MESTRADO EM ENGENHARIA
SEGURANÇA E HIGIENE OCUPACIONAIS

Dissertação apresentada para obtenção do grau de Mestre
Engenharia de Segurança e Higiene Ocupacionais
Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

REGRAS PARA A PREVENÇÃO DE RISCOS NA ELABORAÇÃO DE PROJECTOS DE COFRAGENS

Arnaldo Vítor Castro Beleza Reis

Orientador: Professor Doutor João Manuel Abreu dos Santos Baptista …….…… (Professor Associado FEUP)
Arguente: Professora Doutora Maria Fernanda da Silva Rodrigues ……...……..… (Professor Auxiliar UA)
Presidente do Júri: Professor Doutor Álvaro Alberto de Matos Ferreira da Cunha ……...…….. (Professor Catedrático FEUP)

2013

Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto
Rua Dr. Roberto Frias, s/n 4200-465 Porto PORTUGAL

VoIP/SIP: feup@fe.up.pt ISN: 3599*654
Telefone: +351 22 508 14 00 Fax: +351 22 508 14 40
URL: http://www.fe.up.pt Correio Electrónico: feup@fe.up.pt

RESUMO

Não existe betão *in situ* sem cofragens. Não há betão líquido sem molde. A penetração do betão *in situ* na construção é muito expressiva. As cofragens são o palco principal da execução do betão *in situ*, onde se lhe associam elevados riscos de queda em altura e de esmagamento durante as atividades de montagem, utilização e desmontagem da cofragem.

Os projetos de cofragens são frequentemente concebidos apenas para o seu estado de *cofragem pronta betão à cota (*entenda-se cofragem concluída e com a massa fluida de betão na sua cota máxima e impulso máximo*), pensando* apenas na sua estabilidade estrutural e não nas condições de segurança requeridas para a sua materialização.

Propõe-se como objetivo principal para este estudo, definir regras de boas práticas para a elaboração de projetos de cofragens, perspetivando a minimização dos riscos de queda em altura e de esmagamento durante as suas operações de montagem e desmontagem.

A metodologia divide-se em duas partes distintas.

A primeira parte relaciona-se com a justificação da definição prévia dos objetivos alicerçados fundamentalmente numa análise associada às funções relacionadas com a Coordenação de Segurança e Saúde na fase de Obra nos estaleiros de construção civil e obras públicas.

Na segunda parte procura-se encontrar no estado da arte matéria relevante e convergente com esses objetivos, apresentando-se a relação da atividade com a sinistralidade. Segue-se uma abordagem às ferramentas utlizadas para a execução de projetos de cofragem, dando-se nota das ações envolvidas. Procuraram-se trabalhos sobre a importância das sequências de montagem e metodologias de desmontagem, assim como exemplos de recomendações e regulamentação sobre o tema a nível internacional. Efetuou-se ainda o enquadramento legal na pertinência da sua relevância para a utilização, montagem e desmontagem de cofragens.

Apresentam-se e justificam-se as regras de boas práticas propostas, que devem estar subjacentes à elaboração dos projetos de cofragem, e que concretizam os objetivos previamente definidos.

Concluiu-se que a proposta de regras de boas práticas a ter em consideração na elaboração dos projetos de cofragens, especifica e materializa o espírito já consagrado na legislação, consubstanciando um contributo importante para a eficácia das cofragens, durante os seus processos de montagem, utilização e desmontagem. Ataca-se o problema na sua origem, em sede própria, no projeto, onde nascem e tomam forma os equipamentos de cofragens, com os seus defeitos e virtudes, que mais tarde, associados à interação humana vão permitir realizar os trabalhos, proporcionando aos carpinteiros de cofragens o conforto e a dignidade com que devem realizar o seu trabalho.

Palavras-chave: construção, cofragem, montagem, projeto, segurança

ABSTRACT

There is no in situ concrete without formwork. There is no liquid concrete without form. The utilization of in situ concrete in construction is very high. The formwork is the main stage of the implementation of in situ concrete, where you associate high risk of falling from height and crushing during assembly activities, use and dismantling of formwork.

The formwork projects are often designed just for the state of concrete formwork - ready to share (formwork completed and the fluid mass concrete in its maximum height and maximum thrust), thinking only in its structural stability and not at the security conditions required for its realization.

The main objective in this study is to propose develop rules of good practices for project design of formwork, with a perspective of minimizing the risk of falling from height and crushing during their assembly and disassembly.

The method is divided into two distinct parts.

The first part relates with the justification of the previous definition of the objectives, fundamentally grounded in the dissertator professional experience, associated with Safety and Health at Work Coordination functions on construction phase sites and public works.

The second part seeks to find, in the state of the art, relevant and convergent material with those objectives, presenting the relationship between the activities and accidents. Here is an approach to tools used for running formwork projects, giving notice to the involved actions. Seeking works on the importance of assembly sequences and disassembly methods, as well as examples of international recommendations and regulations on the subject. Performing legal framing and relevance of formwork, is use, assembly and disassembly.

Are presented and justified the rules of good practice proposals, which should underlie the preparation of formwork projects, and embodying the previously defined objectives.

It was concluded that the proposed of good practice rules to take into account in the preparation of projects formworks, materializes the spirit already embodied in the legislation. Also constitutes an important contribution to the efficiency of the formworks over their assembly, use and dismantling processes. Attacks the problem at its source, the project, were born and take shape formwork equipment, with their faults and virtues, which are later associated with human interaction and will permit the realization of works, providing formwork carpenters comfort and dignity to carry out their work.

Keywords: construction, formwork, assembly, design, safety.

ÍNDICE

1 INTRODUÇÃO 1
2 OBJETIVOS E METODOLOGIA 3
2.1 Objetivos 3
2.2 Metodologia 3
2.2.1 Decorrente da Experiencia Profissional 3
2.2.2 Procura do Estado da Arte 5
3 AS COFRAGENS COMO AS CONHECEMOS 9
3.1 A Sinistralidade 9
3.2 Os Projetos de Cofragens 12
3.2.1 Definição de cofragem 12
3.2.2 A ação do betão sobre a cofragem 13
3.2.3 Quantificação das ações 15
3.2.4 O projeto a montagem e a desmontagem das cofragens 17
3.2.5 Os sistemas de cofragens tradicionais 19
3.3 Regras de boas práticas conhecidas para a elaboração de projetos de cofragens 22
3.3.1 *Guide to Safety Procedures for Vertical Concrete Formwork* (*SSFI*) 22
3.3.2 *Work Safety* (*ACT Code of Practice for Formwork*) *Code of Practice 2011* 24
3.3.3 *Notas Técnicas de Prevención* (*INSHT*) *–NTP834 / 845 / 836 / 837* 26
3.4 Enquadramento Legal 50
4 JUSTIFICAÇÃO DAS REGRAS DE BOAS PRATICAS PARA A ELABORAÇÃO DE PROJETOS DE COFRAGENS 53
4.1 Maximizar a Prefabricação no solo de cada *conjunto* 55
4.1.1 Elementos Verticais 55
4.1.2 Elementos Horizontais 59
4.2 Definir os pontos de fixação e o sistema de elevação, de cada *conjunto* 62
4.3 Apresentar o peso de cada *conjunto* 64
4.4 Definir as condições da estabilidade provisória de cada *conjunto* 65
4.5 As plataformas de trabalho de uma cofragem, não devem possuir diferenças de cotas entre si superiores a 2,5m 71
4.6 Definir a sequência de montagem e desmontagem 73
4.7 Definir os acessos necessários à montagem, utilização e desmontagem do equipamento 78

4.8 Definir o piso das plataformas de trabalho, os equipamentos de proteção coletiva e individual 80
5 CONCLUSÕES 87
6 BIBLIOGRAFIA 89

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 – A queda em altura e as cofragens 9

Figura 2 – Execução de cofragem de edifício de uma laje de piso 10

Figura 3 – Queda de um *conjunto* de uma cofragem de uma Passagem Superior durante a sua execução 2008 11

Figura 4 – Trabalhador a operar a cofragem em zona de risco de queda em altura sem plataforma de trabalho e com recurso exclusivo à proteção individual 11

Figura 5 – O molde do betão 13

Figura 6 – A pressão do betão na cofragem 14

Figura 7 – Os fatores de pressão 14

Figura 8 – Dimensionamento de Cofragens para Estruturas de Betão Armado. Pressões laterais em pilares, temperatura do betão de 15ºC e velocidades de enchimento entre os 0,3 e os 6. 15

Figura 9 – Dimensionamento de Cofragens para Estruturas de Betão Armado. Pressões laterais em paredes, temperatura do betão de 15ºC e velocidades de enchimento entre os 0,3 e os 6. 15

Figura 10 – Modulo tipo de um sistema modular 19

Figura 11 – Cofragem manual de execução peça a peça 21

Figura 12 – Sistemas Modulares de cofragens 21

Figura 13 – Sistema modular (*Conjuntos* pré-fabricados) 22

Figura 14 Montagem de cofragem vertical em muros de duas faces 27

Figura 15 Montagem de cofragem vertical em muros de duas faces 28

Figura 16 Montagem de cofragem vertical em muros de duas faces 29

Figura 17 Montagem de cofragem vertical em muros de duas faces 29

Figura 18 Montagem de cofragem vertical em muros de duas faces 30

Figura 19 Montagem de cofragem vertical em muros de duas faces 31

Figura 20 Montagem de cofragem vertical em muros de duas faces 31

Figura 21 Montagem de cofragem vertical em muros de uma face 32

Figura 22 Montagem de cofragem vertical em muros de uma face 33

Figura 23 Montagem de cofragem vertical em sistemas trepantes de uma face 35

Figura 24 Montagem de cofragem vertical em sistemas trepantes de duas faces 35

Figura 25 Tipo de consolas dos sistemas trepantes 36

Figura 26 Ancoragens das consolas dos sistemas trepantes 37

Figura 27 Aplicação de consolas dos sistemas trepantes 37

Figura 28 Execução do piso e guarda corpos sobre as consolas 38

Figura 29 Receção e aplicação do 1.º *conjunto* do sistema trepante 38
Figura 30 Receção e aplicação do *conjunto* oposto do sistema trepante 39
Figura 31 Betonagem de primeira elevação com sistema trepante 40
Figura 32 Retirada dos *conjuntos* para o solo e aplicação de novo nível de ancoragens 40
Figura 33 Elevação das plataformas principais para o nível seguinte 42
Figura 34 Recuo dos *conjuntos* para aplicação das ancoragens para a elevação seguinte 43
Figura 35 Aplicação do sistema de elevação para elevação dos *conjuntos* integrados 44
Figura 36 Aplicação da plataforma de suspensão no sistema trepante 44
Figura 37 Elevação de um *conjunto* do sistema trepante 45
Figura 38 Elevação de o interior do sistema trepante 47
Figura 39 Elevação dos restantes *conjuntos* exteriores do sistema trepante 48
Figura 40 Descofragem e elevação do 1.º *conjunto* exterior com plataforma suspensa 49
Figura 41 – Trabalhadores a montar a cofragem de pilares peça a peça, de um edifício. 56
Figura 42 – Cofragem transportável, com acesso vertical e plataforma de trabalho integrada, para moldar pilares de um edifício. 56
Figura 43 – Betonagem de um pilar de um edifício a decorrer em condições precárias, associada a uma cofragem *montada peça a peça*. 57
Figura 44 – Retirada dos 4 *conjuntos* que constituem o interior da cofragem, para preparar uma nova elevação de um pilar caixão de uma ponte de uma infraestrutura rodoviária. 57
Figura 45 – Retirada do *conjunto* interior, único, que constitui o molde interior da cofragem, para preparar uma nova elevação de um pilar caixão de uma ponte de uma infraestrutura rodoviária. 58
Figura 46 – *Conjunto* interior, único, que constitui o molde interior da cofragem, com plataformas de trabalho e acessos que se mantem intactos durante a compressão do *conjunto*, de um pilar caixão de uma ponte de uma infraestrutura rodoviária. 58
Figura 47 – *Conjunto* interior, único, que constitui o molde interior da cofragem, com plataformas de trabalho e acessos que se mantem intactos durante a compressão do *conjunto*, de um pilar caixão de uma ponte de uma infraestrutura rodoviária. 59
Figura 48 – *Conjuntos* da cofragem previamente pré-fabricados no solo, de um tabuleiro de um viaduto de uma infraestrutura rodoviária. 59
Figura 49 – Trabalhadores sobre *conjuntos* da cofragem, previamente pré-fabricados no solo, e ainda em fase de posicionamento/afinação, de um tabuleiro de um viaduto de uma infraestrutura rodoviária. 60
Figura 50 – *Conjuntos* da cofragem de um tabuleiro de um viaduto de uma infraestrutura rodoviária, aplicados *in situ* parcialmente pré-fabricados. 60

Figura 51 – Descofragem de um tabuleiro de um viaduto de uma infraestrutura rodoviária, após o cimbre ao solo se encontrar desmontado. 61

Figura 52 – Trabalhador sobre o *conjunto* exterior de pilar caixão de uma ponte de uma infraestrutura rodoviária, procedendo à desvinculação do sistema de elevação, que incorpora *viga de equilíbrio*, para manter as correntes verticais e, assim não solicitar o *conjunto* com esforços de compressão na direção horizontal, para o qual não está concebido. 62

Figura 53 – Trabalhadores sobre o *conjunto* de arranque de um pilar I de um viaduto de uma infraestrutura rodoviária, procedendo à desvinculação do sistema de elevação. 63

Figura 54 – Trabalhador sobre tramo betonado de pilar caixão de uma ponte de uma infraestrutura rodoviária, procedendo à vinculação dos acessórios de elevação do sistema de elevação de um *conjunto* do interior da cofragem. 63

Figura 55 – Movimentação de um *conjunto* de peso e dimensões consideráveis, da cofragem de uma viga travessa de um viaduto de uma infraestrutura rodoviária, com recurso simultâneo a duas gruas moveis. 64

Figura 56 – *Conjunto* de arranque de um pilar I de um viaduto de uma infraestrutura rodoviária. 65

Figura 57 – Aplicação de *conjuntos* da cofragem (sobre cimbre ao solo) de um tabuleiro de um viaduto de uma infraestrutura rodoviária, com momento de derrube associado após o seu posicionamento *in situ*. 66

Figura 58 – Aplicação de *conjuntos* da cofragem (sobre viga de lançamento inferior) de um tabuleiro de um viaduto de uma infraestrutura rodoviária, com momento de derrube associado após o seu posicionamento *in situ*. 67

Figura 59 – Pontos de fixação e sistema de elevação de *conjuntos* da cofragem de um tabuleiro de um viaduto de uma infraestrutura rodoviária, com momento de derrube associado após o seu posicionamento *in situ*. 68

Figura 60 – Aplicação de *conjunto* da cofragem de um tabuleiro de um viaduto de uma infraestrutura rodoviária, com momento de derrube associado após o seu posicionamento *in situ*. 68

Figura 61 – *Conjuntos* de cofragem exterior de pilar caixão de um viaduto de uma infraestrutura rodoviária, aplicados com a prévia incorporação das escoras tirante, para permitir a sua estabilização temporária antes de se proceder à desvinculação do equipamento de elevação de cargas. 69

Figura 62 – *Conjunto* de cofragem de pilar circular de um viaduto de uma infraestrutura rodoviária, movimentado com previa aplicação das *escoras tirante*, para permitir a sua estabilização temporária antes de se proceder à desvinculação do equipamento de elevação de cargas. 69

Figura 63 – *Conjuntos* pré-fabricados no solo sem elementos de estabilização provisoria 70

Figura 64 – Trabalhador desloca-se à parte superior do *conjunto* para o desvincular do meio de elevação de cargas, com o escoramento do *conjunto* precário e efetuado após a sua recção *in situ*. 71

Figura 65 – Trabalhadores a procederem à fixação de *conjunto*, na ausência de plataformas de trabalho e acessos integrados no sistema 72

Figura 66 – Diferença de cotas entre plataformas adequada para se operar os *dywidags* e restantes dipositivos necessários à operação da cofragem exterior de um sistema trepante de um pilar caixão de um viaduto de uma infraestrutura rodoviária. 73

Figura 67 – Diferença de cotas entre plataformas adequada para se operar os *dywidags* e restantes dipositivos necessários à operação da cofragem interior de um sistema trepante de um pilar caixão de um viaduto de uma infraestrutura rodoviária. 73

Figura 68 – Abertura prematura dos painéis exteriores de um sistema trepante de um pilar caixão de um viaduto de uma infraestrutura rodoviária, antes das operações necessárias à retirada do *conjunto* interior e elevação do respetivo *fundo*. 74

Figura 69 – Acesso interrompido implicando um número elevado de operações na sua ausência, ao sistema trepante de um pilar caixão de um viaduto de uma infraestrutura rodoviária. 76

Figura 70 – *Fundo* da cofragem interior elevado para a nova cota de arranque do novo ciclo do sistema trepante de um pilar caixão de um viaduto de uma infraestrutura rodoviária. 77

Figura 71 – *Conjunto* exterior da cofragem em elevação para a cota do novo ciclo, orientado por trabalhadores sobre o fundo da cofragem interior do sistema trepante de um pilar caixão de um viaduto de uma infraestrutura rodoviária. 77

Figura 72 – Ancoragens do ciclo anterior disponíveis para recuperação, através da plataforma de suspensão do sistema trepante de um pilar caixão de um viaduto de uma infraestrutura rodoviária. 78

Figura 73 – Acesso integrado entre as plataformas do *conjunto* exterior, permitindo acesso através da plataforma da base da cofragem à plataforma intermédia, desvinculando desse local o sistema de elevação do *conjunto* exterior de um sistema trepante de um pilar caixão de um viaduto de uma infraestrutura rodoviária. 79

Figura 74 – Inexistência de acesso integrado entre as plataformas do *conjunto* exterior. Acesso efetuado à parte superior da plataforma de betonagem, para desvinculação do sistema de elevação, após elevação desse *conjunto* exterior de um sistema trepante de um pilar caixão de um viaduto de uma infraestrutura rodoviária. 80

Figura 75 – Plataformas de trabalho da base da cofragem de sistema vertical (muro de duas faces) com *tabuas de pé* simplesmente apoiadas de um muro de betão armado. 81

Figura 76 – Plataformas de trabalho intermedia e de betonagem com *tabuas de pé* simplesmente apoiadas um *conjunto* exterior de um sistema trepante de um pilar caixão de um viaduto de uma infraestrutura rodoviária. 81

Figura 77 – Tábuas de pé devidamente aparafusadas e fixas às consolas de um *conjunto* exterior de um sistema trepante de um pilar caixão de um viaduto de uma infraestrutura rodoviária. 82

Figura 78 – Trabalhador a recuperar as ancoragens com o *conjunto* suspenso pela grua. Sistema trepante de um pilar caixão de um viaduto de uma infraestrutura rodoviária. 83

Figura 79 – Trabalhador a aplicar as ancoragens do nível seguinte, com o *conjunto* suspenso pela grua. Sistema trepante de um pilar caixão de um viaduto de uma infraestrutura rodoviária. 83

Figura 80 – *Conjunto* de sistema trepante com plataforma de suspensão de um pilar caixão de um viaduto de uma infraestrutura rodoviária. 84

Figura 81 – Trabalhador, com recurso a proteção individual (arnês de segurança) a retirar o *piso de continuidade* existente entre plataformas de *conjuntos* adjacentes de um pilar caixão de um viaduto de uma infraestrutura rodoviária. 85

Figura 82 – Configuração das plataformas permite manter os acessos operacionais e devidamente protegidos entre *conjuntos*, imediatamente após a sua aplicação. Pilar caixão de um viaduto de uma infraestrutura rodoviária. 85

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 – Numero de artigos apresentados pela base de dados.....6

1 INTRODUÇÃO

Não existe betão *in situ* sem cofragens. Não há betão líquido sem molde. A penetração do betão *in situ* na construção é muito expressiva.

Os elementos betonados *in situ* andam de braço dado com as cofragens, que têm uma relevância decisiva nas condições de segurança da sua execução. São exemplo disso, os pilares, as vigas, os capitéis, os tabuleiros ou as lajes, os muros, etc. Quase todos estes elementos exigem que os trabalhadores se posicionem em altura para montar, utilizar e desmontar o equipamento da cofragem.

A cofragem, na maioria das suas aplicações de betão armado como tradicionalmente são conhecidas, acaba por ser o palco principal da execução do betão *in situ* e, quem dita a dignidade com que os trabalhos são executados, onde se incluem geralmente, as atividades de montagem da cofragem e das armaduras, a execução da betonagem e, por fim, a desmontagem da cofragem.

A principal causa de morte na construção civil e obras públicas, continua a ser de forma destacada, a queda em altura, onde as cofragens têm com certeza o seu contributo, durante a execução das atividades anteriormente mencionadas.

A escolha do tema desta dissertação surge essencialmente por duas razões fundamentais. A primeira pela observação dos elevados riscos de queda em altura e de esmagamento associados à montagem, utilização e desmontagem das cofragens. A segunda pelas dificuldades sentidas, no desenvolvimento da atividade profissional, na avaliação de riscos das atividades relacionadas com a montagem e desmontagem de cofragens, com vista à sua integração no *Desenvolvimento Especifico do Plano de Segurança e Saúde* (*DEPSS*) da empreitada, para *Validação Técnica*, nos termos do previsto no *DL 273/2003*. Fruto da insuficiente informação vertida nos projetos de cofragens, concebidos apenas para o seu estado de *cofragem pronta betão à cota*, proveniente de um *hábito instalado*, pensando apenas na sua estabilidade estrutural e não nas condições de segurança requeridas para a sua materialização, com a permissividade de um vazio regulamentar que dificulta a inversão deste estado de coisas.

Pretende-se nesta dissertação evidenciar, por um lado as fragilidades e dificuldades que se podem observar durante a utilização de cofragens, e por outro lado apontar o caminho que se considera necessário para perseguir a eficácia do processo produtivo e consequente mitigação dos riscos envolvidos durante a sua montagem e desmontagem, esperando-se contribuir para a melhoria das condições precárias com que estes trabalhos tantas vezes acontecem.

Os *Técnicos Superiores de Higiene e Segurança no Trabalho* (*TSHST*, normalmente responsáveis pelo desenvolvimento do planeamento da segurança nos estaleiros) e os *Responsáveis pelo Exercício da Coordenação da Segurança da fase de Obra* (*RECSO* - responsáveis pela sua *validação técnica*), daqui em diante ambos designados por *Agentes Da Segurança* (*ADS*), são os responsáveis pelo que se encontra vertido no planeamento da segurança para cada uma das atividades de risco a desenvolver no estaleiro e a consagrar no *DEPSS*, que será posteriormente aprovado pelo *Dono da Obra* (*DO*), antes do início dos trabalhos e, da necessária ação de formação aos seus intervenientes mais diretos.

Este trabalho vai desenvolver-se no sentido da clarificação e definição de regras e/ou orientações para o desenvolvimento dos projetos de cofragens, tendo como objetivo a minimização adequada de riscos durante os seus processos de montagem, utilização e desmontagem.

Perspetiva-se que os *ADS* possam desenvolver o planeamento das atividade de montagem e desmontagem de cofragens, de forma estruturada e fundamentada, o que na realidade não tem sido a prática corrente em Portugal, sem prejuízo das devidas exceções à regra.

Promover a clarificação da integração dos princípios gerais de prevenção, já consagrados em termos gerais na lei portuguesa, mas não para o caso especifico das cofragens, formulando uma proposta de regras de boas práticas para o desenvolvimento destes projetos, suprindo as fragilidades existentes no mercado português e na regulação desta atividade de elevados riscos, ajudando desta forma os seus projetistas, nesta sua obrigatoriedade legal.

Por ultimo, decorrente de questões éticas e deontológicas, junta-se o dever de contribuir para melhorar as reais condições de segurança existentes nesta área específica das cofragens, que se caracteriza por um trabalho duro e difícil (Territory 2011), associado a relevantes riscos de queda em altura, de materiais e de esmagamento.

2 OBJETIVOS E METODOLOGIA

2.1 Objetivos

Tendo em consideração o estado da arte no nosso país, e como complemento à regulação existente para a conceção dos projetos de cofragens, no espírito do que já se encontra genericamente previsto, mas não especificado para o caso particular das cofragens, propõe-se como objetivo principal para este estudo, **definir regras de boas práticas para a elaboração de projetos de cofragens, perspetivando a minimização dos riscos de queda em altura e de esmagamento durante as suas operações de montagem e desmontagem.**

Formulam-se ainda os seguintes o**bjetivos secundários**

- Permitir que os técnicos de *HST* e os *RECSO* tenham matéria que lhes permita fundamentar o planeamento da segurança que têm de desenvolver para as operações de montagem e desmontagem das cofragens, a consagrar em sede de *PSS*;
- Fornecer aos projetistas fundamentações complementares do ponto de vista da Segurança Ocupacional subjacente a ciclos eficazes na implementação dos projetos de cofragem;
- Melhorar as condições de segurança existentes nesta área específica das cofragens, durante os seus processos de montagem e desmontagem.

2.2 Metodologia

A apresentação da metodologia divide-se em duas partes distintas. A primeira parte relaciona-se com a justificação da definição prévia dos objetivos da dissertação. Na segunda parte procura-se encontrar no estado da arte matéria relevante e convergente com esses objetivos.

2.2.1 Decorrente da Experiencia Profissional

Histórico da Intervenção

Os resultados alcançados resultam, fundamentalmente, duma análise, que desde 2002 até à presente data, foi orientada por princípios e ações associados às funções relacionadas com a segurança na construção, nomeadamente as previstas para os responsáveis pela Coordenação de Segurança e Saúde na fase de Obra (CSO) nos estaleiros de construção civil e obras públicas, que seguidamente se descrevem. Desde essa data acompanhou-se obras como a Casa da Musica, o Metro ligeiro da área metropolitana do Porto e um sem número de obras de arte e outras estruturas em autoestradas.

Durante todo esse percurso, os sistemas trepantes de cofragens despertaram desde logo particular atenção. São disso exemplos, as estruturas que permitiram subir as paredes invulgares e inclinadas da casa da música até ao seu 11º piso, os sistemas de cofragens associados à execução das estações enterradas do Metro do Porto, túneis de autoestradas, bem como muros de

contenção, para além de obras de arte correntes e especiais durante a construção da A17, Auto Estradas do Douro Litoral (AEDL) e Auto Estradas do Litoral Oeste (AELO).

Nestas grandes empreitadas foi possível observar *in loco*, empiricamente, os sistemas de cofragens que comportam os riscos de grau elevado durante a sua montagem, nomeadamente o de queda em altura, queda de materiais, esmagamento e o soterramento.

Durante a sua execução foram utilizados equipamentos de cofragem para os mais variados elementos de construção realizados em betão *in situ*, como muros, sapatas, gigantes, capiteis, vigas estribo, vigas carlingas, pilares circulares, retangulares, octaédricos, em Y, ocos, em osso, vigas caixão de obras de arte especiais, executadas com o recurso a carros de avanço, tabuleiros de obras de arte especiais executados com vigas de lançamento e, em cimbre ao solo, entre outros.

O acompanhamento foi efetuado diariamente, no exercício de funções de responsabilidade em matéria de segurança na construção, de origem contratual ainda na vigência do DL155/95 e, a partir de 2005, em funções previstas para o CSO, atividade regulamentada nos termos do DL273/2003.

Assim, os últimos onze anos caracterizaram-se por um acompanhamento contínuo e progressivamente sistemático dos métodos construtivos, norteado por uma perspetiva ergonómica, onde o betão *in situ* assume um lugar de destaque, pela sua conivência indissociável com as cofragens e os inerentes riscos de magnitude elevada que se lhe associam.

Justificação das Opções

O CSO tem ao seu dispor três grandes eixos no desenvolvimento da sua missão, de zelar pela preservação da vida humana, dos trabalhadores e de terceiros, durante a execução da obra, que se hierarquizam da seguinte forma, do mais, para o menos relevante:

1. Validar tecnicamente o planeamento da segurança em sede de *DEPSS*;
2. Garantir que a formação aos diversos intervenientes é efetuada de forma adequada e;
3. Monitorizar as condições com que se desenvolvem os trabalhos no estaleiro, mantendo o *DO* devidamente informado.

Pelo exposto, o *CSO*, para proceder à integração da atividade de montagem e desmontagem de cofragem de um determinado elemento de construção no *DEPSS*, tem de requerer a análise detalhada e crítica do projeto de cofragem.

As opções tomadas, foram despoletadas pelo resultado da análise de dezenas de projetos de cofragens, do seu acompanhamento no terreno, das reuniões com os vários interlocutores, relacionados com os mais variados elementos de construção de betão armado, betonado *in situ*.

Na prática este exercício, implicou a realização de reuniões com os projetistas das cofragens (muitas vezes coincidentes com os seus próprios fabricantes) e os seus executantes no terreno, estes últimos normalmente em regime de subempreitada, perseguindo-se conjuntamente a clarificação de cada uma das fases de montagem da cofragem, conforme enunciado nos objetivos traçados nesta dissertação no capítulo anterior.

2.2.2 Procura do Estado da Arte

Pesquisa Prévia

A procura do estado da arte divide-se em quatro vertentes.

1.ª tentativa de relacionar a atividade de implementar cofragens com a sinistralidade no setor da construção;

2.ª análise dos projetos de cofragem e das ferramentas necessárias para a sua execução, onde se procurou informação sobre as ações envolvidas e limites da geometria das áreas *cofrantes* passiveis de serem concebidas. Procuraram-se ainda trabalhos sobre a importância, das sequências de montagem e metodologias de desmontagem, nos projetos de cofragens;

3.ª procura de exemplos de recomendações e regulamentação sobre o assunto a nível internacional;

4.ª enquadramento legal na pertinência da sua relevância para a utilização, montagem e desmontagem de cofragens.

A definição do estado da arte, foi realizada através de uma pesquisa sistemática com a utilização do *browser exlibris da metalib*, bem como através de informação recolhida diretamente em organismos nacionais e internacionais.

Os recursos obtidos foram conseguidos no modo de "pesquisa integrada" do *browser* acima referido, associada à função *MetaPesquisa*, subjacente ao domínio *Base de Dados*. A escolha do tipo de pesquisa foi efetuada pela forma *Categorias* associada ao domínio *Engenharia*. A pesquisa efetuou-se no modo opção *Avançada* e associando-se a todas as ações de pesquisa, foram selecionados todos os recursos existentes subjacentes aos tipos *Revistas Cientificas* e *Bases de dados*, totalizando 13, seguidamente discriminados:

ACM Digital Library; ACS journals; CE Database (ASCE); ASME Digital Library; Compendex; IEEE Xplore; Inspec; IOP Journals; Royal Society of Chemistry; Science Citation Index; ScienceDirecte; SIAM e nature.com.

Cada uma das pesquisas foi efetuada nos termos enunciados e subjacente a *palavras chave*, inseridas apenas nos campos, *Assunto* e *Titulo*. Na Tabela 1, apresentam-se as *palavras chave* selecionadas e o respetivo número de artigos apresentados pela base de dados, para cada um dos casos.

Não foi restringido qualquer intervalo de tempo para a pesquisa efetuada. Foi conduzida de acordo com as diretrizes da *Declaração PRISMA (2010)*. Do resultado da pesquisa, surgiram 1651 artigos, tendo-se verificado 36 repetidos. Foram excluídos 1551 artigos, em virtude de não se enquadrarem com o tema da dissertação. Dos restantes 64, após consulta do resumo, e pela mesma razão, foram excluídos 37. Dos 27 documentos remanescentes excluíram-se 21 após consulta do texto integral de cada artigo, uma vez constatada a inexistência de interesse na matéria apresentada. Tendo-se mostrado com matéria pertinente 6 documentos, os quais contribuíram para o fundamento desta dissertação.

Tabela 1 – Numero de artigos apresentados pela base de dados

Campos	Palavras-chave	Número de artigos
Assunto	construction	
Titulo	formwork	299
Assunto	formwork	
Título	design	8
Assunto	construction	
Título	formwork design occupational safety	2
Assunto	construction	
Título	formwork design safety	1341
Assunto	construction	
Título	Formwork general principles of prevention	1
Total de artigos		**1651**

Em complemento à pesquisa anteriormente apresentada, foram em janeiro de 2013 dirigidas via email comunicações a três organismos, de três países de três continentes distintos, equivalentes à *ACT* portuguesa, nomeadamente: *Occupational Safety and Health Administration* (www.osha.gov), *Health end Safety Executive* (www.hse.gov.uk), e a *Work Safe ACT* (www.worksafe.act.gov.au).

Nessas comunicações deu-se nota que se estava a efetuar uma investigação numa universidade portuguesa (a *FEUP*) no sector da construção, e procurava-se informação (artigos científicos, livros, teses,…) sobre a segurança de operações durante os processos de montagem e desmontagem de cofragem.

Das três entidades, apenas se obteve *feedback* positivo da *OSHA*, do seu *Department of Labor*, esclarecendo que não tinham informação nesse domínio, mas acreditavam que o *Scaffolding, Shoring & Forming Institute* (http://www.ssfi.org) possuiria informação relevante sobre a matéria. O que se veio a confirmar, nomeadamente com o documento disponível no site da instituição, intitulado por Guide to *Safety Procedures for Vertical Concrete Formwork*, abordado no ponto 3.3.1.

Não obstante a escassa bibliografia encontrada, subjacente ao tema desta dissertação, adicionalmente, através de pesquisa avulsa no Google, encontraram-se ainda os seguintes documentos com interesse relevante para matéria em estudo, da responsabilidade de organismos governamentais e de instituições dos seguintes países.

Estados Unidos da América

Documento com interesse relevante na matéria em estudo: publicado por *American Society of Concrete Contractors and the American Concrete Institute*, e intitulado de ***The Contractor's Guide to Quality Concrete Construction***.

Austrália

O caso Australiano, onde se produziu em 2011 legislação que define e regula os princípios a que devem obedecer os projetos de cofragens na ótica da segurança ocupacional, perspetivando ciclos de montagem e desmontagem que minimizem o risco de queda em altura e de materiais durante as operações. O documento intitula-se por *Work Safety* (*ACT Code of Practice for Formwork*) *Code of Practice 2011* e encontra-se acessível em *www.legislation.act.gov.au*.

Espanha

Em Espanha o organismo homólogo à *ACT* portuguesa, o *INSHT* (*Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo*) produziu quatro *Notas Técnicas de Prevéncion* (*www.insht.es*), que estabelecem regras de boas práticas e metodologias tipo, com os faseamentos dos processos construtivos detalhados ilustradamente, a que devem obedecer as atividades de montagem de cofragens. As metodologias apresentadas têm subjacentes duas considerações fundamentais: por um lado privilegiar a prefabricação máxima no solo em detrimento de atividades em altura; por outro lado, intuir ou perceber que os riscos e as medidas preventivas relacionadas com estes equipamentos só são passiveis de se transmitir, e/ou analisar, e/ou evidenciar, quando associadas a sequencias detalhadas do processo de montagem da cofragem, evidenciando passo a passo o posicionamento sucessivo de todas as peças que incorporam o equipamento, e respetiva interação com os trabalhadores, até à sua conclusão.

3 AS COFRAGENS COMO AS CONHECEMOS

3.1 A Sinistralidade

A indústria da construção tem sido considerada uma das indústrias mais perigosas em todo o mundo, provavelmente devido à alta exposição a substâncias perigosas e tarefas de trabalho de alto risco (Figura 1) (Lee 2001).

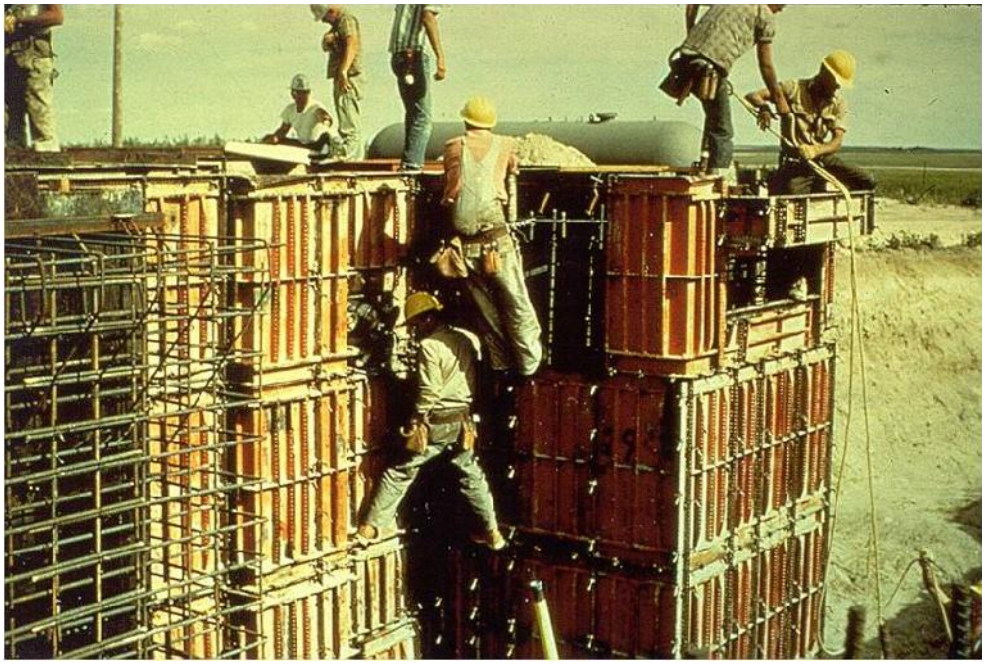


Figura 1 – A queda em altura e as cofragens
(Fonte - Scaffolding, Shoring & Forming Institute, INC. SSFI Forming Do's & Dont's. http://www.ssfi.org/info_forming.htm)

A problemática das quedas em altura no sector da construção à escala mundial, foi estudada por vários autores e todos são unanimes que este risco é o mais frequente e a principal causa de morte no sector da construção (Adam 2009). Outros autores associam também a problemática da queda de objetos (Lee 2001).

Já em 1999, na China, de todos os acidentes fatais causados por quedas em altura, um total de 34 casos foram identificados como tendo ocorrido durante a preparação de cofragens para estruturas de betão, o que representa 6% de todas as mortes atribuídas a quedas (Tam, Zeng, e Deng, 2004) (citados em Adam 2009).

Uma das fases, com o maior risco de quedas em altura na construção de um edifício, acontece durante os processos de montagem e desmontagem da cofragem da laje de um edifício (Figura 2) (Adam 2009).



Figura 2 – Execução de cofragem de edifício de uma laje de piso
(Fonte - ADAM, J. M. Falls from height during the floor slab formwork of buildings: Current situation in Spain. Journal of Safety Research, 2009)

Já em 1998 Jannadi e Assaf e, mais tarde em 2007 Zambianchi concluíram que a preparação de cofragens para estruturas de betão é a fase mais perigosa em relação a quedas e, Adam, Pallares, Calderon e Payá (2007) assinalam que o maior risco de todos, na construção de um edifício, ocorre durante a execução das cofragens de lajes de piso (citados em Adam 2009).

Em 2012 registaram-se em Portugal 149 acidentes de trabalho mortais, dos quais a construção foi responsável por 43, representando 28,2% do total deste tipo de acidentes (Relatório de Atividades 2012 - Autoridade para as Condições do Trabalho). Em Portugal desconhece-se o número de acidentes relacionados exclusivamente com operações de cofragens, no entanto as quedas em altura e os esmagamentos estão entre os mais frequentes acidentes registados no sector da construção. Cairão aqui certamente os acidentes graves relacionados com as operações inerentes à execução das cofragens.

A cofragem é por inerência uma atividade de alto risco como é exemplo disso o acidente ocorrido em 2008 (Figura 3), o qual configurou um acidente grave envolvendo a queda de trabalhadores, durante a montagem da cofragem de um tabuleiro de uma passagem superior de uma infraestrutura rodoviária.

É uma atividade que envolve frequentemente trabalhadores em trabalho duro e difícil, posicionados em altura (Figura 4), em zonas de terreno irregular ou instáveis, onde outros materiais e equipamentos envolvidos estão geralmente presentes. Pode também envolver trabalhos em diferentes alturas, com o risco associado de colapso estrutural e/ou queda de objetos, para trabalhadores e terceiros. Os acidentes que têm envolvido cofragens na Austrália, tem demonstrado que os trabalhadores que caem, são apanhados num colapso do equipamento e ficam gravemente feridos (Territory 2011).



Figura 3 – Queda de um *conjunto* de uma cofragem de uma Passagem Superior durante a sua execução 2008

As fases de montagem / desmontagem da cofragem durante a execução de uma obra podem ser as mais perigosas das funções num estaleiro de construção. Se as questões económicas e de qualidade são importantes, a segurança deve ser uma preocupação primordial. A cofragem deve ser capaz de suportar cargas a que se encontra sujeita sem o risco de colapso ou de causar perigo aos trabalhadores e a terceiros (Contractors 2008).



Figura 4 – Trabalhador a operar a cofragem em zona de risco de queda em altura sem plataforma de trabalho e com recurso exclusivo à proteção individual
(Fonte - Scaffolding, Shoring & Forming Institute, INC. SSFI Forming Do's & Dont's.
http://www.ssfi.org/info_forming.htm)

Os aspetos relacionados com a segurança na construção de cofragens, que suportam o betão *in situ* no seu estado plástico, são desde 1988, considerados particularmente significativos, até que o elemento de betão se torne autoportante. (Anon 1988)

O custo total dos acidentes é sempre superior ao custo de um bom planeamento da segurança. A segurança pode ser uma fonte de lucros quer em termos humanos quer em termos financeiros. (Contractors 2008)

3.2 Os Projetos de Cofragens

Tradicionalmente nos estaleiros de construção civil obras publicas, no sector da construção, a importância dada aos projetos tem caído sobre as estruturas permanentes, em detrimento das estruturas provisorias (Shapira 1999), alinhados com o ensino dos cursos superiores de engenheira civil. Da mesma forma durante a construção das edificações (ou das infraestruturas), as estruturas provisorias, como é o caso das cofragens, tem sido tratadas como uma mera forma de se atingir um fim, enquanto a sua construção, como estruturas de pleno direito, tem sido frequentemente negligenciada (Shapira 1999). Contudo, no caso das cofragens elas são por excelência o local de trabalho, daqueles que concretizam o elemento de construção nos estaleiros de construção civil e obras públicas. Esta atitude poderá ser explicada em parte pela industrialização da construção. Se o lema da pré-fabricação é mover construção para naves industriais, sendo a cofragem o expoente máximo da fabricação *in situ* nos estaleiros, tenderia a ter um papel menos expressivo, no entanto isso claramente não tem acontecido, como conclui já em 1999 Aviad Shafira, (Shapira 1999). O que passados 14 anos contínua válido em Portugal, continuando o betão *in situ* inequivocamente com uma penetração expressiva na construção civil e obras públicas, e a ser moldado com cofragens, fabricadas igualmente no estaleiro.

Em 1999 referia Aviad Shafira, que a utilização de cofragens não só não estava a diminuir, como era alvo de uma atenção redobrada e de crescente importância. A cofragem não era vista como o antónimo de industrialização mas sim como uma parte da industrialização, exigindo contudo um novo olhar para adaptá-la a princípios modernos de projeto de métodos construtivos. Uma expressão desse interesse renovado pela conceção e utilização das cofragens era o aparecimento de novas normas ou suas revisões num número considerável de países, entre outros aspetos, para responder às preocupações crescentes relacionas com a segurança na construção (Shapira 1999).

3.2.1 Definição de cofragem

A cofragem é o *conjunto* do sistema de suporte (Figura 5) para o betão recentemente colocado incluindo o molde ou o revestimento que contacta com o betão, bem como todos os elementos de suporte, acessórios e de contraventamento necessários (Contractors 2008).

Poderá também dizer-se que, a cofragem é o *molde* que acolhe o betão no seu estado fluido e, lhe permite moldar-se à forma pretendida até ser autoportante.



Figura 5 – O molde do betão
(Fonte - Scaffolding, Shoring & Forming Institute, INC. SSFI Forming Do's & Dont's.
http://www.ssfi.org/info_forming.htm)

3.2.2 A ação do betão sobre a cofragem

O betão é um material pesado com cerca de 24 $KN.m^{-3}$ (2440 $Kg.m^{-3}$) para betão simples (2,4 vezes o peso de água). Ao betão armado acrescenta-se 1 $KN.m^{-3}$ correspondente ao peso do aço, perfazendo o seu peso específico o valor de 25 $KN.m^{-3}$. (Figuras 6 e 7)

As cofragens permitem moldar o betão *in situ*. E não há betão *in situ* sem molde, seja ele de que natureza for, um buraco escavado na terra, em madeira, de contraplacado, aglomerados, fibra, aço, alumínio, gesso, plástico reforçado com fibras.

As cofragens não podem ser removidas, até que os elementos estruturais tenham resistência suficiente para suportar o seu próprio peso e alguma eventual carga.

> *Os sistemas de cofragem mais usados são os modulares, constituídos por uma estrutura metálica que serve de suporte à superfície que está diretamente em contacto com o betão, o molde.*
>
> *Este tipo de cofragem tem as dimensões e capacidade de suporte já pré-definidas. A sua capacidade resistente varia entre 40 $kN.m^{-2}$, para cofragens de elementos de fundação, e 70 a 90 $kN.m^{-2}$, para outros elementos estruturais. Esta capacidade resistente limita a velocidade de enchimento e a altura de betonagem*
>
> (Correia 2008).

A pressão lateral é quantificada no dimensionamento de elementos verticais de cofragens. Nos elementos horizontais de cofragem, a ação do betão a considerar geralmente é o seu peso.

> *Existem vários autores e regulamentos que quantificam a pressão lateral do betão através de fórmulas determinadas de forma empírica como é o caso da ACI (2001), CIRIA (1985), DIN 18218 (1980) e Rodin (1952).*
>
> *Para betões normais, a maior pressão em pilares, para velocidades de enchimento razoáveis (até 2,70 m/hr), pode ser dada pela CIRIA (O valor da pressão lateral máxima é limitado a **166 $kN.m^{-2}$ para pilares**). A partir destas velocidades, os valores máximos da pressão podem ser calculados através do ACI (O valor de pressão máximo estipulado pelo ACI (2001) é de 100$KN.m^{-2}$ para os pilares).*

Já para a pressão em paredes, para betões normais, a pressão calculada pelo ACI toma os valores máximos para qualquer velocidade de enchimento (O valor de pressão máximo estipulado pelo ACI (2001) é de 80KN.m^{-2} para o caso de paredes). (Figura 8 e 9)

(Correia 2008)

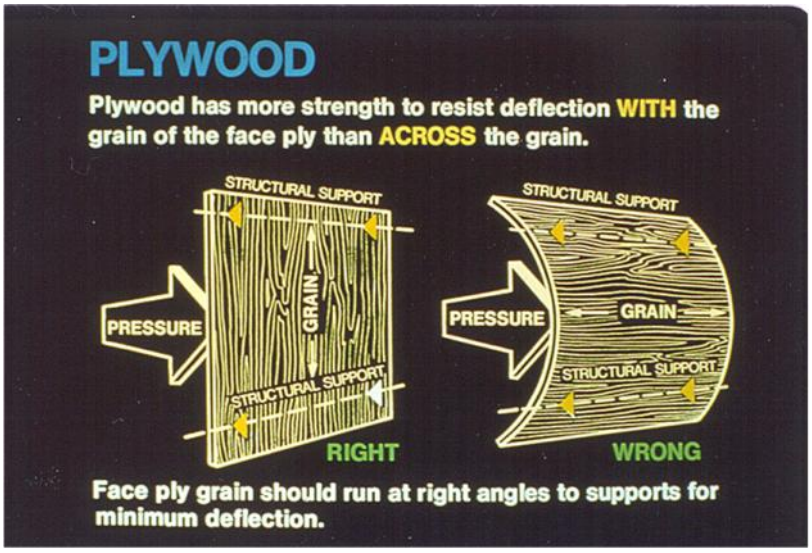


Figura 6 – A pressão do betão na cofragem
(Fonte - Scaffolding, Shoring & Forming Institute, INC. SSFI Forming Do's & Dont's. http://www.ssfi.org/info_forming.htm)



Figura 7 – Os fatores de pressão
(Adaptado de: Scaffolding, Shoring & Forming Institute, INC. SSFI Forming Do's & Dont's. http://www.ssfi.org/info_forming.htm.

Na ausência de outros parâmetros a pressão máxima que o betão exerce numa cofragem será sempre limitada pela máxima pressão hidrostática dada por W.h, em que W é a densidade do betão e h é a altura da colocação do betão.

A cofragem é uma estrutura que se pretende que funcione geralmente entre um período mínimo de 12 horas, que poderá ir até aos 30 dias, de acordo com a *ACI* (2001) e a norma *NP EN 13670* (2011), dependendo de vários fatores, entre os quais a temperatura ambiente, carga variável, carga permanente, pós escoramento, resistência média do betão à compressão, período de presa, classe de resistência do cimento, tipo de cimento, valor característico da tensão de rotura do betão e a sua idade.

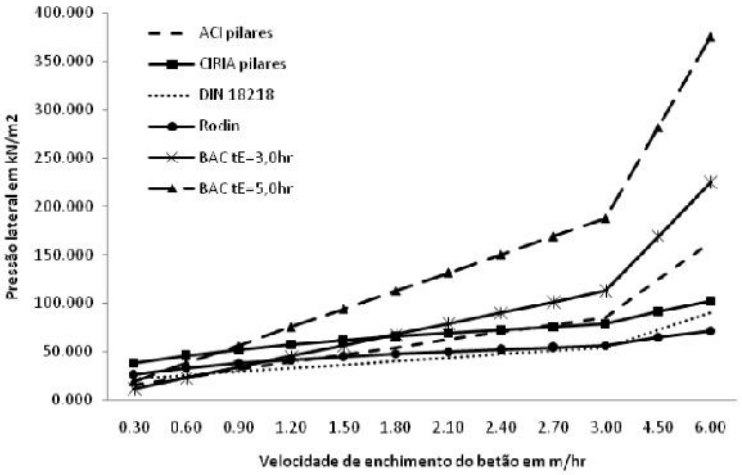


Figura 8 – Dimensionamento de Cofragens para Estruturas de Betão Armado. Pressões laterais em pilares, temperatura do betão de 15ºC e velocidades de enchimento entre os 0,3 e os 6.
(Correia 2008)

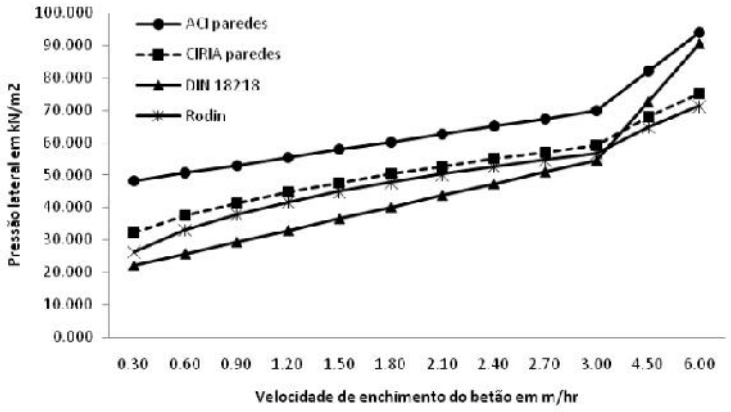


Figura 9 – Dimensionamento de Cofragens para Estruturas de Betão Armado. Pressões laterais em paredes, temperatura do betão de 15ºC e velocidades de enchimento entre os 0,3 e os 6.
(Correia, 2008)

3.2.3 Quantificação das ações

Segundo a EN 12812, as ações podem-se dividir em ações diretas, as que vão ser usadas diretamente no cálculo das combinações de ações para o dimensionamento e, em ações indiretas, que podem ser a

temperatura, os assentamentos e o pré-esforço, o que geralmente não se aplica às cofragens. As ações podem também dividir-se em ações permanentes e ações variáveis. O peso da cofragem e a pressão do solo (se aplicável, e que pode ser quantificada através da norma ENV 1997 (2004)), são consideradas cargas permanentes. As cargas variáveis incluem geralmente o peso do betão fresco, do aço, dos trabalhadores, equipamento, material armazenado, neve, cargas devidas à betonagem, passagens para os trabalhadores e impacto, pressão do betão, ações devidas à água fluida e o efeito de detritos na cofragem. A cofragem deve ser dimensionada para uma carga de combinação de ações não inferior a 4.8 $kN.m^{-2}$, ou 6.0 $kN.m^{-2}$, no caso de serem usados equipamentos pesados. As combinações de ações devem ser calculadas para estados limites últimos e estados limites de serviço. Devem ser consideradas as seguintes combinações de ações:

- *Caso de carga 1: nenhuma carga na estrutura e vento máximo (as ações preponderantes são o peso próprio + vento máximo);*
- *Caso de carga 2: vento de trabalho e a estrutura a ser carregada (a ação dominante é o vento de trabalho);*
- *Caso de carga 3: estrutura carregada e vento máximo (a ação predominante é o vento máximo);*

O dimensionamento contempla três classes: A, B1 e B2.

A Classe A abrange o dimensionamento de cofragens para construções muito simples e pequenas, por exemplo, lajes e vigas. Esta classe deve ser adotada quando:

- *A área da secção da laje não excede 0,3 m² por metro de largura de laje;*
- *A área da secção da viga não excede 0,5 m²;*
- *O vão da laje ou da viga não excede os 6 m;*
- *O pé-direito da estrutura permanente não excede 3,5 m.*

Neste caso, não são necessários cálculos de dimensionamento dos elementos, uma vez que ele é efetuado com base na experiência do engenheiro projetista.

A Classe B1 assume o dimensionamento mais preciso e exato, quer a nível de cálculos, quer a nível de desenhos. As tensões são comparadas com a resistência sem nenhum fator de segurança adicional.

Na Classe B2 as cargas têm de ser multiplicadas por um fator 1,15 (ou a resistência dividida pelo mesmo fator), que é definido como um fator de segurança adicional, devido a imperfeições no modelo do cálculo ou no cálculo estático.

(Correia 2008).

Sem prejuízo do acima referido o *DL* 235/83 de 31 de Maio (*RSA*, Regulamento de Segurança e Ações), o *DL* 349-C/83 de 30 de Julho (*REBAP*, Regulamento de Estruturas de Betão Armado e Pré-Esforçado, o *DL* 211/86 de 31 de Julho (*REAE*, Regulamento de Estruturas de Aço para Edifícios), são os documentos legais existentes em Portugal para regular o cálculo dos projetos de estruturas, que podem ser complementadas com um conjunto de *boas práticas* prescritas nos *Eurocódigos*, entre outros documentos, conforme proposto na *Dissertação* de 2008, da Universidade de Aveiro, da citada *Joana Correia*. Desde 2007, por força do *DL 301/2007* de 23 de Agosto, também a *NP ENV 13670-1:2007* tem peso legal, regulando a execução de estruturas de betão *in situ*, agora na sua versão mais recente de 2011 a *NP EN 13670:2011*.

Não obstante, relataram-se até aqui genericamente, regras e metodologias que perseguem a estabilidade, pode dizer-se, de uma *estrutura com cofragem pronta e betão à cota*, ou sem ele, mas com o vento como ação mais desfavorável e dominante, condicionada naturalmente, pelas características de todos os materiais envolvidos pertencentes ao sistema de cofragem.

São estas as regras e metodologias que ditam o norte dos projetistas de cofragens e definem os seus limites. É por elas que desenvolvem o seu trabalho e concebem uma determinada cofragem, para moldar um determinado elemento de construção, no intuito de resistir adequadamente, às combinações de ações para as quais foi concebida.

Dependendo da resistência a pressões/esforços mais ou menos elevados e intrínsecos ao sistema de cofragens, é possível conceber superfícies cofrantes, com dimensões igualmente variáveis e sem limites previamente estabelecidos, desde que resistam adequadamente ao fim a que se destinam.

Imagine-se um muro de betão armado, com 12 m de altura e 50 m de comprimento. Pode-se na realidade conceber uma superfície cofrante com 12 m de altura e com uma dimensão horizontal de 50 m (desprovida de plataformas, acessos integrados, elementos de estabilização provisoria, entre outros dispositivos a considerar), realizando apenas 1 ciclo para concretizar a betonagem total do elemento de construção. Ou alternativamente, o mesmo elemento de betão armado, por hipótese, betonado de 50 em 50 cm de altura máxima de betonagem, numa faixa com 2 m de comprimento, até se perfazer a sua altura final e toda a sua extensão, realizando 600 ciclos.

À luz dos regulamentos até aqui enunciados, ambos os sistemas serão enquadráveis. Contudo esta variabilidade de opções e de indefinições têm significativas interferências, não só na eficácia e na eficiência do ciclo produtivo, como na impossibilidade dos *ADS* desenvolverem consistentemente o planeamento da segurança das atividades, com vista à definição de um ciclo considerado seguro, para integração em sede de *DEPSS*. Esta indefinição implica geralmente uma imprevisibilidade dos riscos envolvidos durante as operações que acontecerão, neste quadro, provavelmente, mais tarde no estaleiro.

3.2.4 O projeto a montagem e a desmontagem das cofragens

Coloca-se a seguinte questão. Serão as leis e regulamentos que norteiam os projetos de cofragens, conducentes à definição de um ciclo seguro durante as operações associadas à montagem, utilização e desmontagem do equipamento?

Chega-se, por fim, ao cerne da questão e muito à razão de existir desta dissertação.

Os riscos associados aos processos de montagem e desmontagem da cofragem, vão para além desses princípios norteadores do projeto, dessas combinações de ações, não sendo objetiva e explicitamente regulados e defendidos nesse contexto, indissociável da segurança ocupacional.

Sob a alçada do projeto da cofragem devem entre outros fatores estar subjacentes as especificações relacionadas com a sua montagem e desmontagem (Shapira 1999).

A segurança dos trabalhadores é uma responsabilidade de todos os atores. Existem muitos riscos nos processos de montagem e desmontagem dos sistemas de cofragens. Entre outros fatores, contribuem para a minimização do risco de acidente, a elaboração de um plano de cofragem, que comtemple desenhos detalhados e especificações escritas, relativos aos processos de montagem e desmontagem da cofragem, assim como, prever proteções para o risco de queda em altura existente durante essas operações (Oberlender 2011).

As falhas nas cofragens podem ser atribuídas a erros humanos, materiais e equipamentos inadequados, omissões e ainda à inadequação do projeto (Anon 1988) e (Contractors 2008).

Deverá também a cofragem ser concebida para interagir de forma ergonómica e antropométrica com os trabalhadores, com toda a dinâmica associada aos processos de montagem e desmontagem, permitindo que se utilize adequadamente o equipamento e concretize o elemento de construção.

Ao projetar-se um sistema de cofragem deve pensar-se na sua sequência de montagem e metodologia de desmontagem (Oberlender 2011). Deve ter-se em consideração as implicações de segurança, para os trabalhadores envolvidos na montagem, utilização e desmontagem do sistema. Ao pensar nos fatores de segurança, deve ter-se particular atenção para três questões chave: estabilidade, força e, como controlar o risco de queda de pessoas e a de objetos (Territory 2011).

A eficiência da cofragem aumenta a produtividade do trabalho, reduz o tempo de construção e, a probabilidade de acontecerem erros que comprometam a segurança dos trabalhos (Oberlender 2011).

O projeto da cofragem é extremamente importante, devendo a segurança dos trabalhadores ser uma consideração fundamental (Contractors 2008).

O primeiro passo essencial para garantir que o trabalho se desenvolve de forma segura, é o planeamento e a preparação serem efetuadas de forma detalhada (Territory 2011).

A cofragem deve ser construída exatamente como projetada, devendo o seu processo construtivo ser planeado com antecedência para garantir a segurança dos processos (Contractors 2008), sem prejuízo de uma cuidadosa supervisão e uma contínua inspeção dos processos de montagem, betonagem e desmontagem da cofragem, que podem evitar certamente muitos acidentes (Anon 1988).

A título de exemplo, deve-se incluir no projeto a definição e os pormenores dos pontos de suspensão necessários para a movimentação das partes elementares da cofragem, os *conjuntos*, que necessitam de ser movimentados e aplicados. Incorporar andaimes, plataformas de trabalho e guarda-corpos na conceção da cofragem, convenientemente representados nas peças desenhadas do seu projeto de execução. Integrar dipositivos para a ancoragem de sistemas de proteção, como alternativa à proteção para o risco de queda em altura, tais como equipamentos de proteção individual do tipo anti queda, redes de segurança e sistemas de posicionamento. Os desenhos dos projetos de cofragem para além de especificar os materiais, as áreas, dimensões, pormenores de fixações, devem comtemplar especificações tais como, procedimentos, sequências e critérios para a remoção de elementos estruturais (Anon 1988).

O projeto da cofragem neste contexto, é por excelência o documento principal para o desenvolvimento das atividades de montagem e desmontagem da cofragem. É por inerência o documento nuclear no desenvolvimento do planeamento da segurança associado a essas atividades.

Ao projetar um sistema de cofragem deve-se então pensar na sua sequência de montagem e metodologia de desmontagem (Oberlender 2011).

Pretende-se pensar a conceção de uma cofragem, olhando para a parte dinâmica da atividade, durante os seus processos de montagem e desmontagem, que é onde estão efetivamente os riscos do trabalho. Incidir sobre os processos de montagem e desmontagem da cofragem, perspetivando-se uma análise conducente à minimização dos riscos de queda em altura e de materiais (incluindo o esmagamento), que surgem, entre o tempo que medeia o inico da montagem do equipamento ainda no solo, até à recuperação da última *ancoragem* perdida em altura no elemento de construção betonado. Passo a passo, o mais possível, elemento a elemento, associados à sua interação permanente com os seus protagonistas no terreno, os carpinteiros de cofragens e os manobradores dos equipamentos de elevação de cargas (as gruas).

3.2.5 Os sistemas de cofragens tradicionais

Conforme anteriormente referido o conceito de cofragem é mais abrangente do que o de um molde (Figura 10). É uma estrutura temporária que suporta o seu peso próprio, o peso do betão, recém-colocado, as cargas de construção, tais como materiais, equipamentos e trabalhadores, e outras cargas possíveis de surgir durante a construção, tais como a neve sobre uma laje (Contractors 2008).

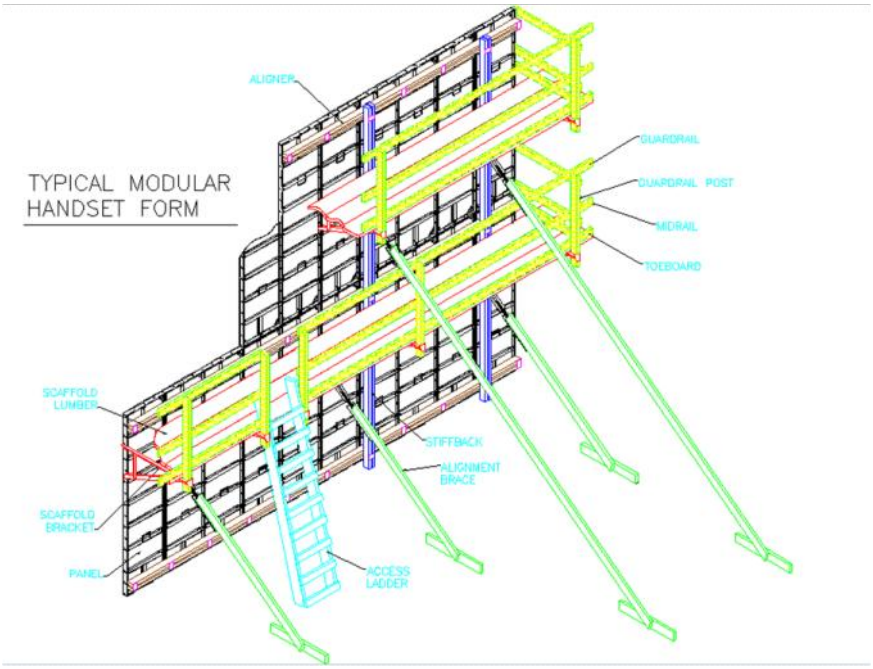


Figura 10 – Modulo tipo de um sistema modular
(Fonte - Scaffolding, Shoring & Forming Institute, INC. SSFI Forming Do's & Dont's. http://www.ssfi.org/info_forming.htm.

Os sistemas de cofragem usualmente podem ser de quatro tipos:

1. Fabricados manualmente peça a peça, para uma única utilização (Figura 11);
2. Sistemas modulares com formas pré-fabricadas e possibilidade de reutilização (Figura 12);

3. Estruturas manufaturados, geralmente adquiridas ou alugadas, às vezes como um sistema total;
4. Sistemas com configuração especial, para situações ou estruturas específicas.

(Contractors 2008)

Do ponto de vista da sua conceção, as cofragens tradicionais genericamente podem ser agrupadas em dois tipos, e montadas e desmontadas de duas formas igualmente distintas. Podem ser fabricadas manualmente "*in situ*" peça a peça (Figura 11) ou, parcialmente fora do local de aplicação, com um determinado grau de prefabricação, concebendo partes elementares da cofragem (daqui em diante designados *conjuntos*), para posterior movimentação e aplicação (Figura 12).

Deve-se usar painéis pré-fabricados onde seja possível a sua utilização, sendo geralmente mais económico usar painéis prefabricados com a maior dimensão possível, suscetíveis de serem manipulados pelos trabalhadores e equipamentos de movimentação de cargas (Oberlender 2011).

Este estudo apenas vai incidir sobre as estruturas tradicionais, montadas manualmente, com recurso a equipamentos de elevação de cargas, que se reduzem às duas primeiras, por duas razões. A primeira relaciona-se com o facto de serem os sistemas mais utlizados nos estaleiros, desde a cofragem de elementos horizontais (lajes e vigas), até aos elementos verticais como os muros de uma face, os de duas faces, incluindo os pilares com 3 m de altura até aos pilares de obras de arte especiais ferroviárias ou rodoviárias com 100 m de altura, executados com o recurso a sistemas trepantes. A segunda prende-se com o facto de as preocupações e riscos associados a estes sistemas, na realidade, serem geralmente comuns aos processos construtivos dos outros, quer se tratem de sistemas manufaturados, quer sejam sistemas com configuração especial, como poderá ser o caso das cofragens de grande dimensão, onde se incluem as *vigas de lançamento* ou os *carros de avanço*, muito utlizados em obras de arte especiais de infraestruturas ferroviárias ou rodoviárias, com um elevado número de vãos ou em vãos de grande dimensão, respetivamente.

Tradicionalmente os sistemas de cofragem eram, peça a peça executados "*in situ*", em madeira ou contraplacado (Figura 11). Paralelamente, e dentro dos sistemas tradicionais, surgiram os sistemas modulares, especialmente desenhados para serem parcialmente pré-fabricados fora do local de aplicação. Estes sistemas têm cálculos e componentes próprios, determinados pelo seu fabricante, frequentemente concebidos em painéis de contraplacado, plásticos, aço e alumínio (Figura 12). A maioria dos sistemas de cofragem usa dois ou mais materiais, placas de contraplacado associados a estruturas ou, apenas em aço para "painéis de muros" (Territory 2011).

A montagem de cofragem de forma manual, *peça a peça*, devido ao custo do trabalho, a requisitos de qualidade e à economia, com o surgimento da necessidade de produção em massa, sofreu mudanças, tornando-se a cofragem pré-fabricada com unidades reutilizáveis (sistemas modulares), o sistema padrão e de referência utlizado na construção (Contractors 2008).

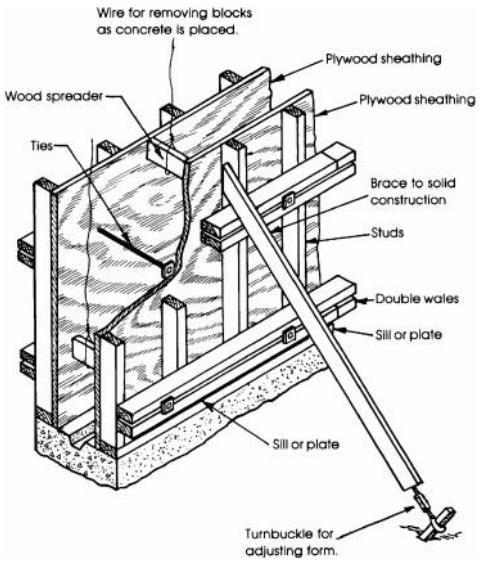


Figura 11 – Cofragem manual de execução peça a peça
(Fonte - CONTRACTORS, A. C. I. A. T. A. S. O. C. The Contractor's Guide to Quality Concrete Construction. In., 2008.

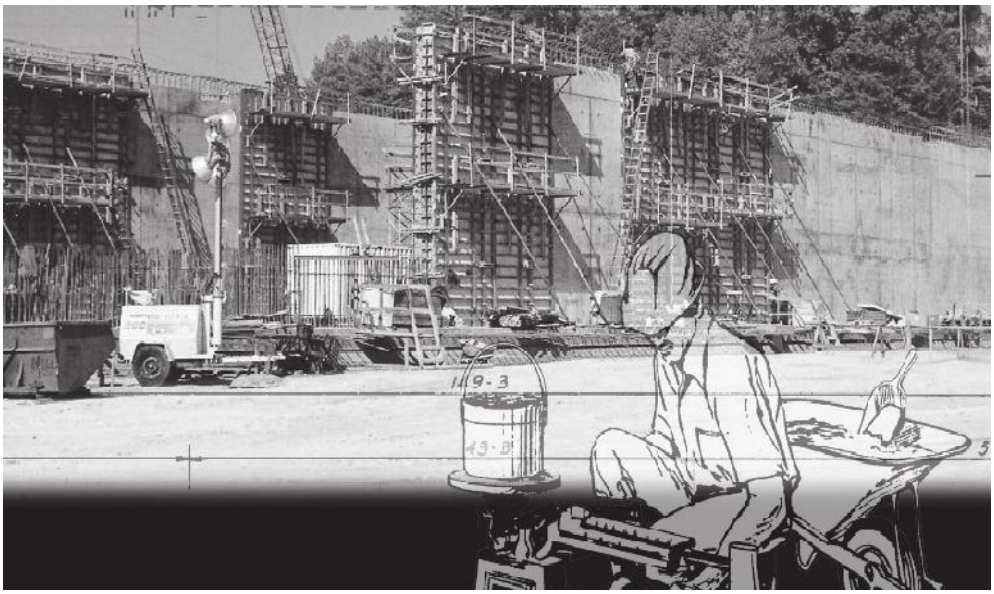


Figura 12 – Sistemas Modulares de cofragens
(Fonte - CONTRACTORS, A. C. I. A. T. A. S. O. C. The Contractor's Guide to Quality Concrete Construction. In., 2008.

Os sistemas modulares, através do agrupamento de painéis pré-fabricados elementares, permitem formar *conjuntos* maiores, formando secções de maior dimensão. Este tipo de sistema pode ser utlizado em qualquer tipo de elemento estrutural, fincando limitado apenas pelo tipo de trabalho e de meios para a sua movimentação. Estes *conjuntos* são aplicados e movimentados através de equipamentos de elevação de cargas (Figura 13). Este método proporciona uma boa reutilização de equipamentos, maiores colocações de betão, e diminuiu o tempo de cofragem e desconfrangem, porque as suas secções (enquanto *conjuntos* pré-fabricados de cofragem) permanecem intactas. Não é necessária a montagem e a desmontagem de cada *conjunto* susceptível de ser movimentado, para cada novo ciclo de betonagem (Contractors 2008).

Quando se usa um sistema tradicional, usa-se dentro do possível, módulos de cofragem *standard*, que possuem uma capacidade de resistência conhecida, garantida para um determinado espaçamento definido. Sempre que possível, é preferível usar um sistema de cofragem modular, que normalmente resulta em operações de montagem e desmontagem da cofragem mais seguras para os trabalhadores, bem como na sua movimentação e parqueamento. A melhor característica proporcionada por estes sistemas, é ter integrado aspetos de segurança, que ajudam a controlar os riscos de queda e de acidentes, durante a sua manipulação (Territory 2011).



Figura 13 – Sistema modular (*Conjuntos* pré-fabricados)
(Fonte - CONTRACTORS, A. C. I. A. T. A. S. O. C. The Contractor's Guide to Quality Concrete Construction. In., 2008)

3.3 Regras de boas práticas conhecidas para a elaboração de projetos de cofragens

Nos parágrafos seguintes apresenta-se um pequeno resumo da matéria relevante e convergente encontrada para o fundamento do objetivo deste estudo, referente à parte dinâmica dos ciclos produtivos (processos de montagem e desmontagem das cofragens) proveniente de instituições dos Estados Unidos da América, Austrália e Espanha. Os extratos apresentados são acompanhados dos comentários técnicos que se julgam adequados.

3.3.1 *Guide to Safety Procedures for Vertical Concrete Formwork* (*SSFI*)

Nos Estados Unidos América, o *Scaffolding, Shoring & Forming Institute (SSFI)* desenvolveu o seguinte documento de interesse relevante para o tema da dissertação, na sua secção de

formação, intitulado de *Guide to Safety Procedures for Vertical Concrete Formwork* (SCAFFOLDING).

O documento tem como objetivo procedimentos a ter em consideração durante a montagem e desmontagem de cofragens.

É um documento que não se substitui à lei nem aos regulamentos da *OSHA* (*Occupational Safety and Health Administration*) ou agências governamentais, ou ainda a qualquer regulamento, portaria ou código local, federal ou estadual. Seguidamente enunciam-se os aspetos considerados mais relevantes e vertidos no documento.

- *Os elementos de estabilização temporária da cofragem, devem estar aplicados no momento do início da montagem da cofragem.*
- *Devem ser instaladas plataformas de trabalho seguras.*
- *Quando um conjunto com um determinado grau de pré-fabricação se forma para ser movimentado, os dispositivos de elevação devem ser devidamente espaçadas e adequadamente aplicados, de acordo com as recomendações do fabricante.*
- *Devem ser seguidos os procedimentos recomendados pelo fabricante/fornecedor, relativas à capacidade de utilização e de elevação da cofragem e do equipamento de elevação de cargas.*
- *Quando a cofragem está a ser movimentada pelo equipamento de elevação de cargas, devem ser usadas pelo menos duas cordas guia, para se controlar o seu movimento. Não se deve permitir que os trabalhadores se posicionem sobre ou sob qualquer conjunto de cofragem, enquanto está a ser movimentado ou suspenso no ar.*
- *Qualquer conjunto com um determinado grau de pré-fabricação da cofragem, deve ser adequadamente apoiado e estabilizado de forma segura, antes de se desvincular do equipamento de elevação de cargas.*
- *Todos os componentes das plataformas de trabalho, devem ser posicionados, espaçados e fixos/aplicados de acordo com as especificações dos fabricantes e regulamentos de segurança aplicáveis.*
- *As plataformas de trabalho devem estar ao longo do nível superior da cofragem. Os trabalhadores nunca devem tentar andar ou posicionar-se sobre os painéis de cofragem.*
- *Todas as plataformas de trabalho devem utilizar pelo menos duas (2) pranchas colocadas lado a lado, e devem ter uma folga relativamente aos apoios extremos de pelo menos 6 polegadas (15 cm). A zona das pranchas para além do apoio não deve ser superior a 12 polegadas (30 cm).*
- *Pranchas das plataformas de madeira devem ter no mínimo uma secção de 2 polegadas x 10 polegadas de madeira (5x25 cm) e devem cumprir as especificações de classificação aprovadas, ou utlizados materiais com resistências equivalentes. As pranchas das plataformas devem suportar no mínimo 25 libras por pé quadrado (1,2 KN.m^{-2}), numa extensão máxima de 8 pés (2,44 m).*
- *Quando for considerado adequado pela pessoa competente, as pranchas das plataformas podem ser fixas com pregos, ou aparafusadas de forma a garantir a sua adequação ao efeito do vento e a operações de montagem da cofragem ou ações semelhantes. A cabeça dos pregos e dos parafusos devem encontrar-se nivelados com a superfície das pranchas para evitar que se tropece.*
- *Todas as plataformas de trabalho devem ser equipadas com guarda corpos (incluindo proteção a meia altura) e guarda cabeças, em todas as aberturas laterais e extremidades, devendo ser adequadamente preservada a sua resistência, em todas as fase de trabalho.*
- *O espaçamento máximo entre consolas de apoio das plataformas é de 2,44 m (8 pés). Este espaçamento nunca deve ser excedido, salvo devidamente especificado no seu projeto. Devem ser respeitadas as especificações do fabricante quanto às cargas e espaçamentos previstos para as consolas de apoio das plataformas. Salvo contrariamente especificado no projeto, as consolas de apoio das plataformas de trabalho devem ser projetadas para suportar 1,2 KN.m^{-2},*

para afastamentos máximos de 2,44 m. As consolas de apoio das plataformas não são projetadas para suportar as cargas provenientes do empilhamento de atados de aço em varão, ou outro tipo de equipamentos.

- *Deverá sempre escorar-se cada parte elementar da cofragem com um determinado grau de pré-fabricação, ou utilizar-se outros dispositivos seguros, de forma a impedir o tombamento das plataformas de trabalho.*
- *Nunca se deve permitir a existência de trabalhadores num nível de plataformas, quando existirem outros a trabalhar sob ou sobre eles, a menos que existam proteções adequadas, como redes de segurança.*
- *É inseguro e ilegal, qualquer pessoa posicionar-se sobre qualquer plataforma de trabalho da cofragem quando está a ser movimentada.*
- *Escadas de acesso ou outro método adequado, deve ser usado para obter acesso às plataformas de trabalho. Não posicione escadas, de modo que o seu peso durante a sua utilização seja susceptível de afetar a resistência e estabilidade, das plataformas de trabalho e da cofragem.*
- *Não se deve utilizar os painéis da cofragem como escada.*
- *Se a utilização de plataformas de trabalho não for possível, os trabalhadores deverão estar protegidos com sistemas de proteção individual contra quedas em altura, ancorados em pontos adequados, ou recorrer a outros dispositivos de equivalente proteção. Trabalhadores protegidos com sistema de proteção individual contra as quedas em altura, devem ter cuidados adicionais durante a manipulação dos componentes da cofragem.*
- *Os desenhos devem ser preparados por um projetista qualificado em cofragens, para todas as aplicações existentes em cada face do elemento a betonar.*
- *Garantir que todos os dispositivos de fixação e elementos de estabilização horizontal da cofragem foram instalados de acordo com o previsto nas peças desenhadas do projeto.*
- *Na descofragem e antes de movimentar os conjuntos, assegurar a sua fixação ao equipamento de elevação cargas, antes da retirada dos dywidags das ancoragens e/ou escoras.*

(SCAFFOLDING)

O documento compila algumas regras elementares de boas práticas, relacionadas com a estabilidade provisoria dos *conjuntos*, focalizando-se essencialmente, no equipamento de cofragem em fase de utilização. A matéria abordada não se considera suficiente para garantir que os processos de montagem e desmontagem, sejam eficazes e decorram de forma sustentada com um nível de segurança adequado.

3.3.2 *Work Safety* (*ACT Code of Practice for Formwork*) *Code of Practice 2011*

Na Austrália, este documento foi aprovado em Fevereiro de 2011, pelo ministro das relações laborais (*Minister for Industrial Relations*), pretendendo prevenir-se acidentes envolvendo trabalhadores e terceiros durante as operações de montagem e desmontagem da cofragem e equipamentos associados. É um documento com força legal e abrange as fases de projeto, planeamento, preparação e execução dos trabalhos envolvidos na montagem e desmontagem da cofragem (Territory 2011). Enunciam-se seguidamente os aspetos considerados mais relevantes e vertidos no referido documento.

- *Os trabalhos envolvidos na montagem e desmontagem de cofragens são inerentemente consideradas atividades de alto risco. Geralmente envolvem trabalhos em altura, sobre terreno difícil, irregular ou instável, onde outros materiais de construção e equipamentos envolvidos se encontram frequentemente presentes. Podem também envolver trabalhos em diferentes alturas, com o risco de colapso estrutural associado e/ou de queda de objetos sobre trabalhadores ou*

terceiros. Os acidentes registados, envolvendo cofragens na Austrália, têm demonstrado que os trabalhadores que caem são apanhados num colapso do equipamento e ficam gravemente feridos.

- *Deve existir um processo de consulta, utilizado durante a fase de planeamento e preparação, para determinar sistemas de trabalhos seguros baseados na avaliação de riscos. Os projetistas (que podem incluir promotores, arquitetos e engenheiros de estruturas) devem ser envolvidos no processo de consulta sempre que pertinente. O processo de consulta deve incluir a discussão sobre seguintes fatores:*
  - *natureza do trabalho,*
  - *faseamento planeado / definido para o trabalho,*
  - *tipo de cofragem a utilizar,*
  - *altura da cofragem a montar,*
  - *dimensão / tamanho da secção da cofragem,*
  - *disponibilidade de equipamento,*
  - *interferência com outras operações e frentes de trabalhos,*
  - *acesso às frentes de trabalho,*
  - *segurança de terceiros, e*
  - *localização / posicionamento de plataformas de trabalho intermédias.*
- *Na escolha de um sistema de cofragem para um trabalho específico, devem ter-se em conta as implicações na segurança dos trabalhadores envolvidos na montagem, utilização e desmontagem do sistema. Ao pensar sobre os fatores de segurança, deve-se atentar particularmente a três questões essenciais: estabilidade, resistência e controlo do risco de queda (de pessoas e de objetos).*
- *Quando se utiliza um sistema tradicional, devem usar-se módulos de cofragem standard, que tenham capacidade de carga conhecida. Sempre que possível, é preferível utilizar um sistema de cofragem específico, uma vez que normalmente a adoção de sistemas adaptados resulta na melhoria da segurança para os trabalhadores envolvidos nas operações de montagem e desmontagem da cofragem, bem como de manuseamento e armazenamento de materiais. Os melhores sistemas específicos disponíveis integram os aspetos de segurança que ajudam a controlar o risco de queda e lesões durante a realização das tarefas manuais.*
- *Os projetistas de trabalhos que envolvam cofragens têm o dever de garantir a segurança no trabalho, conforme previsto na lei Australiana. Um projetista deve assegurar a segurança no trabalho, relativamente ao projeto de uma instalação ou estrutura, através da gestão do risco, se for quem controla:*
  - *o projeto de uma instalação ou estrutura que é utilizada, que se pretende utilizar ou que tem alguma probabilidade de vir a utilizar-se na obra num estaleiro / local de trabalho, ou*
  - *o projeto de uma estrutura que é utilizada, que se pretende utilizar ou que tem alguma probabilidade de vir a utilizar-se como local de trabalho.*
- *Controlar inclui deter autoridade para tomar decisões sobre o projeto. No cumprimento dos seus deveres, os projetistas devem tomar medidas razoáveis e práticas para identificar os riscos associados ao trabalho e eliminar qualquer risco que dele possa resultar / decorrer – se não for possível eliminar o risco, deve ser minimizado tanto quanto razoavelmente possível. O projetista deve ainda informar qualquer outra pessoa com responsabilidades na gestão do risco sobre riscos que tenha identificado.*
- *No trabalho de projeto à luz deste Código, os projetistas devem considerar os riscos para a segurança associados às sequências de trabalho necessárias à montagem e desmontagem de cofragens, o que deve, no mínimo, incluir o seguinte:*
  - *a possibilidade de utilizar modelos de conceção que não requeiram cofragem in situ, tais como estruturas que possam ser montadas ao nível do solo e movimentadas/elevadas até à sua posição definitiva;*
  - *a metodologia e sequência de montagem e desmontagem da cofragem;*

- *minimização do trabalho em altura a desenvolver pelos trabalhadores durante a montagem e desmontagem da cofragem;*
- *que os sistemas de guarda-corpos (incluindo rodapés), barreiras de delimitação do perímetro de segurança, andaimes ou outros meios se encontram disponíveis para instalação, aquando do desenvolvimento de trabalhos em altura;*
- *que os sistemas anti queda (incluindo linhas de vida) se encontram disponíveis para instalação, se necessário;*
- *avisos e informação (tais como desenhos, instruções no âmbito dos trabalhos e mapas de quantidades) devem ser facultados aos executantes sobre a utilização de plataformas de múltiplos / vários níveis ou suportes elevados, cuja efetiva utilização poderá requerer medidas de segurança adicionais;*
- *que as superfícies inclinadas em cofragens acarretam riscos de deslizamento/escorregamento, devendo ser identificadas medidas apropriadas de controlo para prevenir lesões;*
- *qualquer risco de manuseamento associado à montagem e desmontagem da cofragem, requerido pelo projeto; e*
    - *o projeto de cofragem deve cumprir o AS3610 (Australian standard Formwork for concrete).*

(Territory 2011)

As recomendações (com força legislativa), vertidas neste documento, obrigam os projetistas das cofragens, a conceberem um equipamento, integrando a gestão do risco e, garantindo desta forma, a segurança das operações, nos seus processos de montagem e desmontagem. Promove a pré-fabricação máxima no solo e, a especificação clara de cada uma das fases desses processos, não se dissociando dos equipamentos de proteção coletiva e individual, porventura, necessários aos trabalhos. É um importante documento de prevenção de riscos, que consegue regular a conceção dos projetos de cofragens, promovendo a eficácia do equipamento e, consequentemente a minimização dos principais riscos envolvidos, o da queda em altura e o do esmagamento, normalmente associados a estas atividades.

3.3.3 *Notas Técnicas de Prevención* (*INSHT*) *–NTP834 / 845 / 836 / 837*

São quatro as *Notas técnicas de Prevención* (*NTP*), desenvolvidas pelo *Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo de España*, que pretendem regular a segurança das tarefas inerentes à montagem e desmontagem de cofragem vertical em muros de uma face, pilares e muros de duas faces.

As medidas de proteção e prevenção que estão na base das metodologias propostas, são desenvolvidas mediante a descrição ilustrada de cada uma das fases dos processos de montagem. Assentam genericamente no favorecimento do maior número de operações associadas à montagem dos vários tipos de cofragem, efetuadas ao nível do solo, minimizando o número de operações a realizar em altura.

Efetua-se uma apresentação dos referidos documentos (*em itálico*), acompanhada de comentários e crítica, considerados indispensáveis para a devida correção e complemento das metodologias propostas, tendo em vista a minimização adequada dos riscos de queda em altura e de materiais (incluindo o do esmagamento), durante as operações correntemente associadas a cada um dos sistemas de cofragens.

Na primeira *NTP* designada por *NTP834 Encofrado vertical. Muros a dos caras, pilares, muros a una cara (I)* (Pino), apresenta-se os diversos tipos de cofragens verticais e componentes aplicáveis. Identifica-se os riscos envolvidos e as medidas preventivas, associadas aos processos de montagem e desmontagem das cofragens, das quais se destaca o seguinte:

No que se refere ao risco de queda em altura refere a *NTP*, que se associa à utilização incorreta ou, à falta de algum elemento de proteção em escadas, andaimes, plataformas de trabalho da cofragem ou, à não utilização de *EPI* adequados para prevenir esse risco.

Relativamente ao risco de queda de objetos durante a movimentação de cargas, sublinha a *NTP*, a utilização de inadequados sistemas de elevação de *conjuntos* de cofragens.

A segunda *NTP* designada por *NTP835 Encofrado vertical. Muros a dos caras, pilares, muros a una cara (II)* (Pino), apresenta as várias fases de um processo de montagem, para cada um dos tipos de cofragem enunciados, apoiando-se em desenhos, desde a prefabricação dos seus diversos componentes no solo, até à cofragem ser concluída e, estar pronta para acolher betonagem.

Montagem de cofragem vertical em muros de duas faces

> *As três primeiras fases consistem na montagem integral de um conjunto no solo. Com o apoio de uma grua, procede-se à união dos painéis elementares que constituem o conjunto, aplicando-se os guarda corpos e os elementos estabilizadores desses conjuntos (escoras tirante)* (Figura 14).

A altura deste *conjunto* deveria ser especificada e limitada por exemplo a 2,5m, caso contrário, os trabalhos de aplicação dos *dywidags*, restantes elementos de estabilização e solidarização dos *conjuntos*, assim como a operação de desvinculação dos acessórios de elevação, após posicionamento do *conjunto*, requererão trabalhadores posicionados em altura, com recurso a meios externos ao equipamento, durante a sua aplicação.



Figura 14 Montagem de cofragem vertical em muros de duas faces
(Fonte - NTP 835. INHST)

> *A fase 4 consiste na aplicação dos acessórios de elevação e do sistema de elevação no conjunto, para efetuar a sua verticalização e proceder ao seu posicionamento no local* (Figura 15).

O sistema de elevação e os acessórios de elevação deveriam ser definidos e justificados, incluindo a direção (e/ou o angulo) dos cabos ou correntes.

A fase 5 é idêntica às 3 primeiras, acrescendo a este novo conjunto (a colocar no lado oposto do anterior), a aplicação de plataformas de trabalho. Alerta-se para a necessidade de fixação adequada das tabuas de pé das plataformas de trabalho (Figuras 16 e 17).

Na primeira situação, não se comtemplou o acesso vertical, guarda-corpos nos topos da plataforma de trabalho e elementos estabilizadores (escoras-tirante) que deveriam ser integrados na pré-fabricação do *conjunto* no solo. A altura deste *conjunto* deveria ser especificada e limitada, pelas mesmas razões anteriormente invocadas. No *conjunto* a que alude a Figura 17, deveria referir-se qual a diferença de cotas máxima que deveria existir entre plataformas de trabalho, tendo em vista o alcance funcional vertical de pé, resolver as operações conducentes à montagem e desmontagem da cofragem, dentro da zona de proteção dos guarda-corpos das plataformas de trabalho.

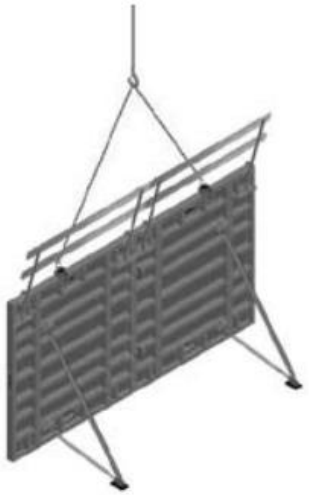


Figura 15 Montagem de cofragem vertical em muros de duas faces
(Fonte - NTP 835. INHST)

Os acessos verticais, para além de, deverem ser integrados no sistema de cofragem, deveriam possuir guarda-costas e, associar-se a um sistema de alçapão nas plataformas de trabalho. A utilização de escadas de mão neste tipo de sistemas, frequentemente associa-se, por um lado, à sua deficiente (ou inexistente) fixação superior e, um apoio precário na sua base, ao que se soma a necessidade de um instável (ou difícil) movimento do trabalhador para aceder aos diversos patamares. Muitas vezes o acesso é utlizado pelos trabalhadores, com uma das mãos ocupadas, com os mais diversos materiais, que naturalmente agudiza o problema.

Deveria ser efetuada referência à necessidade de fixação do sistema de guarda-corpos (incluindo os prumos e os elementos horizontais) e, das tabuas de pé das plataformas de trabalho, compatível com o seu parqueamento no solo, reutilização e movimentação do *conjunto*, devendo ser explícita a proibição da estabilidade de quaisquer destes componentes, ser conseguida, à custa de um apoio do tipo, *simplesmente apoiado*.



Figura 16 Montagem de cofragem vertical em muros de duas faces
(Fonte - NTP 835. INHST)

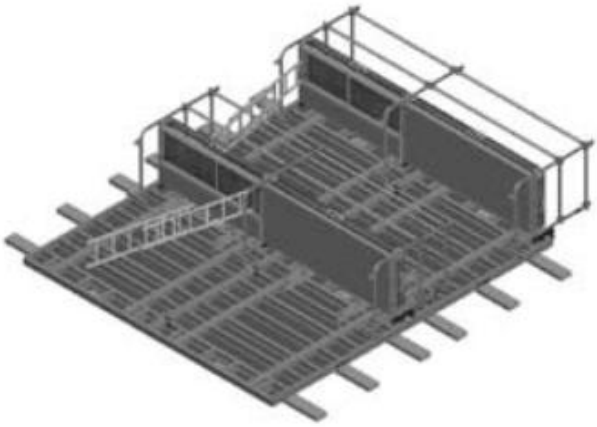


Figura 17 Montagem de cofragem vertical em muros de duas faces
(Fonte - NTP 835. INHST)

> *Na fase 6 procede-se à aplicação dos acessórios de elevação e do sistema de elevação no conjunto, para efetuar a sua verticalização e proceder ao seu posicionamento no local. Aplicam-se os varões dywidags e posteriormente libertam-se os acessórios de elevação* (Figura 18).

Deveria especificar-se de que zona devem, ou podem, ser desvinculados os acessórios de elevação após a verticalização e posicionamento do *conjunto* no elemento de construção. Se sob, ou sobre, a plataforma de trabalho de betonagem. No caso da segunda, os guarda-corpos previstos poderão não ser suficientes, uma vez que se pode verificar o risco de queda em altura para o interior do elemento de construção dependendo da sua espessura e geometria da armadura ordinária.

Os elementos estabilizadores devem ser aplicados durante a pré-fabricação do *conjunto* no solo, por duas razoes. A primeira relaciona-se com a altura do *conjunto*, que pode desde logo, implicar posicionamento dos trabalhadores em altura para a sua fixação no *conjunto*, o que garantidamente acontecerá no tipo de *conjunto* associado à Figura 17. A segunda, pelo facto das

operações conducentes à aplicação dos elementos estabilizadores, decorrerem com o *conjunto* instável, uma vez que se encontra apenas suspenso/estabilizado pela grua.

No caso de *conjuntos* com altura da ordem dos 4,5m, como o da Figura 17, o *conjunto* do lado oposto, terá de ter a mesma geometria incluindo as plataformas de trabalho, caso contrário, não existindo plataformas de trabalho (conforme Figuras 14 e 18), a aplicação de *dywidags*, restantes elementos de solidarização e estabilização do *conjunto*, incluindo as operações para a sua desvinculação do meio de elevação, terão de ser efetuadas com os trabalhadores posicionados em altura, com o recurso a meios de elevação externos ao equipamento.

> *Por ultimo na fase 8, após o betão deste primeiro tramo de muro ter ganho presa, procede-se à sua desmontagem. Executa-se a aplicação do sistema de elevação no conjunto a retirar, acedendo às plataformas de trabalho de betonagem, para posterior retirada dos dywidags, associados ao conjunto a movimentar. Parqueia-se o conjunto no solo para desmontagem, ou para operações de manutenção e limpeza no caso de uma nova aplicação* (Figura 20).

Não foram referidas as operações necessárias à execução da cofragem, requerida nos topos do elemento de construção, vulgarmente designada por *fechos*, sem os quais não é possível *fechar* o *molde* e concretizar a betonagem. No caso de cofragens com altura superior a 2,5m, os *conjuntos* devem ter plataformas de trabalho de ambos os lados, conforme Figura 17, permitindo aos trabalhadores, a partir dessas plataformas, executar esses *fechos*. O facto de não serem devidamente definidos no projeto de cofragem, favorecerá a improvisação, potenciando os riscos de queda me altura e de esmagamento) durante os processos de montagem, utilização e desmontagem da cofragem.

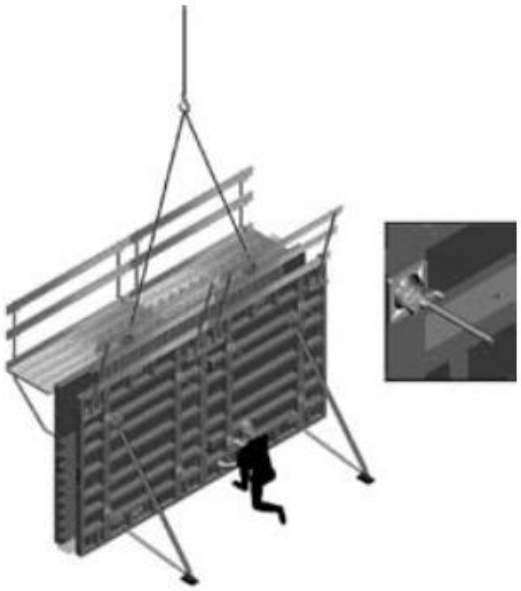


Figura 18 Montagem de cofragem vertical em muros de duas faces
(Fonte - NTP 835. INHST)

> *Na fase 7, procede-se à aplicação da escada de acesso às plataformas de trabalho e à aplicação de guarda corpos no seu topo* (Figura 29).



Figura 19 Montagem de cofragem vertical em muros de duas faces
(Fonte - NTP 835. INHST)

A aplicação de cada um dos *conjuntos* pressupõe a continuidade de guarda-corpos e piso das plataformas de trabalho entre *conjuntos* adjacentes. Facto que deve ser mencionado, caso contrário, poderá constituir um risco acrescido, pela existência de eventuais aberturas entre plataformas de trabalho. Dependendo da dimensão dessas aberturas, terá de se especificar em que condições se executarão os trabalhos, de forma a minimizar adequadamente o risco de queda em altura, uma vez que o trabalho será concretizado com forte probabilidade, sobre as plataformas de trabalho dos *conjuntos*.

Convinha referir-se, que estes sistemas, têm de perfazer a altura total do elemento de construção, não estando preparados para efetuar *elevações* (ou betonagens de níveis superiores).

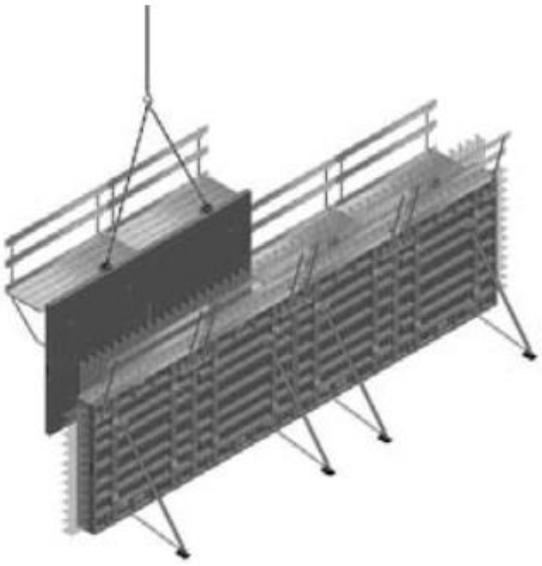


Figura 20 Montagem de cofragem vertical em muros de duas faces
(Fonte - NTP 835. INHST)

Montagem de cofragem de um muro de uma face

Começa-se por unir painéis deitados no solo com as garras de solidarização, o que constitui a fase 1 da montagem. Segue-se a montagem da fase 2 com a aplicação dos montantes e respetiva estrutura metálica de contraventamento. Com a estrutura ainda deitada no solo aplicam-se as plataformas de trabalho incluindo os guarda corpos e respetivos acessos, concluindo-se assim a fase 3 (Figura 21).



Figura 21 Montagem de cofragem vertical em muros de uma face
(Fonte - NTP 835. INHST)

A inexistência de plataformas de trabalho intermédias integradas no *conjunto*, impossibilitará em condições adequadas, aplicar-se os acessórios de estabilização e solidarização do próprio *conjunto* (*dywidags* perdidos e outros acessórios), bem como, desvincular o *conjunto* do sistema de elevação de cargas. A inexistência de acesso vertical à plataforma de betonagem, integrado no *conjunto*, implicará a existência de meios externos para o posicionamento do trabalhador em altura para a operação de desvinculação do *conjunto* do meio de elevação de cargas e, posteriormente, para a montagem do acesso vertical existente na Figura 22.

Deveria incluir-se plataformas intermédias integradas no *conjunto* e referir-se qual a diferença de cotas máxima que deve existir entre elas, tendo em vista o alcance funcional vertical de pé, resolver as operações conducentes à montagem e desmontagem da cofragem, dentro da zona de proteção dos guarda-corpos das plataformas de trabalho.

Os guarda-corpos de topo devem ser aplicados com o *conjunto* ainda no solo, bem como o acesso integrado com guarda-costas, associado a alçapões nas plataformas de trabalho.

A fase 4 inicia-se com o conjunto ainda deitado, aplicando-se os acessórios que permitirão fixar os dywidags perdidos, procede-se à aplicação do sistema de elevação no conjunto para efetuar a sua verticalização e movimentação para o local de aplicação. Aplicam-se os restantes acessórios de estabilização da cofragem. Através do acesso existente acede-se à plataforma de trabalho, aplicam-se os guarda corpos de topo e desvincula-se o conjunto do equipamento de elevação, para posterior início da betonagem (Figura 22).

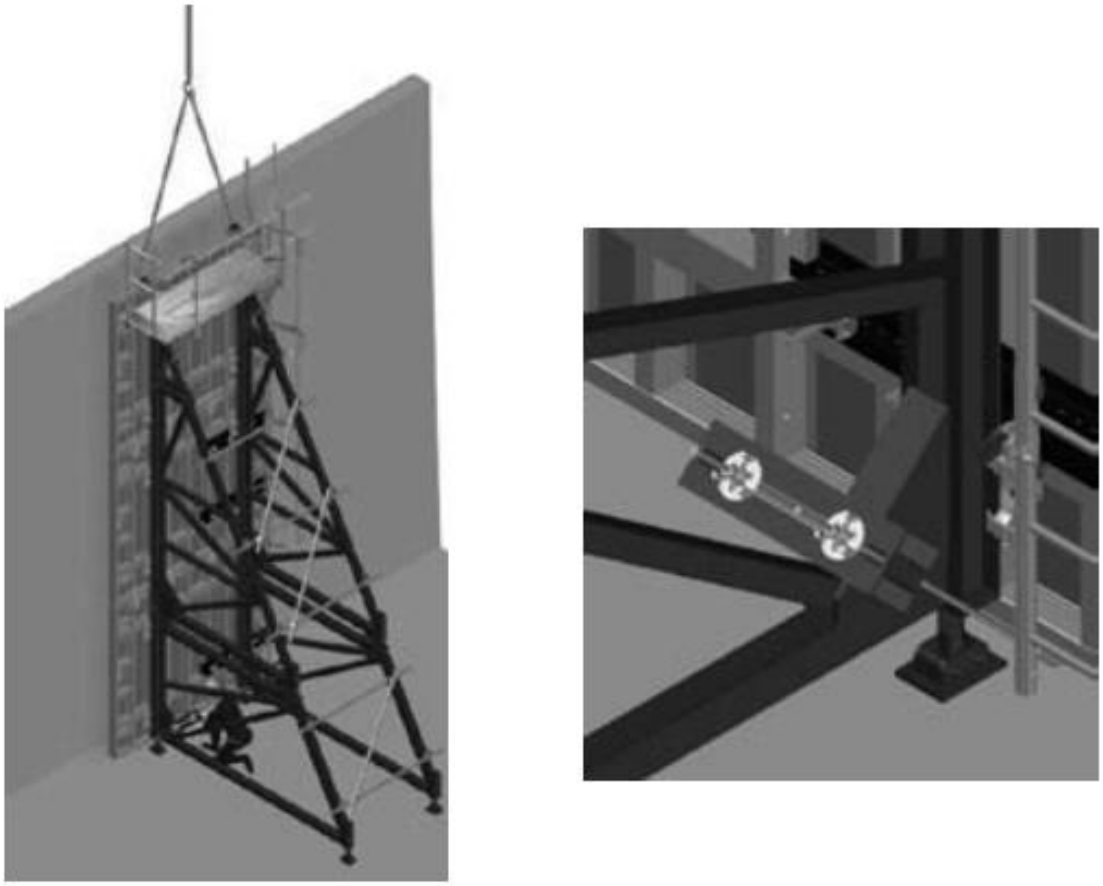


Figura 22 Montagem de cofragem vertical em muros de uma face
(Fonte - NTP 835. INHST)

Estes sistemas, como os anteriores, têm de perfazer a altura total do elemento de construção, não estando preparados para efetuar elevações, o que convinha clarificar.

O sistema de elevação e os acessórios de elevação devem ser definidos e justificados, incluindo a direção (e/ou o angulo) dos cabos ou correntes.

À semelhança do sistema anterior, nada é referido relativamente à execução dos *fechos* da cofragem, sem os quais o *molde* fica incompleto e, por isso, não permitirá concretizar a betonagem. Neste caso, com *conjuntos* desta dimensão, sem plataformas intermédias integradas, será necessário realizar os *fecho*s com o recurso a meios externos ao equipamento para posicionamento em altura dos trabalhadores.

A reutilização do *conjunto* implica o seu parqueamento no solo possibilitando a sua manutenção, limpeza da superfície cofrante e, a aplicação de óleo descofrante, em condições de trabalho e estabilidade adequadas. Dependendo das condições do parqueamento e das dimensões do *conjunto*, essas operações poderão ser efetuadas com os trabalhadores posicionados em altura, o que, nesse caso, requererá a existência de meios externos, específicos para o efeito.

Deveria ser efetuada referência à necessidade de fixação do sistema de guarda-corpos (incluindo os prumos e os elementos horizontais) e das tabuas de pé das plataformas de trabalho, compatível com o seu parqueamento no solo e reutilização do *conjunto*. Deveria ser explícita a

proibição da estabilidade de quaisquer destes componentes, conseguir-se, à custa de um apoio do tipo, *simplesmente apoiado*.

Deveria especificar-se, de que zona, devem ser desvinculados os acessórios de elevação, após a verticalização e posicionamento do *conjunto* no elemento de construção. Se sob, ou sobre, a plataforma de trabalho de betonagem. No caso da segunda, os guarda-corpos previstos poderão não ser suficientes, uma vez que se pode verificar o risco de queda em altura para interior do elemento de construção, dependendo da sua espessura e geometria da armadura ordinária.

A aplicação de cada um dos *conjuntos* pressupõe, a continuidade de guarda-corpos e piso das plataformas de trabalho entre *conjuntos* adjacentes, à semelhança do sistema anterior. Facto que deveria ser mencionado, caso contrário, constituirá um risco acrescido, pelas eventuais aberturas entre plataformas. Dependendo da sua dimensão, terá de se especificar em que condições se executarão os trabalhos, de forma a minimizar adequadamente o risco de queda em altura, uma vez que o trabalho será concretizado, com forte probabilidade, sobre as plataformas de trabalho dos *conjuntos*.

> *Todos os trabalhos devem realizar-se a partir de plataformas de trabalho. Quando as condições de montagem não o permitirem devem usar-se medidas de proteção individual do tipo anti queda, pelo que será necessário prever pontos de ancoragem ou linhas de vida.*
>
> *As plataformas de trabalho que se montam entre painéis de cofragem para execução in situ das armaduras, devido às particularidades do processo, devem ser alvo de medidas idóneas quanto à segurança e estabilidade, justificando e evidenciando a sua eficácia.*
>
> *Os painéis de cofragem nunca se devem desvincular do meio de elevação de cargas sem se encontrarem devidamente estabilizados.*

A terceira e a quarta *NTP* são referentes a cofragens verticais de sistemas trepantes.

A terceira *NTP* intitula-se de *NTP386 Encofrado vertical. Sistemas trepantes (I)* (Pino). Apresenta os diversos tipos de sistemas trepantes e componentes aplicáveis. Identificam-se os riscos envolvidos e as medidas preventivas, associadas aos processos de montagem e desmontagem das cofragens.

> *Consideram-se os sistemas trepantes classificados de três formas: por tipo de movimento, por tipo de cofragem e por tipo de consola trepante.*
>
> *A classificação por tipo de movimento, divide-se em dois tipos: a plataforma da base da cofragem (ou principal) que se move através de grua em separado com o conjunto vertical que contem os painéis de cofragem, ou ambos formam um conjunto que se move de uma só vez. Este ultima, mediante o tipo de movimento, poderá ainda subdividir-se em três sistemas: com o recurso a grua, no caso dos sistemas convencionais; com grua mantendo as plataformas e os painéis guiados pela estrutura de betão (Sistemas trepantes guiados); ou com meios hidráulicos próprios, sem necessidade de grua (sistemas Auto trepantes).*
>
> *Por seu turno a classificação por tipo de cofragem divide-se em dois tipos, sistemas trepantes a uma face ou a duas faces* (Figura 23 e Figura 24)

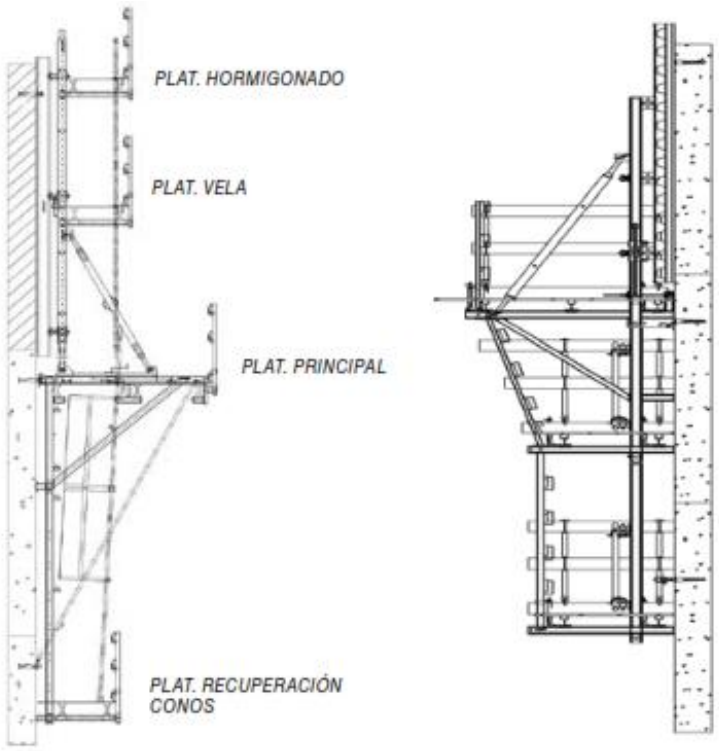


Figura 23 Montagem de cofragem vertical em sistemas trepantes de uma face
(Fonte - NTP 836. INHST)

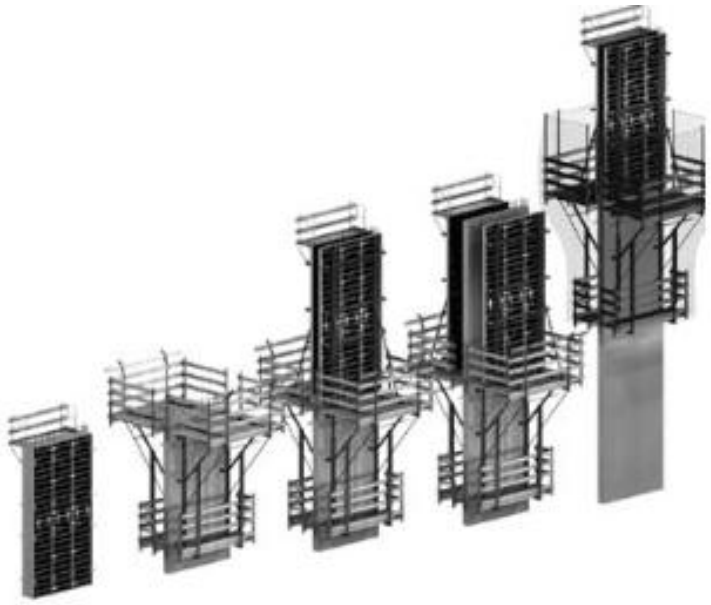


Figura 24 Montagem de cofragem vertical em sistemas trepantes de duas faces
(Fonte - NTP 836. INHST)

Relativamente à plataforma intermedia da cofragem (PLAT. VELA), refere-se que se a cofragem tiver altura que permita aos trabalhadores através da plataforma principal colocar os dywidags e os acessórios de solidarização/fixação entre conjuntos da cofragem, então esta poderá suprimir-se. A plataforma de suspensão (PLAT: RECUPERACIÓN CONOS), servirá operações de acabamento da superfície de betão e para a recuperação das ancoragens do ciclo concluído.

Por último os sistemas trepantes quanto ao tipo de consola trepante podem também ser de dois tipos: de consola fixa ou de consola móvel, o que, neste ultimo caso, permitirá recuar os painéis, com um movimento horizontal e perpendicular à face do elemento de construção. O primeiro implica a descida dos painéis ao solo para manutenção e operações de limpeza, antes de iniciarem o ciclo seguinte. No segundo, o recuo in situ dos painéis, substitui-se à sua descida ao solo (Figura 25).

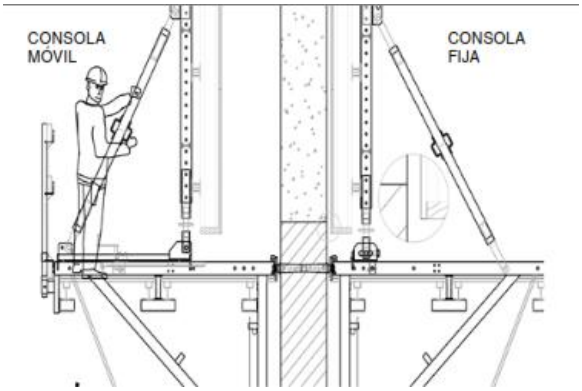


Figura 25 Tipo de consolas dos sistemas trepantes
(Fonte - NTP 836. INHST)

Relativamente às principais causas associadas ao risco de queda em altura neste tipo de sistemas considera-se o seguinte: inexistência de sistema de proteções de perímetro completos; a existência de aberturas entre plataformas; e o acesso às plataformas ser efetuado trepando-se pelos painéis. No que se refere à queda de objetos salienta-se o seguinte: a utilização de sistemas e acessórios de elevação incorretos; desvincular ou afrouxar os meios de elevação antes de se proceder à sua correta estabilização e fixação provisoria do conjunto movimentado; aplicar um novo conjunto sem estar concluída a fixação provisoria do anterior; e deixar alguns elementos montados parcialmente.

Este conjunto de quatro notas técnicas é encerrado com a *NTP387 Encofrado vertical. Sistemas trepantes (II)* (Pino). Descreve esta *NTP* a montagem de sistemas trepantes com consola a mover-se em separado dos *conjuntos* e, com consola a mover-se de forma integrada com os *conjuntos*. Apresenta as medidas preventivas que se devem ter em consideração para prevenir os riscos associados à atividade. Qualquer montagem destes sistemas, é genericamente concebido, privilegiando-se o maior número de operações efetuado ao nível do solo, minimizando assim o risco de queda em altura existente durante as operações.

Montagem de sistema trepante com consola a mover-se em separado dos conjuntos

A fase 1 consiste na execução do primeiro tramo do elemento de construção, normalmente designada por arranque, que se pode executar de acordo como o referido nas anteriores notas técnicas.

A fase 2 consiste na aplicação/aparafusamento do primeiro nível de ancoragens, nos negativos deixados na betonagem do primeiro tramo, para posterior aplicação das consolas em cada um desses apoios, concretizando-se a fase 3 (Figura 26 e Figura 27).

A aplicação das ancoragens requer o posicionamento dos trabalhadores em altura, com o recurso a meios externos ao equipamento, como poderá ser o caso do recurso a andaime, conforme sugerido para as atividades seguintes.

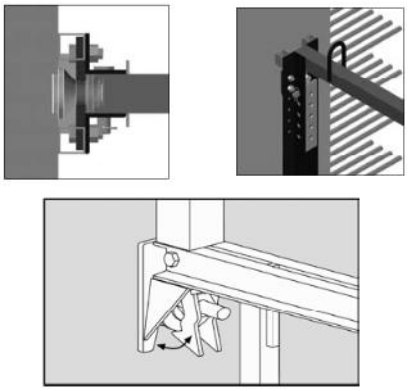


Figura 26 Ancoragens das consolas dos sistemas trepantes
(Fonte - NTP 837. INHST)

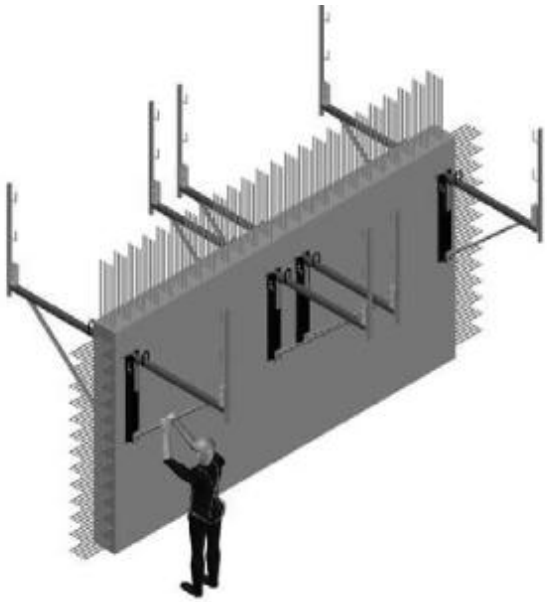


Figura 27 Aplicação de consolas dos sistemas trepantes
(Fonte - NTP 837. INHST)

A quarta fase prevê a execução do piso e dos guarda-corpos sobre as consolas anteriormente aplicadas (Figura 28).

Para a execução do piso das plataformas é geralmente requerido um trabalhador sobre esse mesmo piso que se encontra em execução, o que por seu turno, requererá medidas de proteção específicas para a minimização do risco de queda em altura, ou a utilização de meios externos para o posicionamento do trabalhador em altura, conforme exemplo sugerido, com recurso à utilização de andaime. O mesmo se passará, na aplicação dos guarda-corpos, incluindo os do topo das plataformas de trabalho, igualmente com trabalhadores posicionados sobre o piso das anteriormente executadas, requerendo medidas de proteção para a minimização do risco de queda em altura, ou a utilização de meios externos para o posicionamento do trabalhador em altura, conforme exemplo sugerido, igualmente, com recurso à utilização de andaime.

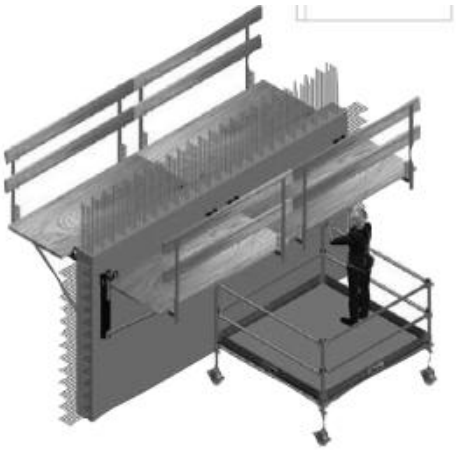


Figura 28 Execução do piso e guarda corpos sobre as consolas
(Fonte - NTP 837. INHST)

Na fase 5 um trabalhador sobe à plataforma principal (da base da cofragem) e recebe o primeiro conjunto movimentado, procedendo à sua fixação e ao desengate dos acessórios de elevação (Figura 29).

Dependendo da altura de cada *conjunto*, associado à altura de cada ciclo de betonagem, o alcance funcional vertical de pé, pode ou não, resolver as operações conducentes à montagem e desmontagem do *conjunto*, dentro da zona de proteção dos guarda-corpos das plataformas de trabalho. Será o caso da aplicação das *escoras tirante* no *conjunto*, a desvinculação do sistema de elevação, a aplicação dos *dywidags* e, restantes elementos de solidarização e estabilização dos *conjuntos*. Por esta razão, a altura deste *conjunto*, deverá ser especificada e limitada por exemplo a 2,5m de altura. Convinha ainda referir-se que alturas superiores, requerem geralmente, a aplicação de andaime sobre a plataforma da base da cofragem (para a execução da armadura ordinária do nível em execução), que tem de estar dimensionada para o seu adequado apoio e fixação, o que deve naturalmente, ser justificado no projeto da cofragem.

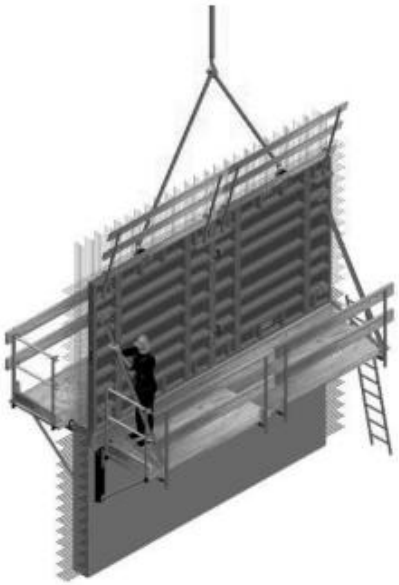


Figura 29 Receção e aplicação do 1.º *conjunto* do sistema trepante
(Fonte - NTP 837. INHST)

A fase 6 consiste na aplicação do conjunto do lado oposto, que contempla plataformas de trabalho para apoiar a execução da betonagem. Procede-se à aplicação dos varões dywidags (Figura 30).

Não se comtemplam guarda-corpos nos topos da plataforma de trabalho e, elementos estabilizadores (escoras-tirante), integrados na pré-fabricação do *conjunto* no solo. A altura deste *conjunto* deveria ser especificada e limitada, pelas razões já anteriormente invocadas.

Deveria ser efetuada referência à necessidade de fixação do sistema de guarda-corpos (incluindo os prumos e os elementos horizontais) e das tabuas de pé das plataformas de trabalho, compatíveis com o parqueamento no solo e reutilização do *conjunto*. Deveria ser explícita, a proibição da estabilidade de quaisquer destes componentes, conseguir-se à custa de um apoio do tipo, *simplesmente apoiado*.

Deveria especificar-se de que zona devem, ou podem, ser desvinculados os acessórios de elevação após a verticalização e posicionamento do *conjunto* no elemento de construção. Se sob, ou sobre, a plataforma de trabalho de betonagem. No caso da segunda, os guarda-corpos previstos, poderão não ser suficientes, uma vez que, se pode verificar o risco de queda em altura para o interior do elemento de construção, dependendo da sua espessura e geometria da armadura ordinária.

A aplicação de cada um dos *conjuntos* pressupõe a continuidade de guarda-corpos e piso das plataformas de trabalho entre *conjuntos* adjacentes, após a sua aplicação. Facto, que deveria ser mencionado, caso contrário, constituirá um risco acrescido, pelas eventuais aberturas entre plataformas. Dependendo da dimensão das aberturas, terá de se especificar em que condições se executarão os trabalhos, de forma a minimizar adequadamente o risco de queda em altura, uma vez que o trabalho será concretizado, com forte probabilidade, sobre as plataformas de trabalho dos *conjuntos*.

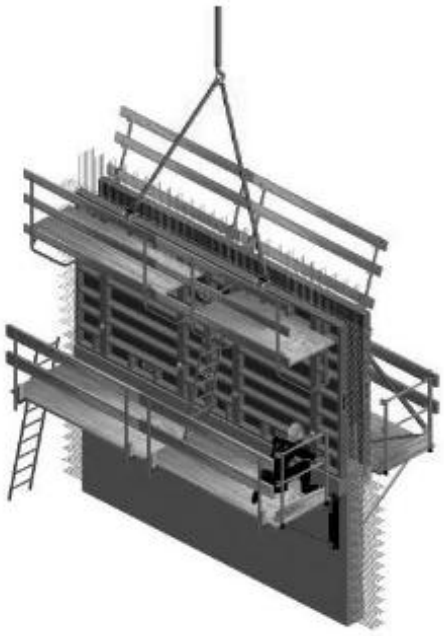


Figura 30 Receção e aplicação do *conjunto* oposto do sistema trepante
(Fonte - NTP 837. INHST)

Na fase 7 aplicam-se os guarda corpos nos topos das plataformas de trabalho, desvincula-se o conjunto dos meios de levação, para posterior execução da betonagem (Figura 31).

À semelhança dos sistemas anteriores, não foram referidas as operações necessárias à execução da cofragem, requerida nos topos do elemento de construção, vulgarmente designada por *fechos*, sem os quais não é possível fechar o *molde* e concretizar-se a betonagem.

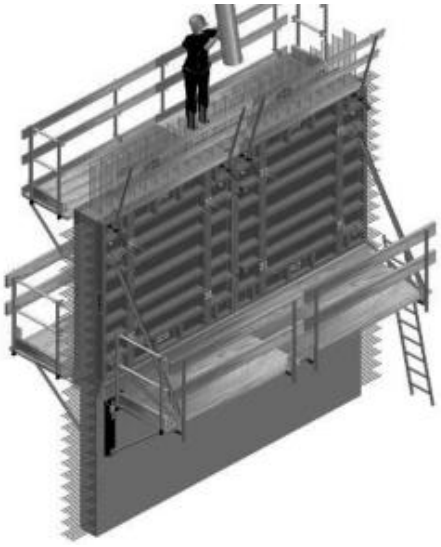


Figura 31 Betonagem de primeira elevação com sistema trepante
(Fonte - NTP 837. INHST)

A fase 8 é relativa à retirada dos conjuntos para o solo, seguindo-se a aplicação das ancoragens do nível seguinte (Figura 32).

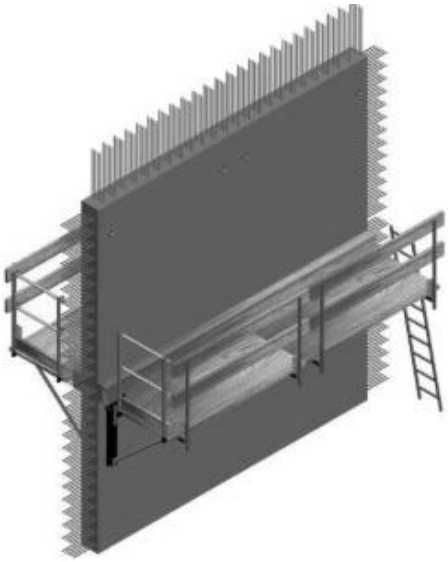


Figura 32 Retirada dos *conjuntos* para o solo e aplicação de novo nível de ancoragens
(Fonte - NTP 837. INHST)

Dependendo da dimensão da altura do *conjunto*, a desvinculação dos elementos de estabilização e solidarização dos *conjuntos* e, o descobrimento dos negativos das ancoragens da próxima elevação, bem como a sua aplicação, podem requer o posicionamento dos trabalhadores em altura. Neste contexto, será necessário meios adicionais para o posicionamento dos trabalhadores em altura, conforme já referido na primeira aplicação destas plataformas da base da cofragem. No que se refere ao *descobrimento* dos negativos das ancoragens da próxima elevação, bem como à sua execução, poderá sugerir-se a implementação de um sistema retrátil do tipo anti queda, fixo à armadura ordinária existente na parte superior do último nível executado. Conjuntamente com o auxílio de uma escada de mão, o trabalhador sujeitará o seu arnês e, poderá proceder dessa forma à execução desses trabalhos, com permanente proteção para o risco de queda em altura.

> *Na fase 9 (a última), procede-se à elevação das plataformas principais existentes na base da cofragem, encontrando-se um trabalhador na plataforma adjacente a apoiar o seu posicionamento para o nível seguinte. (Figura 33) Posteriormente colocam-se os conjuntos de cofragens sobre as consolas principais e repetem-se as fases de 1 a 9, quantas vezes foram necessárias.*

O trabalhador que procede à orientação do *conjunto*, suspenso pelo meio de elevação de cargas, para a sua aplicação na próxima elevação, necessita de proteção para minimizar risco de queda em altura a que se encontra sujeito, o que poderá ser obviado através do sistema de proteção individual anteriormente referido. Convém referir, que a diferença de cotas entre o trabalhador e o novo nível das ancoragens, tem que ser compatível com a adequada execução da operação, incluindo a fiável observação do seu correto encaixe nas ancoragens.

Encontra-se por explicar, como se desvincula o sistema de elevação do *conjunto* movimentado para o nível seguinte, bem como, se aplicam as respetivas cavilhas, em cada uma das ancoragens, normalmente associadas a estes sistemas.

O posicionamento de um trabalhador, na cota superior do betão do último nível executado, no interior da armadura, é uma hipótese, se as suas dimensões e geometria foram compatíveis com a sua movimentação nesse local. Neste caso, poderá proceder-se desse sítio, quer ao posicionamento do *conjunto* e aplicação das cavilhas em cada uma das ancoragens, quer à desvinculação do sistema de elevação. Poderá neste caso, a armadura ordinária, ser complementarmente dotada de estribos adicionais em todo o seu perímetro, que permitam obviar o risco de queda em altura, durante a permanência de um trabalhador no seu perímetro interior.

Está ainda em falta, referir como se recuperam as ancoragens, onde apoiavam as plataformas da base da cofragem, uma vez que são necessárias para a sua utilização nos ciclos seguintes. No caso em apreço, não se vislumbra outra solução, que não seja a utilização de meios externos ao equipamento, que permitam que um trabalhador se posicione em altura, até à cota da última elevação efetuada. Este quadro, proporcionará frequentemente, um convite irresistível à ilegalidade, na *viagem* de trabalhadores, sobre os próprios *conjuntos*, conforme adiante referido (ponto 4.8).

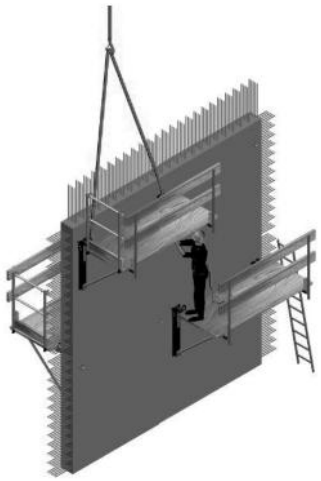


Figura 33 Elevação das plataformas principais para o nível seguinte
(Fonte - NTP 837. INHST)

Montagem de sistema trepante com consola a mover-se de forma integrada com os conjuntos (Exemplo de um pilar caixão)

A configuração dos *conjuntos* deverá ser desenhada tendo em consideração a minimização de operações efetuadas em altura, nomeadamente no que se refere à continuidade do piso das plataformas de trabalho e dos seus guarda-corpos, após aplicação ou elevação de um dos *conjuntos*, relativamente aos adjacentes.

Após a retirada dos *dywidags* e, antes de se proceder à abertura dos *painéis exteriores*, poderá desmobilizar-se o, ou os, *conjuntos* da cofragem interior, seguindo-se, a elevação do seu apoio (onde se encontra o piso da base da cofragem interior), usualmente designado pelo *fundo* do interior. Passará a existir uma plataforma de trabalho, à cota superior do último nível executado, que anula a possibilidade de queda para o interior do fuste e, proporciona um local de trabalho amplo e seguro, para apoio e acesso das operações inerentes à elevação dos *conjuntos* exteriores e do(s) *conjunto(s)* interior(es) (Figura 70).

> *A fase 1 Inicia-se com a aplicação dos dywidags, restantes elementos de estabilização e solidarização dos conjuntos. Efetua-se a betonagem e, após o betão ter a presa requerida, procede-se à descofragem. A descofragem da primeira elevação, executa-se procedendo-se ao recuo de cada um dos conjuntos, com o espaçamento do elemento de construção, necessário para permitir que se descubram os negativos existentes junto à parte superior do elemento de construção, para se aplicar as ancoragens da próxima elevação* (Figura 34).

O acesso às ancoragens requer o posicionamento dos trabalhadores em altura relativamente ao piso da plataforma da base da cofragem (plataforma principal). Antes de se elevar os *conjuntos* exteriores, e após se efetuar o *recuo* dos painéis, o local de trabalho, situa-se entre a superfície cofrante dos *conjuntos* exteriores de cofragem e, a face exterior do betão executado, uns centímetros abaixo da cota superior do betão do nível executado. No que se refere ao *descobrimento* dos negativos das ancoragens da próxima elevação, bem como à sua concretização, pode-se sugerir a implementação de um sistema retrátil do tipo anti queda, associado à utilização de uma escada de mão, nos moldes anteriormente referidos.

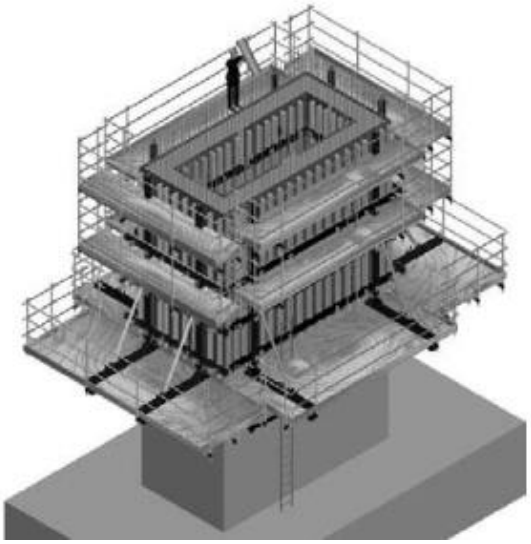


Figura 34 Recuo dos *conjuntos* para aplicação das ancoragens para a elevação seguinte
(Fonte - NTP 837. INHST)

> *A fase 2 consiste na aplicação do sistema de elevação de cargas a cada um dos conjuntos do sistema trepante, para posicionamento na terceira betonagem. Desta feita cada conjunto a movimentar é constituído pelos painéis e plataformas de uma face associados à plataforma principal da base da cofragem* (Figura 35).

Após o recuo dos painéis dos *conjuntos* exteriores, passará a existir o risco de queda em altura, para o lado do fuste, no caso de utilização da plataforma de trabalho de betonagem. Neste caso, será necessário referir-se quais as medidas de proteção para minimizar esse risco, durante a aplicação dos acessórios de elevação no *conjunto* a movimentar. Se o *conjunto* tiver acesso integrado, associado a sistema de alçapão e, permitir o engate dos acessórios de elevação a partir da plataforma intermédia do *conjunto* exterior, o risco de queda em altura para o lado do fuste estará eliminado. Se porventura, os topos dessa mesma plataforma estiverem desprotegidos, terá de se resolver o problema ou, com o desenho do sistema, prevendo a existência de guarda corpos nos topos ou, a com a adoção, neste caso, de proteção individual, a fixar na zona do alçapão que não permita ao trabalhador atingir os topos da plataforma, na operação de engate das correntes. Pode-se ainda proceder apenas ao *descolar* dos painéis, não procedendo ao seu efetivo recuo, eliminado assim o risco de queda em altura para o lado do fuste, mantendo-se a observação e os mesmos cuidados ter em consideração nos topos da plataforma.

Segue-se a retirada das cavilhas que travam as ancoragens (ao nível da plataforma principal de cada *conjunto* exterior), o que deverá ser efetuado a partir da plataforma da base da cofragem (plataforma principal), através de umas aberturas (*janelas*), deixadas no piso dessa plataforma, especificamente para esse efeito. Antes do primeiro *conjunto* exterior se elevar, a operação será efetuada com os trabalhadores protegidos com guarda-corpos em todo o seu perímetro, qualquer que seja a plataforma de trabalho onde se encontrem. Após a primeira elevação, essa proteção, deixará provavelmente de existir. Excetuando-se o caso, de cada um dos *conjuntos*, de forma independente, possuir o seu perímetro fechado com guarda-corpos. O que normalmente não é opção, por interromper o acesso horizontal entre *conjuntos*, durante as operações. Acresce ainda,

a necessidade de todos os *conjuntos*, possuírem acesso integrado associado a *alçapões*, entre todas as suas plataformas de trabalho.

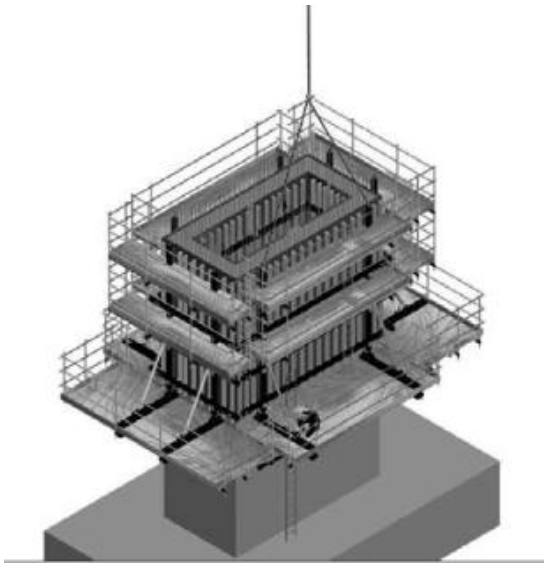


Figura 35 Aplicação do sistema de elevação para elevação dos *conjuntos* integrados
(Fonte - NTP 837. INHST)

A fase 3 comtempla a montagem da plataforma suspensa ao nível do solo. Com o conjunto integrado fixo ao meio de elevação e posicionado na vertical com a sua parte inferior ao nível do solo, procede-se à aplicação da plataforma de suspensão no conjunto integrado. A partir desta fase cada conjunto integrado, será constituído, pelos painéis de uma face e respetivas plataformas de trabalho (de betonagem e intermedia), acrescido da plataforma principal situada na base da cofragem, bem como a plataforma de suspensão (Figura 36).

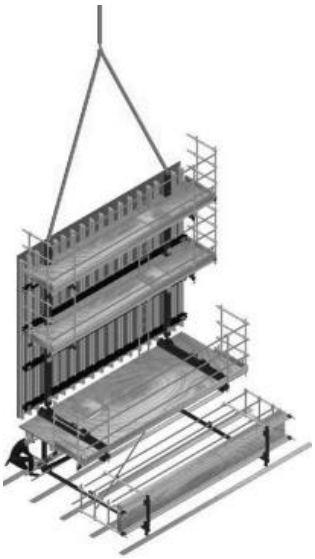


Figura 36 Aplicação da plataforma de suspensão no sistema trepante
(Fonte - NTP 837. INHST)

É importante sublinhar a necessidade de uma ligação do tipo articulada, apresentada na *NTP*, entre a plataforma suspensa e o *conjunto*, em detrimento de uma ligação sem esse grau de

liberdade. Por um lado, evita-se a supressão de trabalhos realizados em altura e, por outro, a dispensa da suspensão/verticalização da plataforma de suspensão, em simultâneo com o *conjunto*. Ao que se acrescenta, quer a necessidade de recurso a meios de elevação adicionais, quer ao facto, dos *conjuntos* se encontrarem apenas *desenhados*, para que a sua movimentação, se efetue exclusivamente na posição vertical.

> *A fase 4 consiste na elevação de um conjunto exterior do sistema trepante para fixação nas ancoragens da elevação seguinte. Acede-se à plataforma principal e colocam-se as cavilhas de bloqueio de segurança da fixação das consolas da plataforma principal às ancoragens embebidas no betão, junto à parte superior do elemento de construção, onde se alicerçará todo o peso do conjunto trepante. Colocam-se as escadas de acesso entre a plataforma inferior e a plataforma principal* (Figura 37).

Para o *conjunto* ser elevado e posicionado nas ancoragens do próximo nível, são requeridos um ou dois trabalhadores, na cota superior do nível executado, para daí, encaminharem adequadamente o *conjunto* para o seu encaixe nas respetivas ancoragens. Existem três locais possíveis, para se efetuar essa operação, o que requer ser explicado. Sobre as plataformas de betonagem dos *conjuntos* adjacentes (não elevados), sobre as plataformas da base da cofragem de *conjuntos* adjacentes (já elevados) ou, sobre o *fundo* da cofragem interior (caso tivesse sido a opção, a sua elevação prévia) e simultaneamente no interior da armadura ordinária, sobre as *paredes* do *fuste* executado. Qualquer um destes locais terá de ter a virtude de, por um lado, permitir posicionar adequadamente o *conjunto*, visualizar adequadamente o seu perfeito encaixe nas ancoragens e, por fim, permitir de imediato a aplicação das cavilhas em cada uma das ancoragens. Em qualquer um dos locais, será necessário cuidar da proteção para prevenir o risco de queda em altura. Sugere-se nestes casos o recurso à proteção individual, nomeadamente o arnês de segurança, com *longe*, cujo comprimento não deve permitir que o trabalhador, atinja a zona de risco de queda em altura.

Não se observam acessos verticais integrados nos *conjuntos*, ligando as suas plataformas de trabalho, o que impossibilitará a deslocação dos trabalhadores às posições de trabalho, requeridas para se cumprir o ciclo produtivo.

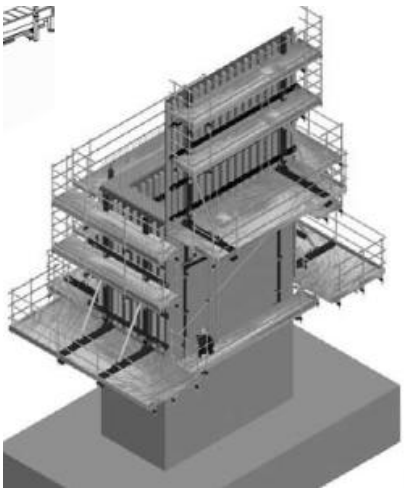


Figura 37 Elevação de um *conjunto* do sistema trepante
(Fonte - NTP 837. INHST)

Após se ter elevado o *conjunto* e aplicado as respetivas cavilhas, será necessário desvinculá-lo do meio de elevação de cargas. Para o efeito, requer-se que um trabalhador se desloque à parte superior do *conjunto* já elevado e, proceda à sua desvinculação do sistema de elevação. Em qualquer um dos locais, onde se encontrem os trabalhadores, será necessário garantir o seu acesso ao *conjunto* elevado. Este acesso, terá de ser efetuado, entre a plataforma de betonagem (de *conjunto* adjacente não elevado) e, a plataforma principal do *conjunto* elevado ou, entre plataformas principais de *conjuntos* adjacentes elevados ou, entre o *fundo* do interior e a plataforma principal do *conjunto* elevado (passando os trabalhadores pela armadura ordinária e a abertura existente entre os painéis e a plataforma principal do *conujnto* exterior elevado. Nos dois primeiros casos, é necessário que o desenho das plataformas de betonagem e das plataformas principais seja concebido para ter continuidade de guarda-corpos e do piso das plataformas de trabalho, entre *conjuntos* adjacentes, posicionados em diferentes cotas. Dependendo da localização e da natureza dos pontos de fixação, poderá ser necessário, que o trabalhador se desloque e posicione, sobre a parte superior da plataforma de betonagem, onde neste momento, ao risco de queda em altura, se somou o de perfuração. Facto que decorre, dos varões de *empalme* e em espera para a próxima betonagem se encontrarem, por um lado, adjacentes aos painéis de cofragem e, em cota inferior à plataforma de betonagem do *conjunto* exterior, fruto da sua elevação para a betonagem seguinte. Se o sistema permitir o desengate dos acessórios de elevação a partir da plataforma intermédia, com os pontos de fixação aí localizados, o risco de queda em altura encontrar-se-á devidamente minimizado, uma vez que poderão existir guarda-corpos em todo o seu perímetro e o risco de perfuração não existirá.

> *Na fase 5 procede-se à aplicação do sistema de elevação ao conjunto do sistema trepante interior, movimentando-o até que os seus patins encaixem nos negativos existentes junto à parte superior do último tramo betonado* (Figura 38).

O *conjunto* único da cofragem interior, não *sobe* para a próxima elevação sem *encolher*, o que se encontra por explicar.

A operação do sistema trepante interior padece dos mesmos riscos, associados aos *conjuntos* exteriores, com a *desvantagem* do trabalho no interior do fuste, decorrer sem visibilidade exterior, apenas observado do local onde se desenvolvem efetivamente os trabalhos, o que talvez explique a precaridade que se observa usualmente nestas atividades, quando é possível assistir às operações. Vejamos. O *conjunto* ou os *conjuntos* tem a mesma altura que os exteriores, a rondar frequentemente 4,5m. Requerem por isso, o mesmo número de plataformas de trabalho para serem operados, a de suspensão, a plataforma principal (o *fundo* da cofragem interior), a plataforma intermédia e a de betonagem. A cofragem interior pode ser geralmente materializada em 4 *conjunto*s, 2 *conjuntos* ou num *conjunto* único. Aos dois primeiros casos, ainda se requer a execução adicional dos *fechos* de cofragem, necessários entre *conjuntos*. A sua materialização associa-se a atividades realizadas em altura, até aos 4,5m, que carecem naturalmente de ser justificadas, sendo nestes dois casos, necessário explicar:

- como se montam e desmontam as plataformas de trabalho, uma vez se desenvolverão com a presença do risco de queda em altura;
- como se vinculam e desvinculam os acessórios de elevação a cada um dos *conjuntos* durante os seus processos de montagem e desmontagem;

- como se acede ao interior do fuste durante estes processos;
- como se eleva o *fundo* da cofragem para o ciclo seguinte, geralmente independente dos *conjuntos*, que materializam a superfície cofrante propriamente dita;
- como se afere o correto encaixe do seu sistema de fixação ao betão e;
- como se recuperam os respetivos negativos metálicos, normalmente associados a este tipo de dispositivos, do tipo, *patins metálicos de encaixe automático*.
- definir o sistema de elevação e respetivos acessórios de elevação, incluindo a sua localização de aplicação nos *conjuntos* e, a inclinação das correntes (ou cabos) do sistema.

Todas estas questões devem ser justificadas, na medida em que, a sua execução envolve riscos significativos para os trabalhadores, em todos os ciclos do processo produtivo, inerentes à operação dos *conjuntos*, que constituem o *interior* da cofragem.

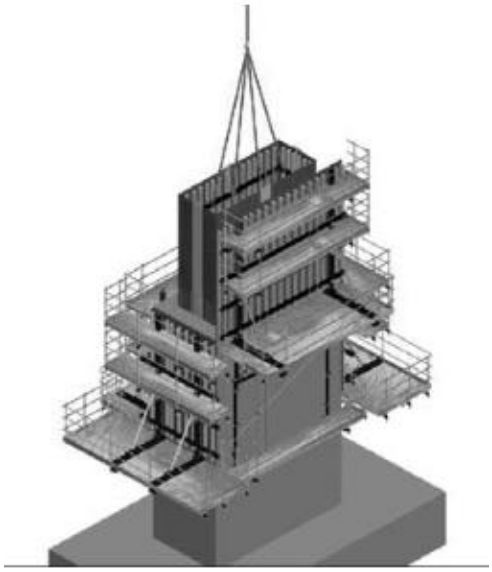


Figura 38 Elevação de o interior do sistema trepante
(Fonte - NTP 837. INHST)

Observa-se nas figuras que o *conjunto*, aparentemente único, da cofragem interior não possui plataforma de betonagem, nem acesso vertical integrado ao seu interior, o que, deixa antever condições precárias, de posicionamento e acesso, durantes as operações conducentes à sua montagem. Por exemplo, para a desvinculação dos acessórios de elevação, na posição em que se encontra o *conjunto* na figura, não se percebe como se efetuará o acesso a cada um dos 4 acessórios de elevação, onde o risco de queda em altura terá ser adequadamente tratado. Como se efetuará a manutenção, limpeza e aplicação de óleo descofrante no *conjunto* da cofragem interior? Quais as formas de acesso e, de proteção para o risco de queda em altura, associadas a cada uma dessas operações? Uma forma de obviar estas operações, poderá ser, a desmobilização do *conjunto*, que materializa a superfície cofrante interior, para o solo, subindo de imediato o seu *fundo*, pelas razoes já referidas. No solo, poderá utilizar-se um andaime pré-fabricado (em forma

de O), que permita aos trabalhadores, aí posicionados, receber esse *conjunto*. Desse local, poderão efetuar-se as operações necessárias à sua manutenção, para posterior aplicação e utilização no ciclo em curso. Procedendo-se desta forma, ficará o *fundo* da cofragem disponível de imediato, para ser elevado para o ciclo seguinte e, servir de plataforma de trabalho e de zona de acesso, às operações associadas à subida dos restantes *conjuntos* da cofragem exterior. Trabalho que poderá decorrer em simultâneo com as operações de manutenção do *conjunto* da cofragem interior, se for conveniente.

A fase 6 é relativa à elevação dos restantes conjuntos trepantes exteriores, de forma análogo ao anteriormente definido (Figura 39).

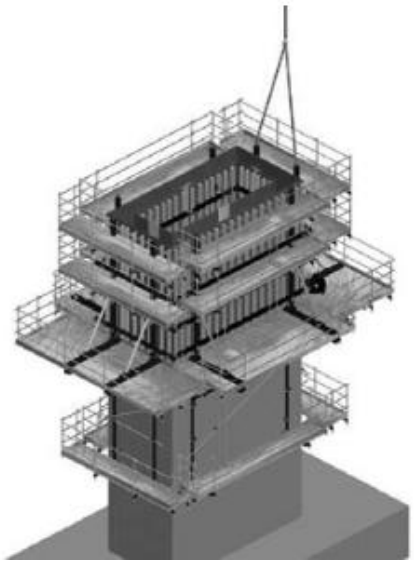


Figura 39 Elevação dos restantes *conjuntos* exteriores do sistema trepante
(Fonte - NTP 837. INHST)

A fase 7 é relativa à colocação dos tensores que atendem ao efeito do vento no sistema trepante. Na fase 8 avançam-se os conjuntos dos painéis de cofragem para a posição de betonagem. Colocam-se todos os dywidags e esquadros de canto, afinam-se todos os componentes do equipamento, para posteriormente permitir a realização da betonagem.

Após a fase 7, encontrando-se todos os *conjuntos* de cofragem elevados, posicionados e estáveis no novo ciclo em execução, é necessário proceder à execução da armadura ordinária correspondente, cuja atividade, não se dissocia do equipamento de cofragem. Existem duas formas de abordar a sua execução. A armadura ordinária poderá ser prefabricada no solo e, posteriormente aplicada no fuste, onde será necessário proceder à execução do seu *empalme*. Outra forma, envolvendo mais trabalho executado em altura, será fabrica-la integralmente, *in situ*, no *fuste*. Em qualquer dos processos, com um ciclo desta dimensão, em ambas as abordagens, requer-se a existência de trabalhadores posicionados em altura, relativamente à plataforma da base da cofragem (Plataforma principal). Trabalho desenvolvido entre o exíguo espaço, existente entre a armadura e a superfície cofrante dos *conjuntos* da cofragem exterior. Atividade que implicará a existência de um andaime, desejavelmente prefabricado no solo, para utilizar ciclicamente nesse local. Por seu turno, a cofragem, nomeadamente a zona onde *os pés* desse andaime apoiam na plataforma principal (plataforma da base da cofragem), tem de estar

devidamente preparada e dimensionada para esse efeito, o que deverá ser justificado no seu projeto de cofragem.

> *A fase 9 (a última), prevê a descofragem do primeiro conjunto trepante exterior. Aplicam-se os meios de elevação no conjunto trepante exterior a movimentar, retiram-se as cintas tensoras, as cavilhas existentes nas ancoragens, dywidags e esquadros de canto, e procede-se à elevação do conjunto, conforme definido nas fases anteriores, suprimindo desta feita, a colocação da plataforma suspensa, uma vez que ela já integra os conjuntos. Recuperam-se as ancoragens aplicadas na anterior elevação através da plataforma de suspensão* (Figura 40).

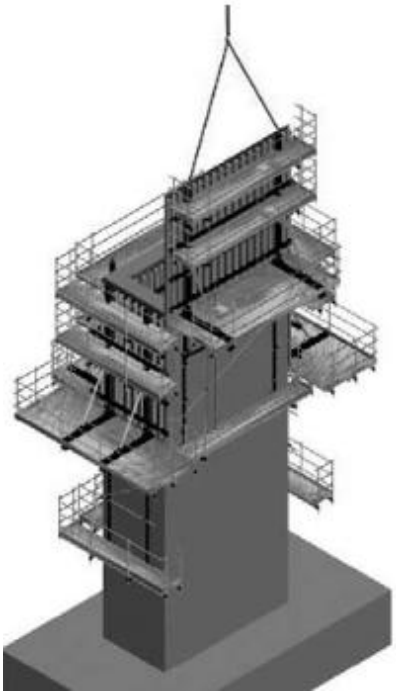


Figura 40 Descofragem e elevação do 1.º *conjunto* exterior com plataforma suspensa
(Fonte - NTP 837. INHST)

As medidas preventivas que se destacam na *NTP* relativamente à minimização do risco de queda em altura nos sistemas trepantes são as seguintes:

- *As aberturas existentes entre plataformas devem ser tapadas com placas ou passadiços;*
- *A elevação dos conjuntos deve ser efetuada sem trabalhadores sobre eles;*
- *O recuo dos conjuntos de painéis de cofragem deverá ser efetuado sem trabalhadores sobre as suas plataformas;*
- *Durante a movimentação de um conjunto, os trabalhadores que executam esses trabalhos, devem permanecer nos conjuntos contíguos, e estar sujeitos a pontos de ancoragem com resistência adequada, através do seu equipamento de proteção individual do tipo anti queda;*
- *O acesso entre plataformas de trabalho até 4m de altura deve ser efetuada por escadas de mão;*
- *As plataformas de trabalho devem estar dotadas de guarda corpos, e se estas proteções se mostrarem insuficientes, deverão ser utlizados arneses de segurança, a fixar a pontos do sistema trepantes, para minimizar o risco de queda em altura;*
- *Se a colocação dos varões dywidags, esquadros de canto e demais acessórios de fixação e estabilização da cofragem, não poder ser efetuada através das plataformas*

existentes, terão de ser cumpridas as disposições regulamentares existentes para o efeito, sendo proibido trepar os painéis de cofragem;

- *Não se deixará de suspender qualquer conjunto com o meio de elevação de cargas, até que se encontre estabilizado com os acessórios previstos para garantir a sua verticalização e ficção.*

3.4 Enquadramento Legal

Concetualmente em Portugal a cofragem tratar-se-á de um equipamento de trabalho na aceção do *DL* 50/2005 de 25 de Fevereiro, considerar-se-á apenas uma estrutura dimensionada para acolher os esforços decorrentes da sua utilização, ou deverá ser enquadrada como uma instalação industrial, na aceção da *Lei 102/2009* de 10 de Setembro?

Na aceção do previsto na alínea a) do *Art.º2* do *DL*50/2005 Equipamento de Trabalho será *…qualquer instalação utilizada no trabalho*.

Assuma-se então que a cofragem é um equipamento de trabalho.

À luz do *DL 50/2005* os equipamentos de trabalho devem ser: *…utilizados de modo a reduzir os riscos…; … montados e desmontados com segurança e de acordo com as instruções do fabricante; …o empregador deve dar prioridade a medidas de proteção coletiva…; …permitir a circulação de trabalhadores em segurança. …permitir a evacuação em caso de perigo iminente.*

Equacione-se a cofragem, desta feita, simplesmente como uma estrutura devidamente dimensionada por técnico competente, para permitir assegurar os esforços provenientes da sua utilização, para acolher uma betonagem.

Reza a lei que no desenvolvimento do projeto da obra, onde se incluem os projetos complementares, devem os autores do projeto, na integração dos princípios gerais de prevenção, ter em consideração o previsto no *n.º2 do Art.º 4.º do DL 273/2003* de 29 de Outubro. Isto é, no desenvolvimento do projeto, têm de se proceder à integração dos princípios gerais de prevenção, de forma que a montagem, utilização e desmontagem das cofragens, se encontre fundamentada para decorrer com níveis de segurança aceitáveis e considerados adequados, responsabilidade que cai não só, mas também, na esfera de responsabilidades dos coordenadores de segurança da fase de projeto (*CSP*). Prevê o *DL 301/2007* de 23 de Agosto, no *nº1 do seu Art.º 6º*, que a *NP EN 13670:2011* seja cumprida durante a execução de estruturas de betão, de forma a contribuir para a segurança das estruturas e das pessoas, de acordo com o seu objeto definido no seu art.º1º. Prevê ainda esta norma, nos seus pontos 5.3 e 5.4 que o projeto e a instalação dos cimbres e das cofragens, respetivamente, devem ter descrito o seu método de montagem e desmontagem.

Não tendo efetuado os projetistas e o *CSP* o seu trabalho, atendendo ao previsto *n.º2 do Art.º 15.º da Lei 102/2009* de 10 de Setembro e ao *n.º 2 do Art.º281 da Lei 07/2009* de 12 de Fevereiro, terão então os empregadores, de assegurar a aplicação dos princípios gerais e prevenção em todos os aspetos relacionados com a execução das cofragens no estaleiro.

Por último, se se considerar a cofragem uma instalação industrial, volta-se a cair num cenário incongruente com o previsto na legislação, uma vez que, quer os manuais quer a informação

contemplada nos projetos de *cofragem pronta betão à cota*, não dão resposta ao previsto *n.º2 do Art.º 13.º da Lei 102/2009* de 10 de Setembro, que reza o seguinte

"Toda a pessoa singular ou coletiva que importe, venda, alugue, ceda a qualquer título ou coloque em exposição (…) instalações para utilização profissional deve:

b) Tomar as medidas necessárias para que (…) às instalações para utilização profissional sejam anexadas instruções, em português, quanto à montagem, à utilização, à conservação e à reparação das mesmas, em que se especifique, em particular, como devem proceder os trabalhadores incumbidos dessas tarefas, de forma a prevenir riscos para a sua segurança e a sua saúde e de outras pessoas."

Os manuais dos fabricantes, não contemplam instruções de montagem, utilização e desmontagem da cofragem, de forma a garantir as adequadas condições segurança durante os processos, possuindo apenas informação *standard*, para configurações igualmente *standard*, visando apenas a correta aplicação e compatibilização dos seus componentes. De certa forma, isto poderá explicar-se, pelo facto de cada projeto de cofragem ser muitas vezes único, e com as suas próprias especificidades, inviabilizando assim a abrangência e robustez, que se e desejaria ver refletida nos manuais do fabricante. Neste contexto, a sua informação não é normalmente suficiente para fundamentar o ciclo da cofragem, não permitindo montar, utilizar e desmontar o equipamento, evidenciando as adequadas condições de segurança, durante a interação dos trabalhadores com toda a cinemática dos processos.

Em suma, seja qual for o enquadramento legislativo aplicável, verifica-se que este não condiz, com a forma, como as cofragens correntemente se encontram no mercado.

4 JUSTIFICAÇÃO DAS REGRAS DE BOAS PRATICAS PARA A ELABORAÇÃO DE PROJETOS DE COFRAGENS

Considera-se o capítulo da prevenção, a vertente principal das funções dos *ADS*, onde efetivamente se pode abrir a janela de oportunidades, para crivarem o seu maior contributo na melhoria das condições de segurança no estaleiro, vinculando todos os atores a ciclos produtivos eficazes, vertidos no planeamento da segurança.

O seu principal papel passa assim, por interferir precoce e atempadamente na decisão do processo construtivo, designadamente na escolha de materiais, de equipamentos, da metodologia A ou B, na sequência construtiva, tendo sempre subjacente a obtenção de ciclos eficazes, perseguindo desta forma adequados níveis de segurança.

A procura do processo construtivo correto resultará numa ação preventiva com persistência no tempo. Depois de aprovado o processo construtivo haverá muito pouco a fazer. A jusante apenas se vislumbram ações reativas, ficando assim extremamente limitada a reversão dos processos anteriormente definidos, geralmente *reféns* de motivos económicos associados ao prazo da empreitada.

A falta de guarda corpos numa determinada plataforma não passa de uma *falha*, que pode ser monitorizada por qualquer individuo consciente no estaleiro. Mais preocupante, será estar perante o equipamento ou o processo construtivo errado (ou indefinido), que sendo aprovado e aplicado, poderá ter consequências que se perpetuem no tempo.

Para o planeamento da segurança, consagrado em sede de *DEPSS*, cumprir o seu papel, será necessário que as práticas validadas explicitem operação a operação, toda a cinemática dos processos produtivos e a sua respetiva interação com os trabalhadores, sustentando desta forma um ciclo produtivo eficaz. Caso contrário, constituirá uma falácia, não tão invulgar quanto se possa julgar e, que explicará em parte, a precariedade e a improvisação a que se tem verificado durante a utilização de cofragens nos estaleiros de construção civil e obras públicas.

Só será possível definir e prevenir riscos, numa atividade como a montagem e desmontagem de cofragens, na posse de informação que permita ficcionar e antecipar toda a cinemática das operações associadas à interação com os trabalhadores, durante as diversas fases do seu processo construtivo.

Nenhuma cofragem, aparece construída fruto de um *passe de magia*.

A execução das cofragens tradicionais, a que este estudo se dedica, associa-se a um problema de *escala*, e de estruturas com dimensão consideravelmente superior à dimensão humana, caso contrário os riscos de queda em altura e de queda de materiais (e/ou de esmagamento) não existiriam, pelo que, não faria sentido esta dissertação.

Todas as cofragens são construídas por partes elementares com um determinado e desejável grau de prefabricação, e só após todos os seus componentes se encontrarem solidarizados, de acordo com o definido no seu projeto (e instruções do seu fabricante), é que o equipamento se encontra efetivamente estável, concluído, e pronto para acolher a betonagem.

Desde o pilar de 3m de altura ao de 100m é a cofragem o equipamento que dita a dignidade dos trabalhos. Toda a operação acontece e vive em torno das cofragens. Mesmo nas circunstâncias mais adversas, é lá que os ciclos se cumprem. É o *chão* onde os trabalhadores confiam o apoio dos seus corpos e das suas vidas.

As cofragens condicionam ainda frequentemente as condições em que se executam geralmente duas outras atividades, as armaduras ordinárias da estrutura de betão armado e, a betonagem do elemento de construção. Relativamente à execução das armaduras é requerido frequentemente nos processo produtivos a utilização de andaimes, apoiados sobre as plataformas da cofragem, com dois ou três níveis de altura, com é o caso frequente dos sistemas de cofragem trepante, quer se tratem de muros, ou de pilares, com ciclos frequentemente a rondar os 4,5m de altura, até se perfazer a altura total do elemento de betão armado em construção.

Atendendo à diferença de dimensão entre os trabalhadores e a cofragem e/ou do elemento de construção em betão *in situ* a executar, durante o tempo que medeia o início da execução da cofragem, até ao seu estado final, esteve seguramente presente no processo construtivo o risco de queda em altura e de queda de materiais/esmagamento, frequentemente com elevada magnitude. Dependendo da eficácia do equipamento, demonstrada no seu projeto de cofragem, estes riscos poderão, ou não, situar-se em intervalos razoáveis, devida e previamente justificados.

A atividade de montar e desmontar cofragens, apresenta frequentemente inúmeras fragilidades nos seus ciclos, sendo muitas vezes precárias as soluções, fruto de um insuficiente planeamento, associado normalmente à inexistência do projeto de cofragem, ou à sua inaptidão (ou total inaptidão) para servir adequada e fundamentadamente a concretização dum processo produtivo eficaz e ergonómico.

A ineficácia dos ciclos produtivos das cofragens relaciona-se sobretudo, ou com insuficiências intrínsecas aos equipamentos selecionados, ou com a adoção de metodologias construtivas inadequadas. As insuficiências verificadas no planeamento das atividades remontam à sua desconexão *grosseira* com a ergonomia e a antropometria, associadas aos processos de montagem, utilização e desmontagem dos equipamentos. Facto que deveria estar na essência do seu fundamento, não se afastando do seu principal ator, o *homem* com cerca de 1,7m de altura no caso português (Arezes 2006), que concretiza efetivamente a sua materialização.

Deste quadro resulta necessariamente a impossibilidade ficcionar todas as *imagens do filme*, necessárias ao desenvolvimento da avaliação de riscos, com as inerentes medidas preventivas, o que por seu turno, implicará uma imprevisibilidade dos riscos, associada à inevitável improvisação, com prejuízo para a eficácia do ciclo produtivo e, necessariamente para a segurança das operações, que tantas vezes acabam por se realizar de forma precária nos estaleiros.

Resultado da direta observação e acompanhamento de centenas de elementos de construção betonados *in situ*, concluiu-se, não ser suficiente que estes equipamentos sejam na fase de projeto, *olhados* apenas como elementos calculados para suportar cargas provenientes do seu estado final, para concretizar a betonagem, no seu estado de *cofragem pronta e betão à cota*.

O projeto de cofragem tem também de ser considerado o elemento nuclear e, de importância capital em todo o desenvolvimento das operações relacionadas com a montagem, utilização e

desmontagem da cofragem. É nos projetos de cofragem que se define o nível de segurança da execução das atividades relacionadas com a sua montagem e desmontagem, e se dita a dignidade, ou a falta dela, com que os trabalhos na verdade acontecerão mais tarde no estaleiro. A forma como são elaborados os projetos de cofragem, reveste-se de importância acrescida, extravasando o simples cálculo da sua estabilidade, uma vez que são o sustento do planeamento da segurança.

A informação vertida no projeto de cofragem deve ser por excelência aquela que resolve a avaliação de riscos e, dispensa com fundamento a necessidade de se equacionar eventuais medidas preventivas e/ou mitigadoras dos riscos envolvidos, evidenciando um ciclo de atividades considerado seguro e em conformidade com a política de segurança definida para a empreitada pelo *Dono da Obra*. Exige-se por isso que no desenvolvimento do projeto de cofragem sejam comtempladas na sua conceção, todas sequências de movimentação de partes elementares da cofragem, ou de outras operações, que requeiram a interação humana envolvendo riscos, analisadas *passo a passo*, até à retirada da última peça do equipamento, susceptível de gerar dano para a saúde dos trabalhadores ou de terceiros. O decurso do tempo, associado à formulação de perguntas sistemáticas aos projetistas (não permitindo que estas ficassem sem respostas), na persecução dos "objetivos", proporcionou consolidá-los e amadurece-los a cada novo equipamento de cofragem analisado, comprovando assim o seu fundamento.

O resultado deste exercício em torno dos projetos de cofragens, teve sempre um final comum, a alteração dos projetos de cofragem inicialmente propostos, para equipamentos mais eficazes, mais ergonómicos e por isso mais seguros, e muitas vezes até mais eficientes, geralmente em proporção direta ao maior número de ciclos que cada equipamento teria de cumprir.

Pelo exposto e, dando continuidade à persecução das regras de boas práticas subjacentes à elaboração de projetos de cofragens, com vista à concretização dos objetivos propostos, passar-se-ão a apresentar e a justificar nos subcapítulos seguintes.

4.1 Maximizar a Prefabricação no solo de cada *conjunto*

4.1.1 Elementos Verticais

Quanto maior o numero de operações efetuadas ao nível do solo, menor será o numero de operações efetuadas em altura, o que por seu turno, implicará menor risco de queda em altura. Tudo é possível. Montar *peça a peça* toda a cofragem *in situ* (Figura 41), ou fabricá-la integralmente ao nível do solo para posterior aplicação no local, onde se irá efetivamente moldar o elemento de betão armado (Figura 42). A primeira opção incorpora frequentemente elevada improvisação, que degenera em elevados riscos de queda em altura e de queda de materiais durante as operações de cofragem e de descofragem. Frequentemente resulta ainda em operações remanescentes, como a da betonagem, em cenários idênticos de elevada improvisação e, incorporando igualmente elevados riscos de queda em altura (Figura 43).

A cofragem interior de um pilar caixão de uma infraestrutura rodoviária ou ferroviária, poderá frequentemente ter a altura de 4,5m e ser executada de várias formas, entre elas, dividir-se o

molde interior, por exemplo, em duas partes ou quatro partes. O que implicará, no segundo caso, em todos os ciclos montar e desmontar cada um dos 4 *conjuntos*. Para tal é necessário efetuar a sua receção, vincular e desvincular o sistema de elevação, executar os *fechos* existentes entre cada um deles, montar e desmontar as plataformas de trabalho necessárias à sua operação (intermédia e de betonagem), aplicar os acessos verticais integrados nos *conjuntos*, necessários entre plataformas, para finalmente subir o *fundo* e apoio da cofragem interior, juntamente com a sua plataforma de suspensão integrada (Figura 44).



Figura 41 – Trabalhadores a montar a cofragem de pilares peça a peça, de um edifício.



Figura 42 – Cofragem transportável, com acesso vertical e plataforma de trabalho integrada, para moldar pilares de um edifício.
(Fonte – Cofragem Pilares Quattro. PERI)

Poderá, alternativamente, esse mesmo *pilar caixão* ser moldado interiormente, com uma cofragem interior única que apenas *encolhe* uns escaços centímetros para poder ser retirada como

uma peça única, mantendo ao mesmo tempo, as suas características, incluindo os seus acessos e plataformas de trabalho intactas, estas ultimas, concebidas especialmente para se adaptarem a essa compressão e descompressão do *conjunto* (Figura 45, 46 e 47).

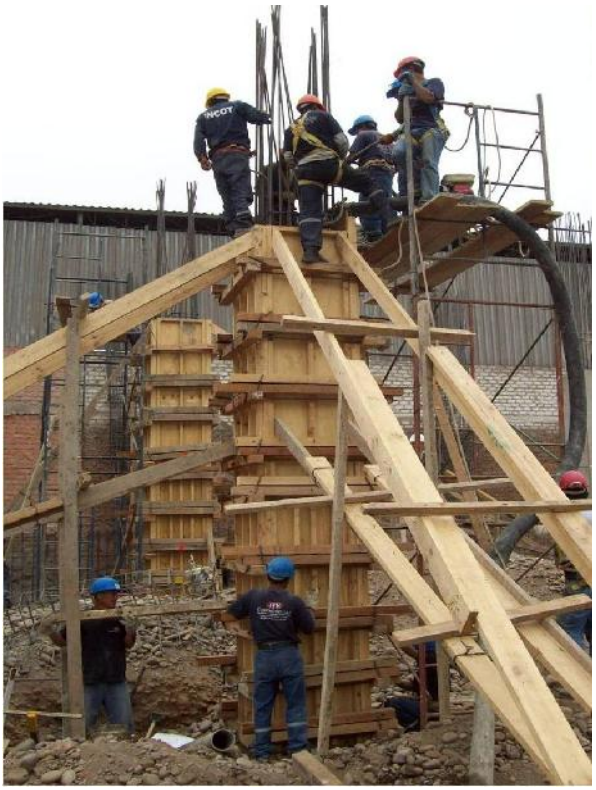


Figura 43 – Betonagem de um pilar de um edifício a decorrer em condições precárias, associada a uma cofragem *montada peça a peça*.



Figura 44 – Retirada dos 4 *conjuntos* que constituem o interior da cofragem, para preparar uma nova elevação de um pilar caixão de uma ponte de uma infraestrutura rodoviária.

Esta segunda opção de cofragem interior, promove uma diminuição substancial de operações e, proporcionalmente uma diminuição da magnitude dos riscos durante a sua operação, nomeadamente o de queda em altura, de materiais e esmagamento.



Figura 45 – Retirada do *conjunto* interior, único, que constitui o molde interior da cofragem, para preparar uma nova elevação de um pilar caixão de uma ponte de uma infraestrutura rodoviária.



Figura 46 – *Conjunto* interior, único, que constitui o molde interior da cofragem, com plataformas de trabalho e acessos que se mantem intactos durante a compressão do *conjunto*, de um pilar caixão de uma ponte de uma infraestrutura rodoviária.



Figura 47 – *Conjunto* interior, único, que constitui o molde interior da cofragem, com plataformas de trabalho e acessos que se mantem intactos durante a compressão do *conjunto*, de um pilar caixão de uma ponte de uma infraestrutura rodoviária.

4.1.2 Elementos Horizontais

Pode-se executar a cofragem de um *tabuleiro* (que inclui a laje e as vigas de um vão de uma obra de arte de uma infra estrutura rodoviária ou ferroviária) com *conjuntos* integralmente executados ao nível do solo (Figura 48 e Figura 49), ou apenas parcialmente executados a esse nível (Figura 50). Neste ultimo caso fica todo o *forro* por executar (revestimento da cofragem usualmente realizado em painéis fenólicos ou de contraplacado marítimo), incrementando um número elevado de operações a realizar em altura, que os carpinteiros terão necessariamente de executar, sobre essas estruturas, para a sua concretização.



Figura 48 – *Conjuntos* da cofragem previamente pré-fabricados no solo, de um tabuleiro de um viaduto de uma infraestrutura rodoviária.

Nos dois casos terá de existir a receção dos *conjuntos* em altura para o seu posicionamento e desvinculação do equipamento de elevação de cargas. Adicionalmente, no primeiro caso, após a

aplicação de todos os *conjuntos*, apenas restará executar os *fechos* (aberturas existentes entre *conjuntos*, transversalmente ao *tabuleiro*, geralmente com largura aproximada de 20 a 30 cm, que necessitam de ser preenchidas com o revestimento da cofragem), onde o risco de queda em altura, comparativamente, fica consideravelmente minimizado (Figura 48).

No segundo caso terá de ser executado todo o *forro* com os carpinteiros posicionados sobre os *conjuntos*, onde o risco de queda em altura atinge outras proporções e as aberturas existentes tem outra dimensão (Figura 49).



Figura 49 – Trabalhadores sobre *conjuntos* da cofragem, previamente pré-fabricados no solo, e ainda em fase de posicionamento/afinação, de um tabuleiro de um viaduto de uma infraestrutura rodoviária.



Figura 50 – *Conjuntos* da cofragem de um tabuleiro de um viaduto de uma infraestrutura rodoviária, aplicados *in situ* parcialmente pré-fabricados.

Nestes casos a proteção para o risco de queda em altura tem-se mostrado de difícil implementação, usualmente com recurso único à proteção individual (como por exemplo linhas de vida horizontais, sobre e ao longo do *fundo de viga* em toda a sua extensão e fixas na extremidade dos pilares). Esta solução tem fragilidades/limitações relacionadas com a cota da linha de vida ao nível do *fundo de viga*, a qual coincide com a cota superior dos pilares. Isto exige o posicionamento dos trabalhadores sobre os *conjuntos*, a uma cota superior (proporcional à altura da nervura) e excêntrica, na zona que molda a parte inferior da laje central e lateral dos *conjuntos*, que estão as ser aplicados.

O facto de a cofragem não ser previamente modelada com uma determinada geometria, por secções associadas aos *conjuntos* integralmente pré-fabricados ao nível do solo, implica necessariamente, uma descofragem realizada de forma aleatória, sem qualquer critério, em condições difíceis. Com os trabalhadores posicionados entre a parte superior do *cimbre ao solo* e a parte inferior da estrutura da cofragem, onde raros são os casos onde não existe o risco de queda em altura com forte magnitude. Nestes casos é inevitável a desordem e a imprevisibilidade dos riscos associados à queda de materiais, esmagamento e queda de nível, entre outros.

É um dos trabalhos mais arriscados e de difícil controlo, existente na construção de obras de arte das infra estruturas rodoviária e ferroviárias, a que poucos assistem e a maioria evita presenciar, o que explicará em parte a longevidade desta precariedade, muito distante das leis mais modernas e socialmente mais evoluídas relativas à segurança no trabalho (Figura 51).



Figura 51 – Descofragem de um tabuleiro de um viaduto de uma infraestrutura rodoviária, após o cimbre ao solo se encontrar desmontado.

Em alternativa a modelação de *conjuntos* predefinidos, permite uma descofragem planeada, com a implementação prévia de furos no tabuleiro, com vista à aplicação de quatro pontos de fixação em cada um dos *conjuntos*, para previa fixação dos *conjuntos* ao tramo betonado e posterior

descida ao solo, eliminando assim o risco de queda em altura, e reduzindo para níveis desprezíveis o risco de queda de materiais/esmagamento durante as operações. Atividade esta que apenas se inicia após retirada de todos os *fechos* da cofragem, efetuada a descolagem dos *conjuntos* e, a desmontagem de todo o *cimbre* subjacente.

A maximização da pré-fabricação no solo assume um papel relevante na eficácia do ciclo produtivo e na minimização do risco de queda em altura e, de queda de materiais durante as operações de montagem e desmontagem, o que deve ser tido em consideração, na conceção do equipamento e no desenvolvimento do projeto da cofragem.

4.2 Definir os pontos de fixação e o sistema de elevação, de cada *conjunto*

Cada painel elementar de um sistema modular tem os seus acessórios e sistema de elevação, concebidos especificamente para o efeito pelos seus fabricantes, de forma a permitir, que a sua movimentação decorra com adequados níveis de fiabilidade, sem riscos descontrolados para trabalhadores e terceiros. No cumprimento do previsto na legislação em vigor para os acessórios de elevação, nomeadamente no que se refere ao consagrado na *diretiva máquinas*, transcrita para o direito interno através do *DL* 103/2008 de 24 de Junho. Mais distante de se fazer cumprir, será geralmente, o caso de sistemas igualmente tradicionais, mas não modelares, com componentes fabricados artesanalmente para uma aplicação única, cada vez menos procurados pelo mercado.

Importância acrescida, surge no caso do sistema de elevação de *conjuntos*, onde os pontos de fixação, os acessórios utlizados e a inclinação das correntes ou dos cabos, tem de forma criteriosa, ser dimensionados para o efeito, garantindo a integridade da estrutura durante o seu movimento, não esquecendo que os dispositivos de fixação, por norma, não se desvinculam automaticamente e requerem a presença de um trabalhador em altura, que terá naturalmente de ter um acesso em condições adequadas para vincular e desvincular o sistema de elevação do meio de elevação de cargas (Figura 52, 53 e 54).



Figura 52 – Trabalhador sobre o *conjunto* exterior de pilar caixão de uma ponte de uma infraestrutura rodoviária, procedendo à desvinculação do sistema de elevação, que incorpora *viga de equilíbrio*, para manter as correntes

verticais e, assim não solicitar o *conjunto* com esforços de compressão na direção horizontal, para o qual não está concebido.



Figura 53 – Trabalhadores sobre o *conjunto* de arranque de um pilar I de um viaduto de uma infraestrutura rodoviária, procedendo à desvinculação do sistema de elevação.

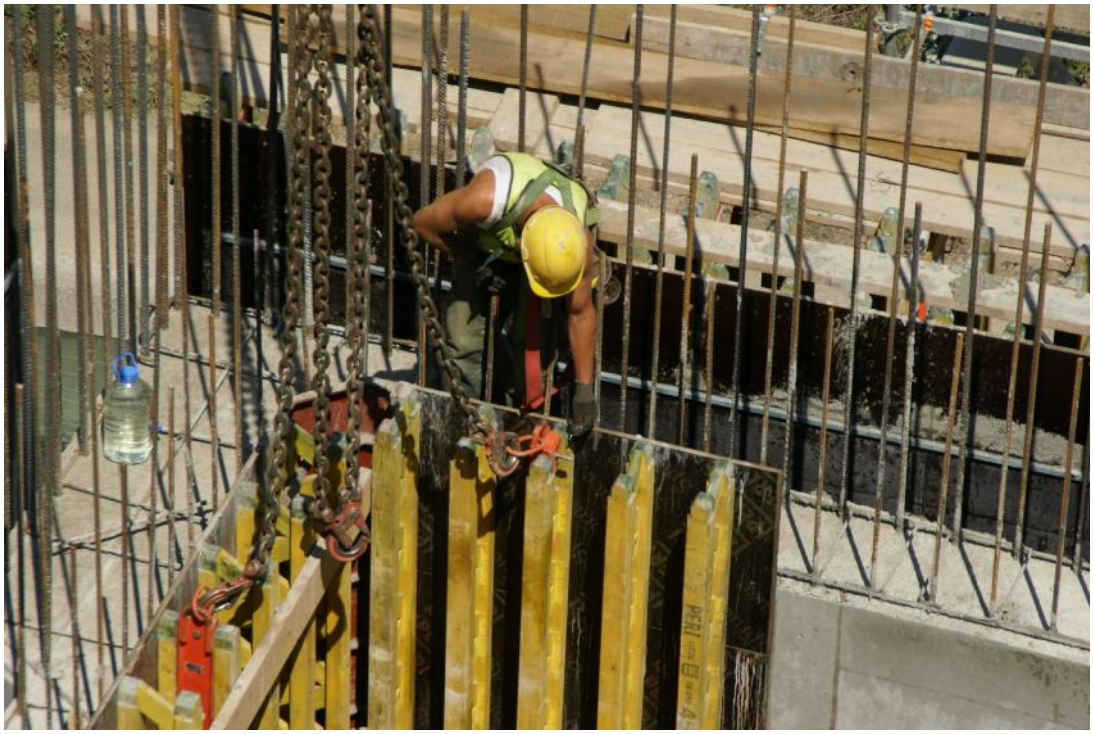


Figura 54 – Trabalhador sobre tramo betonado de pilar caixão de uma ponte de uma infraestrutura rodoviária, procedendo à vinculação dos acessórios de elevação do sistema de elevação de um *conjunto* do interior da cofragem.

A maximização da pré-fabricação no solo assume um papel relevante na eficácia do ciclo produtivo e na minimização do risco de queda em altura e de queda de materiais, durante os processos de montagem e desmontagem do equipamento, o que deve ser tido em consideração, no desenvolvimento do projeto da cofragem.

4.3 Apresentar o peso de cada *conjunto*

É correntemente na construção de estruturas de betão armado que se desenvolvem em altura recorrer-se a meios de elevação de cargas, vulgarmente, gruas torre ou móveis, entre outros. A utilização destes recursos, embora tendo subjacente, desde logo, razões ergonómicas relacionadas com a movimentação manual de cargas, acaba por ser a opção por outros motivos, relacionados sobre tudo, com a eficiência dos métodos construtivos, associada a implicações económicas, nomeadamente aos custos da *mão-de-obra*, alugueres de diferente natureza, relacionados com a logística e a necessidade do cumprimento do prazo das empreitadas.

Assim, o peso dos componentes a elevar pelo equipamento de elevação de cargas, em cada operação, conjugado com a distância e a altura de aplicação, é desde logo, informação essencial para que o conjunto de operações se consiga planear, o que estará na origem da definição do tipo de equipamento a alocar para a execução dos trabalhos, em determinado local de uma frente de obra (Figura 55).



Figura 55 – Movimentação de um *conjunto* de peso e dimensões consideráveis, da cofragem de uma viga travessa de um viaduto de uma infraestrutura rodoviária, com recurso simultâneo a duas gruas moveis.

A inexistência desta informação pode proporcionar insuficiências do meio de elevação de cargas, o que detetado tardiamente durante a execução dos trabalhos, poderá proporcionar riscos acrescidos na execução das operações, decorrentes de uma tentativa irresistível e muito própria do ser humano *português*, de tentar *desenrascar*, julgando evitar assim maiores prejuízos, ainda

que para isso, se corra riscos descontrolados, ultrapassando deliberadamente os limites para os quais os equipamentos foram concebidos.

A troca de um equipamento de elevação de cargas, como é o caso de uma grua torre, envolve naturalmente custos, desde logo o tempo de desmontagem e montagem do equipamento, acrescido dos riscos de queda em altura e esmagamento que se lhe associam, que podem ser evitados através de um adequado planeamento dos trabalhos.

Com propriedade deve o mentor do equipamento de cofragem, no seu projeto de execução, apresentar o peso dos *conjuntos* que o integram.

4.4 Definir as condições da estabilidade provisória de cada *conjunto*

As operações associadas à montagem e desmontagem da cofragem, coincidem geralmente com as magnitudes mais expressivas dos riscos envolvidos na execução do elemento de construção de betão *in situ*, onde se inclui a queda de materiais e o esmagamento, conforme já anteriormente referido. Correntemente os equipamentos de cofragem, na filosofia da sua conceção efetuada para *cofragem pronta betão à cota*, só se encontram concluídos e estáveis após a aplicação de todos os *conjuntos* e respetivos dispositivos que constituem o equipamento. Acontece, que quase todas as cofragens se constroem por fases e através do incremento de partes elementares com um determinado grau de pré-fabricação (Figura 56).



Figura 56 – *Conjunto* de arranque de um pilar I de um viaduto de uma infraestrutura rodoviária.

Independente do tipo de elemento de construção, dependendo da diferença de dimensão entre os trabalhadores e a cofragem e/ou do elemento de construção em betão a executar, a aplicação de cada *conjunto* da cofragem geralmente implica:

- Ligação do sistema de elevação de cargas ao *conjunto* ainda no solo, para posterior movimentação;

- A receção do *conjunto* por trabalhadores posicionados em altura, geralmente em zona de risco de queda (com o recurso a proteção individual do tipo anti queda e frequentemente posicionados sobre parte do elemento de construção anteriormente betonado, ou sobre o próprio sistema de cofragem cuja montagem se encontra em curso), para posteriormente procederem ao seu posicionamento e desvinculação do meio de elevação de cargas.

São casos problemáticos e, disso exemplo, alguns *conjuntos* da cofragem periférica de tabuleiros de obras de arte correntes ou especiais de infraestruturas rodoviárias ou ferroviárias, onde à aplicação de cada *conjunto* se lhe pode associar um momento de derrube, que requer tratamento especial na fase de projeto, devendo prever-se a sua estabilidade provisória, requerida antes da sua desvinculação do meio de elevação de cargas. Precavendo-se e minimizando-se desta forma o risco de queda em altura e de esmagamento, que neste enquadramento, ocorrerá com magnitudes elevadas durante todo o processo de montagem dos *conjuntos* com o envolvimento dos trabalhadores, até à conclusão da cofragem de todo o tramo de *tabuleiro* em execução. (Figura 57 e 58).



Figura 57 – Aplicação de *conjuntos* da cofragem (sobre cimbre ao solo) de um tabuleiro de um viaduto de uma infraestrutura rodoviária, com momento de derrube associado após o seu posicionamento *in situ*.

Dependendo do tipo de acessórios de elevação e da conceção do sistema de elevação, os trabalhadores podem posicionar-se apenas em dois dos locais possíveis. Ou sob o *conjunto* movimentado, ou sobre ele, para procederem à desvinculação do meio de elevação. Estes locais de trabalho requerem, desde logo, medidas de proteção distintas para prevenirem o risco de queda me altura, não esquecendo o momento de derrube, associado à *aplicação*, *conjunto* mais homem.



Figura 58 – Aplicação de *conjuntos* da cofragem (sobre viga de lançamento inferior) de um tabuleiro de um viaduto de uma infraestrutura rodoviária, com momento de derrube associado após o seu posicionamento *in situ*.

Outras atividades que requerem que os trabalhadores se posicionem sobre os *conjuntos*, durante o seu processo de montagem, são geralmente a colocação de guarda-corpos na periferia do sistema de cofragem e a execução do revestimento dos *conjuntos* (usualmente realizado em painéis fenólicos ou de contraplacado marítimo). Em ambas as atividades, dependendo do grau e pré-fabricação dos *conjuntos*, a dimensão do trabalho e a magnitude dos riscos, podem ser muito distintas. No primeiro caso, se a pré-fabricação dos *conjuntos* no solo contemplar a aplicação de guarda-corpos periféricos, apenas será necessário, após a aplicação dos *conjuntos*, proceder à implementação de guarda-corpos de continuidade. Estes vão preencher apenas as aberturas localizadas existentes na zona de interface dos *conjuntos*. Relativamente à segunda atividade, se a pré-fabricação dos *conjuntos* ao nível do solo incluir a aplicação do revestimento da cofragem, após a sua aplicação, apenas será necessário efetuar o *fecho* das abertura existentes entre *conjuntos*, transversalmente ao tabuleiro, geralmente com 20 a 30 cm de largura. Não obstante, em qualquer circunstância, ambas as atividades envolvem o risco de derrube do *conjunto* e, por isso, requerem o estudo prévio da sua estabilidade. Devem, por isso ser equacionadas no projeto de cofragem, medidas adequadas à sua prévia fixação, ainda antes de cada um dos *conjuntos* ser desligado do meio de elevação de cargas (Figuras 59 e 60).

No caso de cofragens verticais, em muros de uma face, de duas faces, ou de pilares sejam eles de que naturezas forem, o recurso a *escoras tirante*, formando figuras isostáticas que garantam a estabilização provisória do *conjunto*, são uma solução. Todos os fabricantes as possuem e tem-se mostrado indispensáveis, na generalidade das aplicações. Contudo, são muitas vezes esquecidas nos projetos (quando existem), e consequentemente durante a execução dos trabalhos *in situ*. (Figuras 61 e 62)



Figura 59 – Pontos de fixação e sistema de elevação de *conjuntos* da cofragem de um tabuleiro de um viaduto de uma infraestrutura rodoviária, com momento de derrube associado após o seu posicionamento *in situ*.



Figura 60 – Aplicação de *conjunto* da cofragem de um tabuleiro de um viaduto de uma infraestrutura rodoviária, com momento de derrube associado após o seu posicionamento *in situ*.



Figura 61 – *Conjuntos* de cofragem exterior de pilar caixão de um viaduto de uma infraestrutura rodoviária, aplicados com a prévia incorporação das escoras tirante, para permitir a sua estabilização temporária antes de se proceder à desvinculação do equipamento de elevação de cargas..



Figura 62 – *Conjunto* de cofragem de pilar circular de um viaduto de uma infraestrutura rodoviária, movimentado com previa aplicação das *escoras tirante*, para permitir a sua estabilização temporária antes de se proceder à desvinculação do equipamento de elevação de cargas.

Estes *conjuntos* são prefabricados ao nível do solo e estão associados a sistemas de cofragens verticais com alturas variáveis. Frequentemente possuem 4,5m de altura, contudo não tem limites de dimensão vertical definidos. Para a sua colocação no local de utilização tem de ser presos ao meio de elevação de cargas. São rececionados e posicionados com os trabalhadores no solo, no caso de se tratar do *arranque* do primeiro nível de betonagens, ou em altura no caso das elevações seguintes. Nestas ultimas situações, os trabalhadores estão posicionados sobre a plataforma da base da cofragem (*plataforma principal*) a qual coincide com a cota superior do

último tramo betonado do elemento de construção em execução, ou sobre a cota superior do nível executado, ou ainda sobre plataformas da base da cofragem de *conjuntos* adjacentes.

Em qualquer dos casos os trabalhadores terão sempre de aceder à parte superior desse *conjunto*, para o soltarem do sistema de elevação. Esta operação só poderá ser efetuada após a estabilização provisória do *conjunto*, antes de ser solto do meio de elevação de cargas. Isso torna obrigatório que no seu projeto seja efetuada menção a este requisito, e se desenhe a aplicação destes elementos estabilizadores (*escoras tirante*) com o *conjunto* ainda no solo e antes de ser movimentado para o local de aplicação. A própria fixação superior das *escoras tirante* nos *conjuntos*, pode implicar o posicionamento dos trabalhadores em altura, por exemplo, sobre a sua plataforma intermédia, ou na sua ausência, sobre uma simples escada de mão.

Não estando previsto no projeto, o sistema de estabilização provisoria dos *conjuntos*, os trabalhos decorrerão com o risco de esmagamento e de queda em altura de forma descontrolada e injustificada em caso de acidente. *Conjuntos* sem elementos de estabilização provisoria previamente definidos e mencionados no seu projeto, estão associados a operações precárias e de elevado risco de instabilização dos *conjuntos* (Figuras 63 e 64).



Figura 63 – *Conjuntos* pré-fabricados no solo sem elementos de estabilização provisoria
(Fonte - CONTRACTORS, A. C. I. A. T. A. S. O. C. The Contractor's Guide to Quality Concrete Construction. In., 2008)

No projeto, os *conjuntos* devem ser concebidos para serem provisoriamente estáveis, dimensionando e desenhando dispositivos apropriados para o efeito. Isso evitaria a necessidade de deteção e pedido de correção desta falha pelos responsáveis pelo planeamento da segurança. Evitaria também o risco de serem improvisados por estes agentes, dispositivos de estabilização, numa tentativa de resolução do problema, com prejuízo para a segurança dos trabalhadores.

Não deve o ciclo produtivo estar ferido de insuficiências funcionais, que terão de ser resolvidas a jusante por estes agentes, quando requerem legitimamente sustento no seu mentor, no seu projeto e na engenharia. Não se pode esquecer que o *TSHST* e *RECSO* não são por inerência Engenheiros Civis, este último, *estranhamente*, já atingiu a *maior idade*, desde publicação do *DL* 155/95 de 1 de Julho e, ainda se encontra com o seu perfil por definir.



Figura 64 – Trabalhador desloca-se à parte superior do *conjunto* para o desvincular do meio de elevação de cargas, com o escoramento do *conjunto* precário e efetuado após a sua recção *in situ*.

O estudo da estabilidade provisória de cada *conjunto* de um sistema de cofragem, correlaciona-se com o risco de queda em altura e o de esmagamento durante as operações de montagem e desmontagem, pelo que o seu estudo, deve ser integrado e devidamente fundamentado no projeto do equipamento.

4.5 As plataformas de trabalho de uma cofragem, não devem possuir diferenças de cotas entre si superiores a 2,5m

A integração de plataformas de trabalho nos *conjuntos* é geralmente indispensável, como é o caso da generalidade dos sistemas de cofragens verticais. Desde logo, para se aceder aos acessórios de elevação e permitir a sua desvinculação do meio de elevação de cargas, após a sua estabilização provisoria. Paralelamente, a plataforma de trabalho em cotas superiores da

cofragem, (usualmente designada por plataforma de betonagem), é geralmente imprescindível para a execução da betonagem.

Após a estabilização provisoria dos *conjuntos*, será necessário aplicar vertical e longitudinalmente, ao longo do seu desenvolvimento, os diferentes níveis de *dywidags*, *garras* de solidarização entre *conjuntos* ou, os *esquadros de canto*, entre outros dispositivos, para garantir a sua solidarização e a anulação dos impulsos do betão, que ocorrerão durante a betonagem. Estes elementos têm de ser aplicados e, mais tarde, eventualmente afinados pelos trabalhadores, que terão de se posicionar em cotas ergonómicamente e antropometricamente adequadas e adaptadas à sua altura. Em Portugal, tendo o homem português em média uma estatura de 1,69 m, está na origem de se optar pelos 2,5m para a diferença de cota máxima entre plataformas de trabalho, o facto dos carpinteiros, com seu ao seu alcance funcional vertical de pé associado de 2,03 m (Arezes 2006), poderem operar o equipamento, sem recorrer a acessos e posições de trabalho inseguras, que podem ocorrer em altura e a várias dezenas de metros do solo (Figuras 65, 66 e 67).

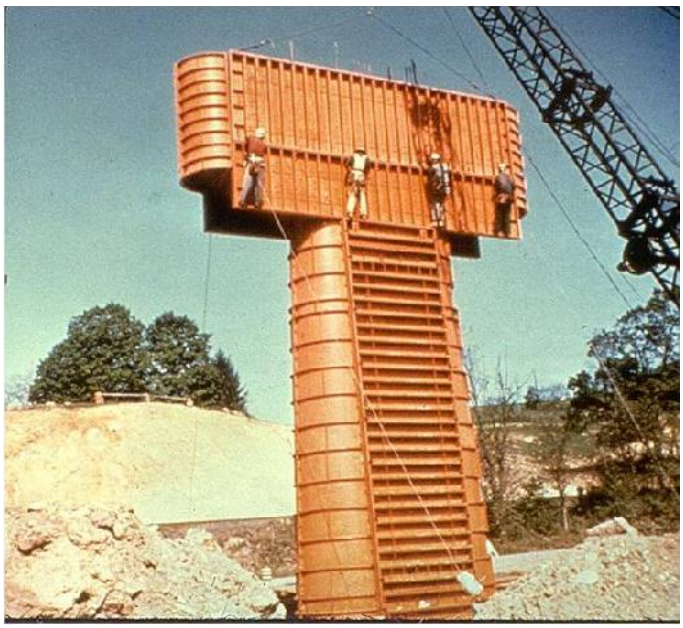


Figura 65 – Trabalhadores a procederem à fixação de *conjunto*, na ausência de plataformas de trabalho e acessos integrados no sistema
(Fonte - CONTRACTORS, A. C. I. A. T. A. S. O. C. The Contractor's Guide to Quality Concrete Construction. In., 2008)

A diferença de cotas entre os diversos locais de trabalho, necessários à montagem e desmontagem de uma cofragem, são decisivos nas condições de segurança requeridas para a sua concretização, o que deve ser considerado na sua conceção.



Figura 66 – Diferença de cotas entre plataformas adequada para se operar os *dywidags* e restantes dipositivos necessários à operação da cofragem exterior de um sistema trepante de um pilar caixão de um viaduto de uma infraestrutura rodoviária.



Figura 67 – Diferença de cotas entre plataformas adequada para se operar os *dywidags* e restantes dipositivos necessários à operação da cofragem interior de um sistema trepante de um pilar caixão de um viaduto de uma infraestrutura rodoviária.

4.6 Definir a sequência de montagem e desmontagem

Sempre que o sistema de cofragem tenha de ser montado e desmontado por partes elementares (o que na realidade acontecerá sempre), a sua sequência de montagem e desmontagem terá de ser definida.

A sequência de montagem de um equipamento de cofragem, nas mais variadas aplicações possíveis, poderá ter uma importância relevante na eficácia do equipamento de cofragem e, consequentemente na magnitude do risco com que os trabalhos se desenvolverão.

A sequência de operações, configura ela própria, um aspeto decisivo na eficácia do equipamento e, consequentemente no nível de risco que se deseja para o trabalho. Pode a sua importância para

a minimização de um determinado risco, ser idêntica, ou até superior, a qualquer equipamento de proteção coletiva, como seguidamente se exemplifica.

O *timing* para a aplicação das *escoras tirante*, enquanto elementos estabilizadores dos *conjuntos*, insere-se numa sequência de operações, que não sendo respeitada, compromete a estabilidade do *conjunto*, conforme já anteriormente abordado no ponto 4.4.

O recuo antecipado, de um *conjunto* de painéis exteriores de um sistema trepante de um pilar caixão realizado, antes de se proceder a todas as operações conducentes à desmontagem dos *conjuntos* interiores, incluindo a subida do seu *fundo*, assim como as operações associadas à elevação dos painéis exteriores, pode potenciar o risco de queda em altura existente durante as operações, em todos os acessos efetuados, entre o interior e o exterior do tramo de fuste em execução. O que poderá ser minimizado, de acordo com sequência a estipular, pelo recuo de cada *conjunto* de painéis exteriores, efetuado apenas imediatamente antes das operações necessárias à elevação de cada um dos *conjuntos* exteriores (Figura 68).



Figura 68 – Abertura prematura dos painéis exteriores de um sistema trepante de um pilar caixão de um viaduto de uma infraestrutura rodoviária, antes das operações necessárias à retirada do *conjunto* interior e elevação do respetivo *fundo*.

Na falta de acessos verticais existentes entre todos os níveis e em todos os *conjunto*s, a sua elevação na sequência errada, pode levar à interrupção do acesso às zonas de trabalho. O que será tanto mais grave quanto maior for o numero de ciclos que se tiverem que realizar com o equipamento nessas condições. É corrente um dos *conjuntos* de um sistema trepante se associar a um acesso vertical, independente do equipamento, normalmente materializado em *escada torre* (acesso vertical, em estrutura de andaime, que se desenvolve em altura e se fixa aos tramos de

pilar executados, acompanhando a progressão dos ciclos da cofragem, permitindo o acesso permanente ao equipamento, através do *conjunto* adjacente). Esse *conjunto* materializará sempre o único acesso existente entre o solo e a frente de trabalhos. Por este motivo a sequência de movimentação da cofragem deve ser criteriosamente pensada para interromper esse único acesso, o menor tempo possível e como o menor número de operações associadas.

Assim, o *conjunto* associado à *escada torre*, ao ser movimentado para a nova elevação deverá restabelecer de imediato o acesso aos *conjuntos*, através da sua plataforma da base da cofragem (plataforma principal) conjuntamente com os seus acessos verticais integrados. O acesso permanente de qualquer posto de trabalho à escada torre, terá de ser independe da fase do ciclo em que se encontra a movimentação dos *conjuntos* exteriores, proporcionando sempre, um caminho que de acesso ao solo. Para que isto se concretize, é necessário que as plataformas e acessos dos outros *conjuntos*, sejam desenhadas, para proporcionar a continuidade de acessos durante cumprimento de um ciclo completo de cada um dos *conjuntos* exteriores, nomeadamente:

- Vinculação do sistema de elevação (Trabalho efetuado sobre a plataforma intermedia ou de betonagem do *conjunto* a elevar);
- Recuo dos painéis do *conjunto* exterior a elevar (Trabalho efetuado sobre a plataforma principal);
- Descobrimento de negativo e aplicação das ancoragens no nível seguinte (Trabalho efetuado entre a face exterior do elemento de construção e a superfície cofrante do *conjunto* exterior a elevar, uns centímetros abaixo da cota superior do tramo betonado);
- Retirada das cavilhas das ancoragens do conjunto a elevar (Trabalho efetuado sobre a plataforma principal do *conjunto* a elevar);
- Receção e posicionamento do *conjunto* no nível seguinte (Trabalho efetuado sobre a plataforma da base da cofragem de um *conjunto* adjacente já elevado, ou sobre a plataforma de betonagem de um *conjunto* não elevado, ou ainda, sobre o próprio elemento de construção);
- Aplicação das cavilhas no *conjunto* elevado (Trabalho efetuado sobre a plataforma principal de um *conjunto* elevado) e,
- Desvinculação do sistema de elevação do conjunto elevado (Trabalho efetuado sobre a plataforma intermédia ou de betonagem de um *conjunto* já elevado).

Quando esta preocupação não existe, um número elevado de operações a repetir em todos os ciclos do equipamento, serão executadas sem acesso ao solo e sem adequados acessos aos postos de trabalho, o que consubstancia um problema efetivo para a segurança das operações, e até, para a legalidade da metodologia de trabalho. (Figura 69)

Problemas recorrentes, são a inexistência de guarda corpos interiores nas plataformas de betonagem, inexistência de acessos verticais integrados nos *conjuntos*, inexistência de continuidade de acessos horizontais e respetivos guarda-corpos entre plataformas adjacentes de *conjuntos* posicionados a diferentes cotas (nomeadamente na continuidade entre plataformas de

betonagem e plataformas principais e, continuidade entre plataformas de suspensão e plataformas principais).



Figura 69 – Acesso interrompido implicando um número elevado de operações na sua ausência, ao sistema trepante de um pilar caixão de um viaduto de uma infraestrutura rodoviária.

Desmobilizar o *conjunto*, ou os *conjuntos* interiores para o solo, subindo o *fundo* da cofragem interior para a sua nova cota, no novo ciclo, uns escaços centímetros abaixo da cota máxima da última betonagem, anulará a queda em altura para o interior do fuste e, consubstanciará uma plataforma da dimensão da sua secção, beneficiando as operações seguintes (Figura 70). Permitirá aos trabalhadores acederem aos pontos de fixação dos *conjuntos* exteriores a elevar para o nível seguinte e, regressar por exemplo, ao interior do fuste, posicionando-se sobre a plataforma do *fundo* da cofragem interior (Figura 71). Se existir nesse *conjunto* um acesso vertical integrado, poderá um trabalhador a partir do *fundo* da cofragem interior elevado, descer da plataforma de betonagem de um dos *conjuntos* exteriores (com os painéis ainda não recuados) à plataforma principal e, retirar daí as cavilhas das ancoragens, do *conjunto* a movimentar. Regressar pelo mesmo acesso à plataforma de betonagem, posicionar-se novamente sobre o *fundo* do interior da cofragem. Daí, receber, orientar e posicionar o *conjunto* exterior em elevação, para a sua nova posição, concluindo-se a sua fixação, com a aplicação das cavilhas, que materializam o travamento das ancoragens (Figura 71).

Existindo acesso vertical entre a plataforma principal e a plataforma de suspensão, podem os trabalhadores aceder do *fundo* do interior do fuste à plataforma principal de cada um dos *conjunto* exteriores elevados, descendo à sua plataforma de suspensão, procedendo à recuperação das ancoragens para utilização no próximo ciclo (Figura 72).

A inexistência da definição de uma sequência de montagem e desmontagem de uma aplicação, que é constituída por partes elementares, como é o caso das cofragens, impede a sua análise, inviabilizando a obtenção fundamentada e responsável, da necessária avaliação de riscos, que permitirá validar o respetivo planeamento da segurança das atividades.

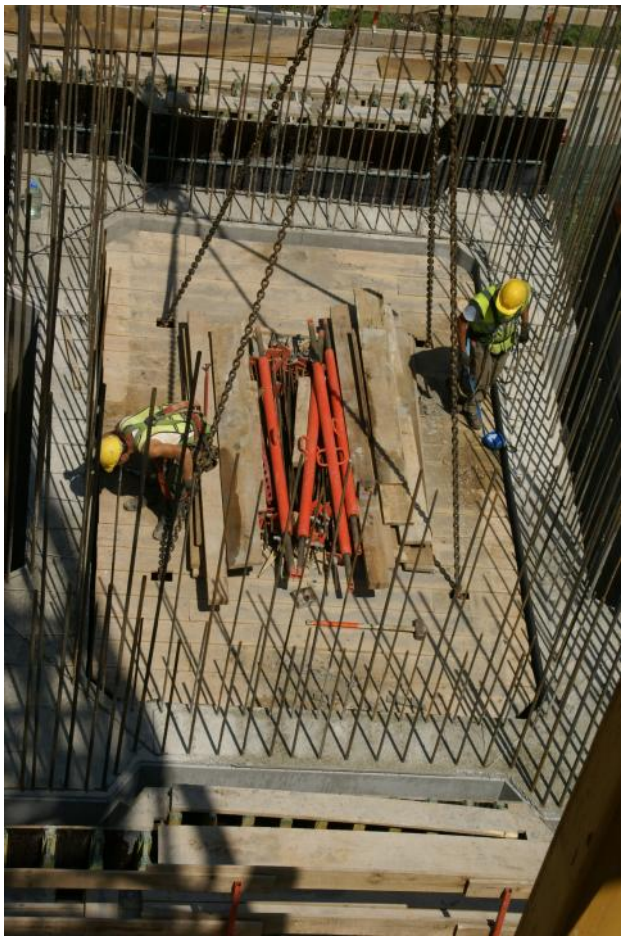


Figura 70 – *Fundo* da cofragem interior elevado para a nova cota de arranque do novo ciclo do sistema trepante de um pilar caixão de um viaduto de uma infraestrutura rodoviária.



Figura 71 – *Conjunto* exterior da cofragem em elevação para a cota do novo ciclo, orientado por trabalhadores sobre o fundo da cofragem interior do sistema trepante de um pilar caixão de um viaduto de uma infraestrutura rodoviária.



Figura 72 – Ancoragens do ciclo anterior disponíveis para recuperação, através da plataforma de suspensão do sistema trepante de um pilar caixão de um viaduto de uma infraestrutura rodoviária.

4.7 Definir os acessos necessários à montagem, utilização e desmontagem do equipamento

Quando a estrutura que tem de se operar é consideravelmente superior à dimensão humana, existe a necessidade de se aceder a determinados pontos para a sua operação. Através de escadas de mão, andaimes, plataformas de elevação de pessoas, bailéus e, na falta de meios de acesso, *trepando* pelo sítio *mais à mão*, do equipamento de cofragem, uma vez que não existe outra forma de concretizar o trabalho.

Perante aplicações que excedem em altura a dimensão humana, requer-se que os trabalhadores acedam a zonas do equipamento que implicam inevitavelmente o risco de queda em altura.

Ainda que a altura do ciclo de betonagens seja apenas de 2m, a ultima poderá ser realizada a umas dezenas, ou até, centenas de metros do solo. É o caso das cofragens trepantes de *montantes* de barragens com o corpo em betão armado, ou sapatas de grande dimensão de pilares, apoiados em fundação direta, de viadutos de infraestruturas rodoviárias (motivado pela diferença de temperatura entre o betão interior e o de contorno, que poderá degenerar em fissuração). Desde a receção de *conjuntos*, passando pelas operações de vinculação e desvinculação dos acessórios de elevação, aplicação de ancoragens e sua recuperação, até à colocação dos *dywidags* e restantes acessórios de solidarização dos *conjuntos*, são tudo atividades com dois fatores comuns, por um lado o do risco de queda em altura e, por outro, a necessidade de acesso adequado a cada um dos locais de trabalho.

Qualquer *conjunto* de um sistema vertical de cofragens, deverá ter integrada uma escada com *guarda-costas*, que estabeleça o acesso entre todas as suas plataformas de trabalho. Caso este requisito não seja cumprido, terá ser devidamente justificado no seu projeto, a compatibilização do desenho dos *conjuntos*, com a respetiva sequência de trabalhos e, necessárias operações

associadas, permitindo o acesso a todos os locais de trabalho, incluindo-se o recurso a meios de acesso externos ao equipamento, como plataformas de elevação de pessoas ou *bailéus*.

Nos sistemas trepantes de pilares caixão, é necessário que cada *conjunto* exterior incorpore uma escada integrada, proporcionando o acesso adequado aos vários níveis de plataformas, durante as várias fases da sua operação (Figura 73).



Figura 73 – Acesso integrado entre as plataformas do *conjunto* exterior, permitindo acesso através da plataforma da base da cofragem à plataforma intermédia, desvinculando desse local o sistema de elevação do *conjunto* exterior de um sistema trepante de um pilar caixão de um viaduto de uma infraestrutura rodoviária.

Na ausência de um acesso integrado entre plataformas de trabalho, em cada um dos *conjuntos* exteriores, o cenário a que se poderá assistir, para se desvincular o sistema de elevação de um *conjunto* exterior, elevado e aplicado no novo ciclo, poderá ser, a materialização de um acesso vertical através de escada de mão, posicionada sobre os varões de aço em espera, para a execução do *empalme* na próxima *elevação*, onde o risco de queda em altura e de perfuração serão sempre elevados e, este último de difícil tratamento. (Figura 74).

Outro exemplo, poderá ser o caso de uma cofragem manufaturada, muito comum para o caso de pilares circulares, onde o acesso vertical com *guarda-costas* integrado em cada um dos *conjuntos*, é fundamental para se permitir desvincular o sistema de elevação do *conjunto* aplicado, bem como efetuar as ligações aparafusadas existentes ao longo das extremidades que unem os dois *semi-moldes* (*conjuntos*) (Figura 64).

Em equipamentos, consideravelmente superiores à dimensão humana, cujos processos de montagem e desmontagem requerem a execução de atividades em altura, implicam que o desenho das suas partes elementares e respetiva sequência de trabalhos, sejam pensados, para garantir acessos adequados a todos os postos de trabalho.

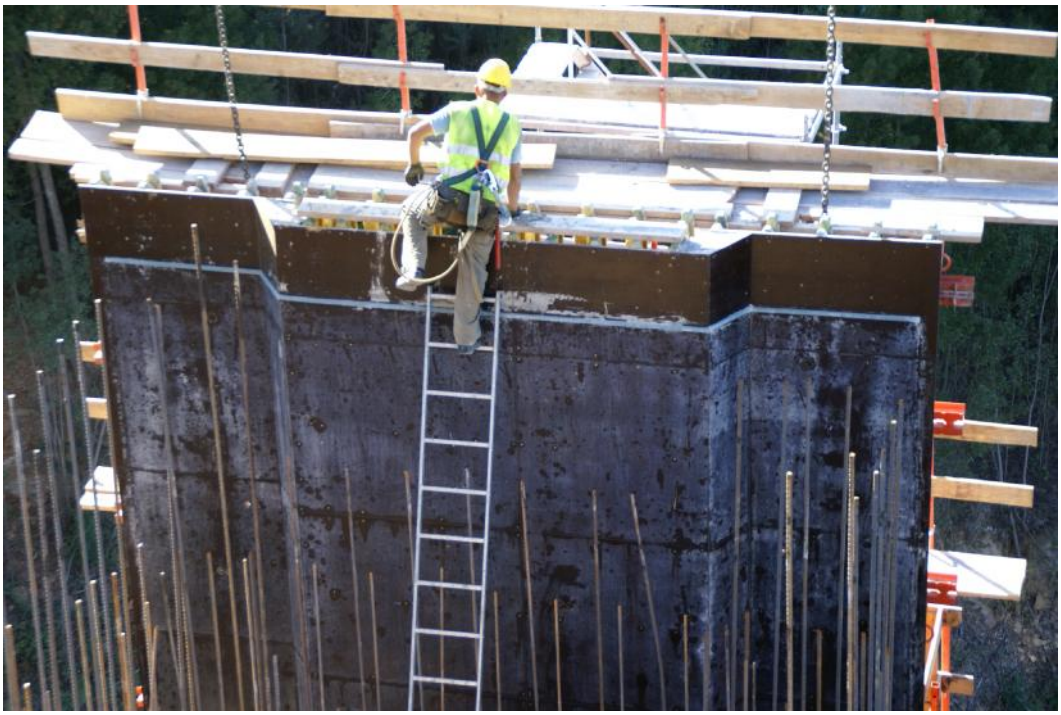


Figura 74 – Inexistência de acesso integrado entre as plataformas do *conjunto* exterior. Acesso efetuado à parte superior da plataforma de betonagem, para desvinculação do sistema de elevação, após elevação desse *conjunto* exterior de um sistema trepante de um pilar caixão de um viaduto de uma infraestrutura rodoviária.

4.8 Definir o piso das plataformas de trabalho, os equipamentos de proteção coletiva e individual

As plataformas de trabalho que integram as cofragens, nomeadamente as suas *tabuas de pé* (que constituem o seu piso), assim como os seus *guarda corpos*, são o chão onde os carpinteiros confiam as suas vidas. Frequentemente estes elementos, não são devidamente caracterizados no projeto de cofragem, ficando aí sua menção resumida à simples referência da sua existência. Mais tarde no estaleiro esta insuficiência resultará, provavelmente, no piso de plataformas de trabalho, materializado em *tabuas de pé* simplesmente apoiadas, que constituirão plataformas instáveis e, consequentemente afetarão a magnitude do risco de queda em altura associado às atividades. Solução mais debilitada quando associada ao conceito de *conjuntos* prefabricados no solo com plataformas integradas, o que será incongruente, se as referidas omissões constarem do projeto (Figuras 75 e 76).

Neste contexto, devem as plataformas de trabalho de *conjuntos* prefabricados no solo, possuir *tabuas de pé* devidamente fixas às consolas do sistema de cofragem e, serem convenientemente dimensionadas para o fim a que se destinam (Figura 77).

De igual forma, os *guarda-corpos* devem ser caracterizados no projeto de cofragem, nomeadamente os seus prumos, rodapés, guardas intermédias e guardas superiores, incluindo a fixação destes elementos à estrutura da cofragem.

Frequentemente, por insuficiências intrínsecas ao próprio equipamento, associadas em alguns casos a um deficiente planeamento da atividade, o recurso à proteção individual é mais frequente do que o desejável.



Figura 75 – Plataformas de trabalho da base da cofragem de sistema vertical (muro de duas faces) com *tabuas de pé* simplesmente apoiadas de um muro de betão armado.



Figura 76 – Plataformas de trabalho intermedia e de betonagem com *tabuas de pé* simplesmente apoiadas um *conjunto* exterior de um sistema trepante de um pilar caixão de um viaduto de uma infraestrutura rodoviária.

Constata-se que os sistemas de cofragens trepantes associam-se frequentemente a algumas operações com o recurso abusivo e exclusivo à proteção individual. Por vezes acabam por se traduzir no *convite* à ilegalidade, associada à *viagem* de trabalhadores nas plataformas dos *conjuntos* da cofragem, equipados com arnês de segurança, para atender ao risco de queda em altura, onde a sua utilização é por vezes inadequada e precária. São exemplo disso, as operações relacionadas com a recuperação dos pontos de apoio dos *conjuntos* (as *ancoragens*). A operação sucede, no momento em que se pretende elevar um *conjunto*, que se inicia pela retirada das

cavilhas, que se encontram aplicadas em cada uma das duas *ancoragens* existentes em cada *conjunto*.



Figura 77 – Tábuas de pé devidamente aparafusadas e fixas às consolas de um *conjunto* exterior de um sistema trepante de um pilar caixão de um viaduto de uma infraestrutura rodoviária.

A operação executa-se com um trabalhador posicionado sobre a plataforma da base da cofragem (plataforma principal), uma vez que esses dispositivos se encontram uns centímetros abaixo dessa plataforma e, a eles se pode aceder através de aberturas existentes no seu piso, junto ao elemento de construção. Após se vincular o equipamento ao sistema de elevação, retiram-se as *cavilhas*, *destravando-se* o *conjunto*, para ser desencaixado das ancoragens e, movido para a posição da próxima elevação. Acontece, que se tem frequentemente mostrado irresistível, com um trabalhador posicionado sobre a plataforma da base da cofragem, efetuar um pequeno movimento ascendente, seguido de um descendente, promovidos pelo meio de elevação de cargas, colocando à sua disposição, a recuperação imediata das ancoragens, enquanto a grua suspende a aplicação *conjunto mais trabalhador*. Segue-se um movimento ascendente, ainda com o trabalhador posicionado na plataforma da base da cofragem, mas com as *ancoragens* na sua posse, efetuando uma paragem estratégica, antes da cota de posicionamento das ancoragens no próximo nível, desta feita, colocando frontalmente e novamente à sua disposição os negativos (uns centímetros abaixo da cota superior do ultimo tramo betonado), onde se procede à sua aplicação, para apoio do *conjunto* no próximo nível, continuando a grua a suspender o *conjunto mais trabalhador*. Após a sua aplicação, a grua efetua um pequeno movimento ascendente, até posicionar os *encaixes* das consolas de apoio do sistema, sobre as referidas ancoragens, procedendo de seguida o trabalhador, que se encontra ainda sobre plataforma da base da cofragem ao seu *encavilhamento*, desvinculando de seguida o sistema de elevação do *conjunto*. Tratando-se de um sistema trepante com painéis integrados, o trabalhador subirá a escada integrada nos painéis e, procederá das suas plataformas (intermédia ou de betonagem), igualmente à desvinculação do meio de elevação de cargas do *conjunto* (Figuras 78 e 79).

Sendo o sistema de cofragem trepante concebido sem plataformas de suspensão, deveria no seu projeto, ser efetuada a descrição das medidas previstas para permitir a recuperação das *ancoragens*, indispensáveis para os níveis seguintes, uma vez que não é prática comprar ou alugar o número de ancoragens correspondentes ao número de ciclos realizados pelo equipamento. Mais tarde, será sempre inevitável proceder à sua recuperação, tenha o elemento de construção 10m ou 100m de altura.



Figura 78 – Trabalhador a recuperar as ancoragens com o *conjunto* suspenso pela grua. Sistema trepante de um pilar caixão de um viaduto de uma infraestrutura rodoviária.



Figura 79 – Trabalhador a aplicar as ancoragens do nível seguinte, com o *conjunto* suspenso pela grua. Sistema trepante de um pilar caixão de um viaduto de uma infraestrutura rodoviária.

Para obviar esta problemática, cujas operações se associam ao risco de queda em altura, a uma ineficaz proteção individual ferida de ilegalidade, será necessário que os intervenientes mais diretos no ato de construir assumam a prática, não a *camuflando*, como acabam por fazer, escondendo esta fragilidade do processo produtivo.

Não existindo plataformas de suspensão, pode a solução, passar pela utilização de plataformas elevatórias, limitada pelas alturas máximas disponíveis no mercado. Já o *bailéu* nos moldes e logística habitual, não se mostra adequado, pelo fato, de haver apenas uma grua torre alocada a cada par de *fustes*, que terá de suspender o *conjunto* até à sua fixação na elevação seguinte. Por um lado evita o problemático do parqueamento do *conjunto* no solo e, por outro lado, pela perda de tempo no ciclo. Outra solução poderá passar, pelo próprio *conjunto* se assumir cumulativamente como uma plataforma de elevação de pessoas, sendo concebida, *sem preconceitos*, para isso mesmo. O que se poderá traduzir, não só, num equipamento mais eficaz, mais eficiente, e sobre tudo na mais segura e transparente, de todas as opções, aceite e do conhecimento de todos os atores.

Neste contexto todos os sistemas trepantes devem ser dotados de plataformas de suspensão, que não só permitirão a recuperação adequada das ancoragens, como possibilitam eventuais

reparações de betão, que necessitem de ser efetuadas no último nível executado. Dependendo da sua natureza e dimensão, poderá por exemplo, recorrer-se à utilização de escadas de mão, em simultâneo com sistemas retrateis do tipo anti queda (desenroladores), fixos à estrutura metálica que se encontra sob a plataforma base da cofragem (plataforma principal). Outra utilidade destas plataformas é a aplicação dos *tensores* (ou tirantes), normalmente associados a sistemas trepantes com painéis integrados, cuja função, se relaciona com a necessária reação ao efeito do vento nos *conjuntos* (Figura 80).



Figura 80 – *Conjunto* de sistema trepante com plataforma de suspensão de um pilar caixão de um viaduto de uma infraestrutura rodoviária.

Outro exemplo que ocorre com alguma frequência e que implica o recurso a medidas de proteção individual, relaciona-se com o desenho das plataformas existentes nos sistemas trepantes. O recurso ao arnês de segurança surge, da necessidade de se proceder à execução de *pisos de continuidade*, em todos os ciclos, nas extremidades das plataformas dos *conjuntos*, existindo nesse local aberturas que requerem tratamento (Figura 81). Num sistema trepante, contabilizando a plataforma da base da cofragem (plataforma principal), a plataforma intermédia e a de betonagem, esta operação terá de se repetir 64 vezes em cada ciclo (incluindo montar e desmontar), sendo a única proteção para o risco de queda em altura durante as operações, o recurso ao arnês de segurança. Equipamento que tem de ser sujeito voluntariamente pelo trabalhador, tantas vezes, quantas as passagens ou a sua aproximação a essas aberturas. Acresce, com enorme incremento dos riscos, a interrupção destes acessos, durantes as operação de transição de ciclo, que requerem inúmeras passagens nestas zonas.

Sendo o equipamento desta forma concebido, deve o seu projeto, identificar esses riscos e, descrever as medidas para a sua adequada minimização. Alternativamente, a simples alteração do desenho das plataformas do sistema trepante, proporcionará por um lado, a supressão das operações anteriormente descritas, e por outro lado, dotará o equipamento de acessos contínuos e protegidos. Neste caso será apenas necessário, que os *conjuntos* adjacentes estejam aplicados, com os *guarda-corpos* nas zonas extremas das plataformas, concebidas com aberturas idênticas e coincidentes com os diversos níveis das plataformas do *conjunto* (Figura 82).



Figura 81 – Trabalhador, com recurso a proteção individual (arnês de segurança) a retirar o *piso de continuidade* existente entre plataformas de *conjuntos* adjacentes de um pilar caixão de um viaduto de uma infraestrutura rodoviária.



Figura 82 – Configuração das plataformas permite manter os acessos operacionais e devidamente protegidos entre *conjuntos*, imediatamente após a sua aplicação. Pilar caixão de um viaduto de uma infraestrutura rodoviária.

A utilização de equipamentos de proteção coletiva ou individual para minimizar o risco de queda em altura, que ocorre durante os processos de montagem desmontagem dos sistemas de cofragem, não se pode dissociar do seu projeto de cofragem. Quer pelas solicitações que provocam na sua estrutura, quer pelo grau de interferência que podem causar durante as operações. Neste contexto, identificados riscos no processo produtivo, deve o mentor do sistema, definir as respetivas medidas mitigadores, incluindo os equipamentos de proteção coletiva, e se for caso disso, os de proteção individual, nomeadamente os seus pontos de *ancoragem*.

5 CONCLUSÕES

Foi objetivo deste estudo definir regras de boas práticas para a elaboração de projetos de cofragens, perspetivando a minimização dos riscos de queda em altura e de esmagamento durante as suas operações de montagem e desmontagem.

Aplicando estas regras no desenvolvimento dos projetos de cofragens permite-se, por um lado que os técnicos de *HST* e os *RECSO* tenham matéria de facto que fundamente o planeamento da segurança necessário para as operações de montagem e desmontagem das cofragens, a consagrar em sede de *PSS*. Por outro lado fornece-se aos projetistas orientações complementares do ponto de vista da Segurança Ocupacional subjacentes a ciclos ergonómicamente eficazes na implementação dos projetos de cofragem, já previstas na lei para as suas responsabilidades, mas não devidamente especificadas para este caso em concreto.

A metodologia alicerçou-se em duas vertentes. A primeira justificou a definição prévia dos objetivos, alicerçados fundamentalmente numa observação metódica, associada às funções relacionadas com o exercício da Coordenação de Segurança e Saúde na fase de Obra nos estaleiros de construção civil e obras públicas.

Na segunda descobriu-se no estado da arte matéria relevante e convergente com os objetivos, dando nota da elevada magnitude dos riscos envolvidos nas operações relacionadas com as cofragens. Foram analisados trabalhos que valorizam a importância das sequências de montagem e metodologias de desmontagem das cofragens, tendo-se destacado três exemplos encontrados com recomendações e regulamentação a nível internacional, nomeadamente: nos Estados Unidos o *Scaffolding, Shoring & Forming Institute* com o documento intitulado por Guide to *Safety Procedures for Vertical Concrete Formwork*; na Austrália legislação de 2011 que regula os princípios a que devem obedecer os projetos de cofragens na ótica da segurança ocupacional, com o documento *Work Safety* (*ACT Code of Practice for Formwork*) *Code of Practice 2011*; finalmente o caso Espanhol, em que o organismo homólogo à *ACT* portuguesa o *INSHT*, publicou quatro *Notas Técnicas de Prevéncion*, que estabelecem regras de boas práticas e metodologias tipo, com os faseamentos dos processos construtivos detalhados e documentados, a que devem obedecer as atividades de montagem de cofragens.

A proposta que concretizou os objetivos consistiu na apresentação das seguintes regras de boas práticas, direcionadas para os projetistas, durante a elaboração de projetos de cofragens, perspetivando a minimização dos riscos de queda em altura, de materiais e de esmagamento, durante as operações de montagem e desmontagem:

1. Maximizar a pré-fabricação no solo definindo cada *conjunto* (parte elementar da cofragem com um determinado grau de prefabricação para movimentação e aplicação) a movimentar;
2. Definir e apresentar os pontos de fixação e o sistema de elevação, de cada *conjunto* a movimentar;
3. Apresentar o peso de cada *conjunto* a movimentar;
4. Definir as condições da estabilidade provisória de cada *conjunto*;

5. Limitar a 2,5m a diferença máxima de cotas entre as plataformas de trabalho de uma cofragem;
6. Definir a sequência de montagem e desmontagem;
7. Definir os acessos necessários à montagem, utilização e desmontagem do equipamento;
8. Definir o piso das plataformas de trabalho, os equipamentos de proteção coletivos ou individuais, necessários à montagem, utilização e desmontagem da cofragem.

Estas regras de prevenção de riscos apresentaram-se sustentadas em exemplos concretos, resultado da direta observação e acompanhamento de elementos de construção betonados *in situ*, tendo-se concluído não ser suficiente que estes equipamentos sejam na fase de projeto, *olhados* apenas como elementos calculados para suportar cargas provenientes do seu estado final, para concretizar a betonagem - *cofragem pronta e betão à cota*.

O resultado deste exercício em torno dos projetos de cofragens, demonstra que a alteração dos projetos de cofragem evolui para equipamentos mais eficazes, mais ergonómicos e por isso mais seguros, e muitas vezes até mais eficientes, geralmente em proporção direta ao maior número de ciclos que cada equipamento terá de cumprir.

Por tudo o exposto, desta forma concretiza-se em sede própria, no projeto, uma proposta importante para melhorar as condições de segurança existentes nesta área específica das cofragens, tão carente de um salto qualitativo, que permitirá sair da precaridade que se tem verificado durante os processos de montagem e desmontagem inerentes à utilização destes equipamentos, com uma penetração tão expressiva na construção civil e obras públicas.

6 BIBLIOGRAFIA

Adam, Jose M. 2009. Falls from height during the floor slab formwork of buildings: Current situation in Spain. *Journal of Safety Research*, 40, 293-299.

Anon. 1988. GUIDE TO FORMWORK FOR CONCRETE. *ACI Structural Journal*, 85, 530-562.

Arezes, Pedro M. ISHST. 2006. Instituto para a Segurança, Higiene e Saúde no Trabalho. *Estudo Antropométrico da População Portuguesa*.

Contractors, American Concrete Institute and the American Society of Concrete. 2008. *The Contractor's Guide to Quality Concrete Construction*.

Correia, Joana Inês Ribeiro de Sá. 2008. Universidade de Aveiro. *Dimensionamento de Cofragens para Estruturas de Betão Armado*.

Lee, Gloria K. L. 2001. Work profile and functional capacity of formwork carpenters at construction sites. *Disability & Rehabilitation*.

Oberlender, Robert L. Peurifoy and Garold D. 2011. *Formwork-for-Concrete-Structures-4th-Edition*. MacGraw-Hill.

Pino, INSHT. José Mª Tamborero del. *NTP 834 Encofrado vertical. Muros a dos caras, pilares, muros a una cara (I)*. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo.

Pino, INSHT. José Mª Tamborero del. *NTP 835. Encofrado vertical. Muros a dos caras, pilares, muros a una cara (II)*. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo.

Pino, INSHT. José Mª Tamborero del. NTP 836. *Encofrado vertical. Sistemas trepantes (I)*. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo.

Pino, INSHT. José Mª Tamborero del. NTP 837. *Encofrado vertical. Sistemas trepantes (II)*. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo.

SCAFFOLDING, SHORING AND FORMING INSTITUTE, INC. 2006. *Safety Procedures for Vertical Formwork.*

Shapira, Aviad. 1999. Journal of Construction Engineering and Management. *Contemporary trends in formwork standards - a case study*, 125, 69-75.

Territory, Australian Capital. 2011. *ACT Code of Practice for Formwork 2011*.