

# Planeamento da segurança na execução de Tabuleiros Com recurso a elementos Pré-Fabricados

**Arnaldo Reis**

*Brisa Engenharia e Gestão, S.A.*

*Arnaldo.r.reis@brisa.pt*

## Resumo

Inicia-se o artigo, com um estudo comparativo entre os aspectos positivos e negativos existentes, entre a execução de tabuleiros betonados “in situ” com o recurso a cimbra ao solo e executados com o recurso a elementos pré-fabricados.

Segue-se um breve enquadramento legislativo, com realce para as responsabilidades inerentes à fase de projecto.

No 3.º capítulo, dissertar-se-á sobre os aspectos considerados mais relevantes na minimização do risco de esmagamento e de queda em altura, a que se assiste durante a aplicação dos pré-fabricados considerados.

Termina-se o documento com as conclusões da reflexão.

## 1. Tabuleiros Pré-Fabricados vs Tabuleiros Betonados “in situ” com recurso a cimbra ao solo

Os tabuleiros das designadas obras de arte correntes são executados frequentemente com o recurso exclusivo a cimbra ao solo. Nas obras de arte especiais a expressão da sua utilização reduz-se significativamente, não deixando contudo de ser o método mais usado em viadutos até cerca de 500m comprimento.

É dos métodos construtivos mais utilizados, por ser dos mais rápidos e mais económicos. É correntemente utilizado até alturas da ordem dos 18m, existindo exemplos com dimensões substancialmente superiores.

Em alternativa podemos executar tabuleiros de obras de arte com recurso a elementos pré-fabricados, nomeadamente com vigas longitudinais (tipo caixão, I ou em T) associadas frequentemente à colocação de pré-lajes.

Executam-se vãos com vigas tipo “T” pré-fabricadas até aos 43m, e com vigas caixão até aos 42m. Os vãos mais usuais nas vigas tipo “I” ou “T”

situam-se entre os 30 a 35m, normalmente mais utilizadas nas Passagens Inferiores, existindo já exemplos de viadutos executados, com recurso a este tipo de pré-fabricados.

As vigas caixão são mais usadas para larguras transversais mais generosas, normalmente pelo número reduzido de vigas a colocar. Simplifica-se assim a operação, quer pelo número de vigas a colocar, quer pela diminuição do seu tempo de execução.

Os pesos destes elementos variam de projecto para projecto, contudo como referência para seu peso, pode-se dizer que as vigas caixão de 40m podem atingir pesos entre as 100 e 130 toneladas, reduzindo-se até cerca das 20 toneladas para vãos entre os 10 e os 12m.

As vigas tipo “T” ou “I” para um vão de 35m poderão rondar as 70 toneladas.

As pré-lajes podem aplicar-se nos dois tipos de vigas, frequentemente a vencer vãos até um máximo de 3m.

No que concerne às cargas transmitidas ao solo, como valores de referência para o cimbra ao solo corrente, situámo-nos em média entre 1,2 kg/cm<sup>2</sup> a 1,5 kg/cm<sup>2</sup> (pontualmente com valores próximos de 2,0 kg/cm<sup>2</sup>, em locais de concentração de cargas).

Nos apoios provisórios dos pré-fabricados os valores médios frequentes andam na casa dos 2Kg/cm<sup>2</sup>, com máximos que podem ser ligeiramente superiores a 2,5Kg/cm<sup>2</sup>.

As reacções do solo, às solicitações dos apoios provisórios executados em cimbra ao solo nos tabuleiros pré-fabricados, são 30 a 35% mais exigentes do que nos cimbra correntes, para tabuleiros betonados “in situ”.

Por seu turno, a plataforma em correspondência com área de tabuleiro, a estrutura metálica do cimbra ao solo, respectivos tubos de travamento, perfis de distribuição, sistemas vigados e finalmente a cofragem, são suprimidos, na execução de

tabuleiros pré-fabricados. Tudo o que consubstancia o escoramento e a cofragem nos tabuleiros betonados “in situ”, é substituído apenas por vigas longitudinais colocadas justapostas ou com espaços entre si, nestes casos, com a aplicação complementar de pré-lajes para preenchimento desses espaços.

Finda a colocação destes pré-fabricados podemos proceder à execução da armadura de compressão para posterior betonagem, da mesma forma que nos betonados “in situ” quando a cofragem e o escoramento estão concluídos. No caso dos pré-fabricados acresce a execução da carlinga, betonada “in situ”.

A área de cimbra ao solo suprimida, em números redondos, corresponde à área do tabuleiro subtraindo-lhe a área correspondente aos apoios provisórios. Não existindo apoios provisórios, simplesmente não existirá cimbra ao solo.

A execução de tabuleiros com elementos pré-fabricados, em detrimento dos betonados “in situ” com o recurso a cimbra ao solo, envolve globalmente menos actividades a executar em altura, menos gente, menores tempos de execução, e consequentemente uma redução da magnitude do risco de queda em altura associado.

Contudo a sua execução envolve riscos importantes, e é sobre os considerados mais relevantes durante a sua execução que nos vamos debruçar.

## 2. Legislação aplicável

Durante o desenvolvimento do projecto da obra, devem os autores do projecto, na integração dos princípios gerais de prevenção, ter em consideração o previsto no n.º 2 do Art.º 4.º do DL 273/2003 de 29 de Outubro. Na fase de projecto, têm de proceder à integração dos princípios gerais de prevenção, de forma que durante o seu transporte, a sua montagem e até o tabuleiro betonado ganhar a resistência adequada, se verificarem níveis de segurança aceitáveis e adequados.

Por sua vez, devem os empregadores zelar pelo cumprimento do previsto: na Lei 102/2009 de 10 de Setembro, na Lei 07/2009 e no DL 50/2005 de 25 de Fevereiro.

Recordemos o que está previsto n.º 2 do Art.º 15.º da Lei 102/2009 de 10 de Setembro e no n.º 2 do Art.º 281 da Lei 07/2009 de 12 de Fevereiro, assim

como o previsto no n.º 2 do Art.º 4.º do DL 273/2003 de 29 de Outubro, que transpõe a directiva estaleiros para o direito interno. Isto significa que os elementos pré-fabricados em apreço e seu processo construtivo, antes de chegar ao estaleiro, já foram alvo da integração dos princípios gerais de prevenção, na fase de projecto, quer pelo projectista da estrutura quer pelo coordenador de segurança da fase de projecto.

Não é suficiente que os elementos pré-fabricados surjam da fase de projecto, apenas como elementos calculados para suportar cargas provenientes do seu estado final durante a exploração da infraestrutura.

Os elementos pré-fabricados têm de ser projectados, tendo em consideração a verificação da sua estabilidade durante o seu transporte, processos de montagem, até ao seu estado final de utilização.

Durante os processos de montagem os elementos pré-fabricados têm de suportar todas as cargas susceptíveis de ocorrerem, durante todas as actividades que se sucedem até o último metro cúbico de betão atingir a resistência adequada, ou até o último parafuso ser apertado.

Na sua impossibilidade ou insuficiência técnica, deverão os projectistas definir, aconselhar ou alertar para as necessárias medidas mitigadoras, ou sobrecargas máximas admissíveis se for caso disso, durante as suas diversas fases de vida enquanto estruturas provisórias, ou em estado provisório, até ao seu estado ou fixação definitiva.

No que se refere aos apoios provisórios realizados em cimbra ao solo a metodologia de montagem deverá seguir a filosofia subjacente ao previsto na alínea a) do Art.º 2 do DL 50/2005, que considera Equipamento de Trabalho *...qualquer instalação utilizada no trabalho. Devendo 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 protecção colectiva...; ...permitir a circulação de trabalhadores em segurança. ...permitir a evacuação em caso de perigo iminente.*

## 3. O Planeamento da Segurança

Vamos debruçar-nos sobre os aspectos mais relevantes para o planeamento da segurança na execução de tabuleiros de obras de arte com o recurso à

utilização dos seguintes elementos pré-fabricados: vigas longitudinais (em I, T ou viga caixão), pré-lajes e vigas de bordadura.

### 3.1. Os riscos envolvidos

Não obstante diminuir a magnitude dos riscos relativamente ao cimbra ao solo, a execução de um tabuleiro pré-fabricado envolve vários riscos durante os seus processos de montagem, destacando-se o esmagamento, a queda de materiais e a queda em altura, entre outros a considerar, nomeadamente os provenientes de condicionalismos existentes.

Na integração dos Princípios Gerais de Prevenção, os riscos considerados para a aplicação dos pré-fabricados enunciados serão o risco de esmagamento e o da queda em altura, comuns à execução de todos eles.

### 3.2. Plano de movimentação de pré-fabricados

Para a movimentação de pré-fabricados de dimensões e pesos apreciáveis como é o caso das vigas longitudinais dos tabuleiros pré-fabricados, a segurança da operação depende, essencialmente de tudo o que foi efectuado antes da sua chegada à obra.

Assim é fundamental que o planeamento da segurança da operação de transporte, movimentação e colocação dos pré-fabricados, seja complementado previamente com o seguinte plano, instruído da informação infra discriminada:

- a) Reconhecimento e verificação da adequabilidade dos acessos nomeadamente largura, raios de curvatura, condições do piso e inclinações máximas.
- b) Verificação de condicionalismos, em especial a existência de linhas eléctricas aéreas, efectuando o seu levantamento altimétrico e planimétrico, representado nas peças desenhadas referidas em d).
- c) Verificação da compatibilização da geometria existente “in situ” com os elementos pré-fabricados e definir a sua sequência de recepção.
- d) Identificação do(s) equipamento(s) de elevação a utilizar e sua localização ou localizações, dia-

grama de cargas, ilustração de sequência das trajectórias a efectuar.

- e) Peso e dimensões dos elementos pré-fabricados.
- f) Nota de cálculo, acompanhada do respectivo termo de responsabilidade do projectista, relativa aos pontos de fixação / acessório de elevação, dos elementos pré-fabricados.
- g) Parecer geotécnico, da capacidade resistente do solo, face às solicitações das gruas e eventuais cimbramentos de apoio provisório dos elementos pré-fabricados.
- h) Identificação do responsável pela operação no terreno.

Obs: O custo deste plano não tem expressão relativamente ao custo dos riscos envolvidos.

### 3.3.A Execução / Integração dos Princípios Gerais de Prevenção

#### 3.3.1. Os apoios provisórios e plataformas de trabalho

Na execução de tabuleiros pré-fabricados, poderão simplesmente as suas vigas longitudinais **apoiar directamente nos encontros e vigas travessas**, vencendo de uma só vez o vão a executar, normalmente, **solução associada à execução de vigas I ou T**.

Neste caso as plataformas de recepção das vigas longitudinais, repartem-se entre a viga travessa existente, e as plataformas aplicadas sobre consolas fixas à viga travessa. Alternativamente poderão materializar-se estas plataformas, através da implementação de andaime em todo o perímetro da viga travessa.

Estas plataformas deverão possuir o seu piso a cota que permita, por um lado servir a execução da armadura e cofragem da carlinga, e por outro lado o acesso horizontal ao longo das plataformas, transversalmente ao tabuleiro e efectuado sob as vigas. Caso contrário, só “de gatas” se consegue efectuar este trajecto.

O acesso vertical é efectuado normalmente, por andaime ou escada torre, por vezes também com recurso a plataforma elevatória.

Para a recepção das vigas longitudinais (I ou T), na face superior da viga travessa, deverá encontrar-se

instalada uma linha de vida, em toda a sua extensão. A sua implementação decorre da necessidade da retirada de guarda corpos, no espaço preenchido pelas vigas longitudinais, na cota superior da viga travessa.

**Os apoios provisórios associam-se normalmente à execução das vigas caixão.** Poderão possuir um ou dois apoios intermédios provisórios, correspondendo a dois ou três seccionamentos das vigas longitudinais a meio vão e a 1/5 de vão respectivamente. O apoio provisório a meio vão, coincidirá sempre com a existência de pilar.

Estes apoios são correntemente executados com o recurso a cimbre ao solo.

No caso de apoio a meio vão o cimbre envolve um pilar e servirá também para o escoramento e cofragem da carlinga.

O último nível dos apoios poderá com vantagem ser o sítio por excelência para desenvolver uma plataforma de trabalho para a recepção e posicionamento dos pré-fabricados, bem como para a execução da cofragem da carlinga e seu apoio.

A cota deste último nível integralmente assoalhado deverá ser ajustada em função das necessidades das movimentações e posicionamento dos trabalhadores, quer durante a colocação das vigas, quer na execução futura da cofragem da carlinga.

O principal risco associado à execução destes apoios provisórios é a queda em altura.

#### Cimbre tipo descontínuo apenas com último nível integralmente assoalhado

Entenda-se por **cimbre do tipo descontínuo** aquele que é constituído por estrutura metálica treliçada, formada por elementos tubulares pré-fabricados, isolados ou formando figuras isostáticas, dando origem a torres isoladas, ligadas/ entre si por tubos de travamento, correntemente designadas por torres de cimbre.

No caso de o apoio envolver um pilar já executado. Poder-se-á tirar partido desse elemento para fixar superiormente e em lados opostos duas linhas de vida verticais.

Os componentes que constituem o sistema de linhas de vida verticais, será o seguinte:

- 1- Acessórios de ancoragem de ligação da linha de vida aos pilares
- 2- Dispositivo anti-queda de funcionamento automático para acoplar o arnês de segurança às linhas de vida verticais;
- 3- Arnês de segurança de posicionamento por trabalhador.

Este sistema permitirá aos trabalhadores efectuarem movimentos verticais e horizontais, (na envolvente do pilar) com as duas mãos livres, e permanentemente sujeitos às linhas de vida verticais.

As linhas de vida verticais carecem de um pequeno peso, de forma que o atrito provocado pelo sistema de bloqueamento automático na linha de vida, durante os movimentos ascendentes do trabalhador, não seja superior ao peso da porção de linha de vida que se encontra sob ele, não permitindo assim o deslize do bloqueador automático e o indesejável arrastamento da linha de vida.

Pela dependência exclusiva do sistema de linhas de vida, na minimização do risco de queda em altura, o sistema requer vigilância apertada, devendo diariamente serem verificados os seus componentes.

#### Cimbre do tipo contínuo com Níveis assoalhados

Entenda-se por **cimbre do tipo contínuo** aquele que é constituído por uma estrutura metálica, formada por tubos metálicos pré-fabricados, de secção circular ou rectangular encaixados entre si, com modelação variável mas de malha contínua, em todo a sua extensão.

Em qualquer dos apoios poder-se-á aplicar esta solução.

Vamos proceder à enumeração e descrição das principais fases e características consideradas pertinentes, para a execução da solução proposta, num perspectiva de minimização do risco de queda em altura.

a) Pese embora a metodologia não requeira sempre a sua utilização, o equipamento de protecção individual que acompanhará os trabalhadores, em todas as fases da actividade, será o arnês de segurança, com dupla "longe" directa, mosquetão de encaixe fácil e de diâmetro superior aos tubos do cimbre.

b) Execução de cimbre até 2m de altura.

- c) Execução de acesso vertical.
- d) Execução de nível de trabalho integralmente assoalhado em toda a extensão do cimbri;
- e) Execução progressiva de guarda corpos periféricos e em aberturas existentes no nível assoalhado, com elementos da estrutura do cimbri;
- f) Execução de mais 2m de cimbri acima do nível assoalhado executado;
- g) Continuação do acesso vertical;
- h) Execução de novo nível integralmente assoalhado em toda a extensão do cimbri;
- i) Repetir ciclicamente e, f, g e h.

#### Andaime (vigas caixão)

Nos encontros os trabalhos a executar são relacionados com a recepção / posicionamento das vigas e execução da carlinga.

Dependendo da necessidade ou não dos trabalhos serem executado em altura, poderá implementar-se um andaime para a sua execução, em todo o perímetro da carlinga. Frequentemente o risco de queda em altura nestas zonas não é crítico.

#### **3.3.2. As vigas longitudinais**

Os principais riscos envolvidos nos trabalhos de colocação e posicionamento das vigas pré-fabricadas longitudinais (normalmente elementos de dimensão apreciável) são o esmagamento e a queda em altura.

As medidas de prevenção para minimização destes dois riscos durante a colocação e posicionamento das vigas longitudinais prendem-se com:

- a) Garantir 48h antes do início da operação a existência do plano previsto no ponto 3.2 - Plano de movimentação de pré-fabricados.
  - b) Monitorizar o cumprimento do previsto no ponto 3.2 - Plano de movimentação de pré-fabricados.
- b1) Abro aqui um parêntese, para o caso de se verificar a existência de linhas eléctricas aéreas. Se a distância de segurança prevista para aquela infra-estrutura tiver de ser violada planimetricamente, então o trabalho terá de se realizar com a presença de elemento de equipa de topografia. Se a distância de segurança em planimetria não for

violada então será suficiente providenciar a sua adequada sinalização ao nível do solo.

b2) Os acessos rodoviários no interior do estaleiro deverão possuir inclinação inferior a 15%.

b3) A evidência da conformidade da capacidade das plataformas de apoio das gruas, deverá ser efectuada através de relatório que compare elementos de origens diferentes. Por um lado, devem os responsáveis pela operação de colocação dos pré-fabricados definir a tensão mínima e a deformação máxima do solo para a operação. Por outro lado, deverão existir ensaios que evidenciem a adequação da plataforma aos valores requeridos. Temporalmente, estes ensaios deverão ser efectuados na data mais próxima possível da operação, aumentando assim a sua fiabilidade.

c) Verificar se as plataformas de trabalho e respectivos acessos existentes na zona dos apoios provisórios, carlingas e encontros, se encontram conformes com as devidas protecções para o risco de queda em altura aí existente. No caso das vigas I ou T, acresce verificar a existência e a conformidade das linhas de vida nas vigas travessas, bem como a prévia instalação das linhas de vida no banzo superior das vigas longitudinais, cuja instalação deve remontar aos responsáveis pelo seu fabrico.

As **plataformas** existentes nos **apoios provisórios**, (no caso das vigas caixão), carecem de estudo prévio no que concerne à sua compatibilização espacial, com o posicionamento definitivo do pré-fabricado. A inexistência desta preocupação, resulta frequentemente na retirada dos guarda corpos aí existentes, única protecção prevista para minimizar o risco de queda em altura para a execução da operação. É fundamental, perceber antecipadamente os posicionamentos e movimentações necessárias dos trabalhadores que vão executar a colocação das vigas. Só assim se conseguirá obter sucesso nos acessos e plataformas de trabalho aprovadas para a execução da actividade.

No caso das vigas I ou T, a plataforma por excelência de recepção dos pré-fabricados será normalmente a face superior da viga travessa com guarda corpos em todo o seu perímetro, e linha de vida conforme já referido.

Frequentemente nos **encontros** das Passagens Superiores o risco de queda em altura relaciona-se

apenas com o talude aí existente. Quando este talude apresenta inclinações inferiores a 40°, apenas carece de delimitação física em toda a extensão da zona de trabalhos, com afastamento da sua bordadura superior a 1m. Para inclinações superiores deverão ser implementados guarda corpos. Julgo que o limiar entre a colocação de guarda corpos em taludes e apenas a sua delimitação física ao longo da sua bordadura, estará na possibilidade, de se conseguir ou não facilmente subir e descer o talude pelo próprio pé, sem necessidade da ajuda das mãos! Em tom de brincadeira costumo dizer, que se um individuo escorregar e conseguir subir novamente o talude, então apenas requer delimitação física, caso contrário a protecção para a queda em altura será obrigatória.

d) Imediatamente após a colocação do pré-fabricado é necessário proceder ao desengate das correntes. No caso das vigas caixão normalmente o assunto resolve-se, acedendo ao caixão, preferencialmente pelos acessos ao seu interior existentes nos encontros. Na sua impossibilidade poderá aceder-se pelos apoios intermédios, desde que o acesso esteja contemplado. Poderá ainda recorrer-se à utilização de plataformas elevatórias. No caso das vigas tipo T ou I, o desengate das correntes poderá ser efectuado com o recurso às linhas de vida previamente integradas no seu banzo superior. Poderá ainda recorrer-se, igualmente à utilização de plataformas elevatórias. Para a recepção destas vigas nos encontros, normalmente ajusta-se para prevenir o risco de queda em altura, a colocação de uma linha de vida em toda a extensão do encontro. Proporciona-se assim, aos trabalhadores que se encontram a recepcionar as vigas, permanente protecção para o risco de queda em altura nos sucessivos posicionamento ao longo do encontro, e em movimentos transversais ao tabuleiro. Os trabalhadores poderão assim sujeitar o arnês de segurança a essa linha de vida, que lhes conferirá o raio de acção necessário para a colocação de todas as vigas previstas para a execução do tabuleiro.

e) Imediatamente após a colocação de uma viga (I ou T), deverá proceder-se ao seu travamento provisório. No caso das vigas T, muitas vezes colocadas de forma justaposta, deverão gozar de igual ocupação as vigas periféricas. O travamento das vigas I ou T, deve-se não só à pequena dimensão do banzo relativamente à sua altura (frequentemente inferior a metade da altura

da viga), mas também ao facto de serem provisoriamente apoiadas em aparelhos de apoio provisórios, até à conclusão e consolidação da carlinga. É neste momento que o esforço será transferido para os aparelhos de apoio definitivos, através da carlinga. Os travamentos das vigas devem ser posicionados e localizados, em zona que permita a sua desmobilização apenas nesta fase.

f) Após a colocação das vigas em I ou T (por vezes justapostas) e concluída a colocação das pré-lajes, obtemos uma superfície correspondente à área do tabuleiro em execução, a uma determinada cota. Resta proteger todo o perímetro do tabuleiro, onde se verifica risco de queda em altura. Para o efeito, os trabalhadores recorrem a linhas de vida instaladas no sentido longitudinal do tabuleiro. Estas linhas de vida servirão para sujeitar o(s) arnês dos trabalhadores que procedam à colocação de guarda corpos em todo o seu perímetro, onde se verifica a zona de risco de queda em altura.

g) É imprescindível que o planeamento da segurança se encontre instruído de peças desenhadas definindo a sequência da colocação das vigas, e respectivo posicionamento das linhas de vida e guarda corpos. Não menos importante, será garantir que a sua recepção em obra, se efectue de acordo com a sequência prevista.

h) Findo o dia de trabalho, garantir a vedação e respectiva sinalização dos acessos, quer aos encontros quer aos apoios provisórios.

i) O tratamento do risco de esmagamento na zona subjacente aos trabalhos encontra-se no ponto 3.3.5 deste documento.

### 3.3.3. As Pré-lajes

Os principais riscos envolvidos nos trabalhos de colocação e posicionamento das pré-lajes são igualmente o esmagamento e a queda em altura.

a) Também aqui, é imprescindível que o planeamento da segurança se encontre instruído de peças desenhadas definindo a sequência da colocação das pré-lajes, e respectivo posicionamento das linhas de vida e guarda corpos.

Seguidamente apresentam-se alguns exemplos de situações relativas à aplicação de pré-lajes.

b) Frequentemente a minimização do risco de queda em altura existente durante a colocação das pré-lajes é conseguido com a utilização de arnês de segurança sujeito a linhas de vida, mas nem sempre é possível! Quer a sequência de montagem, quer o dimensionamento e respectiva localização dos pontos de fixação devem, com vantagem, ser estudados na fase de projecto.

#### Pré-lajes aplicadas em Vigas Caixaão

b1) Por exemplo, atente-se no caso de uma só viga caixaão com uma única pré-laje balançada em consola para ambos os lados da viga. Nesta situação, e apenas nesta situação, a solução que tem sido adoptada é a de longe dupla, em virtude de o trabalhador não conseguir do interior da viga caixaão desengatar as correntes da grua. O trabalho desenvolve-se com o trabalhador sobre a pré-laje já colocada, onde aguarda a recepção da próxima, dotado de arnês com dupla longe fixo eventualmente à armadura da pré-laje. A viabilidade destes pontos de fixação, normalmente não apresenta problemas no que concerne à sua resistência, mas sim quanto à forma, pelo que requerem ser antecipadamente estudados.

Aqui está um problema de difícil resolução na obra, mas de fácil resolução na fase de projecto. Para isso bastará que no projecto se preveja que os locais de fixação das correntes sejam colocados em zonas, às quais o trabalhador, do interior da viga caixaão, consiga aceder.

As vigas caixaão são excelentes locais para os trabalhadores desenvolverem o trabalho de posicionamento das pré-lajes, desde que os projectistas posicionem os seus pontos de suspensão em zonas a que os trabalhadores consigam aceder do interior da viga caixaão.

b2) No caso de duas vigas caixaão, a metodologia poderá ser seguinte, se a modelação das pré-lajes assim o permitir: Do interior das vigas caixaão colocam-se as pré-lajes entre as vigas. Seguidamente lança-se um linha de vida em toda a extensão do vão central, sobre as pré-lajes anteriormente colocadas, que permitirá sujeitar o arnês de segurança, durante a aplicação das restantes pré-lajes, previstas para as abas do tabuleiro.

b3) No caso ainda de três vigas caixaão. A metodologia poderá ser colocar as pré-lajes entre vigas, do interior das vigas caixaão. Para a colocação das pré-lajes laterais lançar-se-á novamente linhas de vida longitudinais, sobre ambas as faixas das pré-lajes anteriormente colocadas, permitindo-se assim sujeitar o arnês, para colocação das pré-lajes periféricas.

#### Pré-lajes aplicadas em Vigas I ou T

c) No caso das vigas I ou T, a colocação das pré-lajes, recorre igualmente à utilização de linhas de vida, para a minimização do risco de queda em altura. Uma solução a adoptar, poderá ser a utilização linhas de vida aplicadas transversalmente ao tabuleiro. Cada alinhamento de pré-lajes concluído, dará lugar à aplicação de uma nova linha de vida. Na recepção das pré-lajes do próximo alinhamento, os trabalhadores têm o seu arnês sujeito à linha de vida existente no alinhamento de pré-lajes anteriormente aplicado. Esta solução, de recurso, poderá ser adoptada, pela interferência das pré-lajes durante a sua aplicação, com as linhas de vida aplicadas no banzo superior das vigas longitudinais. Caso contrário, com vantagem, deverão ser estas as utilizadas, com um grau de eficácia bastante superior. A elevação das linhas de vida existentes nos banzos superiores das vigas longitudinais, pode permitir contornar esta dificuldade, através de um movimento de rotação da pré-laje durante a sua colocação, posicionando-a assim, no espaço existente entre as linhas de vida e os banzos superiores das vigas longitudinais.

Em qualquer dos casos o primeiro alinhamento de pré-lajes será colocado com recurso a linha de vida transversal, fixa à armadura de “empalme” do banzo superior das vigas longitudinais.

Terminando um tramo de tabuleiro, com recurso às linhas de vida que serviram para a colocação das pré-lajes, procede-se à colocação de guarda copos em todo o perímetro do tabuleiro, incluindo a zona da carlinga. Resta ainda a colocação de um passadiço, pré-fabricado ao nível do solo, para estabelecer acesso horizontal entre o tramo executado e o seguinte.

d) A aplicação de guarda copos em todo o perímetro do tramo executado é relevante, tendo em consideração os trabalhos de execução de armadura, que podem iniciar-se, imediatamente após a conclusão de pré-lajes num determinado tramo, no

caso de se tratar de um viaduto. Durante a execução da armadura a única medida para a minimização do risco e queda em altura, é a existência de guarda corpos em todo o perímetro do tramo correspondente. No início do passadiço horizontal entre tramos, deverá ser colocada sinalização de obrigatoriedade do uso de arnês de segurança na zona de execução das pré-lajes.

e) Os elementos de pré-lajes colocados em consola deverão ser alvo de tratamento especial, desde a colocação das pré-lajes até ao último balde de betão colocado. Podem existir diversas sobrecargas sobre as pré-lajes: desde pessoas, atados de ferro, compressores, serras eléctricas, etc..., que se não devidamente acauteladas pelo projectista poderão resultar na sua instabilidade, e assim estar na base do indesejável.

Daqui resulta a necessidade de exigir no projecto a definição e especificação das fixações necessárias, tendo em consideração as acções susceptíveis de existirem até à betonagem.

f) Tendo em consideração a inclinação transversal dos tabuleiros, deverá a pré-fabricação, prever a existência de “cunhais”, nas vigas ou nas pré-lajes, para atender ao desnível existente entre vigas, permitindo assim o correcto apoio das pré-lajes, sobre as vigas longitudinais. A não contemplação desta consideração na fase de pré-fabricação, resultará no desnecessário incremento de uma actividade a executar com risco de queda em altura.

g) Findo o dia de trabalho, garantir a vedação e respectiva sinalização dos acessos ao tabuleiro através dos encontros.

h) O tratamento do risco de esmagamento na zona subjacente aos trabalhos encontra-se tratado no ponto 3.3.5 deste documento.

#### **3.3.4. As Vigas de bordadura**

Os principais riscos envolvidos nos trabalhos de colocação das vigas de bordadura são o esmagamento e a queda em altura.

a) Durante a execução das vigas de bordadura, a problemática da coabitação da zona de trabalhos

com outras actividades agudiza-se. Daqui resulta a necessidade de atender a este condicionalismo.

Dois aspectos pertinentes saltam à vista: A **fixação provisória do pré-fabricado** e a **prevenção do risco de queda em altura** durante a sua colocação, quer para os trabalhadores envolvidos na actividade e no interior do perímetro de segurança, quer para outros trabalhadores que partilhem o tabuleiro.

b) O primeiro - **a fixação provisória do pré-fabricado** - deve remontar à fase de projecto, devendo o projectista definir a sua fixação provisória, o que, a não acontecer, sem prejuízo da capacidade técnica e inventiva da gente da obra, acaba sempre por não ser a solução mais eficiente se pensada antecipadamente.

c) O segundo - **a queda em altura** - passa normalmente por dois aspectos fundamentais.

Por um lado proteger a zona de risco de queda em altura pela corrente necessidade de desproteger X m de bordadura do tabuleiro, relativamente a outros trabalhadores que partilhem o tabuleiro.

Por outro lado prevenir o risco de queda em altura para os trabalhadores que se encontram no interior da zona de risco delimitada durante a aplicação dos pré-fabricados.

c1) Para a 1.ª deverá definir-se a extensão máxima a desproteger, implementar uma barreira física afastada pelo menos 3 ou 4m da bordadura do tabuleiro, sinalizar a zona com material reflector e PMP's no início do obstáculo frontal entretanto criado aos veículos de obra que circulam no tabuleiro (se for o caso). Com esta vedação pretende-se prevenir o risco de queda em altura de outros trabalhadores que coabitem no tabuleiro.

c2) Para a 2.ª, no que concerne à minimização do risco de queda em altura, existente para os trabalhadores que procedem à colocação dos pré-fabricados, frequentemente adopta-se a fixação, em toda a extensão da zona a intervir, de uma linha de vida para a fixação do arnês de segurança de todos os trabalhadores que se encontrarem no interior da zona de risco delimitada. Uma vez que nessa zona de risco, situada no interior da vedação, é obrigatório o arnês de segurança, a zona deve então ser sinalizada em conformidade.



d) No que concerne ao risco de esmagamento, todas as vigas de bordadura deverão ser posicionadas e fixas de imediato. Só após a sua fixação provisória é que será permitido retirar os acessórios de elevação.

O tratamento do risco de esmagamento na zona subjacente aos trabalhos encontra-se no ponto 3.3.5 deste documento.

### **3.3.5. Zona subjacente à montagem de Pré-fabricados.**

Nas situações a seguir referidas vamos abordar o risco de esmagamento / queda de materiais sobre as zonas adjacentes aos tabuleiros em execução.

Existem dois tipos de zonas distintas, que carecem de medidas distintas.

Uma relaciona-se com a aplicação de pré-fabricados sobre infra-estruturas rodoviárias ou ferroviárias activas, a outra apenas sobre a zona do estaleiro adjacente à obra de arte em execução.

Em qualquer dos casos, o princípio subjacente que deve nortear o planeamento da segurança na integração dos princípios gerais de prevenção, para a minimização destes riscos, deverá ser o seguinte:

**Não movimento cargas sobre ninguém!**

Cumprido este princípio elimina-se o risco!

#### **a) Infra-estruturas Rodoviárias ou Ferroviárias activas - Passagens Inferiores - PI e Viadutos**

Estes casos, associam-se à execução de pré-fabricados em PI's e Viadutos. Trata-se da minimização do risco de esmagamento / queda de materiais sobre terceiros - os utentes dessas infra-estruturas.

A minimização deste risco passará sempre pela restrição à normal circulação das respectivas infra-estruturas, na maioria dos casos providenciando a sua interrupção, sempre com a autorização escrita da entidade competente para o efeito.

Estas restrições, no que concerne às infra-estruturas rodoviárias, requerem a elaboração de um Plano de Sinalização Temporária de Trânsito, a submeter à aprovação prévia da respectiva entidade competente.

Deve este PST ser concebido respeitando o princípio anteriormente invocado, permitindo-se assim a execução de todo o trabalho eliminando o risco de

esmagamento, pela garantia de ausência de pessoas na zona subjacente aos trabalhos, aquando da movimentação dos prefabricados, até à sua fixação, ainda que provisória.

No caso da colocação das **vigas longitudinais** será sempre necessário interromper a infra-estrutura rodoviária, qualquer que seja o seu tipo, havendo, na generalidade dos casos, lugar à execução de desvios de trânsito.

Para o caso das **vigas de bordadura e pré-lajes**, no que concerne às vias concessionadas deverá manter-se o corte total da AE. A possibilidade de basculamento ou mesmo de cortes de vias não deverá ser equacionada, uma vez que a fronteira entre a modelação dos pré-fabricados e o limite das vias, não elimina o risco de queda dos pré-fabricados sobre os utentes da infra-estrutura. A melhor opção é sempre numa ou duas noites resolver o assunto com um corte total da AE.

Relativamente às vias não concessionadas (EN, EM, CR ou CA), dependendo da intensidade de tráfego, poder-se-á permitir, o corte temporário das vias com o recurso às forças policiais. Isto é, interrompe-se a via, de forma intermitente, pelo tempo estritamente necessário para posicionamento e fixação do pré-fabricado a movimentar. Na maioria dos casos, o tratamento é idêntico ao das vias concessionadas, isto é, deverá proceder-se ao corte total da infra-estrutura rodoviária, e implementar-se o necessário desvio de trânsito, o tempo exigido para a intervenção.

Uma vez que estas intervenções são efectuadas, na sua esmagadora maioria, em horário nocturno, pela minimização do impacto na utilização da infra-estrutura, não se deverá esquecer nunca de providenciar uma adequada iluminação.

A ferramenta chave para a execução dos PST's é o DR 22-A/98 de 1 de Outubro.

A colocação de sinalização em infra-estruturas rodoviárias, enquadra-se nos trabalhos de risco especial. Daqui resulta a necessidade de avaliar os riscos, equacionar medidas para os minimizar, de forma a disciplinar e mecanizar o comportamento dos trabalhadores que vão proceder à sua implementação. O que deve nortear o planeamento da segurança para esta actividade (de implementação

de sinalização rodoviária), deverá ser o de qualquer outra actividade de risco existente no estaleiro.

No que se refere à execução de pré-fabricados sobre a **infra-estrutura ferroviária** - exclusivamente para a colocação de pré-lajes e vigas de bordadura, com a devida autorização escrita do gestor da infra-estrutura, equaciona-se a realização do trabalho, com o recurso à implementação do sistema de anúncio e aviso (conforme definido na IET 77). Em alternativa, poderão executar-se os trabalhos, novamente com a devida autorização do gestor da infra-estrutura, com o recurso a janelas de tempo com ausência de circulações, comprovadamente emanadas por escrito pelo gestor da infra-estrutura, e normalmente requerendo a presença de um seu representante durante a realização dos trabalhos. Em qualquer destas situações, todos os trabalhos se executam a uma cota superior à da linha Ferroviária, isto é, sem qualquer promiscuidade entre os trabalhadores e a linha ferroviária. Acresce ainda, a certeza de que as distâncias de segurança aos elementos em tensão são superiores a 2m.

Em todo o caso o mais desejável será a execução dos trabalhos com o recurso a corte de tensão e interdição de via, e explica-se porquê.

Quer na situação ferroviária, quer na rodoviária, a execução dos trabalhos, com as vias activas, deverá ser sempre efectuada, tendo presente o seguinte:

- a) Os trabalhos desenvolvem-se numa cota superior à da infra-estrutura adjacente activa.
- b) O risco de queda em altura, quer na aplicação de pré-lajes, quer na aplicação de vigas de bordadura, é normalmente minimizado com o recurso à utilização de arnês de segurança sujeito a linhas de vida aí instaladas.

Perante esta metodologia nunca podemos esquecer, que a altura de queda que interessa prevenir, não é a distância do tabuleiro ao solo. Essa é de percepção imediata!

No caso da infra-estrutura rodoviária será a distância do tabuleiro ao solo subtraída do “gabarit” máximo admitido nas infra-estruturas rodoviárias, acrescido de uma margem de segurança.

No caso da ferrovia será a distância do tabuleiro ao elemento em tensão mais próximo, subtraindo-lhe uma distância de segurança mínima de dois metros dos pés do trabalhador na extensão máxima admissível durante a queda.

Em suma esta situação é de tão difícil controlo como arriscada, e assim sendo, na melhor das hipóteses, o que se deve materializar na realidade, é que o trabalhador possua longe directa, apenas com acesso até ao limite do tabuleiro. Isto implica que o trabalhador com o arnês sujeito à linha de vida, onde quer que ela esteja, nunca conseguirá atingir a zona de queda. No fundo o trabalhador terá um raio de acção que termina antes da bordadura do tabuleiro.

Durante a aplicação de pré-lajes, e atendendo à disposição das linhas de vida que se desenvolvem paralelamente às vigas longitudinais, de forma a permitir a evolução, igualmente longitudinal da sua colocação, o trabalho com vias activas fica inviabilizado, na medida em que não se consegue limitar o raio de acção dos trabalhadores, para fora da zona de risco de queda em altura.

Para a colocação das vigas de bordadura, uma vez que a linha de vida se desenvolve paralelamente à bordadura do tabuleiro, teoricamente é possível limitar o raio de acção, numa faixa junto à bordadura do tabuleiro sem interferir com a zona de queda.

Na impossibilidade de materializar estas medidas, executar os trabalhos com vias activas estará fora de hipótese!

**Assim, julga-se que a melhor opção, é sempre a interdição das infra-estruturas, e no caso da ferroviária acrescida de corte de tensão!**

No que concerne à colocação das vigas longitudinais sobre infra-estruturas ferroviárias terá sempre de ser efectuada com o recurso à sua interdição. Interdição esta, que terá de ser formalizada por escrito, pelo gestor dessa infra-estrutura, com referência ao local, aos trabalhos e horários da interdição.

#### **b) Estaleiro da obra - Passagens Superiores - PS e Viadutos**

Desta feita, debruçemo-nos sobre a aplicação de pré-fabricados em viadutos e PS's, existindo o risco de esmagamento / queda de materiais, apenas sobre trabalhadores do nosso estaleiro.

Dependendo do faseamento dos trabalhos, poderão existir aqui duas situações distintas: ou se verifica a existência de trânsito de obra sob a obra de arte onde se pretender aplicar os pré-fabricados, ou não.

No 2.º caso - **não existindo trânsito de obra** - apenas se deverá providenciar a delimitação física

de um perímetro de segurança, complementado com a sinalização em conformidade, informando do risco existente e interditando o acesso a essa zona.

No 1.º caso - **existindo trânsito de obra** - e para a aplicação de **vigas de bordadura** ou **pré-lajes**, verificando-se a existência de condições para circulação de trânsito de obra, por exemplo, já com “tout-venant” aplicado, ou mesmo betuminosos, deverá providenciar-se o seguinte:

a) Aplicação de chicanas a montante e a jusante da faixa a cortar, materializadas por exemplo com PMP's. Estas chicanas deverão ser colocadas a uma distância superior a 50m da obra de arte. O seu objectivo é obrigar o trânsito de obra a afrouxar a velocidade de circulação.

b) Na zona da obra de arte deverá igualmente proceder-se a uma delimitação física da zona da faixa a interditar, subjacente à obra de arte.

c) Entre a obra de arte e a chicana, deverá providenciar-se a existência de acesso à outra faixa, materializando-se com a colocação de um “bisel” em PMP's, complementado com material reflector, por exemplo baias direccionais” - efectuando-se assim o “basculamento do trânsito” na plena via do estaleiro, se for o caso.

Ainda no 1.º caso - **existindo trânsito de obra** - mas desta feita para aplicação de **vigas longitudinais**, é na maioria dos casos necessário efectuar um corte total da plena via, quer pela dimensão dos pré-fabricados, quer pelo espaço necessário para a sua movimentação e posicionamento dos equipamentos inerentes à operação. Nestes casos deverá igualmente:

a) A montante e a jusante proceder-se à aplicação de chicanas, conforme referido anteriormente.

b) De igual forma, deverá delimitar-se fisicamente um perímetro de segurança com a respectiva sinalização, na zona subjacente à movimentação dos pré-fabricados.

c) Desta feita, entre a obra de arte e as chicanas, deverá interromper-se as duas faixas em ambos os sentidos com uma cortina de PMP's, complementados com a implementação do sinal de trânsito proibido.

d) A zona do apoio deverá ser alvo ainda de protecção pesada, com aplicação de Guardas de Betão Armado a montante e a jusante, tendo em vista minimizar o risco de eventuais danos no apoio, face à circulação de equipamentos e veículos de obra no estaleiro.

## 4. Conclusões

Pré-fabricação: que mais valia para a segurança?

- Menos mão-de-obra;
- Menor número de actividades;
- Locais de trabalho globalmente mais seguros e ergonómicos;
- Menor magnitude do risco de queda em altura;
- Menor risco de colapso da estrutura (nas soluções sem apoios provisórios)

Numa lógica exclusiva de minimização dos riscos associados à execução de tabuleiros de obras de arte, facilmente se optaria por efectuar tabuleiros de obras de arte com o recurso á pré-fabricação, em detrimento da execução de tabuleiros betoados “in situ” com o recurso a cimbra ao solo.

As vantagens em matéria de segurança e saúde no trabalho da pré-fabricação são evidentes, pela diminuição, muito significativa da magnitude dos riscos, em especial o da queda em altura.

Os projectistas, os fabricantes, e as entidades empregadoras, no cumprimento da lei, têm forçosamente de comercializar produtos que evidenciem a integração dos princípios gerais de prevenção durante todas as suas fases de montagem.

A magnitude dos riscos na aplicação de pré-fabricados é muito condicionada pelo projecto.

É fundamental a sensibilidade dos projectistas para a eficácia das suas soluções, no que diz respeito às condições de segurança inerentes ao seu processos construtivo.

A sinergia de todos os intervenientes, Projectistas, DO, CSP, CSO, Fiscalização e EE, no cumprimento de um plano detalhadamente traçado, é fundamental para a melhoria dos níveis de segurança da aplicação de pré-fabricados nos estaleiros.

Assim em jeito de conclusão:

Não será necessário invocar lei nenhuma, se duma insuficiência de projecto e ou planeamento, resultar a perda de uma ou mais vidas humanas.