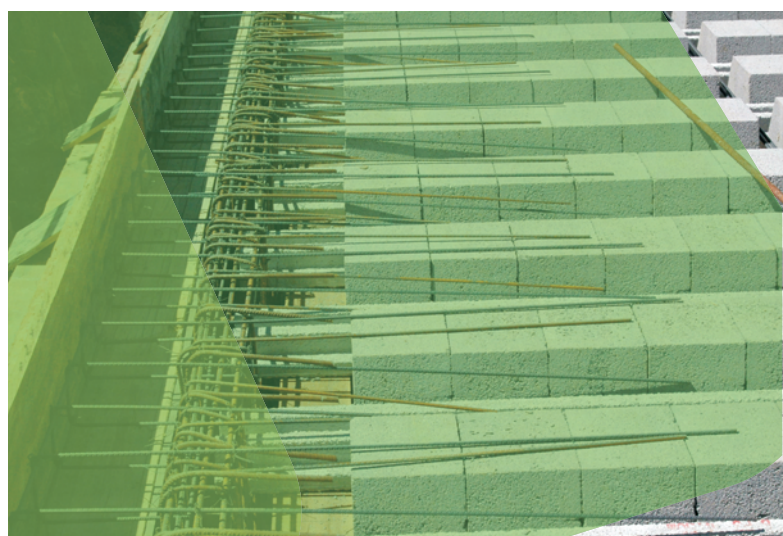
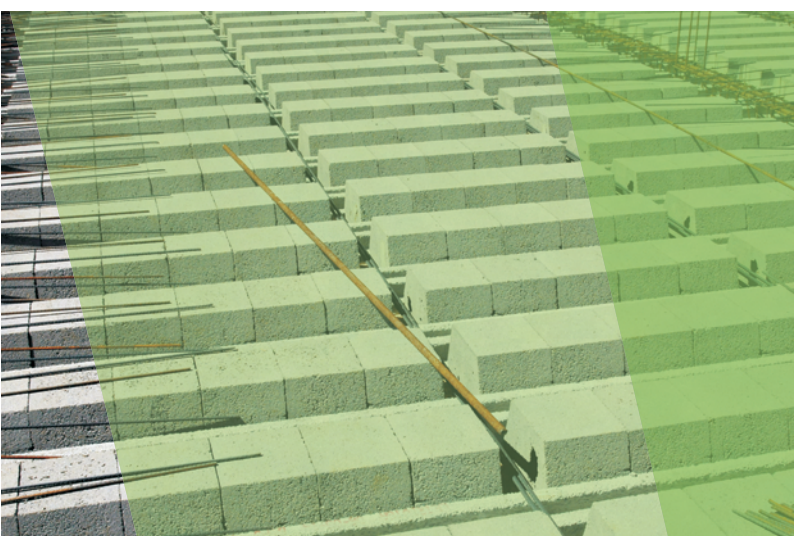
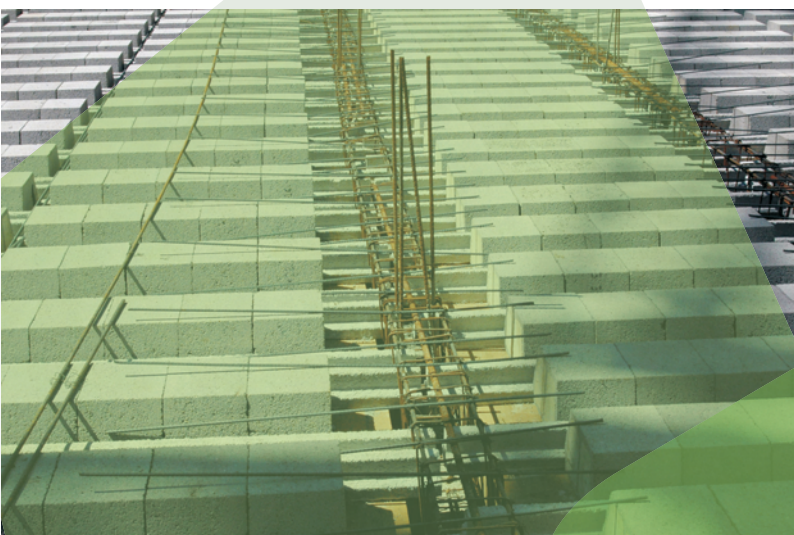
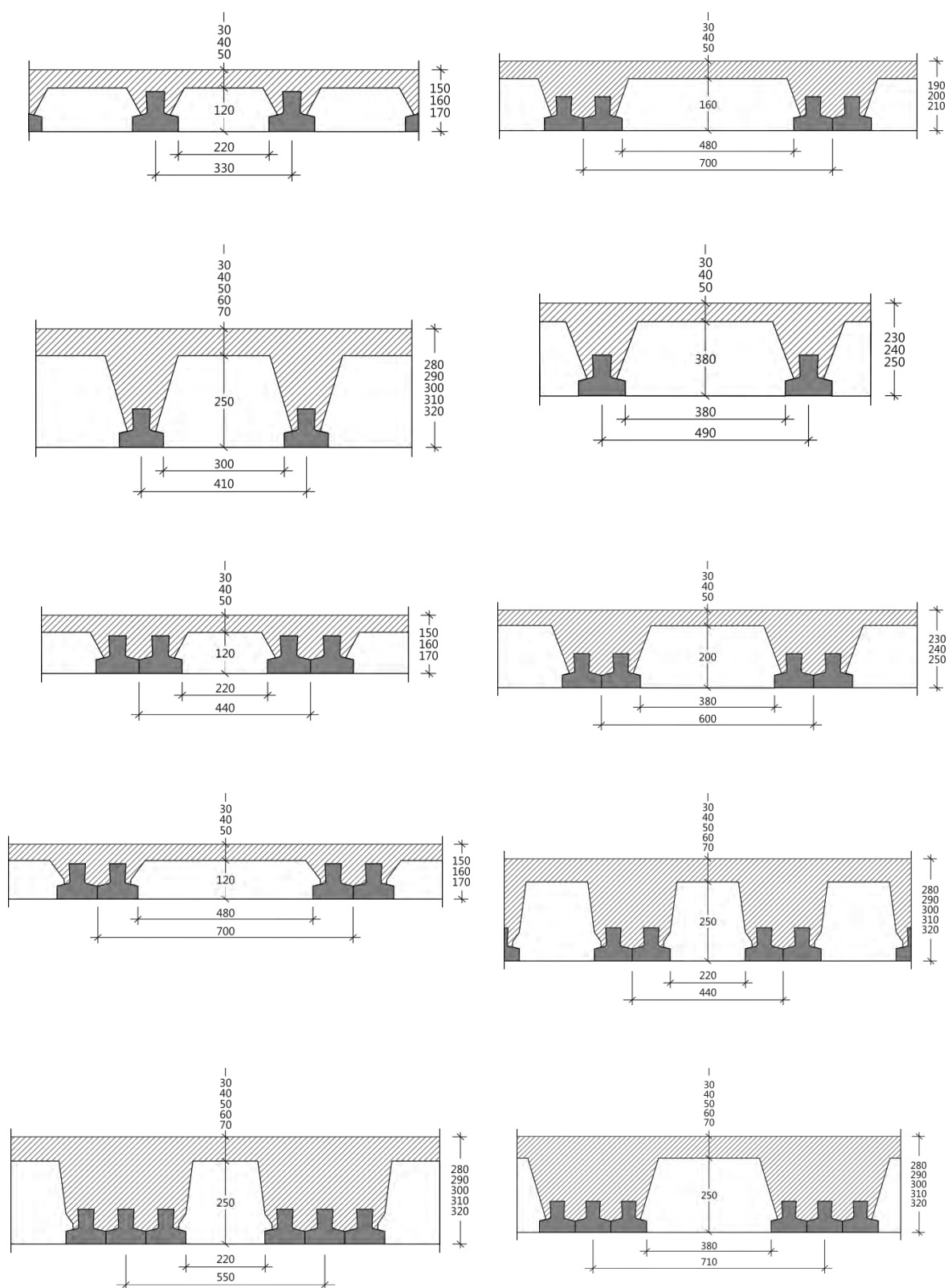




PAVIMENTOS ALIGEIRADOS DE VIGOTAS PREFABRICADAS DE BETÃO PRÉ-ESFORÇADO **TIPO V**

Pavimentos aligeirados de vigotas prefabricadas de betão pré-esforçado tipo V



ÍNDICE

ÍNDICE	5
1.0 INTRODUÇÃO.....	7
1.1 Leiriviga	8
1.1.1 Prefabricados de betão uma solução competitiva e sustentável	9
1.1.2 Normalização Europeia aplicável ao sector da prefabricação	9
1.4 Simbologia.....	10
1.4.1 Letras latinas maiúsculas.....	10
1.4.1 Letras latinas minúsculas.....	12
1.4.3 Letras gregas	13
1.5 Bases de cálculo	15
1.5.1 Regulamentação.....	15
1.5.2 Estados Limites.....	15
1.5.3 Modelo de cálculo	16
1.5.4 Perdas de Pré-Esforço	19
2.0 VERIFICAÇÃO DA SEGURANÇA	23
2.1 Estados Limites Últimos	24
2.1.1 Estado Limite Último de Flexão	24
2.1.2 Estado Limite Último de Esforço Transverso	28
2.2. Estados Limites de Utilização	29
2.2.2 Estado Limite de Deformação	36
3.0 ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS.....	41
3.1 Vigotas	42
3.2 Blocos de cofragem	45
3.3 Betão complementar	46

3.4 Armadura de distribuição.....	47
3.5 Tabelas de Dimensionamento	47
3.5.1 Performance acústica	48
3.5.2 Isolamento Térmico	49
3.5.3 Resistência ao fogo	49
4.0 CONDIÇÕES GERAIS DE EXECUÇÃO DOS PAVIMENTOS	51
5.0 DISPOSIÇÕES CONSTRUTIVAS E CONDIÇÕES ESPECIAIS DE EXECUÇÃO DOS PAVIMENTOS ...	53
6.0 CÁLCULO DOS PAVIMENTOS	57
6.1 Introdução.....	58
6.2 Dados para cálculo	58
6.3 Exemplo de cálculo.....	59
6.3.1 Segurança em relação aos estados limites últimos:	59
6.3.2 Segurança em relação aos estados limites de utilização:	60
6.3.3 Ferramenta cálculo automático	61
7.0 TABELAS DE CÁLCULO	71
7.1 Valores de Cálculo dos Pavimentos.....	72

A high-angle, close-up photograph of numerous rectangular concrete slabs (vigotas) arranged in neat, parallel rows. The slabs are light gray and have a slightly textured surface. A dark, diagonal line, possibly a metal rod or a shadow, runs across the middle of the frame, adding a sense of depth and perspective to the repetitive pattern of the slabs.

1.0 INTRODUÇÃO

1.1. Leiriviga

A LEIRIVIGA fundada em 1990, é um bom exemplo do que pode ser um excelente e bem-sucedido aproveitamento de sinergias, em tecnologia, mercado, equipas de trabalho e sobretudo de um profundo conhecimento do setor da construção civil e obras públicas entre grupos de empresas de prefabricados em betão.

Imagens das unidades produtivas do Grupo LEIRIVIGA/LITOPREL



As diferentes capacidades e valências produtivas das empresas do grupo completam-se e fornecem ao mercado da construção civil um amplo conjunto de soluções, tecnicamente comprovadas, produzidas com as melhores matérias-primas e com elevados parâmetros de qualidade.

O mercado dos materiais pré-esforçados e prefabricados em betão é posto à prova todos os dias, não só pela competitividade do setor, mas sobretudo com a exigência cada vez mais apertada das normativas de eficiência energética, ambiental e também da sustentabilidade dos próprios projetos.

A política de qualidade que orienta diariamente todos os nossos procedimentos e processos de trabalho, garante produtos e desempenhos, confirmados pelo cumprimento da legislação aplicável aos vários produtos, nomeadamente no que diz respeito à aposição da marcação CE e pela Certificação do Sistema de Gestão de Qualidade ISO 9001.

1.1.1 Prefabricados de betão uma solução competitiva e sustentável

A prefabricação é uma excelente solução em alternativa a soluções betonadas “in situ”, essencialmente por ser uma opção economicamente mais atrativa, com elevados padrões de qualidade, mais segura e com menor impacto para o ambiente. Introduce de igual forma um papel determinante no que diz respeito a questões energéticas, possibilita a diminuição do consumo de energia através da otimização dos processos produtivos.

Não menos importante que as condições anteriormente referidas, promove também a reutilização e reciclagem, pois facilita a recuperação de materiais e componentes da construção.

Esta é uma indústria de produção com elevado potencial para redefinir os impactos negativos associados ao sector da construção.

Este tipo de solução, tem portanto uma significativa contribuição para o conceito de construção sustentável.

1.1.2 Normalização Europeia aplicável ao sector da prefabricação

As exigências cada vez maiores, a nível de normalização, implicam uma melhoria contínua nos processos de avaliação e verificação da regularidade do desempenho dos produtos pré-fabricados e pré-esforçados em betão, bem como a adaptação à evolução dos processos construtivos do setor da construção. Internamente, através do sistema de controlo de produção em fábrica, são definidos, mantidos e monitorizados os critérios para obtenção de um produto acabado de acordo com os requisitos aplicáveis.

1.4. Simbologia

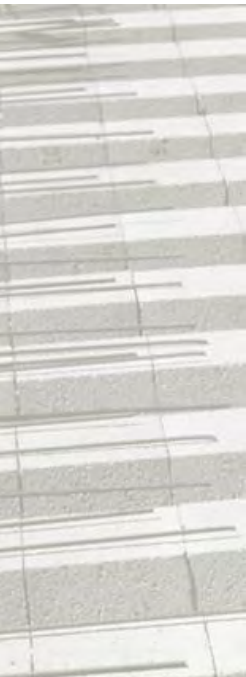
1.4.1. Letras latinas maiúsculas



A	- Área
A_{fc}	- Área do banzo da laje de betão complementar
A_s	- Área da secção transversal da armadura ordinária
A_{sd}	- Área da secção transversal da armadura de distribuição
A_{sn}	- Área da secção transversal da armadura ordinária da nervura
A_{sp}	- Área da secção transversal da armadura de pré-esforço
A_v	- Área da secção transversal da vigota
A_{wc}	- Área da alma da laje de betão complementar
A_{wcv}	- Área da alma da laje de betão complementar paralela à alma da vigota
E	- Módulo de elasticidade longitudinal
E_c	- Módulo de elasticidade longitudinal do betão
E_{cl}	- Módulo de elasticidade longitudinal do betão da laje de betão complementar
E_{cv}	- Módulo de elasticidade longitudinal do betão da vigota
E_h	- Módulo de elasticidade longitudinal do material de homogeneização da secção
E_s	- Módulo de elasticidade longitudinal da armadura ordinária
E_{sd}	- Módulo de elasticidade longitudinal da armadura de distribuição
E_{sp}	- Módulo de elasticidade longitudinal da armadura de pré-esforço
EI	- Rigidez de flexão
EI_o	- Rigidez de flexão do pavimento correspondente à largura de influência da vigota
$(EI)_{fc}$	- Rigidez de flexão do banzo da laje de betão complementar relativamente à linha neutra
$(EI)_s$	- Rigidez de flexão da armadura ordinária relativamente à linha neutra
$(EI)_{sd}$	- Rigidez de flexão da armadura de distribuição relativamente à linha neutra
$(EI)_{sp}$	- Rigidez de flexão da armadura de pré-esforço relativamente à linha neutra
$(EI)_v$	- Rigidez de flexão da vigota relativamente à linha neutra
$(EI)_{wc}$	- Rigidez de flexão da alma da laje de betão complementar relativamente à linha neutra



$(EI)_{wcv}$	- Rigidez de flexão da alma da laje de betão complementar paralela à alma da vigota relativamente à linha neutra
F_c	- Resultante das tensões de compressão no betão
$F_{c,f}$	- Resultante das tensões de compressão no banzo da laje de betão complementar
$F_{c,w}$	- Resultante das tensões de compressão na alma da laje de betão complementar
F_s	- Resultante das tensões de tração na armadura ordinária
F_{sp}	- Resultante das tensões de tração na armadura de pré-esforço
$F_{t,v}$	- Resultante das tensões de tração na vigota
$I_{G,v}$	- Momento de inércia principal central da vigota
I_{fc}	- Momento de inércia do banzo da laje de betão complementar relativamente à linha neutra
I_s	- Momento de inércia da armadura ordinária relativamente à linha neutra
I_{sd}	- Momento de inércia da armadura de distribuição relativamente à linha neutra
I_{sp}	- Momento de inércia da armadura de pré-esforço relativamente à linha neutra
I_v	- Momento de inércia da vigota relativamente à linha neutra
I_{wc}	- Momento de inércia da alma da laje de betão complementar relativamente à linha neutra
I_{wcv}	- Momento de inércia da alma da laje de betão complementar paralela à alma da vigota relativamente à linha neutra
L_i	- Largura de influência da vigota
L_b	- Largura transversal do bloco de cofragem
L_p	- Comprimento da pista de betonagem da vigota
M	- Momento fletor
M_{comb}	- Valor de cálculo do momento fletor atuante resultante da combinação rara, frequente, ou quase permanente de ações
M_O	- Momento de descompressão (Momento que anula as tensões de compressão na secção)
M_{Rd}	- Valor de cálculo do momento fletor resistente
M_{Rd}^o	- Momento fletor resistente correspondente à largura de influência da vigota
$M_{Rd,c}$	- Momento fletor resistente devido à contribuição do betão
$M_{Rd,s}$	- Momento fletor resistente devido à contribuição da armadura ordinária
$M_{Rd,sp}$	- Momento fletor resistente devido à contribuição da armadura de pré-esforço
M_{Sd}	- Valor de cálculo do momento fletor atuante
M_{fctk}	- Momento de fendilhação



N	- Esforço axial
N_b	- Número de blocos de aligeiramento por metro quadrado de pavimento
N_v	- Número de vigotas por metro quadrado de pavimento
P_f	- Tensão final na armadura de pré-esforço
P'_o	- Tensão na armadura de pré-esforço na origem
$P_{o,t}$	- Tensão na armadura de pré-esforço na idade t
V_c	- Volume de betão por metro quadrado de pavimento
V_{cd}	- Termo corretor da teoria de Mörsch
V_{sd}	- Valor de cálculo do esforço transversal atuante
V_{Rd}	- Valor de cálculo do esforço transversal resistente

1.4.1 Letras latinas minúsculas



B_{fc}	- Largura do banzo da laje de betão complementar (igual a L_i)
b_{fv}	- Largura do banzo da vigota
b_w	- Largura da alma
b_{wc}	- Largura da alma da laje de betão complementar
b_{wv}	- Largura da alma da vigota
d	- Altura útil da secção transversal, distância
d_c	- Braço da força de compressão no betão relativamente à linha neutra
$d_{c,f}$	- Braço da resultante das tensões de compressão no banzo da laje de betão complementar relativamente à linha neutra
$d_{c,w}$	- Braço da resultante das tensões de compressão na alma da laje de betão complementar relativamente à linha neutra
d_s	- Braço da força de tração na armadura ordinária relativamente à linha neutra
d_{sp}	- Braço da força de tração na armadura de pré-esforço relativamente à linha neutra
$d_{t,v}$	- Braço da resultante das tensões de tração na vigota pré-esforçada relativamente à linha neutra
d_{wv}	- Distância interna entre faces das almas da vigota em π invertido
f_{cd}	- Valor de cálculo da tensão de rotura do betão à compressão
f_{ck}	- Valor característico da tensão de rotura do betão à compressão
f_{cm}	- Valor médio da tensão de rotura do betão à compressão



f_{ctk}	- Valor característico da tensão de rotura do betão à tração
$f_{p\ 0.1k}$	- Tensão limite convencional a 0.1% da armadura de pré-esforço
f_{yd}	- Tensão de cedência da armadura
$f_{yd, As}$	- Tensão de cedência da armadura ordinária
$f_{yd, Asd}$	- Tensão de cedência da armadura de distribuição
h	- Altura total do pavimento
h_{fc}	- Altura do banzo da laje de betão complementar
h_s	- Posição da armadura ordinária relativamente à base do pavimento
h_{sp}	- Posição da armadura de pré-esforço relativamente à base do pavimento
h_v	- Altura da vigota
h_{wc}	- Altura da alma da laje de betão complementar localizada acima da vigota
h_{wv}	- Altura da alma da vigota
t	- Idade do betão
t_o	- Idade do betão em que é transmitido o pré-esforço à vigota
y_G	- Posição do centro geométrico da secção transversal da vigota relativamente à base do pavimento

1.4.3 Letras gregas

α	- Coeficiente de homogeneização aço-betão
ϵ_c	- Extensão no betão
$\epsilon_{cs}(t, t_o)$	- Extensão devido à retração livre do betão entre as idades t e t_o
$\epsilon_{M, b}$	- Extensão no betão ao nível da base do pavimento devido à atuação de um momento externo
$\epsilon_{M, s}$	- Extensão ao nível da armadura ordinária devido à atuação de um momento externo
$\epsilon_{M, t}$	- Extensão no betão ao nível do topo do pavimento devido à atuação de um momento externo
$\epsilon_{M, G}$	- Extensão ao nível do centro geométrico da vigota devido à atuação de um momento externo
ϵ_s	- Extensão na armadura ordinária
ϵ_{spy}	- Extensão admissível na armadura de pré-esforço
$\phi_c(t, t_o)$	- Coeficiente de fluência na idade t correspondente à aplicação do pré-esforço na idade t_o
σ_c	- Tensão normal no betão
$\sigma_{c, po}$	- Tensão no betão devido ao pré-esforço, calculada ao nível da armadura de pré-esforço



$\sigma_{M,b}$	- Tensão no betão ao nível da base do pavimento devido à atuação de um momento externo
$\sigma_{M,s}$	- Tensão ao nível da armadura ordinária devido à atuação de um momento externo
$\sigma_{M,t}$	- Tensão no betão ao nível do topo do pavimento devido à atuação de um momento externo
$\sigma_{M,G}$	- Tensão ao nível do centro geométrico da vigota devido à atuação de um momento externo
σ_P	- Tensão inicial na armadura de pré-esforço para efeitos de cálculo das perdas diferidas por relaxação
σ_{Po}	- Tensão na armadura de pré-esforço devido ao pré-esforço inicial
τ_1	- Tensão resistente definidas no Artigo 53º do REBAP [1]
τ_2	- Tensão resistente definidas no Artigo 53º do REBAP [1]
$\Delta\epsilon_{sp}$	- Extensão máxima admissível na armadura de pré-esforço
Δl_e	- Comprimento de escorregamento e reentrada da armadura de pré-esforço no dispositivo de amarração
ΔP_o	- Perdas de tensão instantâneas e diferidas na armadura de pré-esforço
$\Delta P_{o,d}$	- Perdas de tensão instantânea devido à deformação elástica do betão
$\Delta P_{o,dif}$	- Perdas de tensão diferidas
$\Delta P_{o,e}$	- Perdas de tensão instantânea devido ao escorregamento e reentrada da armadura de pré-esforço no dispositivo de amarração
$\Delta P_{o,inst}$	- Perdas de tensão instantâneas
$\Delta P_{o,r}(t, t_o)$	- Perda de tensão na armadura de pré-esforço devido à relaxação, entre as idades t_o e t
δ_{comb}	- Valor de cálculo do deslocamento máximo do pavimento resultante da combinação rara, frequente, ou quase permanente de ações
δ_{adm}	- Valor de cálculo do deslocamento máximo admissível
$\delta_{0,max}$	- Valor de cálculo do deslocamento instantâneo máximo do pavimento resultante da combinação rara, frequente, ou quase permanente de ações
$\delta_{\infty,max}$	- Valor de cálculo do deslocamento máximo do pavimento a longo prazo resultante da combinação rara, frequente, ou quase permanente de ações

1.5 Bases de cálculo

1.5.1 Regulamentação

As propriedades mecânicas dos pavimentos aligeirados pré-fabricados de vigotas pré-esforçadas, apresentadas neste documento, foram determinadas de acordo com as especificações do Regulamento de Estruturas de Betão Armado e Pré-Esforçado (REBAP), aprovado pelo Decreto-Lei nº 349-C/83 de 30 de Julho, e do Regulamento de Segurança e Ações para Estruturas de Edifícios e Pontes (RSAEEP), aprovado pelo Decreto-Lei nº 235/83 de 31 de Maio, e atualizadas com a entrada em vigor do Eurocódigo 2.

Dada a especificidade do elemento estrutural em análise, foram adotadas as recomendações da regulamentação em vigor com as devidas adaptações.

1.5.2 Estados Limites

A verificação aos Estados Limites Últimos inclui a análise da Resistência à Flexão e ao Esforço Transverso. Admite-se um comportamento dúctil do pavimento aligeirado de vigotas pré-esforçadas, com rotura pelas armaduras sem existir esmagamento localizado do betão em compressão. Adotou-se o diagrama retangular de tensões para o betão em compressão e despreza-se a contribuição do betão sujeito a tensões normais de tração.

A condição de segurança em relação aos estados **limites últimos de resistência** exprime-se verificando que os valores de cálculo do momento fletor resistente e do esforço transverso resistente, designados por M_{Rd} e V_{Rd} , são iguais ou superiores aos correspondentes esforços atuantes, relativos às combinações de ações especificadas no artigo 9.º do Regulamento de Segurança e Ações para Estruturas de Edifícios e Pontes.

A verificação aos **Estados Limites de Utilização** inclui a análise do Estado Limite de Fendilhação e do Estado Limite de Deformação. A verificação do Estado Limite de Fendilhação é realizada através da determinação do momento fletor que conduz ao aparecimento de tensões normais de tração no betão.

A condição de segurança em relação ao **Estado Limite de Fendilhação** exprime-se verificando que o valor do momento resistente designado por M_{fctk} , correspondente à formação

de fendas, é igual ou superior ao momento atuante devido às combinações de ações definidas de acordo com o artigo 12.º do Regulamento de Segurança e Ações para Estruturas de Edifícios e Pontes. Estas combinações de ações poderão ser, conforme as condições do meio ambiente, combinações frequentes, em ambiente pouco ou moderadamente agressivo, e combinações raras, em ambiente muito agressivo.

A condição de segurança em relação ao **Estado Limite de Deformação** exprime-se verificando que o valor da flecha admissível, definida de acordo com o artigo 72º do Regulamento de Estruturas de Betão Armado e Pré-esforçado, é igual ou superior ao valor da flecha devida à combinação frequente de ações. No cálculo da flecha instantânea deverão ser utilizados os valores do fator de rigidez, fornecidos no Anexo III. A flecha a longo prazo, em que são tidos em conta os efeitos da fluência dos betões, poderá ser determinada multiplicando o valor da flecha Instantânea por um fator dado pela expressão:

$$1 + \frac{M_{Sg}}{M_{Sg} + \sum \Psi_1 M_{Sq}} \times \varphi \quad (1)$$

em que M_{Sg} e $M_{Sg} + \sum \Psi_1 M_{Sq}$ são, respetivamente, os valores dos momentos fletores atuantes devido às ações permanentes e à combinação frequente de ações e φ é o coeficiente de fluência, a que se pode em geral atribuir o valor 2.

1.5.3 Modelo de cálculo

As propriedades mecânicas dos pavimentos aligeirados com vigotas pré-esforçadas foram determinadas utilizando um processo de cálculo automático.

A formulação desenvolvida para a determinação das propriedades mecânicas aplicável aos tradicionais pavimentos aligeirados de vigotas pré-esforçadas, utilizando uma vigota disposta em T invertido. Com as devidas adaptações, esta mesma formulação é válida para a situação de utilização de duas ou três vigotas pré-esforçadas dispostas em paralelo.

Devido à complexidade de formas da vigota e dos blocos de aligeiramento, e à existência

de pormenores geométricos especificados nos critérios de compatibilidade torna-se necessário definir um modelo geométrico que seja regular devido à necessidade do cálculo de distâncias, áreas, momentos estáticos, momentos de inércia, etc. O modelo geométrico adotado é conservativo, Figura 1, Figura 2 e Figura 3.

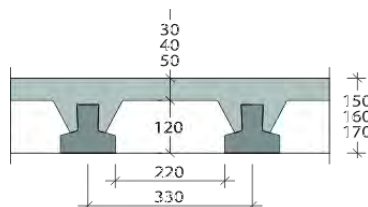


Figura 1 - Representação esquemática de um pavimento simples

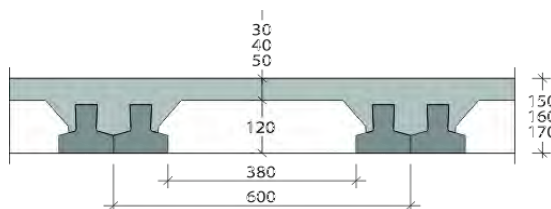


Figura 2 - Representação esquemática de um pavimento duplo

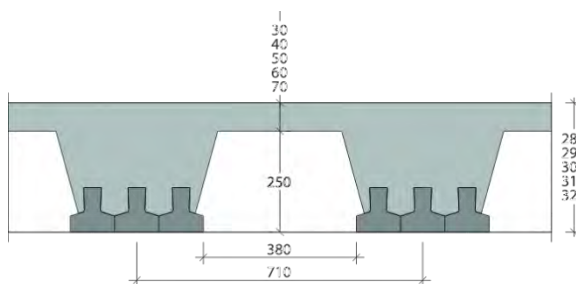


Figura 3 - Representação esquemática de um pavimento triplo

Adota-se uma vigota com uma geometria simplificada em T invertido, como representado na Figura 4, Figura 5 e Figura 6 respetivamente. Admitem-se no máximo três níveis distintos de armadura de pré-esforço. A geometria da laje é igualmente simplificada, adotando-se a representada na Figura 7.

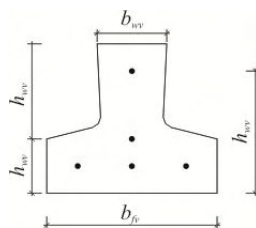


Figura 4 - Definição da geometria da vigota em T invertido

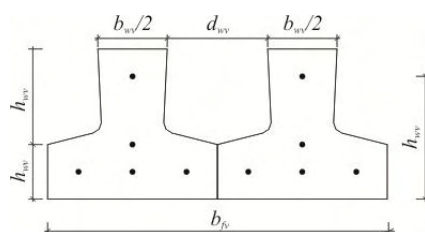


Figura 5 - Definição da geometria da vigota em TT invertido

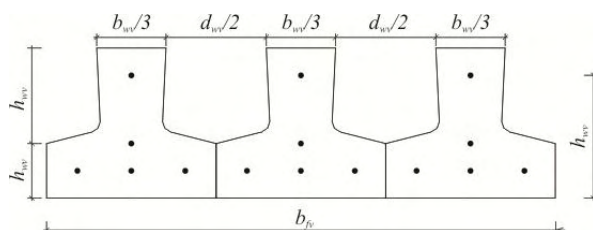


Figura 6 - Definição da geometria da vigota em TTT invertido

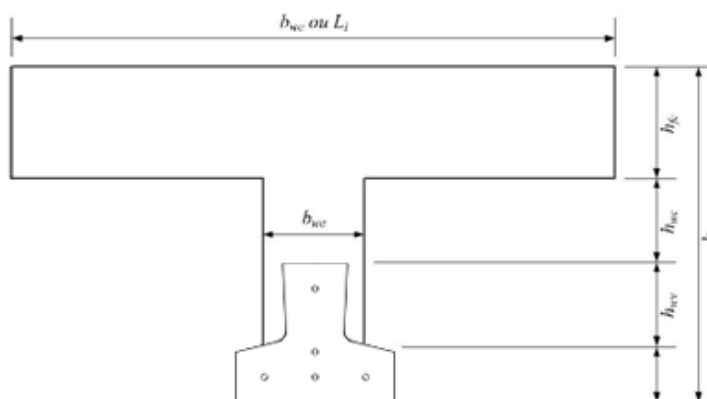
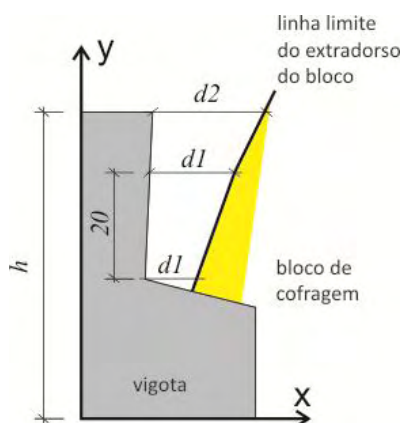


Figura 7 - Definição da geometria da laje de betão complementar no caso de vigota em T invertido

O posicionamento do bloco de cofragem na vigota pré-esforçada conduz à existência de um afastamento entre este mesmo bloco e a vigota, considerando-se para efeitos de cálculo um valor médio de 5.0 mm.

Ressalva-se no entanto o cumprimento dos requisitos do monolitismo de pavimentos compostos segundo a E435-2012 LNEC de todos os pavimentos LEIRIVIGA considerados neste documento.

Monolitismo de pavimentos compostos



d_1 Distância da linha limite à vigota, numa altura de 20 mm na zona inferior da alma da vigota

$d_1 \geq 15 \text{ mm}$

d_2 Distância da linha limite à vigota, no topo da vigota

$d_2 \geq 25 \text{ mm}$ ($90 \text{ mm} < h \leq 100 \text{ mm}$)

$d_2 \geq 30 \text{ mm}$ ($100 \text{ mm} < h \leq 130 \text{ mm}$)

$d_2 \geq 35 \text{ mm}$ ($h > 130 \text{ mm}$)

Figura 8 – Critérios de compatibilidade [mm]. Especificação LNEC E435:2012

Na lâmina de betão de enchimento, sujeita predominantemente a tensões normais de compressão, deverá existir uma armadura de distribuição disposta nas duas direções. Para efeitos de cálculo, considera-se que o posicionamento desta armadura de distribuição se encontra na linha média da referida laje, o que é admissível uma vez que a lâmina de betão de enchimento deverá ter uma espessura entre 30 mm e 70 mm acima da abobadilha.

1.5.4 Perdas de Pré-Esforço

O valor do pré-esforço atuando na vigota à idade t , $P_{o,t}$, é obtido a partir do pré-esforço na origem após subtração das perdas totais instantâneas e diferidas, podendo escrever-se que:

$$P_{o,t} = P_o - P_o' \quad (2)$$

sendo P_o o pré-esforço na origem e P_o as perdas totais instantâneas e diferidas. Designa-se por pré-esforço inicial, P_o , o pré-esforço obtido subtraindo ao pré-esforço na origem apenas as perdas totais instantâneas.

As perdas totais de tensão na armadura de pré-esforço, P_o são dadas pela soma das perdas totais instantâneas $P_{o,inst}$ e perdas totais diferidas $P_{o,dif}$.

$$P_o = \Delta P_{o,inst} + \Delta P_{o,dif} \quad (3)$$

As perdas instantâneas totais, $P_{o,inst}$ são dadas pela soma das perdas instantâneas devido ao escorregamento e reentrada da armadura de pré-esforço no dispositivo de amarração $P_{o,e}$ e deformação elástica do betão $P_{o,d}$.

$$P_{o,inst} = \Delta P_{o,e} + \Delta P_{o,d} \quad (4)$$

As perdas instantâneas, devido ao escorregamento e reentrada da armadura de pré-esforço no dispositivo de amarração, $\Delta P_{o,e}$ são obtidas admitindo que a pista de betonagem possui um comprimento de 110 m e que o comprimento de reentrada é de 5 mm. A redução de tensão na armadura de pré-esforço, devido ao escorregamento e reentrada dos cabos/fios no dispositivo de amarração, é dada por:

$$\Delta P_{o,e} = E_{sp} \frac{\Delta l_e}{L_p} \quad (5)$$

sendo E_{sp} o módulo de elasticidade longitudinal da armadura de pré-esforço, l_e o comprimento de escorregamento e reentrada da armadura de pré-esforço no dispositivo de amarração e L_p o comprimento da pista de betonagem das vigotas.

As perdas instantâneas, devido à deformação elástica do betão, $P_{o,d}$, ocorrem no momento em que a armadura de pré-esforço é libertada e transmite os esforços de compressão à vigota, são dadas por:

$$\Delta P_{o,d} = \frac{E_{sp}}{E_c} \sigma_c \quad (6)$$

sendo E_{sp} o módulo de elasticidade longitudinal da armadura de pré-esforço, E_c o módulo de elasticidade longitudinal do betão da vigota na idade em que é transmitido o pré-esforço e σ_c a tensão normal de compressão no betão da vigota, calculada ao nível da armadura de pré-esforço, devido à atuação do pré-esforço.

O módulo de elasticidade longitudinal do betão, E_c , é obtido através de:

$$E_c = 9.5^3 \sqrt{f_{cm}} \quad (7)$$

sendo f_{cm} o valor médio da tensão de rotura do betão à compressão e que é obtido a partir do valor característico da tensão de rotura do betão à compressão ($f_{cm} = f_{ck} + 8$).

Admitindo que o pré-esforço é transmitido à vigota quando o betão atinge os 7 dias de idade, o valor médio da tensão de rotura do betão à compressão deve ser multiplicado por um coeficiente de endurecimento que, no presente caso, assume o valor de 0.65.

As perdas diferidas na armadura de pré-esforço, $\Delta P_{o,dif}$, são obtidas considerando a influência da retração e fluência do betão e relaxação das armaduras de pré-esforço, podendo ser obtidas por:

$$\Delta P_{o,dif} = \frac{\varepsilon_{cs}(t, t_0) E_{sp} + \alpha \varphi_c(t, t_0) \sigma_{c, P_0} + \Delta P_{o,r}(t, t_0)}{1 - \alpha \frac{\sigma_{c, P_0}}{\sigma_{P_0}} \left[1 + \frac{\varphi_c(t, t_0)}{2} \right]} \quad (8)$$

sendo t_0 a idade do betão quando o pré-esforço é transmitido à vigota, t a idade em que se pretende determinar as perdas diferidas, $\varepsilon_{cs}(t, t_0)$ a extensão devida à retração livre do betão entre as idades t e t_0 , E_{sp} o módulo de elasticidade longitudinal da armadura de pré-esforço, α o coeficiente de homogeneização aço betão, $\varphi_c(t, t_0)$ o coeficiente de fluência na idade t correspondente à aplicação do pré-esforço na idade t_0 , σ_{c, P_0} a tensão no betão devido ao pré-esforço (calculada ao nível da armadura de pré-esforço), σ_{P_0} a tensão na armadura de pré-

esforço devido ao pré-esforço inicial e $\Delta P_{o,r}(t, t_0)$ a perda de tensão na armadura de pré-esforço devido à relaxação, entre as idades t_0 e t .

A perda diferida devido à relaxação da armadura de pré-esforço, $\Delta P_{o,r}(t, t_0)$ é calculada para uma tensão inicial σ_{P0} dada por:

$$\sigma_P = \sigma_{P0} - 0.3\Delta P_{o,dif} \quad (8)$$

sendo σ_{P0} a tensão na armadura de pré-esforço devido ao pré-esforço inicial e $\Delta P_{o,dif}$ as perdas diferidas totais, incluindo a relaxação. A dependência do cálculo das perdas diferidas, devido à relaxação, relativamente às perdas diferidas totais torna a resolução do problema iterativa.

Para o cálculo da extensão de retração $\varepsilon_{cs}(t, t_0)$ e coeficiente de fluência $\varphi_c(t, t_0)$ adotam-se as especificações do Anexo I do REBAP. Considera-se que o ambiente possui uma humidade relativa média com aproximadamente 70%. Para o cálculo das perdas diferidas de tensão por relaxação das armaduras, considera-se o disposto no Artigo 28º do REBAP, admitindo um aço de baixa relaxação e considerando que a relaxação é estimada de modo simplificado com uma variação linear que se anula para uma tensão inicial igual a 0.5 da tensão de rotura.



2.0 VERIFICAÇÃO DA SEGURANÇA

2.1 Estados Limites Últimos

2.1.1 Estado Limite Último de Flexão

A verificação ao Estado Limite Último de Flexão é realizada de acordo com as especificações do Artigo 52º do REBAP [1]. O valor de cálculo do momento fletor atuante M_{Sd} ou M_{ed} deve ser igual ou inferior ao valor de cálculo do momento fletor resistente M_{Rd} .

$$M_{Sd} \text{ ou } M_{ed} \leq M_{Rd} \quad (10)$$

Para a determinação do valor de cálculo do momento fletor resistente, adota-se o diagrama retangular de tensões no betão sujeito a compressão, despreza-se a contribuição do betão sujeito a trações e considera-se que as armaduras se encontram plastificadas, o que corresponde a admitir uma rotura dúctil, Figura 9. Para garantir que o elemento estrutural apresentará uma rotura dúctil, deverá verificar-se que a extensão na armadura ordinária e na armadura de pré-esforço é superior à extensão admissível.

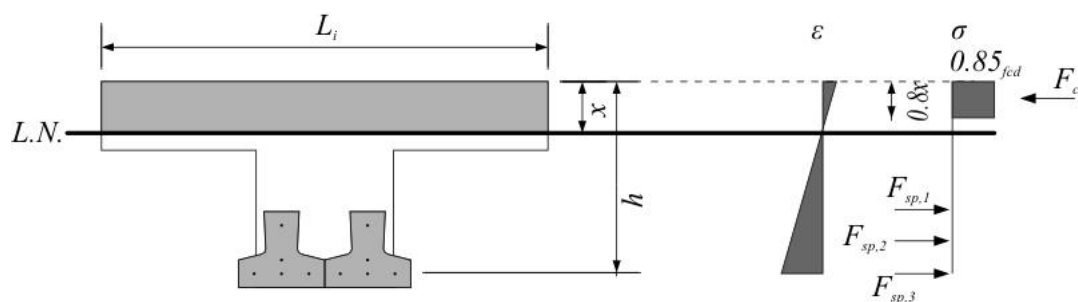


Figura 9 – Diagrama de extensões e tensões para linha neutra localizada dentro da lâmina de betão complementar.

A equação de equilíbrio de forças na secção transversal, sendo nulo o esforço axial, obriga a que:

$$F_c = \sum_{i=1}^3 F_{sp,i} \quad (11)$$

sendo F_c a resistência plástica do betão em compressão, e $\sum_{i=1}^3 F_{sp,i}$ o somatório da resistência plástica das armaduras de pré-esforço localizada aos diferentes níveis (superior, intermédio ou inferior).

A resultante das tensões no betão F_c , adotando o diagrama retangular de tensões, é dada por:

$$f_{cd} = (0.85 f_{cd})(0.8x) L_i \quad (12)$$

sendo f_{cd} o valor de cálculo da tensão de rotura do betão à compressão, x a posição da linha neutra relativamente ao topo do pavimento e L_i a largura de influência da vigota.

A resistência plástica da armadura de pré-esforço $F_{sp,i}$, localizada ao nível i , é dada por:

$$F_{sp,i} = \frac{f_{p0.1k,i}}{1.15} A_{sp,i} \quad (13)$$

sendo $f_{p0.1k,i}$ a tensão limite convencional a 0.1% e $A_{sp,i}$ a área da secção transversal da armadura de pré-esforço.

Substituindo as equações (11), (12) e (13) na equação (10) obtém-se a posição da linha neutra:

$$x = \frac{F_{sp,i} + \sum_{i=1}^3 \frac{f_{p0.1k,i}}{1.15} A_{sp,i}}{0.68 f_{cd} L_i} \quad (14)$$

Sendo a secção transversal do modelo de cálculo em forma de T, a linha neutra localiza-se na quase generalidade dos casos dentro da laje de betão complementar. Para espessuras correntes da laje de betão complementar, a variar habitualmente entre os 30 mm e 50 mm, constata-se que a análise da situação da linha neutra na alma da secção transversal é desnecessária para a verificação dos Estados Limites Últimos de Flexão. Caso esta se localize na alma da laje de compressão, pode ser utilizado na mesma o diagrama retangular equivalente de tensões mas a resultante das forças de compressão deve ser decomposta em duas parcelas, uma para o banzo e outra para a alma da laje de compressão.

Após o cálculo da posição da linha neutra, para os Estados Limites Últimos de Flexão,

procede-se ao cálculo da resultante das tensões de compressão na laje de betão, por esta ser dependente da posição da linha neutra, braços das forças de compressão e tração em relação à linha neutra e respetivas contribuições para o momento resistente.

Os braços das forças de compressão no betão d_c , e de tração na armadura de pré-esforço $d_{sp, i}$ são dados por:

$$d_c = x - \frac{0.8x}{2} \quad (15)$$

$$d_{sp, i} = h - x - h_{sp, i} \quad (16)$$

sendo x a posição da linha neutra relativamente ao topo do pavimento, h a altura total do pavimento, $h_{sp, i}$ a posição da armadura de pré-esforço (superior, intermédia ou inferior) relativamente à base do pavimento.

O momento fletor resistente M_{Rd}^o , resultante da soma das contribuições do betão, armadura ordinária e armaduras de pré-esforço, relativamente à linha neutra é dado por:

$$M_{Rd}^o = M_{Rd, c} + M_{Rd, s} + \sum_{i=1}^3 M_{Rd, sp, i} \quad (17)$$

$$M_{Rd, c} = F_c d_c \quad (18)$$

$$M_{Rd, sp, i} = F_{sp, i} d_{sp, i} \quad (19)$$

A extensão admissível na armadura de pré-esforço $\varepsilon_{spy, i}$, localizada ao nível i , é dada por:

$$\varepsilon_{spy, i} = \frac{f_{p0.1k, i}}{E_{sp, i}} \quad (20)$$

Sendo $f_{p0.1k, i}$ a tensão limite convencional a 0.1% e $E_{sp, i}$ o módulo de elasticidade longitudinal da armadura de pré-esforço localizada ao nível i .

A extensão no betão ε_c é dada por:

$$\varepsilon_c = \frac{\Delta\varepsilon_{sp}}{(h-x-h_{sp,3})} \quad (21)$$

sendo $\Delta\varepsilon_{sp}$ a extensão máxima admissível na armadura de pré-esforço (10‰), h a altura total do pavimento, x a posição da linha neutra relativamente ao topo do pavimento e $h_{sp,3}$ a posição da armadura de pré-esforço localizada ao nível inferior relativamente à base do pavimento (nível 3).

A extensão na armadura ordinária ε_s é dada por:

$$\varepsilon_s = \left(\frac{h-x-h_s}{x} \right) \varepsilon_c \quad (22)$$

sendo h a altura total do pavimento, x a posição da linha neutra relativamente ao topo do pavimento, h_s a posição da armadura ordinária relativamente à base do pavimento e ε_c a extensão no betão.

A extensão total na armadura de pré-esforço $\varepsilon_{sp,i}$, localizada ao nível i , é dada por:

$$\varepsilon_{sp,i} = \frac{P_{f,i}}{E_{sp,i}} + \Delta\varepsilon_{sp,i} \quad (23)$$

sendo $P_{f,i}$ a tensão de pré-esforço final, $E_{sp,i}$ o módulo de elasticidade longitudinal e $\Delta\varepsilon_{sp,i}$ a extensão máxima admissível (10 ‰) da armadura de pré-esforço localizada ao nível i .

O valor de cálculo do momento fletor resistente, por metro linear, é obtido a partir da equação (17), dividindo o momento fletor resistente pela respetiva largura de influência da vigota.

$$M_{Rd} = \frac{M_{Rd}^o}{L_i} \quad (24)$$

2.1.2 Estado Limite Último de Esforço Transverso

A verificação ao Estado Limite Último de Esforço Transverso é realizada de acordo com as especificações do Artigo 53º do REBAP [1]. O valor de cálculo do esforço transverso atuante V_{Sd} ou V_{ed} deve ser igual ou inferior ao valor de cálculo do esforço transverso resistente V_{Rd} .

$$V_{Sd} \text{ ou } V_{ed} \leq V_{Rd}$$

No caso de elementos sujeitos a flexão composta com compressão ou pré-esforço (alínea d) do Artigo 53.2 do REBAP, e sem armadura específica de esforço transverso, o valor de cálculo do esforço transverso resistente é dado apenas pelo termo corretor da teoria de Mörsch V_{cd} , podendo ser multiplicado pelo fator:

$$1 + \frac{M_o}{M_{sd}} \quad (25)$$

sendo M_{sd} o valor de cálculo do momento flector actuante e M_o o momento que anularia as tensões de compressão na secção (momento de descompressão). Este termo não deve ser tomado superior a 2.

Sendo prática corrente a utilização do modelo de viga simplesmente apoiada para dimensionamento dos pavimentos aligeirados de vigotas pré-esforçadas, verifica-se que o esforço transverso máximo ocorre nos apoios e nessa mesma secção o momento fletor é nulo. Neste caso, o termo da expressão (25) tende para infinito, devendo adotar-se o valor limitativo proposto pelo REBAP, ou seja, 2.

O valor de cálculo do esforço transverso resistente é então dado pela equação (26) e limitado pela equação (27).

$$V_{Rd} = \left[1 + \frac{M_o}{M_{sd}} \right] [0.6\tau_1(1.6 - d)b_w d] = 2[0.6\tau_1(1.6 - d)b_w d] \quad (26)$$

$$V_{Rd} \leq \tau_2 b_w d \quad (27)$$

sendo τ_1 e τ_2 tensões resistentes definidas no Artigo 53º do REBAP [1], d a altura útil da secção transversal e b_w a largura da alma. Considera-se como altura útil a distância desde o topo do pavimento até ao centro geométrico da armadura de pré-esforço inferior (nível 3).

2.2. Estados Limites de Utilização

Para a verificação do Estado Limite de Fendilhação, num pavimento aligeirado de vigotas pré-esforçadas, é necessária a determinação do valor característico do momento de fendilhação.

Segundo o REBAP [1], considera-se satisfeita a verificação do Estado Limite de Fendilhação se o valor de cálculo do momento fletor atuante M_{comb} , resultante da combinação rara, frequente, ou quase permanente de ações, for igual ou inferior ao valor característico do momento fletor que dá início ao aparecimento de fendilhação no betão M_{fctk} , ou seja:

$$M_{comb} \leq M_{fctk} \quad (28)$$

Não sendo conhecida *à priori* a localização da linha neutra, a determinação do valor característico do momento de fendilhação terá de ser realizada para duas situações distintas:

- a) linha neutra localizada dentro da laje de betão complementar (no banzo);
- b) linha neutra localizada fora da laje de betão complementar (na alma).

A formulação apresentada para determinação do valor característico do momento de fendilhação é baseada no princípio da sobreposição de efeitos.

Estando a vigota pré-esforçada sujeita a tensões de compressão devido à ação do pré-esforço, colocando-a em geral num estado de flexão composta com compressão, são determinadas as tensões devidas a essa mesma flexão composta. De seguida determinam-se as tensões normais, provocadas pela atuação de um momento externo, devido às ações atuantes no pavimento aligeirado, que provocariam a anulação das tensões normais devidas ao pré-esforço na vigota e lhe introduziriam tensões normais de tração até estas atingirem o valor característico da resistência do betão da vigota à tração.

Despreza-se a contribuição do betão nas zonas tracionadas, com exceção do betão da vigota por

estar sujeito a pré-esforço. Não é tida em consideração a contribuição da armadura ordinária, caso exista, por estar envolvida em betão que se encontra tracionado.

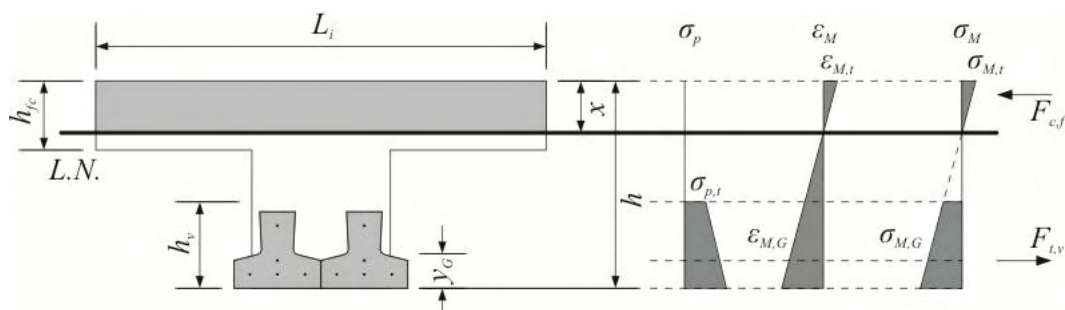


Figura 10 – Diagrama de extensões e tensões para linha neutra localizada dentro da laje de betão complementar

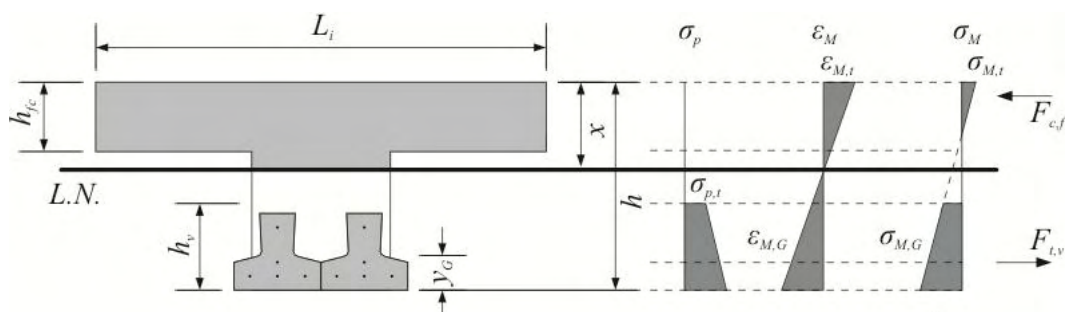


Figura 11 – Diagrama de extensões e tensões para linha neutra localizada fora da laje de betão complementar

A equação de compatibilidade de deformações, quer a linha neutra se localize dentro ou fora da laje de betão complementar, é dada por:

$$\frac{\varepsilon_{M,t}}{x} = \frac{\varepsilon_{M,G}}{(h - x - y_G)} = \frac{\varepsilon_{M,B}}{(h - x)} = \frac{\varepsilon_S}{(h - x)} \quad (29)$$

sendo: $\varepsilon_{M,t}$ a extensão ao nível do topo do pavimento devido à atuação de um momento externo; $\varepsilon_{M,G}$ a extensão ao nível do centro geométrico da vigota devido à atuação de um momento externo; $\varepsilon_{M,b}$ a extensão ao nível da base do pavimento devido à atuação de um momento

externo; $\varepsilon_{M,s}$ a extensão ao nível da armadura ordinária devido à atuação de um momento externo; h a altura total do pavimento; x a posição da linha neutra relativamente ao topo do pavimento; y_G a posição do centro geométrico da vigota (secção homogeneizada) relativamente à base do pavimento.

As tensões correspondentes a cada extensão são dadas por:

$$\sigma_{M,t} = E_{cl}\varepsilon_{M,t} \quad (30)$$

$$\sigma_{M,b} = E_{cv}\varepsilon_{M,b} \quad (31)$$

$$\sigma_{M,G} = E_{cv}\varepsilon_{M,G} \quad (32)$$

sendo: $\sigma_{M,t}$ a tensão ao nível do topo do pavimento devido à atuação de um momento externo; $\sigma_{M,b}$ a tensão ao nível da base do pavimento devido à atuação de um momento externo; $\sigma_{M,G}$ a tensão ao nível do centro geométrico da vigota (secção homogeneizada) devido à atuação de elasticidade longitudinal do betão da laje de betão complementar; E_{cv} o módulo de elasticidade longitudinal do betão da vigota.

Substituindo as equações (30), (31) e (32) na equação (29) obtém-se:

$$\frac{\sigma_{M,t}}{E_{cl}x} = \frac{\sigma_{M,G}}{E_{cv}(h-x-y_G)} = \frac{\sigma_{M,b}}{E_{cv}(h-x)} \quad (33)$$

Da equação de compatibilidade (33) obtém-se:

$$\sigma_{M,G} = \left(\frac{E_{cv}}{E_{cl}}\right)\left(\frac{h-x-y_G}{x}\right)\sigma_{M,t} \quad (34)$$

$$\sigma_{M,b} = \left(\frac{h-x}{h-x-y_G}\right)\sigma_{M,G} \quad (35)$$

$$\sigma_{M,t} = \left(\frac{E_{cl}}{E_{cv}}\right)\left(\frac{x}{h-x-y_G}\right)\sigma_{M,G} \quad (36)$$

No caso da linha neutra se localizar dentro da laje de betão complementar, o equilíbrio de forças

na secção transversal é dado por:

$$F_{c,f} = F_{t,v} \quad (37)$$

sendo $F_{c,f}$ a resultante das tensões no betão da laje de betão complementar (banzo) e $F_{t,v}$ a resultante das tensões de tração na vigota.

Desenvolvendo a equação de equilíbrio (37), recorrendo à Figura 10, obtém-se:

$$\sigma_{M,t} \frac{x}{2} L_i = \sigma_{M,G} A_v \quad (38)$$

sendo A_v a área da secção transversal homogeneizada da vigota.

Substituindo a equação (34) na equação (38), e com posterior desenvolvimento, obtém-se a seguinte equação de equilíbrio:

$$\left(\frac{L_i}{2}\right) x^2 + \left[A_v \left(\frac{E_{cv}}{E_{cl}}\right)\right] x + \left[A_v (y_G - h) \left(\frac{E_{cv}}{E_{cl}}\right)\right] = 0 \quad (39)$$

A linha neutra pode ser obtida resolvendo a equação quadrática (39), recorrendo à fórmula resolvente. Serão obtidas duas soluções, sendo apenas uma delas válida para o efeito e facilmente identificável porque se encontra dentro do domínio de análise.

No caso da linha neutra se localizar fora da laje de betão complementar, o equilíbrio de forças na secção transversal é dado por:

$$F_{c,f} + F_{c,w} = F_{t,v} \quad (40)$$

sendo $F_{c,f}$ e $F_{c,w}$ as resultantes das tensões de compressão no banzo e alma da laje de betão complementar, respetivamente, e $F_{t,v}$ a resultante das tensões de tração na vigota.

Desenvolvendo a equação de equilíbrio (40), recorrendo à Figura 11, obtém-se:

$$\left[\frac{\sigma_{M,t} + \sigma_{M,t} \left(\frac{x - h_{fc}}{x} \right)}{2} \right] h_{fc} L_i + \left[\sigma_{M,t} \left(\frac{x - h_{fc}}{x} \right) \right] \frac{(x - h_{fc})}{2} b_{wc} = \sigma_{M.G} A_v \quad (41)$$

Substituindo a equação (34) na equação (41), e com posterior desenvolvimento, obtém-se a seguinte equação de equilíbrio:

$$\left(\frac{b_{wc}}{2} \right) x^2 + \left[A_v \left(\frac{E_{cv}}{E_{cl}} \right) + h_{fc} (L_i - b_{wc}) \right] x + \dots$$

$$\left[A_v (y_G - h) + \left(\frac{E_{cv}}{E_{cl}} \right) + \frac{h_{fc}^2}{S} (b_{wc} - L_i) \right] = 0 \quad (42)$$

A linha neutra pode ser obtida resolvendo a equação quadrática (42), recorrendo à fórmula resolvente. Serão obtidas duas soluções, sendo apenas uma delas válida para o efeito e facilmente identificável porque se encontra dentro do domínio de análise.

Conhecida a posição da linha neutra procede-se ao cálculo das forças na armadura de pré-esforço e respetivo esforço axial, momento fletor e tensões normais provocadas por estas mesmas forças na secção de betão da vigota pré-esforçada.

A força de tração para cada varão/cabo de pré-esforço F_{sp} é obtida através de:

$$F_{sp,i} = P_{f,i} A_{sp,i} \quad (43)$$

sendo $P_{f,i}$ a tensão de pré-esforço final na armadura de pré-esforço localizada ao nível i e $A_{sp,i}$ a área da secção transversal da armadura de pré-esforço localizada ao nível i .

O esforço axial na vigota N , devido à atuação do pré-esforço, é dado pela soma de todas as forças atuantes de pré-esforço:

$$N = \sum_{i=1}^3 F_{sp,i} \quad (44)$$

Os braços das forças de pré-esforço d_{sp} , relativamente ao centro geométrico da secção homogeneizada em betão da vigota, são dados por:

$$d_{sp,i} = h_{sp,i} - y_G \quad (45)$$

sendo $h_{sp,i}$ a posição da armadura de pré-esforço localizada ao nível i relativamente à base do pavimento e y_G a posição do centro geométrico da secção homogeneizada da vigota em betão relativamente à base do pavimento.

O momento flector na vigota M , devido à atuação do pré-esforço, é dado pela soma dos momentos provocados por todas as forças de pré-esforço:

$$M = \sum_{i=1}^3 F_{sp} d_{sp,i} \quad (46)$$

As tensões normais $\sigma_{p,t}$ e $\sigma_{p,b}$ no topo e na base da secção transversal da vigota respetivamente, são dadas por:

$$\sigma_{p,t} = -\frac{N}{A_v} - \frac{M}{I_v}(h_v - y_G) \quad (47)$$

$$\sigma_{p,b} = -\frac{N}{A_v} - \frac{M}{I_v}y_G \quad (48)$$

Para ocorrer fendilhação do betão tem que se verificar a seguinte condição limite:

$$\sigma_{p,b} + \sigma_{M,b} = f_{ctk} \quad (49)$$

Substituindo a equação (39) na equação (54) obtém-se

$$\sigma_{M,b} = (f_{ctk} - \sigma_{p,b}) \left(\frac{h - x - y_G}{h - x} \right) \quad (50)$$

Para determinar o momento externo que conduz ao início de fendilhação, correspondente à largura de influência da vigota, resta calcular as forças de compressão e tração na secção transversal.

No caso da linha neutra se localizar dentro da laje de betão complementar, o momento fletor na secção é dado por:

$$M = F_{c,f}d_{c,f} + F_{t,v}d_{t,v} \quad (51)$$

$$F_{c,f} = \sigma_{M,t} \frac{x}{2} L_i \quad (52)$$

$$F_{t,v} = \sigma_{M,G} A_v \quad (53)$$

$$d_{c,f} = \frac{2}{3}x \quad (54)$$

$$d_{t,v} = h - x - y_G \quad (55)$$

sendo: $F_{c,f}$ a resultante das tensões no banzo da laje de betão complementar; $F_{t,v}$ a resultante das tensões de tração na vigota; $d_{c,f}$ o braço da resultante das tensões de compressão no banzo da laje de betão complementar; e $d_{t,v}$ o braço da resultante das tensões de tração na vigota pré-esforçada. Os braços são definidos relativamente à linha neutra.

No caso da linha neutra se localizar fora da laje de betão complementar, o momento fletor na secção é dado por:

$$M = F_{c,f}d_{c,f} + F_{c,w}d_{c,w} + F_{t,v}d_{t,v} \quad (56)$$

$$F_{c,f} = \left[\frac{\sigma_{M,t} + \sigma_{M,t} \left(\frac{x - h_{fc}}{x} \right)}{2} \right] h_{fc} L_i \quad (57)$$

$$F_{c,w} = \left[\sigma_{M,t} \left(\frac{x - h_{fc}}{x} \right) \right] \frac{(x - h_{fc})}{2} b_{wc} \quad (58)$$

$$d_{cf} = x - \frac{h_{fc}(3x - 2h_{fc})}{3(2x - h_{fc})} \quad (59)$$

$$d_{cw} = \frac{2}{3}(x - h_{fc}) \quad (60)$$

$$d_{t,v} = h - x - y_G \quad (61)$$

sendo: $F_{c,f}$ a resultante das tensões no banzo da laje de betão complementar $F_{c,w}$ a resultante das tensões na alma da laje de betão complementar $F_{t,v}$ a resultante das tensões de tração na vigota; $d_{c,f}$ o braço da resultante das tensões de compressão no banzo vigota; $d_{c,w}$ o braço da resultante das tensões de compressão no banzo da laje de betão complementar; $d_{c,v}$ o braço da resultante das tensões de compressão na alma da laje de betão complementar; e o braço da resultante das tensões de tração na vigota pré-esforçada. Os braços são definidos relativamente à linha neutra.

O valor característico do momento de fendilhação, por metro linear, é então calculado a partir da equação (56) ou (61) consoante a localização da linha neutra, sendo dado por:

$$M_{fctk} = \frac{M}{L_i} \quad (68)$$

2.2.2 Estado Limite de Deformação

Considera-se satisfeita a verificação do Estado Limite de Deformação se o valor de cálculo do deslocamento máximo do pavimento δ_{comb} , resultante das combinações rara, frequente ou quase permanente de ações, for inferior ou igual ao valor de cálculo do deslocamento máximo admissível δ_{adm} , ou seja:

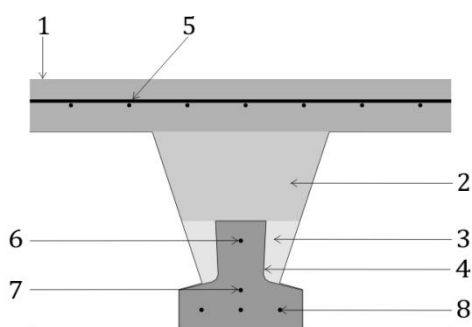
$$\delta_{comb} \leq \delta_{adm} \quad (69)$$

A verificação do Estado Limite de Deformação num pavimento aligeirado de vigotas pré-esforçadas implica a determinação da sua rigidez de flexão. O processo de cálculo desta rigidez obriga à determinação da linha neutra correspondente em fase não fendilhada, ou seja, admite-se um comportamento perfeitamente elástico dos materiais.

A secção transversal do pavimento é constituída, em geral, por dois tipos diferentes de betão (vigota e laje de betão complementar) e por dois tipos de armadura (armadura de pré-esforço e armadura de distribuição). Esta heterogeneidade obriga à homogeneização de todos os materiais constituintes da secção transversal utilizando um deles como referência, designado “material de homogeneização”.

Para a determinação da linha neutra é necessário proceder ao cálculo do momento estático da parte da secção transversal sujeita a compressão e a tração. Este processo pode ser realizado de forma analítica direta, definindo a equação de equilíbrio de momentos estáticos, resolvendo-a e determinando a sua solução. Em alternativa, pode-se adotar um processo iterativo, atribuindo valores consecutivos à posição da linha neutra, substituindo este valor na equação de equilíbrio de momentos estáticos e verificando quando esta se anula.

A determinação da equação de equilíbrio de momentos estáticos é efetuada considerando oito zonas distintas da secção transversal:



- 1 - laje de betão complementar;
- 2 - alma da laje de betão complementar;
- 3 - alma da laje de betão complementar lateral à alma da vigota;
- 4 - vigota;
- 5 - armadura de distribuição;
- 6 - armadura de pré-esforço superior;
- 7 - armadura de pré-esforço intermédia;
- 8 - armadura de pré-esforço inferior.

Figura 12 – Zonas da secção transversal do pavimento

A equação de equilíbrio de momentos estáticos, relativamente à linha neutra localizada à distância x do topo do pavimento, é dada por:

$$\sum_{i=1}^8 \left[\left(\frac{E_i}{E_h} \right) A_i d_i \right] = 0 \quad (70)$$

sendo: E_i o módulo de elasticidade longitudinal do material da zona i ; E_h o módulo de elasticidade longitudinal do material de homogeneização; A_i a área da secção transversal da zona i ; e d_i o braço do centro geométrico da zona i até à linha neutra.

Desenvolvendo a equação (70) obtém-se:

$$\begin{aligned} & \left(\frac{E_{cl}}{E_h} \right) [A_{fc} d_{fc} + A_{wc} d_{wc} + A_{wcv} d_{wcv}] + \left(\frac{E_{cv}}{E_h} \right) A_v d_v + \dots \\ & \dots + \left(\frac{E_{sd}}{E_h} \right) A_{sd} d_{sd} + \dots \\ & \dots + \left(\frac{E_{sp,1}}{E_h} \right) A_{sp,1} d_{sp,1} + \left(\frac{E_{sp,2}}{E_h} \right) A_{sp,2} d_{sp,2} + \left(\frac{E_{sp,3}}{E_h} \right) A_{sp,3} d_{sp,3} = 0 \end{aligned} \quad (71)$$

Substituindo a área e braço de cada zona da secção transversal na equação (71) obtém-se:

$$\begin{aligned} & (b_{fc} h_{fc}) \left[x - \frac{h_{fc}}{2} \right] + (b_{wc} h_{wc}) \left[x - \left(h_{fc} + \frac{h_{wc}}{2} \right) \right] + \dots \\ & \dots + [(b_{wc} - b_{wv}) h_{wv}] \left[x - \left(h_{fc} + h_{wc} + \frac{h_{wv}}{2} \right) \right] + \dots \\ & \dots + A_v [x - (h - y_G)] + A_{sd} \left[x - \frac{h_{fc}}{2} \right] + \dots \\ & \dots + A_{sp,1} [x - (h - h_{sp,1})] + A_{sp,2} [x - (h - h_{sp,2})] + A_{sp,3} [x - (h - h_{sp,3})] = 0 \end{aligned} \quad (72)$$

Utilizando um processo iterativo, pode-se determinar a posição da linha neutra, até o cálculo do momento estático correspondente a essa dada equação (72), ser nulo.

A rigidez de flexão EI do pavimento é, então, dada pela soma da rigidez de cada zona da secção transversal, ou seja:

$$\begin{aligned} EI_0 = & (EI)_{fc} + (EI)_{wc} + (EI)_{wcv} + (EI)_{wcv} + (EI)_v + \dots \\ & \dots + (EI)_{sd} + (EI)_{sp,1} + (EI)_{sp,2} + (EI)_{sp,3} \end{aligned} \quad (73)$$

A rigidez de flexão da laje de betão complementar, em relação à linha neutra, é dada por:

$$(EI)_{fc} = E_{cl} I_{fc} \quad (74)$$

$$I_{fc} = \frac{b_{fc} h_{fc}^3}{12} + (b_{fc} h_{fc}) \left[x - \frac{h_{fc}}{2} \right]^2 \quad (75)$$

A rigidez de flexão da alma da laje de betão complementar, em relação à linha neutra, é dada por:

$$(EI)_{wc} = E_{cl} I_{wc} \quad (76)$$

$$I_{wc} = \frac{b_{wc} h_{wc}^3}{12} + (b_{wc} h_{wc}) \left[x - \left(h_{fc} + \frac{h_{wc}}{2} \right) \right]^2 \quad (77)$$

A rigidez de flexão da alma da laje de betão complementar lateral à alma da vigota, em relação à linha neutra, é dada por:

$$(EI)_{wcv} = E_{cl} I_{wcv} \quad (78)$$

$$I_{wcv} = \frac{(b_{wc} - b_{wv}) h_{wv}^3}{12} + [(b_{wc} - b_{wv}) h_{wv}] \left[x - \left(h_{fc} + h_{wc} + \frac{h_{wv}}{2} \right) \right]^2 \quad (79)$$

A rigidez de flexão da vigota, em relação à linha neutra, é dada por:

$$(EI)_v = E_{cv} I_v \quad (80)$$

$$I_v = I_{G,v} + A_v [x - (h - y_G)]^2 \quad (81)$$

A rigidez de flexão da armadura de distribuição, em relação à linha neutra, é dada por:

$$(EI)_{sd} = E_{sd} I_{sd} \quad (82)$$

$$I_{sd} = A_s \left[x - \frac{h_{fc}}{2} \right]^2 \quad (83)$$

A rigidez de flexão da armadura de pré-esforço localizada ao nível i, em relação à linha neutra, é

dada por:

$$(EI)_{sp,i} = E_{sp,i} I_{sp,i} \quad (84)$$

$$I_{sp,i} = A_{sp,i} [x - (h - h_{sp,i})]^2 \quad (85)$$

A rigidez de flexão do pavimento, por metro linear, é determinada dividindo a rigidez de flexão obtida pela equação (73) pela largura de influência da vigota, sendo dada por:

$$EI = \frac{EI_o}{L_i} \quad (86)$$



3.0 ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS



Os pavimentos aligeirados de vigotas pré-esforçadas são constituídos por vigotas de betão pré-esforçado e blocos de cofragem, com colocação em obra de uma camada de betão armado, usualmente designada por betão complementar. Este betão complementar tem funções resistentes e de solidarização do conjunto vigota e bloco de cofragem.

O funcionamento estrutural deste tipo de pavimento é semelhante ao de uma laje de betão armado, armada numa direção, desde que a aderência entre betão complementar, vigota e bloco de cofragem seja garantida.

Os pavimentos aligeirados de vigotas prefabricadas de betão pré-esforçado e blocos de cofragem recebendo em obra uma camada de betão armado complementar, destinam-se a ser utilizados como sistemas estruturais de pavimento (edifícios de habitação ou com ocupação e utilização semelhantes) e cobertura (não sujeitos a carga de fadiga).

Excluem-se da aplicação utilizações diferentes das anteriormente referidas, pavimentos com vãos superiores a oito metros, bem como a atuação de determinadas ações, tais como ações concentradas, ações dinâmicas e ações de choque e vibração deve ser cuidadosamente avaliada, não sendo aconselhável a utilização deste tipo de solução estrutural em tais situações.

A utilização desta solução estrutural com vigotas Tipo V em vãos comuns na ordem dos seis a oito metros, deve ser evitada ou então cuidadosamente avaliada de forma a demonstrar a viabilidade da solução.

3.1. Vigotas



As vigotas prefabricadas, constituintes dos pavimentos LEIRIVIGA são objeto de marcação CE, de acordo com a norma NP EN 15037-1.

As vigotas pré-esforçadas por pré-tensionamento do aço caracterizam-se por superfícies laterais inclinadas relativamente á parte superior com um ressalto mínimo de 4 mm e um ângulo de pelo menos 6%. A superfície superior é rugosa e os fios de aço da armadura são aderentes.

O betão, de comportamento especificado, de massa volúmica normal e consistência terra húmida, é conforme com a NP EN 206-1 e apresenta a seguinte designação:

C35/45; XC1(Pt); CI 0.20; D máx. 8.

Os fios de aço com as designações Y 1770 C 4,0 I, certificados pela Associação para a Certificação de Produtos (CERTIF), satisfazem às características mecânicas estabelecidas na Especificação LNEC E 452-2011 – “Fios de aço para pré-esforço. Características e ensaios”, a que correspondem os valores apresentados no quadro seguinte:

d (mm)	A (mm ²)	R_m (MPa)	F_m (kN)	$F_{m, \text{máx}}$ (kN)	$F_{p0,1}$ (kN)	A_{gt} (%)	E (GPa)
4,0	12,6	1770	22,3	25,6	19,6	3,5	205 ± 10

d diâmetro (valor nominal) da tensão de rotura à tração;

A área da secção transversal (valor nominal);

R_m tensão de rotura à tração (valor nominal);

F_m força de rotura à tração (valor característico mínimo referente ao quantilho de 95%);

$F_{m \text{ máx}}$ força de rotura à tração máxima (valor nominal);

$F_{p0,1}$ força limite convencional a 0,1% (valor característico mínimo referente ao quantilho de 95%) de rotura à tração;

A_{gt} extensão total na força máxima (valor mínimo)

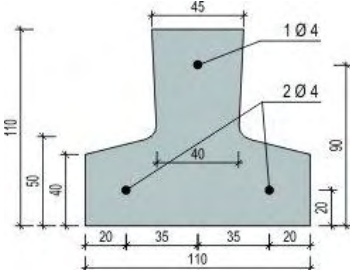
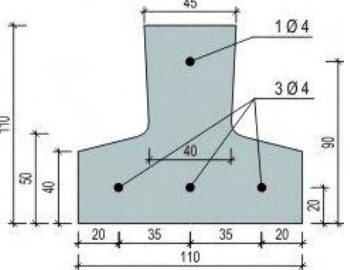
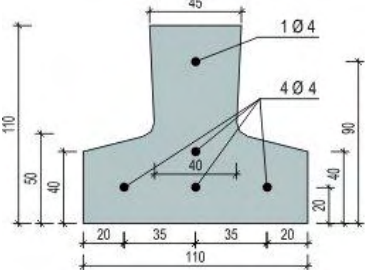
E módulo de elasticidade;

A relaxação dos fios de aço, às 1000 horas, não deverá exceder 2,5%.

O valor da força de pré-esforço na origem é de 15.60 kN, a que corresponde uma tensão de pré-esforço inicial de 1250 MPa.

No quadro seguinte são representados em corte transversal os diferentes tipos de vigotas com indicação dos valores relativos às suas dimensões, à posição dos fios de aço, as massas nominais e elementos de cálculo.

CARACTERÍSTICAS DAS VIGOTAS

V2	V3	V4
GEOMETRIA TRANSVERSAL	GEOMETRIA TRANSVERSAL	GEOMETRIA TRANSVERSAL
		

ELEMENTOS DE CÁLCULO

LEIRIVIGA

VIGOTA	MASSA <i>kg/m</i>	ESFORÇOS						
		ESTADOS LIMITES						
		ÚLTIMOS				DE UTILIZAÇÃO		
		$M_{Rd (+)}$ <i>kN.m</i>	$M_{Rd (-)}$ <i>kN.m</i>	$V_{Rd}^{(1)}$ <i>kN</i>	$V_{Rd}^{(2)}$ <i>kN</i>	M_{fctk} <i>kN.m</i>	$El_{t\infty}$ <i>kN.m²</i>	El_{inst} <i>kN.m²</i>
V2	19.1	2,20	0,98	2,87	3,06	0,99	83	237
V3	19.2	2,84	0,49	3,16	3,06	1,46	84	239
V4	19.3	2,91	0,71	3,40	3,06	1,90	84	239

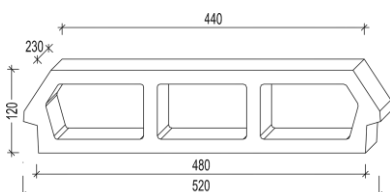
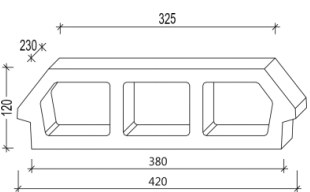
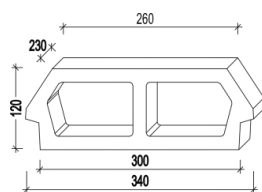
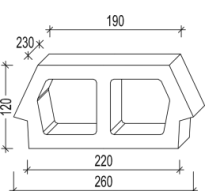
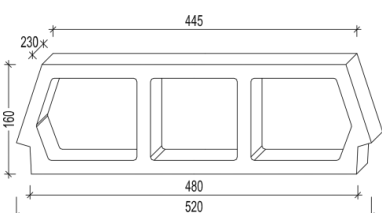
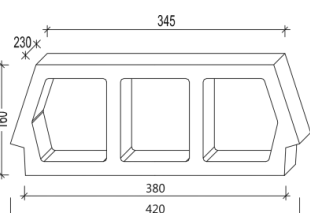
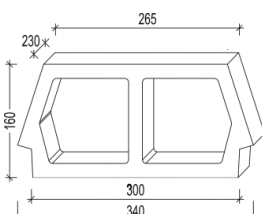
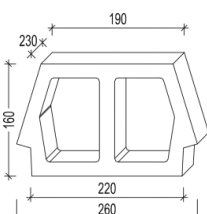
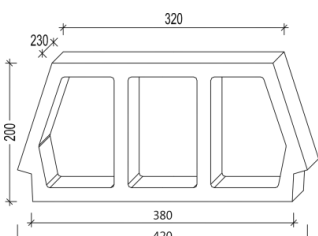
⁽¹⁾ V_{Rd} - valor determinado de acordo com metodologia de cálculo definida no EC2.

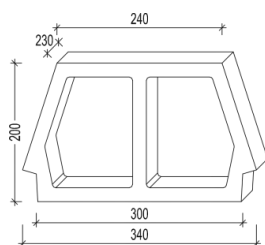
⁽²⁾ V_{Rd} - valor determinado de acordo com metodologia de cálculo definida no REBAP.

3.2. Blocos de cofragem

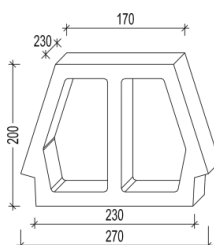
Os blocos de cofragem utilizados são de betão de agregados de argila expandida e são objeto de marcação CE, de acordo com a norma NP EN 15037-2. Todos os blocos são furados e têm formas de extradorso poligonais e ressaltos laterais para apoio nos banzos das vigotas.

A geometria e as massas nominais dos blocos são apresentadas quadro seguinte.

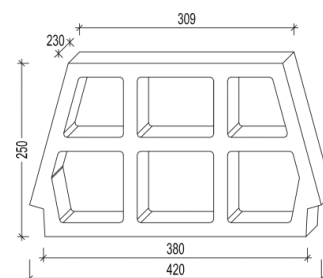
BL 48X12X23	BL 38X12X23	BL 30X12X23
 massa = 7,0 kg	 massa = 5,5 kg	 massa = 4,5 kg
BL 22X12X23	BL 48X16X23	BL 38X16X23
 massa=4,0 kg	 massa=7,5 kg	 massa=7,0 kg
BL 30X16X23	BL 22X16X23	BL 38X20X23
 massa=4,5 kg	 massa=4,5 kg	 massa=7,5 kg

BL 30X20X23


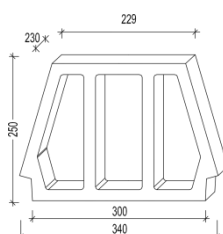
massa = 5,0 kg

BL 23X20X23


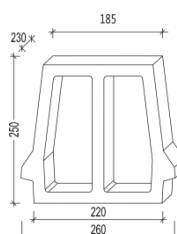
massa = 5,0 kg

BL 38X25X23


massa = 9,0 kg

BL 30X25X23


massa = 8,5 kg

BL 22X25X23


massa = 6,0 kg

3.3. Betão complementar

O betão complementar é aplicado no topo do pavimento, formando uma camada contínua de espessura variável, variando entre 30 mm e 70 mm, e incorpora uma armadura de distribuição. Este betão, de comportamento especificado, de massa volúmica normal, é conforme com a NP EN 206-1 e apresenta a seguinte designação: **C25/30; XC1(Pt); CI 0,40**.

A consistência do betão fresco e a dimensão dos agregados deve ser tal que permita o preenchimento total do espaço entre vigota, blocos de cofragem e armadura ordinária de distribuição e da nervura.

3.4. Armadura de distribuição

Os pavimentos devem comportar sempre uma armadura de distribuição constituída por varões dispostos nas duas direções e integrada na camada contínua do betão complementar.

As secções mínimas desta armadura de distribuição, na direção perpendicular à das vigotas e para o caso de emprego de varões de aço A235, A400 ou A500, são as que se indicam nos quadros de Armadura de Distribuição (Tabelas de Cálculo, Cap. 7) e deverão ser satisfeitas por varões com espaçamento máximo de 250 mm. Os varões a dispor na direção das vigotas, formando malha ortogonal com os varões da direção normal, poderão ter secções inferiores às destes últimos, por metro de largura de pavimento, mas o seu espaçamento não deve exceder 350 mm.

São fornecidos os valores da secção de armadura a colocar na camada de betão complementar na direção normal às vigotas, em função da classe do aço utilizado, e para cada tipo de pavimento. Ver Tabelas de Cálculo, Cap. 7.

As referidas secções deverão ser satisfeitas mediante a colocação de, no mínimo, quatro varões por metro de largura de pavimento.

3.5. Tabelas de Dimensionamento

Apresentam-se, neste ponto, tabelas de dimensionamento de pavimentos aligeirados de vigotas pré-esforçadas, Tabelas de Cálculo, Cap. 7, para diversas combinações de vigota, bloco de cofragem e espessura da laje de betão complementar, bem como as quantidades m² de pavimento de vigotas (ml), de blocos de cofragem (un) e de betão (l) para cada tipo de pavimento.

A designação adotada para os pavimentos permite identificar e descrever todos os seus elementos constituintes, incluindo o tipo e número de vigotas, bloco de cofragem, espessura do betão complementar de enchimento e espessura total do pavimento.

Exemplos:

A designação **V2/V4-BL30X12-15/17** corresponde a um conjunto de pavimentos que utilizam blocos de cofragem **BL30X12**, com uma vigota **V2** ou **V3** ou **V4**, com espessuras totais de pavimentos entre **150 mm** e **170 mm**.

A designação **2V2/2V4-BL30x12-15/17** engloba um conjunto de pavimentos que utilizam blocos de cofragem **BL30x12**, com duas vigotas **V2** ou **V3** ou **V4** dispostas em paralelo, com espessuras totais de pavimentos entre **150 mm** e **170 mm**.

- 2V2-BL30x12-15 – 2 vigotas V2, Bloco de cofragem BL30x12, espessura total de 150 mm;
- 2V3-BL30x12-16 – 2 vigotas V3, Bloco de cofragem BL30x12, espessura total de 160 mm;
- 2V4-BL30x12-17 – 2 vigotas V4, Bloco de cofragem BL30x12, espessura total de 170 mm;

A designação **3V3/3V4-BL30x25-28/32** corresponde a um conjunto de pavimentos que utilizam blocos de cofragem **BL30X25**, com **três vigotas V3** (3V3) ou **três vigotas V4** (3V4) dispostas **em paralelo**, com espessuras totais de pavimentos entre **280 mm e 320 mm**.

3.5.1 Performance acústica

Nas Tabelas de Cálculo (Cap. 7), quadros PERFORMANCE ACÚSTICA E RESISTÊNCIA AO FOGO, apresentam-se igualmente valores relativos á performance acústica e resistência a incêndios de cada tipo de pavimento, sobre o que, abaixo se tecem algumas considerações técnicas.

Isolamento acústico ao ruído aéreo

O valor do índice de isolamento acústico ao ruído aéreo (R_w) dos pavimentos acabados, incluindo os revestimentos de piso e de teto, rigidamente ligados à laje, depende da sua massa o que permite que os valores do R_w possam, de um modo aproximado, ser estimados através da lei da massa embora esta lei se aplique a elementos homogéneos, de acordo com o Anexo L da NP EN 15037-1.

Como uma alternativa aos resultados de ensaio, o isolamento ao ruído aéreo poderá ser avaliado a partir da massa por unidade de área, como se segue (dB):

$$R_w = 40 \log(M_R) - 56 + \frac{3}{8} \left(\frac{M_R}{h_t} \right)$$

Onde:

M_R - é a massa do pavimento, em kg/m²

h_t - é a espessura do pavimento, em cm (sem ter em conta o revestimento de acabamento ou da laje flutuante).

Isolamento acústico ao ruído de impacto

Como alternativa aos resultados de ensaio, o valor do índice de isolamento acústico ao ruído de impacto na ausência de transmissões marginais ($L_{n,w}$) poderá ser estimado a partir da massa por unidade de área com se seguem (dB) para pavimentos com blocos de cofragem alveolados em betão:

$$L_{n,w} = 170 - 35 \log (M_{ep}),$$

Onde:

$M_{ep} = M_R - M_r$ com $M_r=80$ (h/H)

h = é a espessura do bloco de cofragem alveolado em cm

H = é a espessura total do pavimento, em cm.

3.5.2 Isolamento Térmico

As propriedades de isolamento térmico de um produto devem ser expressas em termos de um dos seguintes conjuntos de valores:

- a) a condutividade térmica do material, juntamente com a geometria do produto;
- b) a resistência térmica do produto inteiro.

3.5.3 Resistência ao fogo

De acordo com ANEXO K da NP EN 15037-1 o **Grau de resistência ao fogo** de pavimentos compostos para habitações com vigotas comuns, não considera qualquer tipo de revestimento na face inferior do pavimento. São valores deduzidos de resultados de ensaios realizados sobre pavimentos com blocos de cofragem alveolados em betão, acabados sob cargas para edifícios habitacionais.

As partes constituintes dos pavimentos com vigotas e blocos de cofragem deverão ser tais que a resistência ao fogo do pavimento acabado esteja em conformidade com o tempo exigido pela

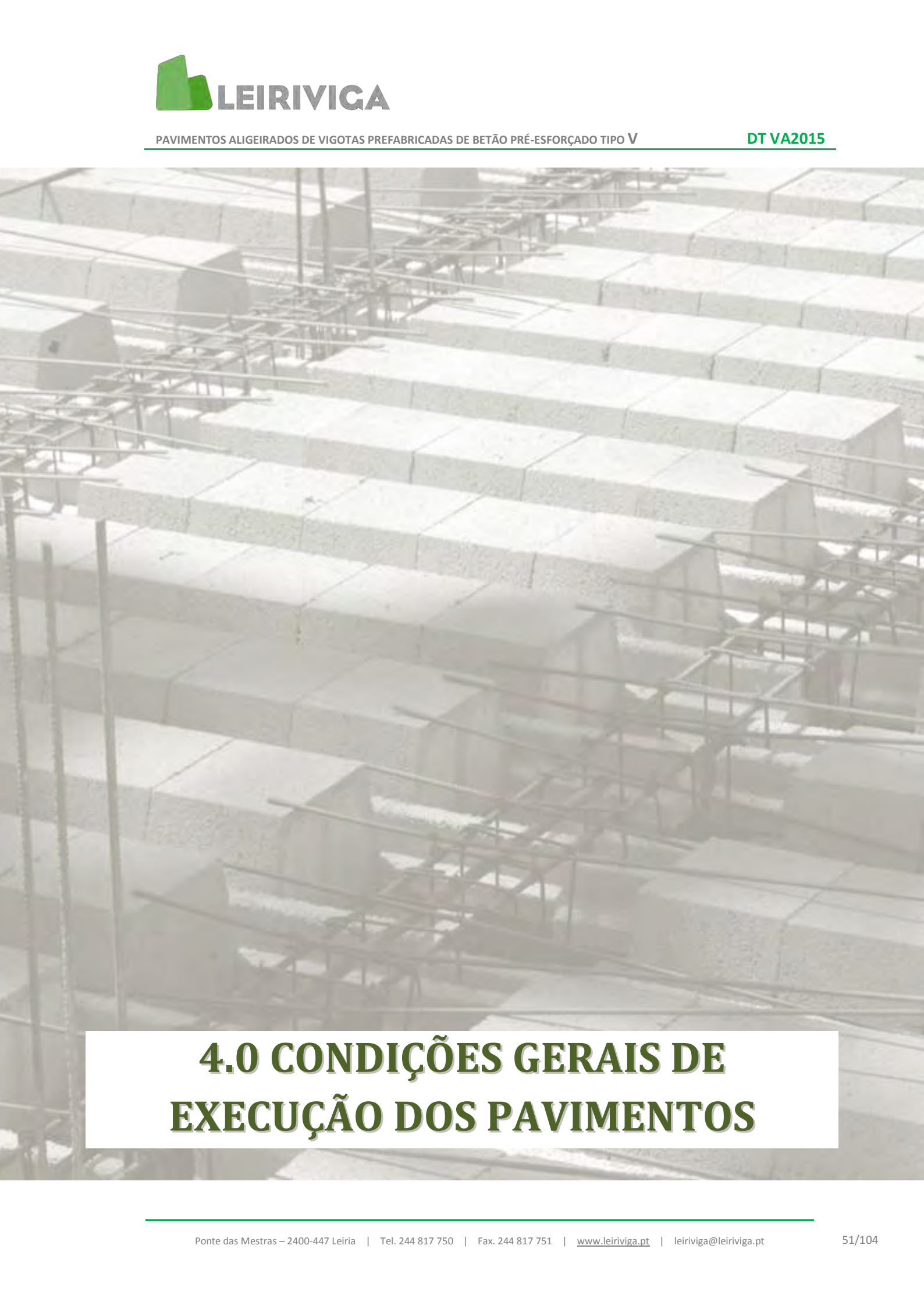
partes constituintes dos pavimentos não deverão estar na origem do fogo nem deverão contribuir para a sua propagação – classe de reação ao fogo A1 (não-combustível).

Os pavimentos compostos para habitação, com vigotas comuns, apresentam as seguintes classes de resistência mínima:

REI 30 – pavimentos com um revestimento na face inferior com uma espessura mínima de 15mm de argamassa de cimento e areia ou de cimento, cal e areia.

REI 60 – pavimentos com um revestimento na face inferior com uma espessura mínima de 15mm de argamassa de cimento e agregados leves (vermiculite, perlite e fibras minerais).

A classe de resistência ao fogo do pavimento depende da solução adotada para o revestimento do teto.



4.0 CONDIÇÕES GERAIS DE EXECUÇÃO DOS PAVIMENTOS



Nos casos correntes, a execução dos pavimentos deve satisfazer à norma NP ENV 13670-1 – “Execução de estruturas em betão. Parte 1: Regras gerais”, em conformidade com o Decreto-Lei n.º 301/2007, de 23 de agosto, e realizar-se de acordo com:

- Nivelamento dos apoios para o assentamento das vigotas.
- Montagem de escoramento provisório, para apoio intermédio das vigotas. O escoramento tem de ser criteriosamente disposto, com afastamento máximo de 2.0 m entre elementos, de modo a evitar esforços de flexão capazes de provocar fendilhação das vigotas não só na sua face inferior, nas zonas entre os apoios, como também na face superior, sobre os apoios.
- Montagem das cofragens junto dos apoios dos pavimentos, para moldagem de zonas maciças nas condições recomendadas no capítulo 5, e ao longo das nervuras transversais que, no referido parágrafo, são preconizadas.
- Colocação das vigotas, dispostas paralelamente entre si, e acerto do seu afastamento por meio de cércea.
- Colocação dos blocos de cofragem entre vigotas, apoiados nos banzos destas, com eliminação das filas de blocos correspondentes às faixas maciças do pavimento.
- Disposição, nas condições recomendadas no capítulo 5, da armadura de distribuição, na camada de betão complementar, das armaduras das nervuras transversais e das armaduras nos apoios, quando previstas – afastamento máximo de nervuras transversais (tarugos) de 2.0 m.
- Instalação de passadiços para trânsito de pessoal e de transporte do betão, a fim de evitar a circulação sobre os blocos de cofragem.
- Rega abundante das vigotas e dos blocos de cofragem, precedendo a betonagem, com vista a evitar a dessecação e melhorar a aderência do betão complementar.
- Lançamento, espalhamento, regularização e compactação do betão complementar, tendo o cuidado de assegurar a sua perfeita aderência às faces expostas das vigotas e a manutenção da espessura prevista da camada de betão acima dos blocos de cofragem. Deve notar-se que, por motivo da relativa e natural fragilidade da estrutura, quando em execução, estará restringido o uso de meios potentes de compactação, o que exige especial cuidado na condução da betonagem.
- Manutenção da humidade do betão em obra, durante os primeiros dias do endurecimento, por exemplo, por meio de rega ou de recobrimento, conservado humedecido, da superfície betonada. A extensão e duração destes cuidados dependerão das condições de temperatura e humidade ambientais.



5.0 DISPOSIÇÕES CONSTRUTIVAS E CONDIÇÕES ESPECIAIS DE EXECUÇÃO DOS PAVIMENTOS

Definem-se seguidamente as principais disposições construtivas a adotar na execução dos vários tipos de pavimentos, nos casos abrangidos pelo campo de aplicação.

a) Armadura de distribuição

Nos pavimentos com vão igual ou superior a quatro metros deverão ser dispostas, além da armadura de distribuição, nervuras transversais contínuas de betão armado espaçadas cerca de 2 metros. A largura destas nervuras deverá ser, no mínimo, de 100 mm. A armadura deverá ser constituída, no mínimo, por dois varões colocados imediatamente acima das vigotas. A área da sua secção deverá ser obtida multiplicando metade da área da armadura de distribuição do pavimento, indicada nas Tabelas Cálculo, pela distância entre nervuras transversais ou, no caso de existir apenas uma nervura, pela distância entre esta e o apoio.

b) Ações provenientes de paredes divisórias

Estes pavimentos poderão ser considerados com condições estruturais que permitam ter em conta as ações resultantes de paredes divisórias desde que essas ações sejam consideradas atuando nas suas condições reais, o que implica, na zona das divisórias, um reforço da armadura de distribuição, referida anteriormente. Porém, no caso de as paredes divisórias se encontrarem na direção das vigotas dos pavimentos, deverá o reforço da armadura de distribuição ser complementado com a colocação de vigotas suplementares dispostas a par das previstas para o pavimento.

c) Apoio das vigotas e solidarização

As vigotas deverão ter, em geral, a entrega mínima de 100 mm, nos apoios, a menos que razões especiais imponham menor entrega e sem prejuízo da segurança que, neste caso, deverá ser convenientemente comprovada.

Os extremos das vigotas, nos apoios dos pavimentos, devem ser solidarizados através de cintas ou de vigas betonadas em conjunto com a camada de betão complementar dos pavimentos.

Os painéis dos pavimentos devem ser limitados lateralmente, segundo a direção longitudinal das vigotas, por cintas ou por vigas também betonadas em conjunto com a camada de betão complementar dos pavimentos.

As cintas devem ter uma largura igual à largura da parede que encimam e uma altura não inferior a 0,20 m, devendo este valor mínimo da altura ser aumentado no caso de paredes muito



espessas, com largura superior a 0,50 m. As cintas devem ser armadas longitudinalmente com, pelo menos, 4 varões de 12 mm de diâmetro quando se utilize aço A235, ou 4 varões de 10 mm de diâmetro quando se utilizem aços A400 ou A500, e transversalmente com estribos de 6 mm de diâmetro espaçados no máximo de 0,20 m. Nas regiões do País de maior sismicidade, recomenda-se a redução deste espaçamento máximo dos estribos para 0,10 a 0,15 m, nas zonas das cintas próximas dos montantes, num comprimento de 0,75 a 1,00 m.

Quando se trate de pavimentos com apoios de encastramento ou continuidade, devem prever-se faixas maciças de betão armado para resistência aos momentos negativos. A betonagem destas faixas faz-se nos intervalos entre vigotas deixados livres pela não colocação de fiadas de blocos de cofragem, convindo que, nos sucessivos intervalos, o número de blocos seja alternado para evitar que a ligação da faixa maciça à zona aligeirada do pavimento se faça em alinhamento reto, mais propício ao aparecimento de fendas ao longo dessa ligação.

A largura das faixas maciças assim como a armadura a utilizar para a resistência aos momentos negativos atuantes deverão ser convenientemente dimensionadas.

Quando se trate de pavimentos dimensionados considerando a existência de apoios simples é recomendável que nos apoios exista uma armadura capaz de absorver os esforços de tração na face superior dos pavimentos resultantes da restrição da rotação dos apoios, que sempre se verificam em condições normais de serviço. A referida armadura deverá ser constituída por varões dispostos na direção das vigotas, com comprimento mínimo, a partir da face de apoio, igual a 1/10 de vão livre do pavimento, de secção, por metro de largura, não inferior à da armadura de distribuição recomendada e cujos varões integrados na camada de betão complementar deverão ser convenientemente amarrados nas cintas ou nas vigas em que as vigotas se apoiam.

d) Aberturas

A execução de aberturas com a interrupção de vigotas é possível desde que se adotem disposições construtivas especiais como, por exemplo, nervuras transversais devidamente dimensionadas onde as vigotas interrompidas possam ser devidamente apoiadas.

A adoção destas disposições deve ser convenientemente justificada. A execução de aberturas conseguidas pela eliminação de um ou mais blocos de cofragem entre duas vigotas contíguas não

necessita, em geral, de verificação de segurança complementar, a menos que essas aberturas possam condicionar a capacidade resistente do pavimento.

e) Ações provenientes de cargas suspensas

Não possuindo os blocos de cofragem resistência suficiente para suportar eventuais ações resultantes de equipamentos ou de instalações a suspender dos tetos, esta suspensão tem de ser assegurada por peças apropriadas, incluídas no pavimento durante a sua execução.

Para tal, poderão ser usadas pequenas lajetas de betão armado apoiadas em duas vigotas contíguas e substituindo blocos de cofragem, às quais se encontram ligados ganchos de suspensão dos equipamentos a fixar na parte inferior dos pavimentos.





6.0 CÁLCULO DOS PAVIMENTOS

6.1. Introdução

O cálculo dos pavimentos tem por objetivo a determinação dos seguintes valores:

- Pré-esforço instalado nos fios das vigotas ao fim de determinados intervalos de tempo após a sua moldagem;
- Quantidades unitárias dos elementos constituintes dos pavimentos (vigotas, abobadilhas, betão complementar e armadura distribuição);
- Características mecânicas dos pavimentos a utilizar na verificação da segurança em relação aos diferentes estados limites.

Os Valores referidos do pré-esforço são obtidos deduzindo ao valor do pré-esforço na origem os valores das perdas instantâneas e diferidas calculadas de acordo com os critérios definidos no REBAP.

Os valores relativos às quantidades por unidade de superfície de pavimento das vigotas, dos blocos de cofragem e do betão complementar são obtidos a partir das características geométricas das vigotas e dos blocos de cofragem. A área da armadura de distribuição é determinada de acordo com o artigo 108º do REBAP.

Os valores relativos ao peso próprio dos pavimentos foram determinados a partir das referidas quantidades, adotando-se para o betão e para o aço os valores dos pesos volúnicos preconizados no artigo 14º do RSA, respetivamente 24 kN/m^3 e 77 kN/m^3 , e para os blocos de cofragem os valores dos pesos unitários nominais obtidos por pesagens.

Os valores dos esforços de cálculo, que correspondem ao momento fletor e ao esforço transversal resistentes condicionados pela rotura (M_{Rd} e V_{Rd} , respetivamente), e momento fletor resistente condicionado pela formação de fendas (M_{fctk}), foram determinados de harmonia com as disposições regulamentares aplicáveis do REBAP. No entanto, no que se refere ao V_{Rd} e ao M_{fctk} foram adotados critérios específicos anteriormente referidos tendo em conta o facto de estes pavimentos serem executados a partir de elementos prefabricados.

6.2. Dados para cálculo

O cálculo dos valores referidos atrás teve por base as características indicadas nas Especificações Técnicas (Cap. 3) para as vigotas e para os blocos de cofragem respetivamente.

Relativamente aos restantes materiais empregados nos pavimentos consideraram-se as seguintes características mecânicas:

- Betão das vigotas e betão complementar classes C35/45 e C25/30 respetivamente;
- Aço dos fios de pré-esforço tensão de rotura (R_m) 1770 MPa ;

6.1. Introdução

O cálculo dos pavimentos tem por objetivo a determinação dos seguintes valores:

- Pré-esforço instalado nos fios das vigotas ao fim de determinados intervalos de tempo após a sua moldagem;
- Quantidades unitárias dos elementos constituintes dos pavimentos (vigotas, abobadilhas, betão complementar e armadura distribuição);
- Características mecânicas dos pavimentos a utilizar na verificação da segurança em relação aos diferentes estados limites.

Os Valores referidos do pré-esforço são obtidos deduzindo ao valor do pré-esforço na origem os valores das perdas instantâneas e diferidas calculadas de acordo com os critérios definidos no REBAP.

Os valores relativos às quantidades por unidade de superfície de pavimento das vigotas, dos blocos de cofragem e do betão complementar são obtidos a partir das características geométricas das vigotas e dos blocos de cofragem. A área da armadura de distribuição é determinada de acordo com o artigo 108º do REBAP.

Os valores relativos ao peso próprio dos pavimentos foram determinados a partir das referidas quantidades, adotando-se para o betão e para o aço os valores dos pesos volúmicos preconizados no artigo 14º do RSA, respetivamente 24 kN/m^3 e 77 kN/m^3 , e para os blocos de cofragem os valores dos pesos unitários nominais obtidos por pesagens.

Os valores dos esforços de cálculo, que correspondem ao momento fletor e ao esforço transversal resistentes condicionados pela rotura (M_{Rd} e V_{Rd} , respetivamente), e momento fletor resistente condicionado pela formação de fendas (M_{fctk}), foram determinados de harmonia com as disposições regulamentares aplicáveis do REBAP. No entanto, no que se refere ao V_{Rd} e ao M_{fctk} foram adotados critérios específicos anteriormente referidos tendo em conta o facto de estes pavimentos serem executados a partir de elementos prefabricados.

6.2. Dados para cálculo

O cálculo dos valores referidos atrás teve por base as características indicadas nas Especificações Técnicas (Cap. 3) para as vigotas e para os blocos de cofragem respetivamente.

Relativamente aos restantes materiais empregados nos pavimentos consideraram-se as seguintes características mecânicas:

- Betão das vigotas e betão complementar classes C35/45 e C25/30 respetivamente;
- Aço dos fios de pré-esforço tensão de rotura (R_m) 1770 MPa;

6.3. Exemplo de cálculo

Como exemplo de verificação da segurança dos pavimentos, resumem-se seguidamente os procedimentos de cálculo baseados nos valores fornecidos e regulamentação aplicável, nomeadamente RSA e REBAP.

Pavimento a verificar: **V4-BL38x20-24**

Vão livre: **5.00 m**

Vão teórico: **5.20 m**

Dados:

Peso próprio Pavimento: 2.79 kN/m²

Revestimentos de piso e de teto: 1.20 kN/m²

Ação permanente (incluindo peso próprio): $G = 2.79 + 1.20 = 3.99 \text{ kN/m}^2$

Ação variável (sobrecarga de utilização): $Q = 2.00 \text{ kN/m}^2$

6.3.1 Segurança em relação aos estados limites últimos:

Combinação de ações:

$$1.5(G + Q) = 1.5(3.99 + 2) = 8.985 \text{ kN/m}^2$$

Momento fletor atuante:

$$M_{Sd} = \frac{8.985 \times 5.20^2}{8} = 30.37 \text{ kN.m/m}$$

Esforço transversal atuante

$$V_{Sd} = \frac{8.985 \times 5.20}{2} = 23.36 \text{ kN/m}$$

Comparando M_{Sd} e V_{Sd} obtidos com os valores do quadro MRd e VRd do quadro da página 81, verifica-se estar satisfeita a segurança deste pavimento em relação a ambos estados limites de resistência:

$$M_{Sd} < M_{Rd} = 30.37 < 33.3$$

$$V_{Sd} < V_{Rd} = 23.36 < 25.9$$

6.3.2 Segurança em relação aos estados limites de utilização:

Estado limite de fendilhação

Ambiente pouco ou moderadamente agressivo, considerando-se a seguinte combinação de ações:

$$G + \psi_1 Q = 3.99 + 0.3 \times 2 = 4.59 \text{ kN/m}^2$$

ψ_1 é dado no quadro III do n.º 35 do RSA. Correspondendo o momento fletor atuante M_{Sd} seguinte:

$$M_{Sd} = \frac{4.59 \times 5.20^2}{8} = 15.51 \text{ kN.m/m}$$

comparando com M_{fctk} do quadro da página 81, verifica-se estar satisfeita a segurança deste pavimento em relação ao estado limite de fendilhação

$$M_{Sd} < M_{fctk} = 15.51 < 18.3$$

Estado limite de deformação

Admitindo que estado limite de deformação se define por flecha 1/400 do vão com máximo de 15 mm

Fator de rigidez:

$$EI = 14223 \text{ kN.m}^2/\text{m}$$

Flecha instantânea:

$$f = \frac{5 \times 4.58 \times 5.20^4}{384 \times 14221} \times 1000 = 3.06 \text{ mm}$$

Fator:

$$1 + \frac{G}{G + \psi_1 Q} \times \varphi = 1 + \frac{3.98}{3.98 + 0.3 \times 2} \times 2 = 2.73$$

Flecha a longo prazo:

$$f = 2.73 \times 3.06 = 8.36 \text{ mm}$$

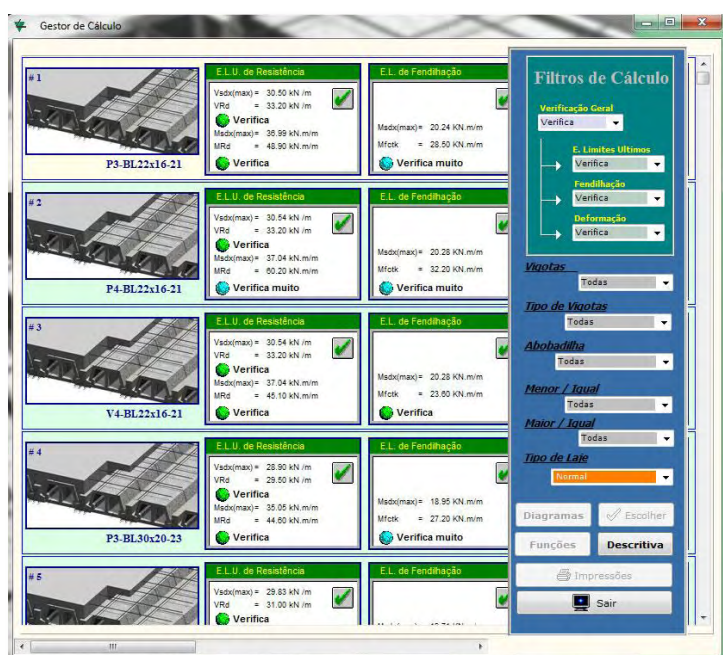
Valor máximo admissível para a flecha:

$$f_{max} = \frac{5200}{400} = 13 \text{ mm}$$

Verifica-se a segurança relativamente ao estado limite de deformação estabelecido. O Pavimento satisfaz os critérios de segurança definidos.

6.3.3 Ferramenta cálculo automático

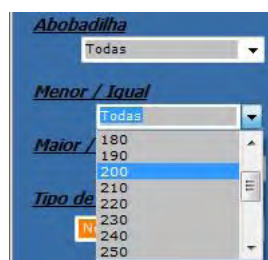
Com apoio do software de cálculo procede-se igualmente à escolha de um pavimento, no sentido literal da expressão. Ou seja introduzem-se os dados e o software apresenta uma lista de pavimentos que verificam, não verificam ou são indiferentes aos **FILTROS DE CÁLCULO**: E. LIMITES ÚLTIMOS, FENDILHAÇÃO e DEFORMAÇÃO. A escolha de determinada tipo de pavimento pode ainda ser agilizada utilizando os filtros de pesquisa: pelo número de **Vigotas** (simples, duplas ou triplas), pelo **Tipo de Vigota** (V2, V3, V4, P2, P3, P4), pelo **Tipo de abobadilha**, pela **Espessura do Pavimento Menor ou Igual** (a determinado valor), pela **Espessura do Pavimento Maior ou Igual** (a determinado valor), pelo **Tipo de Laje** (normal ou cobertura)



Lista de os pavimentos e Filtros de Cálculo e pesquisa

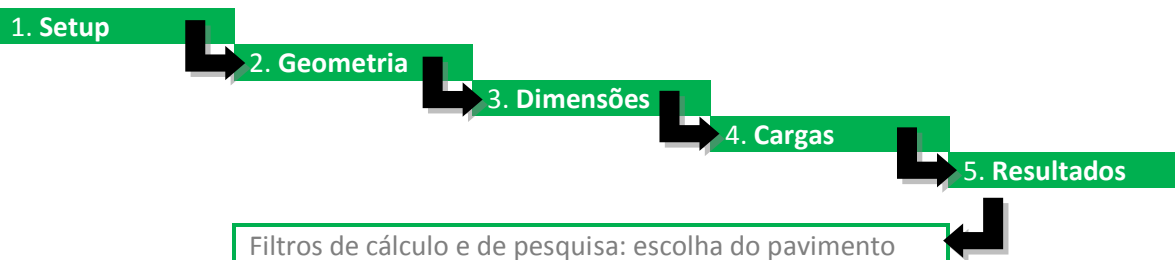


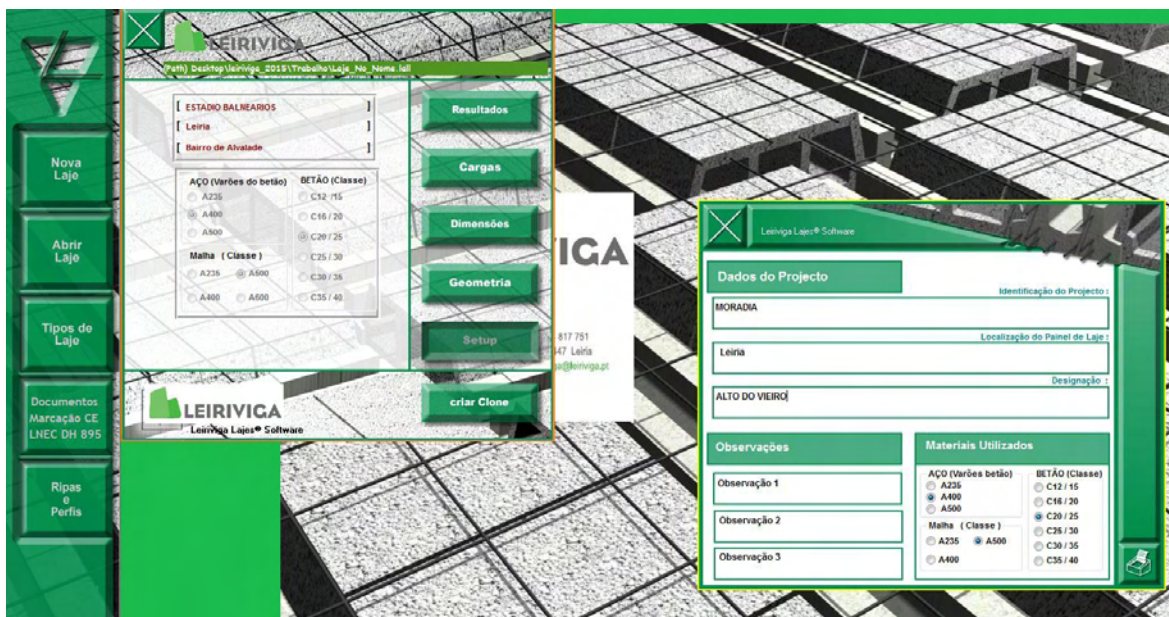
Filtros de cálculo



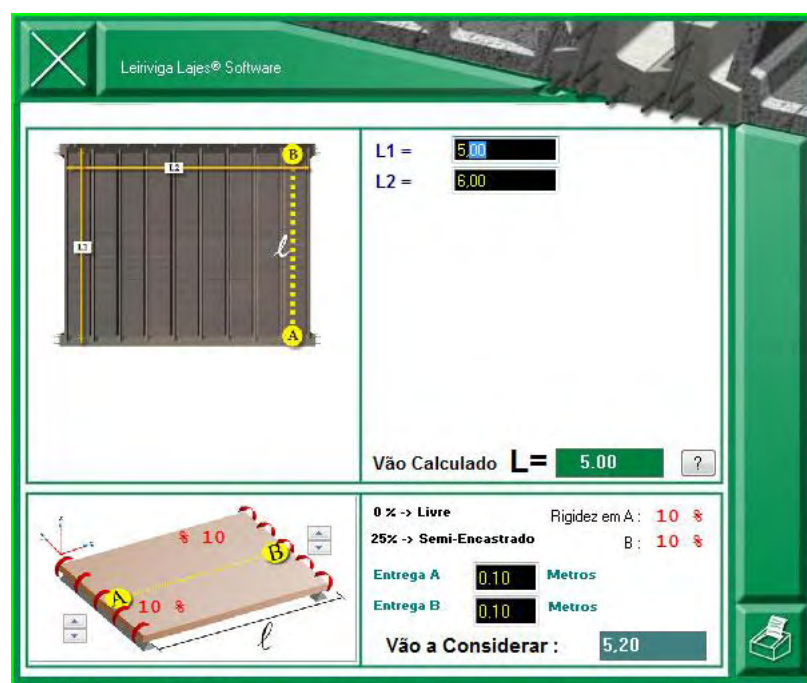
Filtros de pesquisa

O valor do Peso Próprio do pavimento é calculado automaticamente, tendo o utilizador apenas de seguir os passos indicados que são:

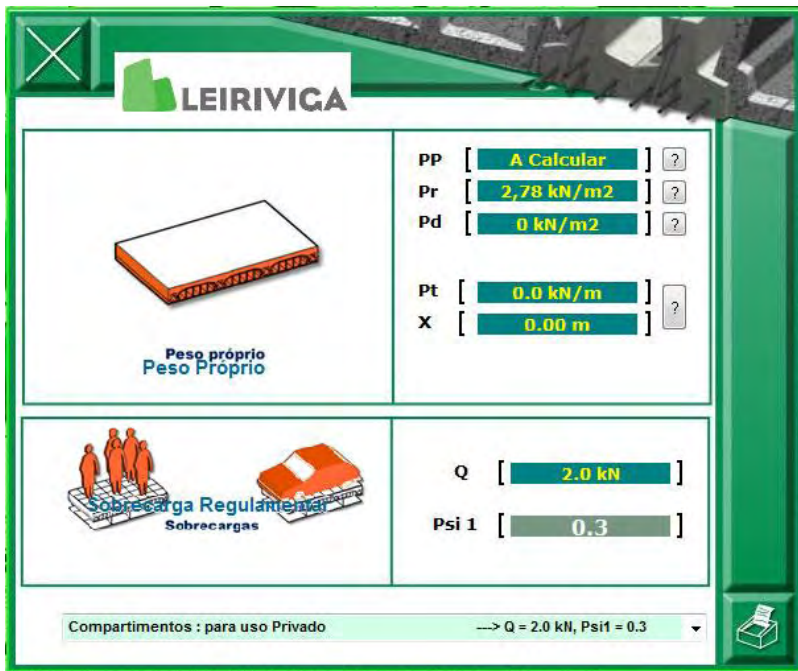




1. Setup: dados gerais referentes ao projeto/obra que serão referenciais em todas as peças impressas.



3. Dimensões: dados como vão, entregas nos apoios, rigidez nos apoios.



LEIRIVIGA

Peso próprio
Peso Próprio

PP [**A Calcular**] ?
Pr [**2,78 kN/m²**] ?
Pd [**0 kN/m²**] ?

Pt [**0.0 kN/m**] ?
X [**0.00 m**] ?

Sobrecarga Regulamentar
Sobrecargas

Q [**2.0 kN**]
Psi 1 [**0.3**]

Compartimentos : para uso Privado → Q = 2.0 kN, Psi1 = 0.3

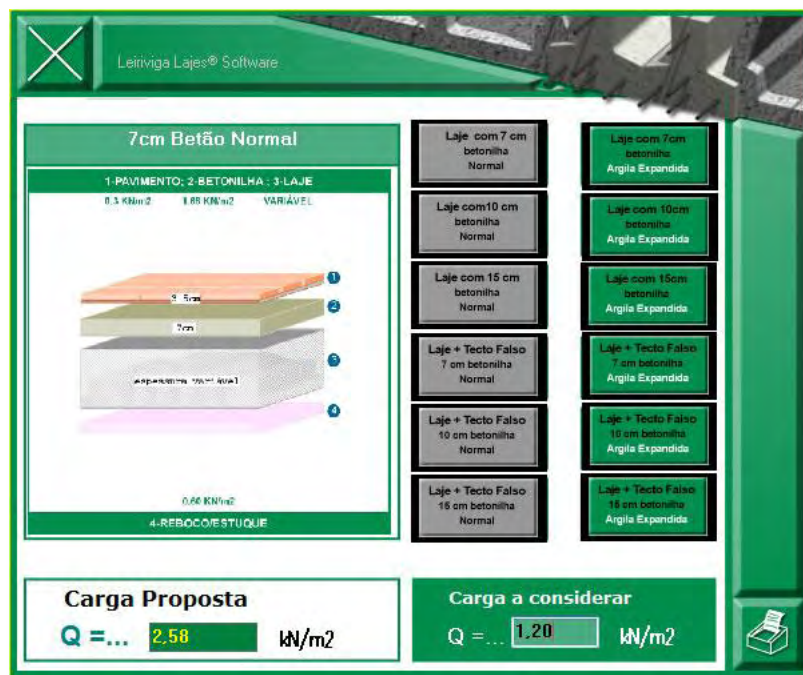


Pavimentos e revestimentos


Paredes divisórias
Peso Divisórias


Paredes transversais

4. Cargas: introdução de valores específicos do projeto. Como referido anteriormente o peso próprio é calculado automaticamente.



Leiriviga Lajes® Software

7cm Betão Normal

1-PAVIMENTO: 2-BETONILHA: 3-LAJE
0.3 kN/m² 1.85 kN/m² VARIÁVEL

0.5m
7cm
0.66 kN/m²
4-REBOCO/ESTUQUE

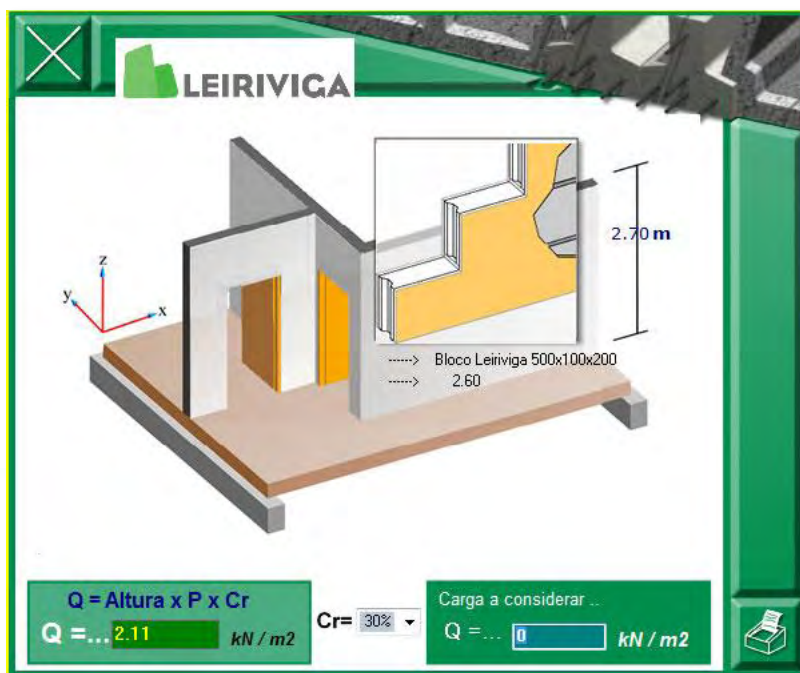
Laje com 7 cm betoniha Normal
Laje com 10 cm betoniha Normal
Laje com 15 cm betoniha Normal
Laje + Tecto Falso 7 cm betoniha Normal
Laje + Tecto Falso 10 cm betoniha Normal
Laje + Tecto Falso 15 cm betoniha Normal

Laje com 7cm betoniha Argila Expandida
Laje com 10cm betoniha Argila Expandida
Laje com 15cm betoniha Argila Expandida
Laje + Tecto Falso 7 cm betoniha Argila Expandida
Laje + Tecto Falso 10 cm betoniha Argila Expandida
Laje + Tecto Falso 15 cm betoniha Argila Expandida

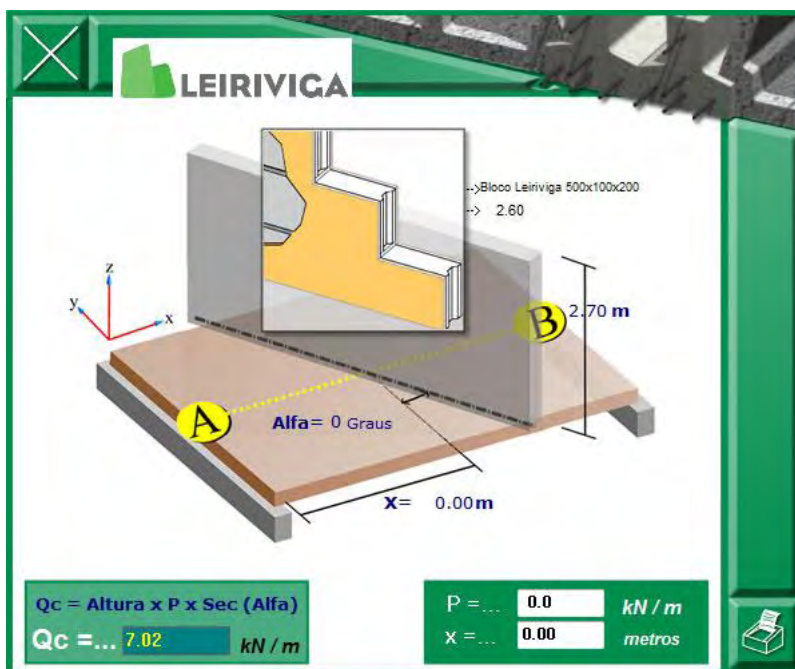
Carga Proposta
Q =... **2.58** kN/m²

Carga a considerar
Q =... **1.20** kN/m²

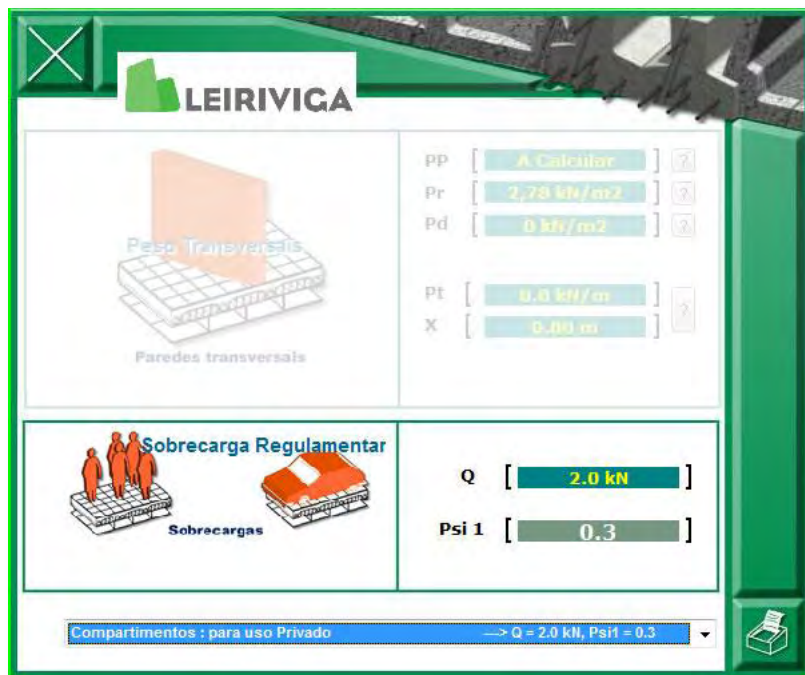
4. Cargas; i) **Peso Pavimentos e Revestimentos**: escolha da lista ou introduza valor concreto (1,20 kN/m²).



4. Cargas; ii) Carga de Paredes divisórias: não se considerou esta carga (0,0 kN/m²)



4. Cargas; iii) Carga de Paredes divisórias Transversais ao Vão: não se considerou esta carga (0,0 kN/m²)



LEIRIVIGA

Peso Transversal: 

Paredes transversais

pp [**A Calcular**]
Pr [**2,78 kN/m²**]
Pd [**0 kN/m²**]

Pl [**0,0 kN/m**]
X [**0,00 m**]

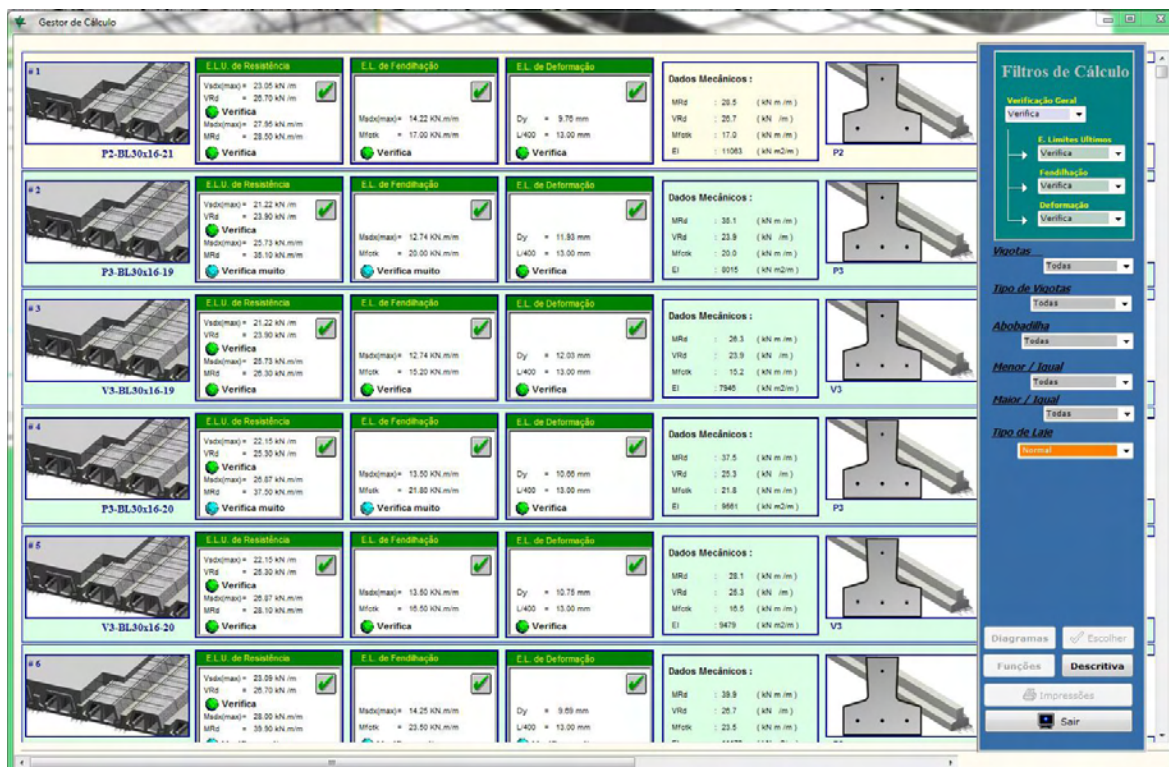
Sobrecarga Regulamentar

Sobrecargas:  

Q [**2.0 kN**]
Psi 1 [**0.3**]

Compartimentos : para uso Privado → Q = 2.0 kN, Psi1 = 0.3

4. Cargas: iv) Sobrecarga Regulamentar: ação variável (sobrecarga de utilização), considerou-se 2,0 kN/m²



Gestor de Cálculo

#	ELU de Resistência	EL de Fendilhação	EL de Deformação	Dados Mecânicos	Diagrama
1	Vigot(mai) = 23.05 kN/m VRd = 20.70 kN/m Verifica VRd(mai) = 27.95 kN/m VRd = 25.50 kN/m Verifica	Mado(mai) = 14.22 kN/m Mfok = 17.00 kN/m Verifica	Dy = 9.70 mm L/400 = 13.00 mm Verifica	VRd : 26.5 (kN/m) VRd : 26.7 (kN/m) Mfok : 17.0 (kN/m) EI : 11083 (kN m ² /m)	P2
2	Vigot(mai) = 21.22 kN/m VRd = 23.90 kN/m Verifica VRd(mai) = 25.73 kN/m VRd = 26.10 kN/m Verifica	Mado(mai) = 12.74 kN/m Mfok = 20.00 kN/m Verifica	Dy = 11.83 mm L/400 = 13.00 mm Verifica	VRd : 35.1 (kN/m) VRd : 23.9 (kN/m) Mfok : 20.0 (kN/m) EI : 8015 (kN m ² /m)	P3
3	Vigot(mai) = 21.22 kN/m VRd = 23.90 kN/m Verifica VRd(mai) = 25.73 kN/m VRd = 26.10 kN/m Verifica	Mado(mai) = 12.74 kN/m Mfok = 15.20 kN/m Verifica	Dy = 12.03 mm L/400 = 13.00 mm Verifica	VRd : 26.3 (kN/m) VRd : 23.9 (kN/m) Mfok : 15.2 (kN/m) EI : 7940 (kN m ² /m)	V3
4	Vigot(mai) = 22.15 kN/m VRd = 20.30 kN/m Verifica VRd(mai) = 26.87 kN/m VRd = 37.20 kN/m Verifica	Mado(mai) = 13.50 kN/m Mfok = 21.80 kN/m Verifica	Dy = 10.00 mm L/400 = 13.00 mm Verifica	VRd : 37.5 (kN/m) VRd : 25.3 (kN/m) Mfok : 21.8 (kN/m) EI : 9681 (kN m ² /m)	P3
5	Vigot(mai) = 22.15 kN/m VRd = 20.30 kN/m Verifica VRd(mai) = 26.87 kN/m VRd = 37.20 kN/m Verifica	Mado(mai) = 13.50 kN/m Mfok = 16.50 kN/m Verifica	Dy = 10.75 mm L/400 = 13.00 mm Verifica	VRd : 28.1 (kN/m) VRd : 26.3 (kN/m) Mfok : 16.5 (kN/m) EI : 9479 (kN m ² /m)	V3
6	Vigot(mai) = 23.05 kN/m VRd = 20.70 kN/m Verifica VRd(mai) = 27.95 kN/m VRd = 25.50 kN/m Verifica	Mado(mai) = 14.22 kN/m Mfok = 20.00 kN/m Verifica	Dy = 9.69 mm L/400 = 13.00 mm Verifica	VRd : 38.9 (kN/m) VRd : 26.7 (kN/m) Mfok : 21.5 (kN/m)	

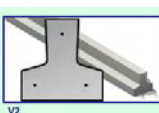
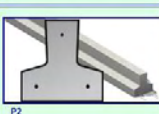
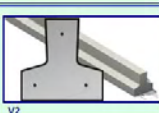
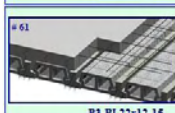
Filtros de Cálculo

Verificação Geral: Verifica
E. Limites últimos: Verifica
Fendilhação: Verifica
Deformação: Verifica

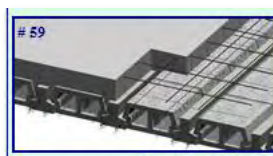
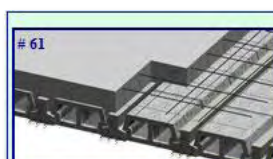
Vigotas: Todas
Tipo de Vigotas: Todas
Abobadilha: Todas
Menor / Igual: Todas
Maior / Igual: Todas
Tipo de Lote: Normal

Diagramas: Escolher
Funções: Descritiva
Imprimir: Sair

5. Resultados: Lista de Pavimentos

 V2-BL22x12-16	E.L.U. de Resistência $V_{sd}(max) = 21.90 \text{ kN/m}$ $V_{Rd} = 24.50 \text{ kN/m}$ Verifica $M_{sd}(max) = 26.63 \text{ kN.m/m}$ $M_{Rd} = 13.00 \text{ kN.m/m}$ Não Vi por muito	E.L. de Fendilhão $M_{sd}(max) = 13.34 \text{ kN.m/m}$ $M_{fotk} = 7.50 \text{ kN.m/m}$ Não Vi por muito	E.L. de Deformação $D_y = 17.66 \text{ mm}$ $L/400 = 13.00 \text{ mm}$ Não verifica	Dados Mecânicos: $M_{Rd} = 13.0$ (kN.m/m) $V_{Rd} = 24.5$ (kN/m) $M_{fotk} = 7.5$ (kN.m/m) $EI = 5805$ (kN.m ² /m)	 V2	Filtros de Cálculo Verificação Geral: Indiferente E. Limites Últimos: Indiferente Fendilhão: Indiferente Deformação: Indiferente Vigotas: Todas Tipo de Vigotas: Todas Abobadilha: Todas Menor / Igual: Todas Maior / Igual: Todas Tipo de Laje: Normal
 P2-BL22x12-17	E.L.U. de Resistência $V_{sd}(max) = 22.89 \text{ kN/m}$ $V_{Rd} = 26.20 \text{ kN/m}$ Verifica $M_{sd}(max) = 27.76 \text{ kN.m/m}$ $M_{Rd} = 26.60 \text{ kN.m/m}$ Não Vi por pouco	E.L. de Fendilhão $M_{sd}(max) = 14.10 \text{ kN.m/m}$ $M_{fotk} = 14.40 \text{ kN.m/m}$ Verifica	E.L. de Deformação $D_y = 15.42 \text{ mm}$ $L/400 = 13.00 \text{ mm}$ Não Vi por pouco	Dados Mecânicos: $M_{Rd} = 26.0$ (kN.m/m) $V_{Rd} = 26.2$ (kN/m) $M_{fotk} = 14.4$ (kN.m/m) $EI = 5931$ (kN.m ² /m)	 P2	
 V2-BL22x12-17	E.L.U. de Resistência $V_{sd}(max) = 22.89 \text{ kN/m}$ $V_{Rd} = 26.20 \text{ kN/m}$ Verifica $M_{sd}(max) = 27.76 \text{ kN.m/m}$ $M_{Rd} = 15.30 \text{ kN.m/m}$ Não Vi por muito	E.L. de Fendilhão $M_{sd}(max) = 14.10 \text{ kN.m/m}$ $M_{fotk} = 8.40 \text{ kN.m/m}$ Não Vi por muito	E.L. de Deformação $D_y = 15.60 \text{ mm}$ $L/400 = 13.00 \text{ mm}$ Não Vi por pouco	Dados Mecânicos: $M_{Rd} = 15.3$ (kN.m/m) $V_{Rd} = 26.2$ (kN/m) $M_{fotk} = 8.4$ (kN.m/m) $EI = 5950$ (kN.m ² /m)	 V2	
 P3-BL22x12-15	E.L.U. de Resistência $V_{sd}(max) = 21.06 \text{ kN/m}$ $V_{Rd} = 22.70 \text{ kN/m}$ Verifica $M_{sd}(max) = 25.54 \text{ kN.m/m}$ $M_{Rd} = 31.10 \text{ kN.m/m}$ Verifica	E.L. de Fendilhão $M_{sd}(max) = 12.81 \text{ kN.m/m}$ $M_{fotk} = 16.10 \text{ kN.m/m}$ Verifica	E.L. de Deformação $D_y = 19.95 \text{ mm}$ $L/400 = 13.00 \text{ mm}$ Não Vi por muito	Dados Mecânicos: $M_{Rd} = 31.1$ (kN.m/m) $V_{Rd} = 22.7$ (kN/m) $M_{fotk} = 16.1$ (kN.m/m) $EI = 4738$ (kN.m ² /m)	 P3	

Filtro **INDIFERENTE**: são mostrados todos os pavimentos com opção indiferente ativa.

 P2-BL22x12-17	E.L.U. de Resistência $V_{sd}(max) = 22.89 \text{ kN/m}$ $V_{Rd} = 26.20 \text{ kN/m}$ Verifica $M_{sd}(max) = 27.76 \text{ kN.m/m}$ $M_{Rd} = 26.60 \text{ kN.m/m}$ Não Vi por pouco	E.L. de Fendilhão $M_{sd}(max) = 14.10 \text{ kN.m/m}$ $M_{fotk} = 14.40 \text{ kN.m/m}$ Verifica	E.L. de Deformação $D_y = 15.42 \text{ mm}$ $L/400 = 13.00 \text{ mm}$ Não Vi por pouco
 P3-BL22x12-15	E.L.U. de Resistência $V_{sd}(max) = 21.06 \text{ kN/m}$ $V_{Rd} = 22.70 \text{ kN/m}$ Verifica $M_{sd}(max) = 25.54 \text{ kN.m/m}$ $M_{Rd} = 31.10 \text{ kN.m/m}$ Verifica	E.L. de Fendilhão $M_{sd}(max) = 12.81 \text{ kN.m/m}$ $M_{fotk} = 16.10 \text{ kN.m/m}$ Verifica	E.L. de Deformação $D_y = 19.95 \text{ mm}$ $L/400 = 13.00 \text{ mm}$ Não Vi por muito

Não Verifica, Não Verifica por muito, Não Verifica por pouco, Verifica e Verifica muito são critérios que poderão ser considerados na escolha do tipo de pavimento.

Sendo o cálculo tradicional para escolha de pavimentos aligeirados de vigotas prefabricadas de betão pré-esforçado um processo iterativo a utilização destes critérios de seleção, é na nossa opinião, determinante na opção de escolha do tipo de pavimento. Do ponto de vista da racionalidade económica da escolha. Estes critérios são apresentados no manual de utilização do software.

O Pavimento escolhido no exemplo foi: **V3-BL38x20-24**

Vigota tipo V3 | Simples

Abobadilha: BL 38x20

Espessura total: 240 mm

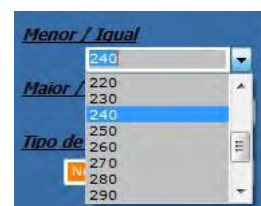
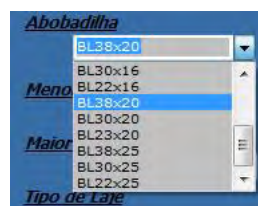
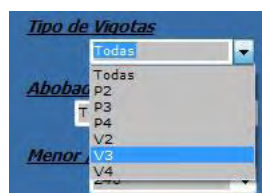
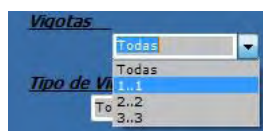
Filtros de seleção para escolher o pavimento **V3-BL38x20-24**:

Vigotas

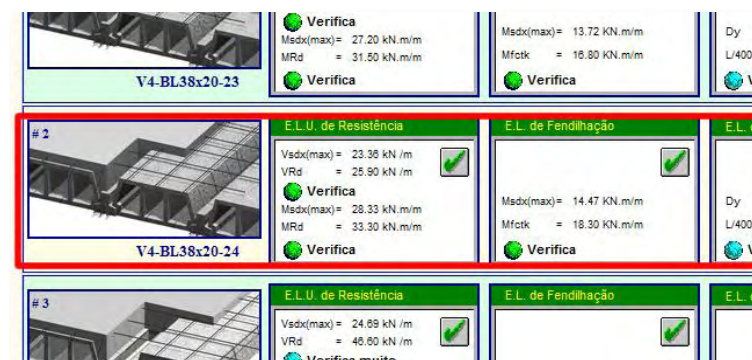
Tipo Vigotas

Abobadilha

Espessura



E são apresentados apenas pavimentos correspondentes aos filtros de seleção:



Clicando no pavimento e seguidamente no botão Diagramas é possível aceder aos diagramas respetivos:

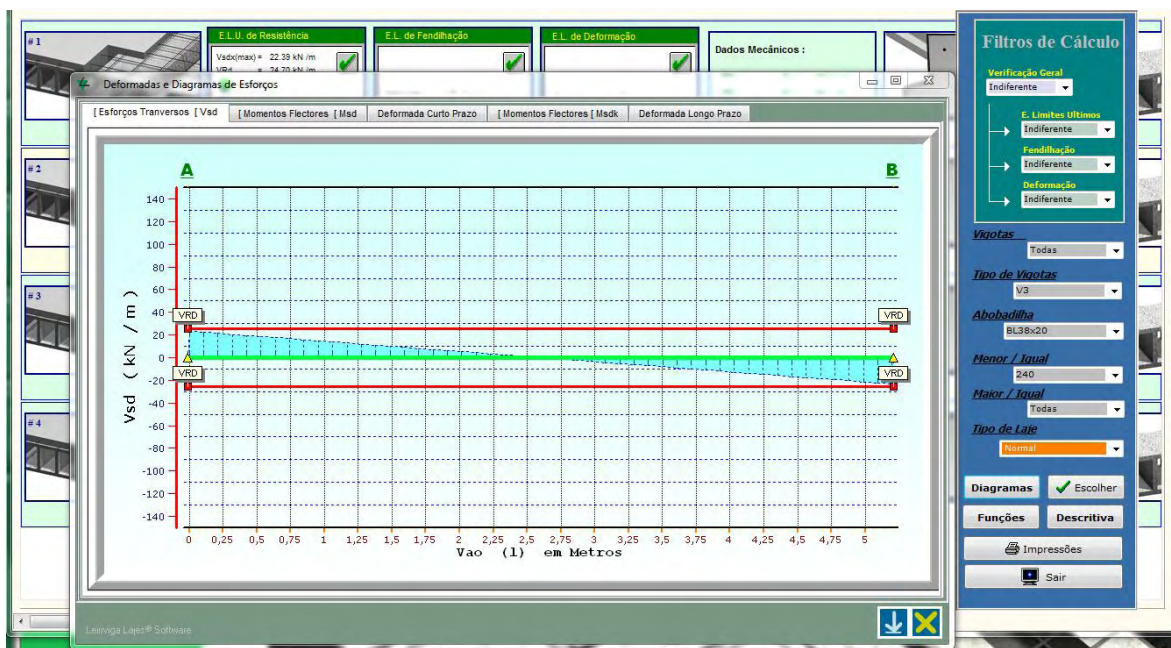


Diagrama de Esforços Transversos (V_{sd})

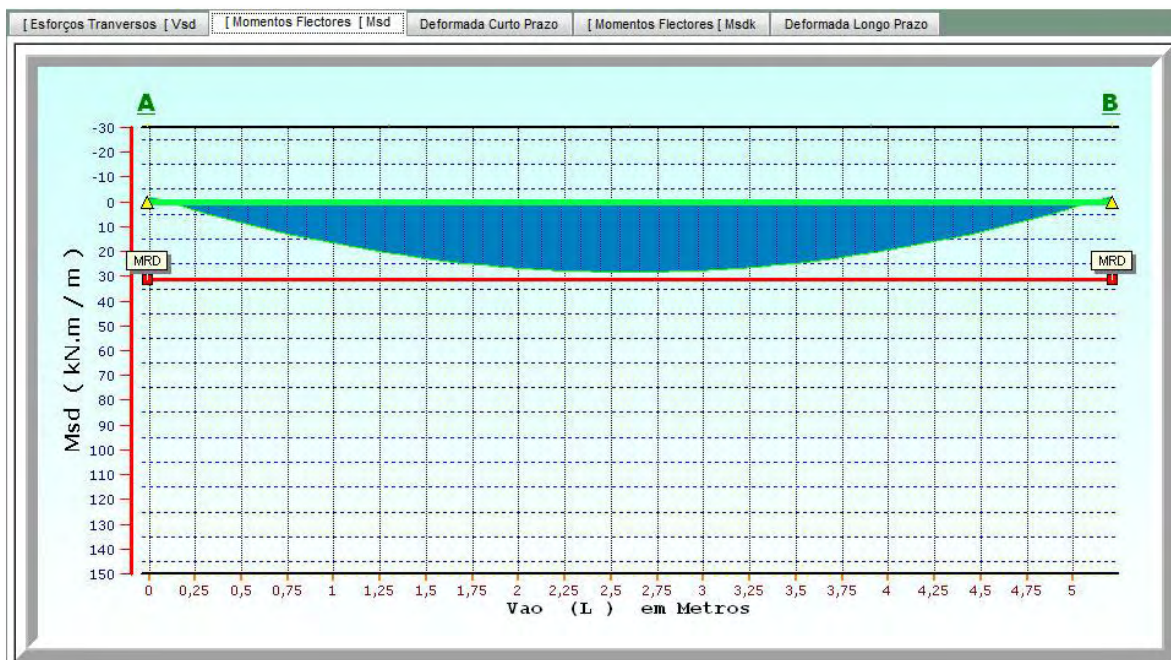
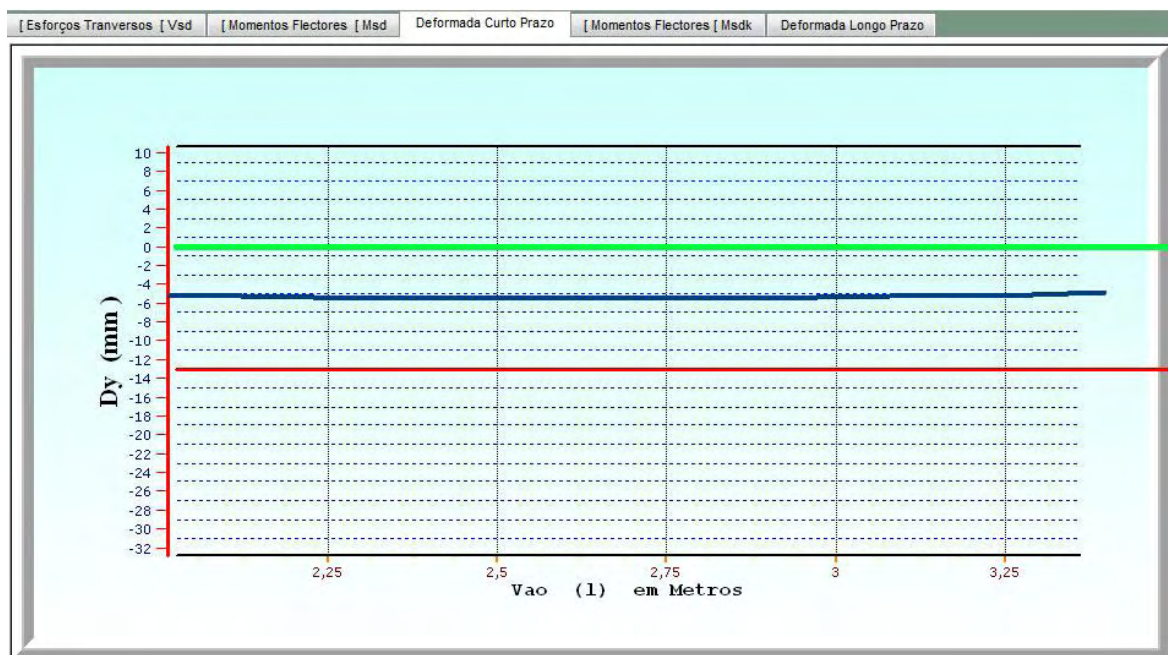


Diagrama de Momentos Flectores (M_{sd})



Deformada a curto prazo (para ver maior, clicar na zona ampliar com o botão esquerdo do rato premido e arrastar definindo a zona a ampliar)



Resultado da ampliação da zona

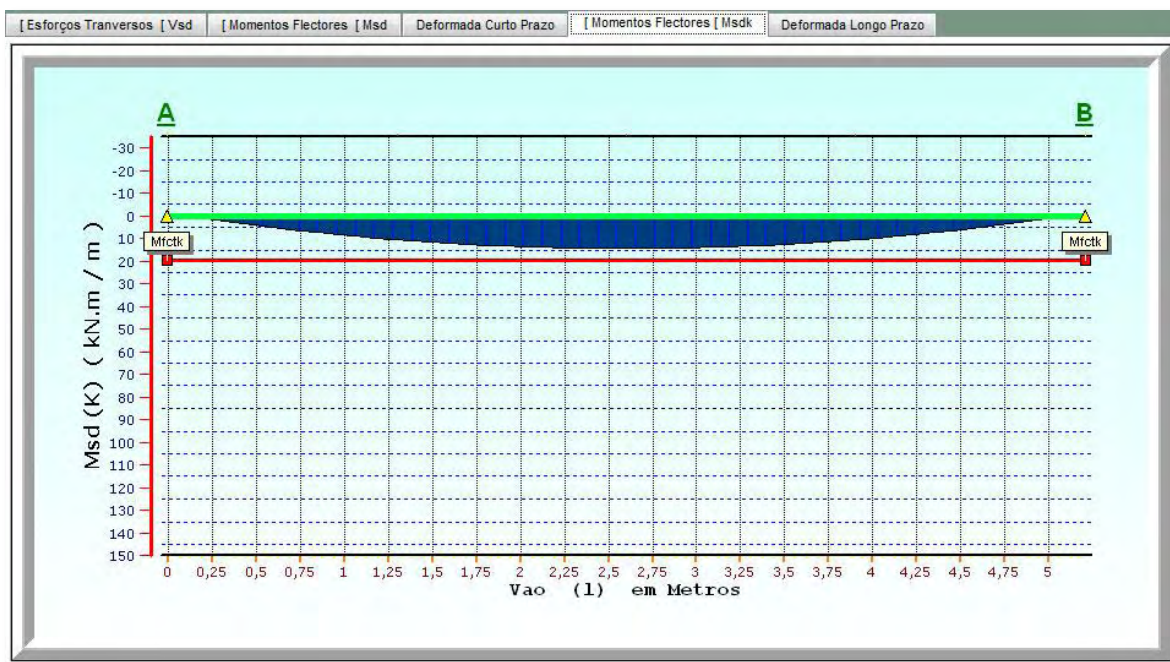
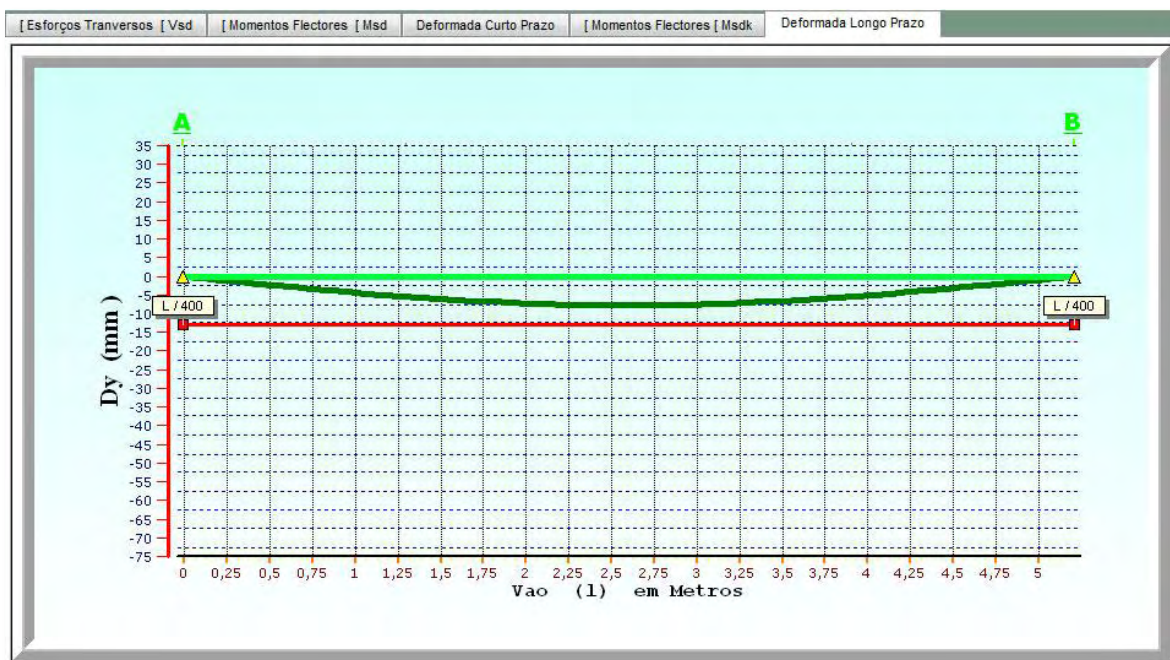


Diagrama de Momentos Flectores (M_{sd})

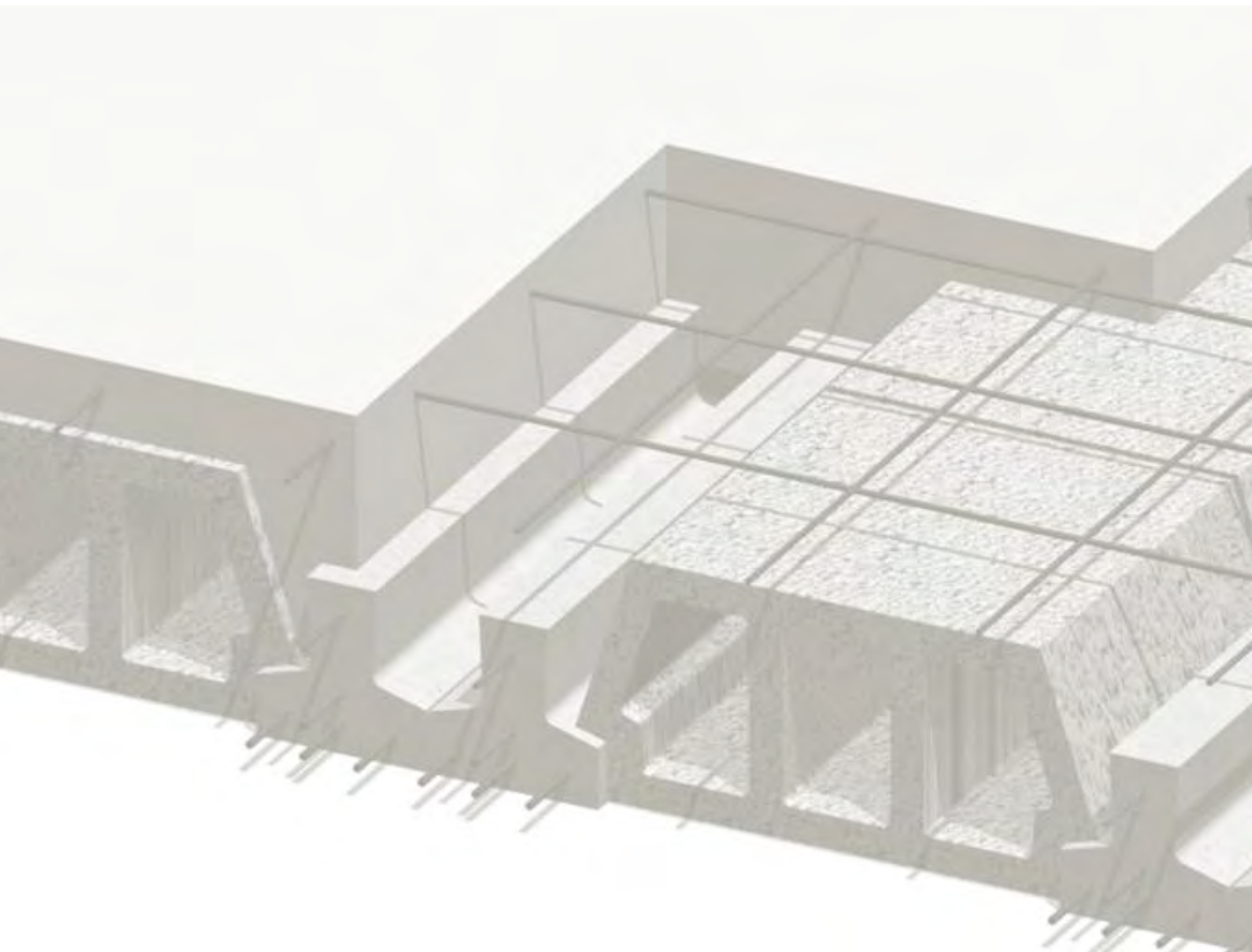


Deformada a longo prazo

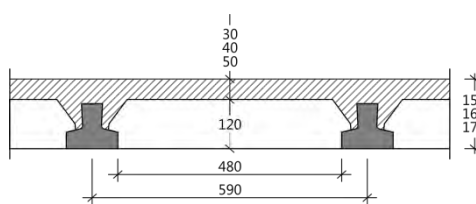


7.0 TABELAS DE CÁLCULO

7.1. Valores de Cálculo dos Pavimentos



ELEMENTOS DE CÁLCULO

TIPO DE PAVIMENTO CORTE TRANSVERSAL	ESPESSURA <i>mm</i>		VIGOTA	PESO PRÓPRIO <i>kN/m²</i>	ESTADOS LIMITES			
	TOTAL	ACIMA DO BLOCO			ÚLTIMOS		DE UTILIZAÇÃO	
					M_{Rd} <i>kNm/m</i>	V_{Rd} <i>kN/m</i>	M_{fctk} <i>kNm/m</i>	EI <i>kNm²/m</i>
V2/V4-BL48X12-15/17 	150	30	V2	1,74	9,0	12,7	5,1	3190
	160	40	V2	1,98	9,9	13,7	5,6	3891
	170	50	V2	2,22	10,8	14,7	6,2	4653
	150	30	V3	1,75	12,5	12,7	6,8	3214
	160	40	V3	1,99	13,6	13,7	7,6	3919
	170	50	V3	2,23	14,8	14,7	8,3	4687
	150	30	V4	1,75	14,7	12,7	7,1	3222
	160	40	V4	1,99	16,2	13,7	7,9	3930
	170	50	V4	2,23	17,6	14,7	8,6	4702

ELEMENTOS DE MEDIÇÃO

ESPESSURA DA LAJE <i>mm</i>	QUANTIDADES POR M ²			VIGOTA	ARMADURA DE DISTRIBUIÇÃO <i>mm²/m</i>		
	VIGOTAS <i>m</i>	BLOCOS <i>un</i>	BETÃO <i>l</i>		A235	A400	A500
150	1,69	7,37	38,2	V2	76	45	36 - AR30
160			48,2	V3	104	61	49 - AR30
170			58,2	V4	133	79	63 - AR30

PERFORMANCE ACÚSTICA E RESISTÊNCIA AO FOGO

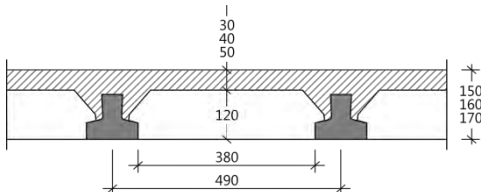
ESPESSURA PAVIMENTO <i>mm</i>	VIGOTA	R_w ISOLAMENTO ACÚSTICO AO RUIDO AÉREO ⁽¹⁾ <i>dB</i>	L_{n,w} ISOLAMENTO ACÚSTICO AO RUIDO DE IMPACTO ⁽²⁾ <i>dB</i>	GRAU DE RESISTÊNCIA AO FOGO ⁽³⁾ <i>Duração em minuto</i>	CLASSE DE REAÇÃO AO FOGO ⁽⁴⁾
150	V2, V3, V4	45	90	30	A1
160	V2, V3, V4	47	88	30	A1
170	V2, V3, V4	49	87, 86, 86	30	A1

⁽¹⁾⁽²⁾ Cálculos de acordo com ANEXO L da NP EN 15037-1, considerando uma massa adicional ao pavimento de 60 kg/m² (betonilhas e argamassas) correspondente a um acréscimo na espessura total (H) do pavimento de 5 cm. Como alternativa aos resultados de ensaio, o isolamento acústico ao ruído aéreo poderá ser avaliado a partir da massa por unidade de área (em dB): $R_w = 40 \log(M_R) - 56 + \frac{3}{8} \left(\frac{M_R}{h_t} \right)$, onde M_R é a massa do pavimento, em Kg/m²; h_t é a espessura do pavimento, em cm (sem ter em conta o revestimento de acabamento ou da laje flutuante). Como alternativa aos resultados de ensaio, o isolamento acústico ao ruído de impacto poderá ser avaliado a partir da massa por unidade de área (em dB): $L_{n,w} = 170 - 35 \log(M_{ep})$, onde M_R é a massa do pavimento, em Kg/m²; M_{ep} é a massa equivalente do pavimento, em Kg/m²; $M_{ep} = M_R - M_r$ com $M_r = 80 \left(\frac{h}{H} \right)$ para os blocos de cofragem em betão; h é a espessura do bloco de cofragem alveolado, em cm; H é a espessura total do pavimento, em cm;

⁽³⁾ Graus de resistência ao fogo de pavimentos compostos para habitações com vigotas comuns de acordo com ANEXO K da NP EN 15037-1, não considerando qualquer tipo de revestimento na face inferior do pavimento.

⁽⁴⁾ Norma europeia de classificação EN 13501-1, realização de ensaios segundo normas EN ISO 1182 e EN ISO 1716.

ELEMENTOS DE CÁLCULO

TIPO DE PAVIMENTO CORTE TRANSVERSAL	ESPESSURA <i>mm</i>		VIGOTA	PESO PRÓPRIO <i>kN/m²</i>	ESTADOS LIMITES			
	TOTAL	ACIMA DO BLOCO			ÚLTIMOS		DE UTILIZAÇÃO	
					M_{Rd} <i>kNm/m</i>	V_{Rd} <i>kN/m</i>	M_{fctk} <i>kNm/m</i>	EI <i>kNm²/m</i>
V2/V4-BL38X12-15/17 	150	30	V2	1,87	10,8	15,3	6,0	3614
	160	40	V2	2,11	11,8	16,5	6,6	4419
	170	50	V2	2,35	13,0	17,7	7,4	5295
	150	30	V3	1,88	14,9	15,3	8,0	3641
	160	40	V3	2,12	16,2	16,5	8,9	4451
	170	50	V3	2,36	17,7	17,7	9,9	5332
	150	30	V4	1,89	17,5	15,3	8,3	3648
	160	40	V4	2,13	19,3	16,5	9,2	4462
	170	50	V4	2,37	21,0	17,7	10,3	5348

ELEMENTOS DE MEDIÇÃO

ESPESSURA DA LAJE <i>mm</i>	QUANTIDADES POR M ²			VIGOTA	ARMADURA DE DISTRIBUIÇÃO <i>mm²/m</i>		
	VIGOTAS <i>m</i>	BLOCOS <i>un</i>	BETÃO <i>l</i>		A235	A400	A500
150	2,04	8,87	40,8	V2	91	54	43 - AR30
160			50,8	V3	126	74	59 - AR30
170			60,8	V4	160	94	75 - AR30

PERFORMANCE ACÚSTICA E RESISTÊNCIA AO FOGO

ESPESSURA PAVIMENTO <i>mm</i>	VIGOTA	R_w ISOLAMENTO ACÚSTICO AO RUIDO AÉREO ⁽¹⁾ <i>dB</i>	L_{n,w} ISOLAMENTO ACÚSTICO AO RUIDO DE IMPACTO ⁽²⁾ <i>dB</i>	GRAU DE RESISTÊNCIA AO FOGO ⁽³⁾ <i>Duração em minuto</i>	CLASSE DE REAÇÃO AO FOGO ⁽⁴⁾
150	V2, V3, V4	46	89	30	A1
160	V2, V3, V4	48	87	30	A1
170	V2, V3, V4	50	86	30	A1

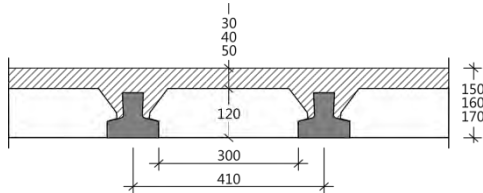
⁽¹⁾⁽²⁾ Cálculos de acordo com ANEXO L da NP EN 15037-1, considerando uma massa adicional ao pavimento de 60 kg/m² (betonilhas e argamassas) correspondente a um acréscimo na espessura total (H) do pavimento de 5 cm. Como alternativa aos resultados de ensaio, o isolamento acústico ao ruído aéreo poderá ser avaliado a partir da massa por unidade de área (em dB): $R_w = 40 \log(M_R) - 56 + \frac{3}{8} \left(\frac{M_R}{h_t} \right)$, onde M_R é a massa do pavimento, em Kg/m²; h_t é a espessura do pavimento, em cm (sem ter em conta o revestimento de acabamento ou da laje flutuante). Como alternativa aos resultados de ensaio, o isolamento acústico ao ruído de impacto poderá ser avaliado a partir da massa por unidade de área (em dB): $L_{n,w} = 170 - 35 \log(M_{ep})$, onde M_R é a massa do pavimento, em Kg/m²; M_{ep} é a massa equivalente do pavimento, em Kg/m²; $M_{ep} = M_R - M_r$ com $M_r = 80 \left(\frac{h}{H} \right)$ para os blocos de cofragem em betão; h é a espessura do bloco de cofragem alveolado, em cm; H é a espessura total do pavimento, em cm;

⁽³⁾ Graus de resistência ao fogo de pavimentos compostos para habitações com vigotas comuns de acordo com ANEXO K da NP EN 15037-1, não considerando qualquer tipo de revestimento na face inferior do pavimento.

⁽⁴⁾ Norma europeia de classificação EN 13501-1, realização de ensaios segundo normas EN ISO 1182 e EN ISO 1716.

ELEMENTOS DE CÁLCULO

TIPO DE PAVIMENTO CORTE TRANSVERSAL	ESPESSURA <i>mm</i>		VIGOTA	PESO PRÓPRIO <i>kN/m²</i>	ESTADOS LIMITES			
	TOTAL	ACIMA DO BLOCO			ÚLTIMOS		DE UTILIZAÇÃO	
					M_{Rd} <i>kNm/m</i>	V_{Rd} <i>kN/m</i>	M_{fctk} <i>kNm/m</i>	EI <i>kNm²/m</i>

V2/V4- BL30x12-15/17 	150	30	V2	1,93	12,9	18,3	7,0	4048
	160	40	V2	2,17	14,2	19,7	7,8	4961
	170	50	V2	2,41	15,4	21,1	8,6	5949
	150	30	V3	1,93	17,6	18,3	9,4	4077
	160	40	V3	2,17	19,4	19,7	10,5	4997
	170	50	V3	2,41	21,0	21,1	11,5	5992
	150	30	V4	1,94	20,5	18,3	9,8	4084
	160	40	V4	2,18	22,8	19,7	10,9	5009
	170	50	V4	2,42	24,8	21,1	12,0	6008

ELEMENTOS DE MEDIÇÃO

ESPESSURA DA LAJE <i>mm</i>	QUANTIDADES POR M ²			VIGOTA	ARMADURA DE DISTRIBUIÇÃO <i>mm²/m</i>		
	VIGOTAS <i>m</i>	BLOCOS <i>un</i>	BETÃO <i>/</i>		A235	A400	A500
150	2,44	10,60	41,9	V2	109	64	53 - AR30
160			51,9	V3	150	88	71 - AR30
170			61,9	V4	191	112	90 - AR34

PERFORMANCE ACÚSTICA E RESISTÊNCIA AO FOGO

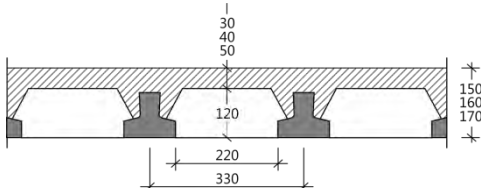
ESPESSURA PAVIMENTO <i>mm</i>	VIGOTA	<i>R_w</i> ISOLAMENTO ACÚSTICO AO RUIDO AÉREO ⁽¹⁾ <i>dB</i>	<i>L_{n,w}</i> ISOLAMENTO ACÚSTICO AO RUIDO DE IMPACTO ⁽²⁾ <i>dB</i>	GRAU DE RESISTÊNCIA AO FOGO ⁽³⁾ <i>Duração em minuto</i>	CLASSE DE REAÇÃO AO FOGO ⁽⁴⁾
150	V2, V3, V4	47	89	30	A1
160	V2, V3, V4	49	87	30	A1
170	V2, V3, V4	50	85	30	A1

⁽¹⁾⁽²⁾ Cálculos de acordo com ANEXO L da NP EN 15037-1, considerando uma massa adicional ao pavimento de 60 kg/m² (betonilhas e argamassas) correspondente a um acréscimo na espessura total (H) do pavimento de 5 cm. Como alternativa aos resultados de ensaio, o isolamento acústico ao ruído aéreo poderá ser avaliado a partir da massa por unidade de área (em dB): $R_w = 40 \log(M_R) - 56 + \frac{3}{8} \left(\frac{M_R}{h_t} \right)$, onde M_R é a massa do pavimento, em Kg/m²; h_t é a espessura do pavimento, em cm (sem ter em conta o revestimento de acabamento ou da laje flutuante). Como alternativa aos resultados de ensaio, o isolamento acústico ao ruído de impacto poderá ser avaliado a partir da massa por unidade de área (em dB): $L_{n,w} = 170 - 35 \log(M_{ep})$, onde M_R é a massa do pavimento, em Kg/m²; M_{ep} é a massa equivalente do pavimento, em Kg/m²; $M_{ep} = M_R - M_r$ com $M_r = 80 \left(\frac{h}{H} \right)$ para os blocos de cofragem em betão; h é a espessura do bloco de cofragem alveolado, em cm; H é a espessura total do pavimento, em cm;

⁽³⁾ Graus de resistência ao fogo de pavimentos compostos para habitações com vigotas comuns, de acordo com ANEXO K da NP EN 15037-1, não considerando qualquer tipo de revestimento na face inferior do pavimento.

⁽⁴⁾ Norma europeia de classificação EN 13501-1, realização de ensaios segundo normas EN ISO 1182 e EN ISO 1716.

ELEMENTOS DE CÁLCULO

TIPO DE PAVIMENTO CORTE TRANSVERSAL	ESPESSURA <i>mm</i>		VIGOTA	PESO PRÓPRIO <i>kN/m²</i>	ESTADOS LIMITES			
	TOTAL	ACIMA DO BLOCO			ÚLTIMOS		DE UTILIZAÇÃO	
					M_{Rd} <i>kNm/m</i>	V_{Rd} <i>kN/m</i>	M_{fctk} <i>kNm/m</i>	EI <i>kNm²/m</i>
	150	30	V2	2,19	16,0	22,7	8,4	4651
	160	40	V2	2,43	17,4	24,5	9,4	5718
	170	50	V2	2,67	19,1	26,2	10,4	6877
	150	30	V3	2,20	21,6	22,7	11,2	4683
	160	40	V3	2,44	23,6	24,5	12,6	5757
	170	50	V3	2,68	25,8	26,2	14,0	6924
	150	30	V4	2,21	24,1	22,7	11,7	4690
	160	40	V4	2,45	27,0	24,5	13,1	5768
	170	50	V4	2,69	30,0	26,2	14,6	6940

ELEMENTOS DE MEDIÇÃO

ESPESSURA DA LAJE <i>mm</i>	QUANTIDADES POR M ²			VIGOTA	ARMADURA DE DISTRIBUIÇÃO <i>mm²/m</i>		
	VIGOTAS <i>m</i>	BLOCOS <i>un</i>	BETÃO <i>l</i>		A235	A400	A500
150	3,03	13,18	45,2	V2	136	80	64 - AR30
160			55,2	V3	186	110	87 - AR34
170			65,2	V4	237	139	112 - AR34

PERFORMANCE ACÚSTICA E RESISTÊNCIA AO FOGO

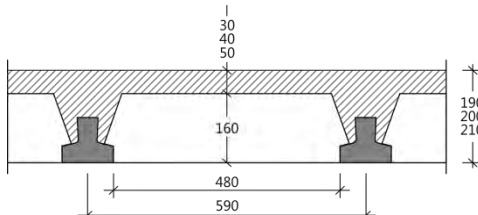
ESPESSURA PAVIMENTO <i>mm</i>	VIGOTA	R_w ISOLAMENTO ACÚSTICO AO RUIDO AÉREO ⁽¹⁾ <i>dB</i>	L_{n,w} ISOLAMENTO ACÚSTICO AO RUIDO DE IMPACTO ⁽²⁾ <i>dB</i>	GRAU DE RESISTÊNCIA AO FOGO ⁽³⁾ <i>Duração em minuto</i>	CLASSE DE REAÇÃO AO FOGO ⁽⁴⁾
150	V2, V3, V4	48	86	30	A1
160	V2, V3, V4	49	85	30	A1
170	V2, V3, V4	51	84, 83,83	30	A1

⁽¹⁾⁽²⁾ Cálculos de acordo com ANEXO L da NP EN 15037-1, considerando uma massa adicional ao pavimento de 60 kg/m² (betonilhas e argamassas) correspondente a um acréscimo na espessura total (H) do pavimento de 5 cm. Como alternativa aos resultados de ensaio, o isolamento acústico ao ruído aéreo poderá ser avaliado a partir da massa por unidade de área (em dB): $R_w = 40 \log(M_R) - 56 + \frac{3}{8} \left(\frac{M_R}{h_t} \right)$, onde M_R é a massa do pavimento, em Kg/m²; h_t é a espessura do pavimento, em cm (sem ter em conta o revestimento de acabamento ou da laje flutuante). Como alternativa aos resultados de ensaio, o isolamento acústico ao ruído de impacto poderá ser avaliado a partir da massa por unidade de área (em dB): $L_{n,w} = 170 - 35 \log(M_{ep})$, onde M_R é a massa do pavimento, em Kg/m²; M_{ep} é a massa equivalente do pavimento, em Kg/m²; $M_{ep} = M_R - M_r$ com $M_r = 80 \left(\frac{h}{H} \right)$ para os blocos de cofragem em betão; h é a espessura do bloco de cofragem alveolado, em cm; H é a espessura total do pavimento, em cm;

⁽³⁾ Graus de resistência ao fogo de pavimentos compostos para habitações com vigotas comuns, de acordo com ANEXO K da NP EN 15037-1, não considerando qualquer tipo de revestimento na face inferior do pavimento.

⁽⁴⁾ Norma europeia de classificação EN 13501-1, realização de ensaios segundo normas EN ISO 1182 e EN ISO 1716.

ELEMENTOS DE CÁLCULO

TIPO DE PAVIMENTO CORTE TRANSVERSAL	ESPESSURA <i>mm</i>		VIGOTA	PESO PRÓPRIO <i>kN/m²</i>	ESTADOS LIMITES			
	TOTAL	ACIMA DO BLOCO			ÚLTIMOS		DE UTILIZAÇÃO	
					M_{Rd} <i>kNm/m</i>	V_{Rd} <i>kN/m</i>	M_{fctk} <i>kNm/m</i>	EI <i>kNm²/m</i>
V2/V4-BL48X16-19/21 	190	30	V2	1,99	12,5	16,6	7,6	6231
	200	40	V2	2,23	13,4	17,6	8,3	7407
	210	50	V2	2,47	14,3	18,6	8,8	8624
	190	30	V3	2,00	17,1	16,6	10,2	6272
	200	40	V3	2,24	18,3	17,6	11,1	7456
	210	50	V3	2,48	19,5	18,6	11,8	8680
	190	30	V4	2,00	20,5	16,6	10,6	6290
	200	40	V4	2,24	22,1	17,6	11,6	7480
	210	50	V4	2,48	23,6	18,6	12,3	8709

ELEMENTOS DE MEDIÇÃO

ESPESSURA DA LAJE <i>mm</i>	QUANTIDADES POR M ²			VIGOTA	ARMADURA DE DISTRIBUIÇÃO <i>mm²/m</i>		
	VIGOTAS <i>m</i>	BLOCOS <i>un</i>	BETÃO <i>l</i>		A235	A400	A500
190	1,69	7,37	46,2	V2	70	45	36 - AR30
200			56,2	V3	103	61	49 - AR30
210			66,2	V4	133	79	63 - AR30

PERFORMANCE ACÚSTICA E RESISTÊNCIA AO FOGO

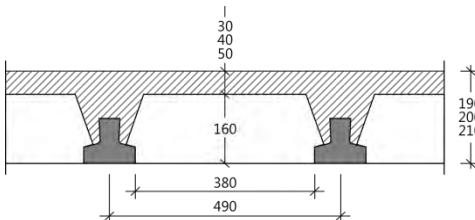
ESPESSURA PAVIMENTO <i>mm</i>	VIGOTA	R_w ISOLAMENTO ACÚSTICO AO RUIDO AÉREO ⁽¹⁾ <i>dB</i>	L_{n,w} ISOLAMENTO ACÚSTICO AO RUIDO DE IMPACTO ⁽²⁾ <i>dB</i>	GRAU DE RESISTÊNCIA AO FOGO ⁽³⁾ <i>Duração em minuto</i>	CLASSE DE REAÇÃO AO FOGO ⁽⁴⁾
190	V2, V3, V4	46	89	30	A1
200	V2, V3, V4	48	87	30	A1
210	V2, V3, V4	49	85	30	A1

⁽¹⁾⁽²⁾ Cálculos de acordo com ANEXO L da NP EN 15037-1, considerando uma massa adicional ao pavimento de 60 kg/m² (betonilhas e argamassas) correspondente a um acréscimo na espessura total (H) do pavimento de 5 cm. Como alternativa aos resultados de ensaio, o isolamento acústico ao ruído aéreo poderá ser avaliado a partir da massa por unidade de área (em dB): $R_w = 40 \log(M_R) - 56 + \frac{3}{8} \left(\frac{M_R}{h_t} \right)$, onde M_R é a massa do pavimento, em Kg/m²; h_t é a espessura do pavimento, em cm (sem ter em conta o revestimento de acabamento ou da laje flutuante). Como alternativa aos resultados de ensaio, o isolamento acústico ao ruído de impacto poderá ser avaliado a partir da massa por unidade de área (em dB): $L_{n,w} = 170 - 35 \log(M_{ep})$, onde M_R é a massa do pavimento, em Kg/m²; M_{ep} é a massa equivalente do pavimento, em Kg/m²; $M_{ep} = M_R - M_r$ com $M_r = 80 \left(\frac{h}{H} \right)$ para os blocos de cofragem em betão; h é a espessura do bloco de cofragem alveolado, em cm; H é a espessura total do pavimento, em cm;

⁽³⁾ Graus de resistência ao fogo de pavimentos compostos para habitações com vigotas comuns, de acordo com ANEXO K da NP EN 15037-1, não considerando qualquer tipo de revestimento na face inferior do pavimento.

⁽⁴⁾ Norma europeia de classificação EN 13501-1, realização de ensaios segundo normas EN ISO 1182 e EN ISO 1716.

ELEMENTOS DE CÁLCULO

TIPO DE PAVIMENTO CORTE TRANSVERSAL	ESPESSURA <i>mm</i>		VIGOTA	PESO PRÓPRIO <i>kN/m²</i>	ESTADOS LIMITES			
	TOTAL	ACIMA DO BLOCO			ÚLTIMOS		DE UTILIZAÇÃO	
					M_{Rd} <i>kNm/m</i>	V_{Rd} <i>kN/m</i>	M_{fctk} <i>kNm/m</i>	EI <i>kNm²/m</i>
V2/V4-BL38x16-19/21 	190	30	V2	2,18	15,1	20,0	9,0	7034
	200	40	V2	2,42	16,0	21,2	9,8	8381
	210	50	V2	2,66	17,1	22,4	10,5	9778
	190	30	V3	2,19	20,5	20,0	12,0	7078
	200	40	V3	2,43	21,9	21,2	13,1	8434
	210	50	V3	2,67	23,2	22,4	14,1	9839
	190	30	V4	2,20	24,6	20,0	12,6	7098
	200	40	V4	2,44	26,2	21,2	13,7	8460
	210	50	V4	2,68	28,1	22,4	14,8	9872

ELEMENTOS DE MEDIÇÃO

ESPESSURA DA LAJE <i>mm</i>	QUANTIDADES POR M ²			VIGOTA	ARMADURA DE DISTRIBUIÇÃO <i>mm²/m</i>		
	VIGOTAS <i>m</i>	BLOCOS <i>un</i>	BETÃO <i>l</i>		A235	A400	A500
190	2,04	8,87	49,5	V2	91	54	43 - AR30
200			59,5	V3	126	74	59 - AR30
210			69,5	V4	160	94	75 - AR30

PERFORMANCE ACÚSTICA E RESISTÊNCIA AO FOGO

ESPESSURA PAVIMENTO <i>mm</i>	VIGOTA	R_w ISOLAMENTO ACÚSTICO AO RUIDO AÉREO ⁽¹⁾ <i>dB</i>	L_{n,w} ISOLAMENTO ACÚSTICO AO RUIDO DE IMPACTO ⁽²⁾ <i>dB</i>	GRAU DE RESISTÊNCIA AO FOGO ⁽³⁾ <i>Duração em minuto</i>	CLASSE DE REAÇÃO AO FOGO ⁽⁴⁾
190	V2, V3, V4	48	87	30	A1
200	V2, V3, V4	49	86	30	A1
210	V2, V3, V4	51	84	30	A1

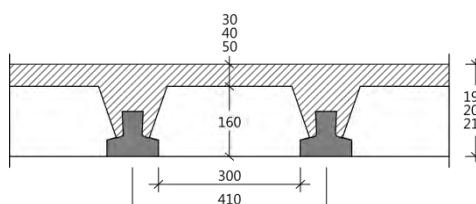
⁽¹⁾⁽²⁾ Cálculos de acordo com ANEXO L da NP EN 15037-1, considerando uma massa adicional ao pavimento de 60 kg/m² (betonilhas e argamassas) correspondente a um acréscimo na espessura total (H) do pavimento de 5 cm. Como alternativa aos resultados de ensaio, o isolamento acústico ao ruído aéreo poderá ser avaliado a partir da massa por unidade de área (em dB): $R_w = 40 \log(M_R) - 56 + \frac{3}{8} \left(\frac{M_R}{h_t} \right)$, onde M_R é a massa do pavimento, em Kg/m²; h_t é a espessura do pavimento, em cm (sem ter em conta o revestimento de acabamento ou da laje flutuante). Como alternativa aos resultados de ensaio, o isolamento acústico ao ruído de impacto poderá ser avaliado a partir da massa por unidade de área (em dB): $L_{n,w} = 170 - 35 \log(M_{ep})$, onde M_R é a massa do pavimento, em Kg/m²; M_{ep} é a massa equivalente do pavimento, em Kg/m²; $M_{ep} = M_R - M_r$ com $M_r = 80 \left(\frac{h}{H} \right)$ para os blocos de cofragem em betão; h é a espessura do bloco de cofragem alveolado, em cm; H é a espessura total do pavimento, em cm;

⁽³⁾ Graus de resistência ao fogo de pavimentos compostos para habitações com vigotas comuns, de acordo com ANEXO K da NP EN 15037-1, não considerando qualquer tipo de revestimento na face inferior do pavimento.

⁽⁴⁾ Norma europeia de classificação EN 13501-1, realização de ensaios segundo normas EN ISO 1182 e EN ISO 1716.

ELEMENTOS DE CÁLCULO

TIPO DE PAVIMENTO CORTE TRANSVERSAL	ESPESSURA <i>mm</i>		VIGOTA	PESO PRÓPRIO <i>kN/m²</i>	ESTADOS LIMITES			
	TOTAL	ACIMA DO BLOCO			ÚLTIMOS		DE UTILIZAÇÃO	
					M_{Rd} <i>kNm/m</i>	V_{Rd} <i>kN/m</i>	M_{fctk} <i>kNm/m</i>	EI <i>kNm²/m</i>

V2/V4-BL30x16-19/21 	190	30	V2	2,23	17,9	23,9	10,5	7882
	200	40	V2	2,47	19,1	25,3	11,5	9402
	210	50	V2	2,71	20,3	26,7	12,3	10985
	190	30	V3	2,24	24,3	23,9	14,1	7931
	200	40	V3	2,48	25,9	25,3	15,3	9461
	210	50	V3	2,72	27,6	26,7	16,5	11053
	190	30	V4	2,25	29,0	23,9	14,7	7952
	200	40	V4	2,49	31,0	25,3	16,0	9489
	210	50	V4	2,73	33,0	26,7	17,2	11087

ELEMENTOS DE MEDIÇÃO

ESPESSURA DA LAJE <i>mm</i>	QUANTIDADES POR M ²			VIGOTA	ARMADURA DE DISTRIBUIÇÃO <i>mm²/m</i>		
	VIGOTAS <i>m</i>	BLOCOS <i>un</i>	BETÃO <i>l</i>		A235	A400	A500
190	2,44	10,60	53,3	V2	109	64	53 - AR30
200			63,3	V3	150	88	71 - AR30
210			73,3	V4	191	112	90 - AR34

PERFORMANCE ACÚSTICA E RESISTÊNCIA AO FOGO

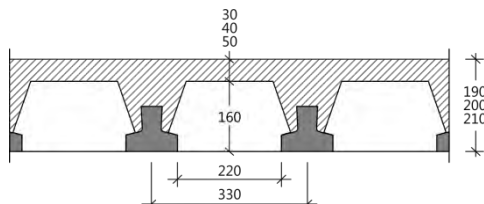
ESPESSURA PAVIMENTO <i>mm</i>	VIGOTA	R_w ISOLAMENTO ACÚSTICO AO RUIDO AÉREO ⁽¹⁾ <i>dB</i>	L_{n,w} ISOLAMENTO ACÚSTICO AO RUIDO DE IMPACTO ⁽²⁾ <i>dB</i>	GRAU DE RESISTÊNCIA AO FOGO ⁽³⁾ <i>Duração em minuto</i>	CLASSE DE REAÇÃO AO FOGO ⁽⁴⁾
190	V2, V3, V4	48	87	30	A1
200	V2, V3, V4	50	85	30	A1
210	V2, V3, V4	49, 51, 51	86, 84, 84	30	A1

⁽¹⁾⁽²⁾ Cálculos de acordo com ANEXO L da NP EN 15037-1, considerando uma massa adicional ao pavimento de 60 kg/m² (betonilhas e argamassas) correspondente a um acréscimo na espessura total (H) do pavimento de 5 cm. Como alternativa aos resultados de ensaio, o isolamento acústico ao ruído aéreo poderá ser avaliado a partir da massa por unidade de área (em dB): $R_w = 40 \log(M_R) - 56 + \frac{3}{8} \left(\frac{M_R}{h_t} \right)$, onde M_R é a massa do pavimento, em Kg/m²; h_t é a espessura do pavimento, em cm (sem ter em conta o revestimento de acabamento ou da laje flutuante). Como alternativa aos resultados de ensaio, o isolamento acústico ao ruído de impacto poderá ser avaliado a partir da massa por unidade de área (em dB): $L_{n,w} = 170 - 35 \log(M_{ep})$, onde M_R é a massa do pavimento, em Kg/m²; M_{ep} é a massa equivalente do pavimento, em Kg/m²; $M_{ep} = M_R - M_r$ com $M_r = 80 \left(\frac{h}{H} \right)$ para os blocos de cofragem em betão; h é a espessura do bloco de cofragem alveolado, em cm; H é a espessura total do pavimento, em cm;

⁽³⁾ Graus de resistência ao fogo de pavimentos compostos para habitações com vigotas comuns, de acordo com ANEXO K da NP EN 15037-1, não considerando qualquer tipo de revestimento na face inferior do pavimento.

⁽⁴⁾ Norma europeia de classificação EN 13501-1, realização de ensaios segundo normas EN ISO 1182 e EN ISO 1716.

ELEMENTOS DE CÁLCULO

TIPO DE PAVIMENTO CORTE TRANSVERSAL	ESPESSURA <i>mm</i>		VIGOTA	PESO PRÓPRIO <i>kN/m²</i>	ESTADOS LIMITES			
	TOTAL	ACIMA DO BLOCO			ÚLTIMOS		DE UTILIZAÇÃO	
					M_{Rd} <i>kNm/m</i>	V_{Rd} <i>kN/m</i>	M_{fctk} <i>kNm/m</i>	EI <i>kNm²/m</i>
V2/V4- BL22x16-19/21 	190	30	V2	2,55	22,2	29,7	12,6	9009
	200	40	V2	2,79	23,7	31,5	13,9	10752
	210	50	V2	3,03	25,2	33,2	14,9	12577
	190	30	V3	2,56	29,9	29,7	16,9	9065
	200	40	V3	2,80	32,0	31,5	18,5	10818
	210	50	V3	3,04	34,0	33,2	20,0	12653
	190	30	V4	2,57	35,0	29,7	17,6	9087
	200	40	V4	2,81	37,9	31,5	19,4	10847
	210	50	V4	3,05	40,3	33,2	20,8	12690

ELEMENTOS DE MEDIÇÃO

ESPESSURA DA LAJE <i>mm</i>	QUANTIDADES POR M ²			VIGOTA	ARMADURA DE DISTRIBUIÇÃO <i>mm²/m</i>		
	VIGOTAS <i>m</i>	BLOCOS <i>un</i>	BETÃO <i>l</i>		A235	A400	A500
190	3,03	13,18	57,9	V2	136	80	64 - AR30
200			67,9	V3	186	110	88 - AR34
210			77,9	V4	237	139	112 - AR38

PERFORMANCE ACÚSTICA E RESISTÊNCIA AO FOGO

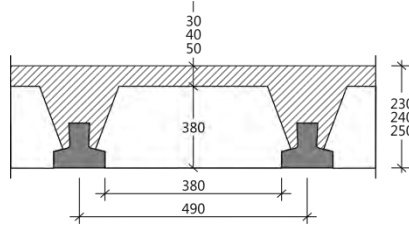
ESPESSURA PAVIMENTO <i>mm</i>	VIGOTA	R_w ISOLAMENTO ACÚSTICO AO RUIDO AÉREO ⁽¹⁾ <i>dB</i>	L_{n,w} ISOLAMENTO ACÚSTICO AO RUIDO DE IMPACTO ⁽²⁾ <i>dB</i>	GRAU DE RESISTÊNCIA AO FOGO ⁽³⁾ <i>Duração em minuto</i>	CLASSE DE REAÇÃO AO FOGO ⁽⁴⁾
190	V2, V3, V4	51	85	30	A1
200	V2, V3, V4	52	84	30	A1
210	V2, V3, V4	53	82	30	A1

⁽¹⁾⁽²⁾ Cálculos de acordo com ANEXO L da NP EN 15037-1, considerando uma massa adicional ao pavimento de 60 kg/m² (betonilhas e argamassas) correspondente a um acréscimo na espessura total (H) do pavimento de 5 cm. Como alternativa aos resultados de ensaio, o isolamento acústico ao ruído aéreo poderá ser avaliado a partir da massa por unidade de área (em dB): $R_w = 40 \log(M_R) - 56 + \frac{3}{8} \left(\frac{M_R}{h_t} \right)$, onde M_R é a massa do pavimento, em Kg/m²; h_t é a espessura do pavimento, em cm (sem ter em conta o revestimento de acabamento ou da laje flutuante). Como alternativa aos resultados de ensaio, o isolamento acústico ao ruído de impacto poderá ser avaliado a partir da massa por unidade de área (em dB): $L_{n,w} = 170 - 35 \log(M_{ep})$, onde M_R é a massa do pavimento, em Kg/m²; M_{ep} é a massa equivalente do pavimento, em Kg/m²; $M_{ep} = M_R - M_r$ com $M_r = 80 \left(\frac{h}{H} \right)$ para os blocos de cofragem em betão; h é a espessura do bloco de cofragem alveolado, em cm; H é a espessura total do pavimento, em cm;

⁽³⁾ Graus de resistência ao fogo de pavimentos compostos para habitações com vigotas comuns, de acordo com ANEXO K da NP EN 15037-1, não considerando qualquer tipo de revestimento na face inferior do pavimento.

⁽⁴⁾ Norma europeia de classificação EN 13501-1, realização de ensaios segundo normas EN ISO 1182 e EN ISO 1716.

ELEMENTOS DE CÁLCULO

TIPO DE PAVIMENTO CORTE TRANSVERSAL	ESPESSURA <i>mm</i>		VIGOTA	PESO PRÓPRIO <i>kN/m²</i>	ESTADOS LIMITES			
	TOTAL	ACIMA DO BLOCO			ÚLTIMOS		DE UTILIZAÇÃO	
					M_{Rd} <i>kNm/m</i>	V_{Rd} <i>kN/m</i>	M_{fctk} <i>kNm/m</i>	EI <i>kNm²/m</i>
V2/V4-BL38x20-23/25 	230	30	V2	2,54	19,2	24,7	12,1	12058
	240	40	V2	2,78	20,3	25,9	13,1	14098
	250	50	V2	3,02	21,3	27,1	13,7	16176
	230	30	V3	2,54	26,0	24,7	16,3	12126
	240	40	V3	2,78	27,5	25,9	17,5	14178
	250	50	V3	3,02	28,9	27,1	18,4	16267
	230	30	V4	2,55	31,5	24,7	16,8	12164
	240	40	V4	2,79	33,3	25,9	18,3	14223
	250	50	V4	3,03	35,0	27,1	19,3	16320

ELEMENTOS DE MEDIÇÃO

ESPESSURA DA LAJE <i>mm</i>	QUANTIDADES POR M ²			VIGOTA	ARMADURA DE DISTRIBUIÇÃO <i>mm²/m</i>		
	VIGOTAS <i>m</i>	BLOCOS <i>un</i>	BETÃO <i>l</i>		A235	A400	A500
230	2,04	8,87	62,1	V2	91	54	43 - AR30
240			72,1	V3	126	74	59 - AR30
250			82,1	V4	160	94	75 - AR30

PERFORMANCE ACÚSTICA E RESISTÊNCIA AO FOGO

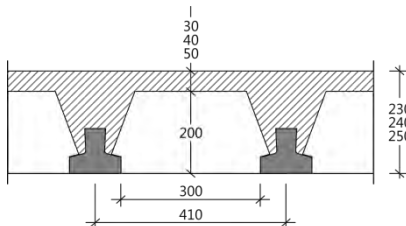
ESPESSURA PAVIMENTO <i>mm</i>	VIGOTA	R_w ISOLAMENTO ACÚSTICO AO RUIDO AÉREO ⁽¹⁾ <i>dB</i>	L_{n,w} ISOLAMENTO ACÚSTICO AO RUIDO DE IMPACTO ⁽²⁾ <i>dB</i>	GRAU DE RESISTÊNCIA AO FOGO ⁽³⁾ <i>Duração em minuto</i>	CLASSE DE REAÇÃO AO FOGO ⁽⁴⁾
230	V2, V3, V4	49	85	30	A1
240	V2, V3, V4	51	84	30	A1
250	V2, V3, V4	52	83	30	A1

⁽¹⁾⁽²⁾ Cálculos de acordo com ANEXO L da NP EN 15037-1, considerando uma massa adicional ao pavimento de 60 kg/m² (betonilhas e argamassas) correspondente a um acréscimo na espessura total (H) do pavimento de 5 cm. Como alternativa aos resultados de ensaio, o isolamento acústico ao ruído aéreo poderá ser avaliado a partir da massa por unidade de área (em dB): $R_w = 40 \log(M_R) - 56 + \frac{3}{8} \left(\frac{M_R}{h_t} \right)$, onde M_R é a massa do pavimento, em Kg/m²; h_t é a espessura do pavimento, em cm (sem ter em conta o revestimento de acabamento ou da laje flutuante). Como alternativa aos resultados de ensaio, o isolamento acústico ao ruído de impacto poderá ser avaliado a partir da massa por unidade de área (em dB): $L_{n,w} = 170 - 35 \log(M_{ep})$, onde M_R é a massa do pavimento, em Kg/m²; M_{ep} é a massa equivalente do pavimento, em Kg/m²; $M_{ep} = M_R - M_r$ com $M_r = 80 \left(\frac{h}{H} \right)$ para os blocos de cofragem em betão; h é a espessura do bloco de cofragem alveolado, em cm; H é a espessura total do pavimento, em cm;

⁽³⁾ Graus de resistência ao fogo de pavimentos compostos para habitações com vigotas comuns, de acordo com ANEXO K da NP EN 15037-1, não considerando qualquer tipo de revestimento na face inferior do pavimento.

⁽⁴⁾ Norma europeia de classificação EN 13501-1, realização de ensaios segundo normas EN ISO 1182 e EN ISO 1716.

ELEMENTOS DE CÁLCULO

TIPO DE PAVIMENTO CORTE TRANSVERSAL	ESPESSURA <i>mm</i>		VIGOTA	PESO PRÓPRIO <i>kN/m²</i>	ESTADOS LIMITES			
	TOTAL	ACIMA DO BLOCO			ÚLTIMOS		DE UTILIZAÇÃO	
					M_{Rd} <i>kNm/m</i>	V_{Rd} <i>kN/m</i>	M_{fctk} <i>kNm/m</i>	EI <i>kNm²/m</i>
V2/V4-BL30x20-23/25 	230	30	V2	2,62	22,9	29,5	14,3	13540
	240	40	V2	2,86	24,1	31,0	15,3	15817
	250	50	V2	3,10	25,4	32,4	16,2	18153
	230	30	V3	2,63	31,0	29,5	19,1	13616
	240	40	V3	2,87	32,6	31,0	20,5	15905
	250	50	V3	3,11	34,3	32,4	21,7	18523
	230	30	V4	2,64	37,5	29,5	19,9	13655
	240	40	V4	2,88	39,3	31,0	21,4	15954
	250	50	V4	3,12	41,5	32,4	22,6	18311

ELEMENTOS DE MEDIÇÃO

ESPESSURA DA LAJE <i>mm</i>	QUANTIDADES POR M ²			VIGOTA	ARMADURA DE DISTRIBUIÇÃO <i>mm²/m</i>		
	VIGOTAS <i>m</i>	BLOCOS <i>un</i>	BETÃO <i>l</i>		A235	A400	A500
230	2,44	10,60	68,4	V2	109	64	52 - AR30
240			78,4	V3	150	88	71 - AR30
250			88,4	V4	191	112	90 - AR34

PERFORMANCE ACÚSTICA E RESISTÊNCIA AO FOGO

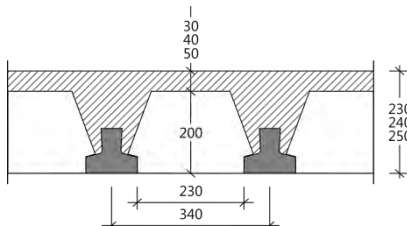
ESPESSURA PAVIMENTO <i>mm</i>	VIGOTA	R_w ISOLAMENTO ACÚSTICO AO RUIDO AÉREO ⁽¹⁾ <i>dB</i>	L_{n,w} ISOLAMENTO ACÚSTICO AO RUIDO DE IMPACTO ⁽²⁾ <i>dB</i>	GRAU DE RESISTÊNCIA AO FOGO ⁽³⁾ <i>Duração em minuto</i>	CLASSE DE REAÇÃO AO FOGO ⁽⁴⁾
230	V2, V3, V4	50	85	30	A1
240	V2, V3, V4	51	83	30	A1
250	V2, V3, V4	53	82	30	A1

⁽¹⁾⁽²⁾ Cálculos de acordo com ANEXO L da NP EN 15037-1, considerando uma massa adicional ao pavimento de 60 kg/m² (betonilhas e argamassas) correspondente a um acréscimo na espessura total (H) do pavimento de 5 cm. Como alternativa aos resultados de ensaio, o isolamento acústico ao ruído aéreo poderá ser avaliado a partir da massa por unidade de área (em dB): $R_w = 40 \log(M_R) - 56 + \frac{3}{8} \left(\frac{M_R}{h_t} \right)$, onde M_R é a massa do pavimento, em Kg/m²; h_t é a espessura do pavimento, em cm (sem ter em conta o revestimento de acabamento ou da laje flutuante). Como alternativa aos resultados de ensaio, o isolamento acústico ao ruído de impacto poderá ser avaliado a partir da massa por unidade de área (em dB): $L_{n,w} = 170 - 35 \log(M_{ep})$, onde M_R é a massa do pavimento, em Kg/m²; M_{ep} é a massa equivalente do pavimento, em Kg/m²; $M_{ep} = M_R - M_r$ com $M_r = 80 \left(\frac{h}{H} \right)$ para os blocos de cofragem em betão; h é a espessura do bloco de cofragem alveolado, em cm; H é a espessura total do pavimento, em cm;

⁽³⁾ Graus de resistência ao fogo de pavimentos compostos para habitações com vigotas comuns, de acordo com ANEXO K da NP EN 15037-1, não considerando qualquer tipo de revestimento na face inferior do pavimento.

⁽⁴⁾ Norma europeia de classificação EN 13501-1, realização de ensaios segundo normas EN ISO 1182 e EN ISO 1716.

ELEMENTOS DE CÁLCULO

TIPO DE PAVIMENTO CORTE TRANSVERSAL	ESPESSURA <i>mm</i>		VIGOTA	PESO PRÓPRIO <i>kN/m²</i>	ESTADOS LIMITES			
	TOTAL	ACIMA DO BLOCO			ÚLTIMOS		DE UTILIZAÇÃO	
					M_{Rd} <i>kNm/m</i>	V_{Rd} <i>kN/m</i>	M_{fctk} <i>kNm/m</i>	EI <i>kNm²/m</i>
V2/V4- BL23x20-23/25 	230	30	V2	3,00	27,5	35,6	16,9	15295
	240	40	V2	3,24	29,1	37,3	18,1	17817
	250	50	V2	3,48	30,4	39,0	19,2	20435
	230	30	V3	3,02	37,1	35,6	22,5	15380
	240	40	V3	3,26	39,1	37,3	24,1	17917
	250	50	V3	3,50	41,1	39,0	25,7	20547
	230	30	V4	3,03	44,4	35,6	23,5	15423
	240	40	V4	3,27	47,0	37,3	25,2	17969
	250	50	V4	3,51	49,4	39,0	26,9	20609

ELEMENTOS DE MEDIÇÃO

ESPESSURA DA LAJE <i>mm</i>	QUANTIDADES POR M ²			VIGOTA	ARMADURA DE DISTRIBUIÇÃO <i>mm²/m</i>		
	VIGOTAS <i>m</i>	BLOCOS <i>un</i>	BETÃO <i>l</i>		A235	A400	A500
230	2,94	12,79	76,3	V2	131	77	62 - AR30
240			86,3	V3	181	106	85 - AR34
250			96,3	V4	230	136	108 - AR38

PERFORMANCE ACÚSTICA E RESISTÊNCIA AO FOGO

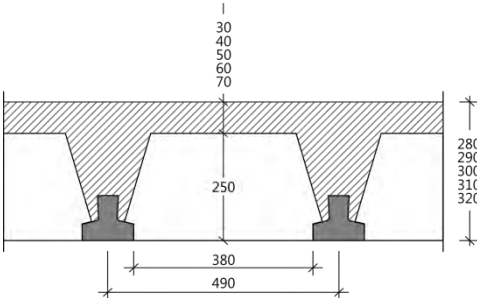
ESPESSURA PAVIMENTO <i>mm</i>	VIGOTA	R_w ISOLAMENTO ACÚSTICO AO RUIDO AÉREO ⁽¹⁾ <i>dB</i>	L_{n,w} ISOLAMENTO ACÚSTICO AO RUIDO DE IMPACTO ⁽²⁾ <i>dB</i>	GRAU DE RESISTÊNCIA AO FOGO ⁽³⁾ <i>Duração em minuto</i>	CLASSE DE REAÇÃO AO FOGO ⁽⁴⁾
230	V2, V3, V4	54	83	30	A1
240	V2, V3, V4	55	82	30	A1
250	V2, V3, V4	56	81	30	A1

⁽¹⁾⁽²⁾ Cálculos de acordo com ANEXO L da NP EN 15037-1, considerando uma massa adicional ao pavimento de 60 kg/m² (betonilhas e argamassas) correspondente a um acréscimo na espessura total (H) do pavimento de 5 cm. Como alternativa aos resultados de ensaio, o isolamento acústico ao ruído aéreo poderá ser avaliado a partir da massa por unidade de área (em dB): $R_w = 40 \log(M_R) - 56 + \frac{3}{8} \left(\frac{M_R}{h_t} \right)$, onde M_R é a massa do pavimento, em Kg/m²; h_t é a espessura do pavimento, em cm (sem ter em conta o revestimento de acabamento ou da laje flutuante). Como alternativa aos resultados de ensaio, o isolamento acústico ao ruído de impacto poderá ser avaliado a partir da massa por unidade de área (em dB): $L_{n,w} = 170 - 35 \log(M_{ep})$, onde M_R é a massa do pavimento, em Kg/m²; M_{ep} é a massa equivalente do pavimento, em Kg/m²; $M_{ep} = M_R - M_r$ com $M_r = 80 \left(\frac{h}{H} \right)$ para os blocos de cofragem em betão; h é a espessura do bloco de cofragem alveolado, em cm; H é a espessura total do pavimento, em cm;

⁽³⁾ Grau de resistência ao fogo de pavimentos compostos para habitações com vigotas comuns, de acordo com ANEXO K da NP EN 15037-1, não considerando qualquer tipo de revestimento na face inferior do pavimento.

⁽⁴⁾ Norma europeia de classificação EN 13501-1, realização de ensaios segundo normas EN ISO 1182 e EN ISO 1716.

ELEMENTOS DE CÁLCULO

TIPO DE PAVIMENTO CORTE TRANSVERSAL	ESPESSURA <i>mm</i>		VIGOTA	PESO PRÓPRIO <i>kN/m²</i>	ESTADOS LIMITES			
	TOTAL	ACIMA DO BLOCO			ÚLTIMOS		DE UTILIZAÇÃO	
					M_{Rd} <i>kNm/m</i>	V_{Rd} <i>kN/m</i>	M_{fctk} <i>kNm/m</i>	EI <i>kNm²/m</i>
	280	30	V2	3,03	24,5	30,6	16,3	20900
	290	40	V2	3,27	25,6	31,8	17,2	24024
	300	50	V2	3,51	26,6	33,0	18,0	27158
	310	60	V2	3,75	27,5	34,1	19,0	30350
	320	70	V2	3,99	28,7	35,3	19,8	33640
	280	30	V3	3,04	33,0	30,6	21,8	21006
	290	40	V3	3,28	34,5	31,8	23,1	24144
	300	50	V3	3,52	35,8	33,0	24,1	27291
	310	60	V3	3,76	37,2	34,1	25,3	30498
	320	70	V3	4,00	38,7	35,3	26,4	33801
	280	30	V4	3,05	40,3	30,6	22,8	21070
	290	40	V4	3,29	42,0	31,8	24,1	24221
	300	50	V4	3,53	43,7	33,0	25,2	27380
	310	60	V4	3,77	45,4	34,1	26,4	30596
	320	70	V4	4,01	47,3	35,3	27,7	33911

ELEMENTOS DE MEDIÇÃO

ESPESSURA DA LAJE <i>mm</i>	QUANTIDADES POR M ²			VIGOTA	ARMADURA DE DISTRIBUIÇÃO <i>mm²/m</i>		
	VIGOTAS <i>m</i>	BLOCOS <i>un</i>	BETÃO <i>l</i>		A235	A400	A500
280	2,04	8,87	76,8	V2	91	54	43 - AR30
290			86,8	V3	126	74	59 - AR30
300			96,8	V4	160	94	75 - AR30
310			106,8				
320			116,8				

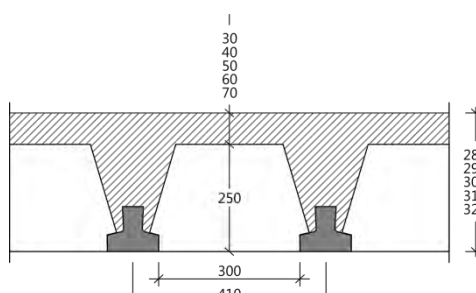
PERFORMANCE ACÚSTICA E RESISTÊNCIA AO FOGO

ESPESSURA PAVIMENTO <i>mm</i>	VIGOTA	<i>R_w</i> ISOLAMENTO ACÚSTICO AO RUIDO AÉREO ⁽¹⁾ <i>dB</i>	<i>L_{n,w}</i> ISOLAMENTO ACÚSTICO AO RUIDO DE IMPACTO ⁽²⁾ <i>dB</i>	GRAU DE RESISTÊNCIA AO FOGO ⁽³⁾ <i>Duração em minuto</i>	CLASSE DE REAÇÃO AO FOGO ⁽⁴⁾
280	V2, V3, V4	52	83	30	A1
290	V2, V3, V4	53	82	30	A1
300	V2, V3, V4	54	80	30	A1
310	V2, V3, V4	55	79	30	A1
320	V2, V3, V4	56	78	30	A1

⁽¹⁾⁽²⁾ Cálculos de acordo com ANEXO L da NP EN 15037-1, considerando uma massa adicional ao pavimento de 60 kg/m² (betonilhas e argamassas) correspondente a um acréscimo na espessura total (H) do pavimento de 5 cm. Como alternativa aos resultados de ensaio, o isolamento acústico ao ruído aéreo poderá ser avaliado a partir da massa por unidade de área (em dB): $R_w = 40 \log(M_R) - 56 + \frac{3}{8} \left(\frac{M_R}{h_t} \right)$, onde M_R é a massa do pavimento, em Kg/m²; h_t é a espessura do pavimento, em cm (sem ter em conta o revestimento de acabamento ou da laje flutuante). Como alternativa aos resultados de ensaio, o isolamento acústico ao ruído de impacto poderá ser avaliado a partir da massa por unidade de área (em dB): $L_{n,w} = 170 - 35 \log(M_{ep})$, onde M_R é a massa do pavimento, em Kg/m²; M_{ep} é a massa equivalente do pavimento, em Kg/m²; $M_{ep} = M_R - M_r$ com $M_r = 80 \left(\frac{h}{H} \right)$ para os blocos de cofragem em betão; h é a espessura do bloco de cofragem alveolado, em cm; H é a espessura total do pavimento, em cm; ⁽³⁾ Grau de resistência ao fogo de pavimentos compostos para habitações com vigotas comuns, de acordo com ANEXO K da NP EN 15037-1, não considerando qualquer tipo de revestimento na face inferior do pavimento. ⁽⁴⁾ Norma europeia de classificação EN 13501-1, realização de ensaios segundo normas EN ISO 1182 e EN ISO 1716.

ELEMENTOS DE CÁLCULO

TIPO DE PAVIMENTO CORTE TRANSVERSAL	ESPESSURA <i>mm</i>		VIGOTA	PESO PRÓPRIO <i>kN/m²</i>	ESTADOS LIMITES			
	TOTAL	ACIMA DO BLOCO			ÚLTIMOS		DE UTILIZAÇÃO	
					M_{Rd} <i>kNm/m</i>	V_{Rd} <i>kN/m</i>	M_{fctk} <i>kNm/m</i>	EI <i>kNm²/m</i>

	280	30	V2	3,42	29,2	36,6	19,2	23548
	290	40	V2	3,66	30,4	38,0	20,4	26990
	300	50	V2	3,90	31,6	39,4	21,3	30480
	310	60	V2	4,14	33,1	40,8	22,3	34061
	320	70	V2	4,38	34,3	42,2	23,3	37766
	280	30	V3	3,43	39,3	36,6	25,7	23666
	290	40	V3	3,67	41,0	38,0	27,2	27123
	300	50	V3	3,91	42,6	39,4	28,5	30629
	310	60	V3	4,15	44,4	40,8	29,8	34225
	320	70	V3	4,39	46,0	42,2	31,1	37946
	280	30	V4	3,44	47,9	36,6	26,8	23738
	290	40	V4	3,68	49,8	38,0	28,4	27207
	300	50	V4	3,92	51,8	39,4	29,8	30725
	310	60	V4	4,16	54,1	40,8	31,2	34334
	320	70	V4	4,40	56,1	42,2	32,5	38067

ELEMENTOS DE MEDIÇÃO

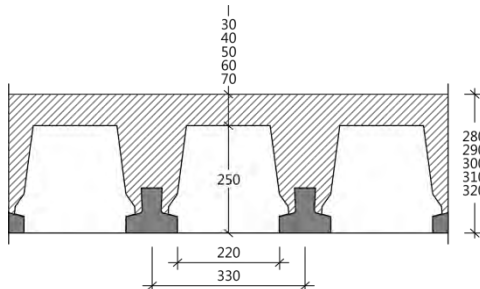
ESPESSURA DA LAJE <i>mm</i>	QUANTIDADES POR M ²			VIGOTA	ARMADURA DE DISTRIBUIÇÃO <i>mm²/m</i>		
	VIGOTAS <i>m</i>	BLOCOS <i>un</i>	BETÃO <i>l</i>		A235	A400	A500
280	2,44	10,60	86,0	V2	109	65	52 - AR30
290			96,0	V3	150	88	71 - AR30
300			106,0	V4	191	113	90 - AR30
310			116,0				
320			126,0				

PERFORMANCE ACÚSTICA E RESISTÊNCIA AO FOGO

ESPESSURA PAVIMENTO <i>mm</i>	VIGOTA	R_w ISOLAMENTO ACÚSTICO AO RUIDO AÉREO ⁽¹⁾ <i>dB</i>	L_{n,w} ISOLAMENTO ACÚSTICO AO RUIDO DE IMPACTO ⁽²⁾ <i>dB</i>	GRAU DE RESISTÊNCIA AO FOGO ⁽³⁾ <i>Duração em minuto</i>	CLASSE DE REAÇÃO AO FOGO ⁽⁴⁾
280	V2, V3, V4	54	81	30	A1
290	V2, V3, V4	55	80	30	A1
300	V2, V3, V4	56	79	30	A1
310	V2, V3, V4	57	78	30	A1
320	V2, V3, V4	58	77	30	A1

⁽¹⁾⁽²⁾ Cálculos de acordo com ANEXO L da NP EN 15037-1, considerando uma massa adicional ao pavimento de 60 kg/m² (betonilhas e argamassas) correspondente a um acréscimo na espessura total (H) do pavimento de 5 cm. Como alternativa aos resultados de ensaio, o isolamento acústico ao ruído aéreo poderá ser avaliado a partir da massa por unidade de área (em dB): $R_w = 40 \log(M_R) - 56 + \frac{3}{8} \left(\frac{M_R}{h_t} \right)$, onde M_R é a massa do pavimento, em Kg/m²; h_t é a espessura do pavimento, em cm (sem ter em conta o revestimento de acabamento ou da laje flutuante). Como alternativa aos resultados de ensaio, o isolamento acústico ao ruído de impacto poderá ser avaliado a partir da massa por unidade de área (em dB): $L_{n,w} = 170 - 35 \log(M_{ep})$, onde M_R é a massa do pavimento, em Kg/m²; M_{ep} é a massa equivalente do pavimento, em Kg/m²; $M_{ep} = M_R - M_r$ com $M_r = 80 \left(\frac{h}{H} \right)$ para os blocos de cofragem em betão; h é a espessura do bloco de cofragem alveolado, em cm; H é a espessura total do pavimento, em cm; ⁽³⁾ Grau de resistência ao fogo de pavimentos compostos para habitações com vigotas comuns, de acordo com ANEXO K da NP EN 15037-1, não considerando qualquer tipo de revestimento na face inferior do pavimento. ⁽⁴⁾ Norma europeia de classificação EN 13501-1, realização de ensaios segundo normas EN ISO 1182 e EN ISO 1716.

ELEMENTOS DE CÁLCULO

TIPO DE PAVIMENTO CORTE TRANSVERSAL	ESPESSURA <i>mm</i>		VIGOTA	PESO PRÓPRIO <i>kN/m²</i>	ESTADOS LIMITES			
	TOTAL	ACIMA DO BLOCO			ÚLTIMOS		DE UTILIZAÇÃO	
					M_{Rd} <i>kNm/m</i>	V_{Rd} <i>kN/m</i>	M_{fctk} <i>kNm/m</i>	EI <i>kNm²/m</i>
V2/V4-BL22x25-28/32 	280	30	V2	3,65	36,0	45,4	23,2	26758
	290	40	V2	3,89	37,7	47,2	24,6	30734
	300	50	V2	4,13	39,3	48,9	25,9	34786
	310	60	V2	4,37	40,8	50,7	27,2	38950
	320	70	V2	4,61	42,3	52,4	28,5	43258
	280	30	V3	3,66	48,5	45,4	31,1	26890
	290	40	V3	3,90	50,6	47,2	33,0	30883
	300	50	V3	4,14	52,7	48,9	34,7	34952
	310	60	V3	4,38	54,8	50,7	36,4	39134
	320	70	V3	4,62	56,8	52,4	38,0	43460
	280	30	V4	3,68	58,6	45,4	32,5	26966
	290	40	V4	3,92	61,4	47,2	34,5	30974
	300	50	V4	4,16	63,9	48,9	36,3	35058
	310	60	V4	4,40	66,5	50,7	38,0	39254
	320	70	V4	4,64	69,0	52,4	39,7	43592

ELEMENTOS DE MEDIÇÃO

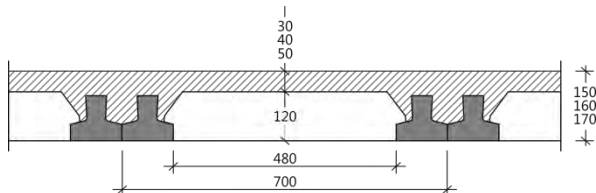
ESPESSURA DA LAJE <i>mm</i>	QUANTIDADES POR M ²			VIGOTA	ARMADURA DE DISTRIBUIÇÃO <i>mm²/m</i>		
	VIGOTAS <i>m</i>	BLOCOS <i>un</i>	BETÃO <i>l</i>		A235	A400	A500
280	3,03	13,18	94,2	V2	136	80	64 - AR30
290			104,2	V3	186	110	88 - AR34
300			114,2	V4	237	139	112 - AR38
310			124,2				
320			134,2				

PERFORMANCE ACÚSTICA E RESISTÊNCIA AO FOGO

ESPESSURA PAVIMENTO <i>mm</i>	VIGOTA	R_w ISOLAMENTO ACÚSTICO AO RUIDO AÉREO ⁽¹⁾ <i>dB</i>	L_{n,w} ISOLAMENTO ACÚSTICO AO RUIDO DE IMPACTO ⁽²⁾ <i>dB</i>	GRAU DE RESISTÊNCIA AO FOGO ⁽³⁾ <i>Duração em minuto</i>	CLASSE DE REAÇÃO AO FOGO ⁽⁴⁾
280	V2, V3, V4	55	80	30	A1
290	V2, V3, V4	56	79	30	A1
300	V2, V3, V4	57	78	30	A1
310	V2, V3, V4	58	77	30	A1
320	V2, V3, V4	59	76	30	A1

⁽¹⁾⁽²⁾ Cálculos de acordo com ANEXO L da NP EN 15037-1, considerando uma massa adicional ao pavimento de 60 kg/m² (betonilhas e argamassas) correspondente a um acréscimo na espessura total (H) do pavimento de 5 cm. Como alternativa aos resultados de ensaio, o isolamento acústico ao ruído aéreo poderá ser avaliado a partir da massa por unidade de área (em dB): $R_w = 40 \log(M_R) - 56 + \frac{3}{8} \left(\frac{M_R}{h_t} \right)$, onde M_R é a massa do pavimento, em Kg/m²; h_t é a espessura do pavimento, em cm (sem ter em conta o revestimento de acabamento ou da laje flutuante). Como alternativa aos resultados de ensaio, o isolamento acústico ao ruído de impacto poderá ser avaliado a partir da massa por unidade de área (em dB): $L_{n,w} = 170 - 35 \log(M_{ep})$, onde M_R é a massa do pavimento, em Kg/m²; M_{ep} é a massa equivalente do pavimento, em Kg/m²; $M_{ep} = M_R - M_r$ com $M_r = 80 \left(\frac{h}{H} \right)$ para os blocos de cofragem em betão; h é a espessura do bloco de cofragem alveolado, em cm; H é a espessura total do pavimento, em cm; ⁽³⁾ Graus de resistência ao fogo de pavimentos compostos para habitações com vigotas comuns, de acordo com ANEXO K da NP EN 15037-1, não considerando qualquer tipo de revestimento na face inferior do pavimento. ⁽⁴⁾ Norma europeia de classificação EN 13501-1, realização de ensaios segundo normas EN ISO 1182 e EN ISO 1716.

ELEMENTOS DE CÁLCULO

TIPO DE PAVIMENTO CORTE TRANSVERSAL	ESPESSURA <i>mm</i>		VIGOTA	PESO PRÓPRIO <i>kN/m²</i>	ESTADOS LIMITES			
	TOTAL	ACIMA DO BLOCO			ÚLTIMOS		DE UTILIZAÇÃO	
					M_{Rd} <i>kNm/m</i>	V_{Rd} <i>kN/m</i>	M_{fctk} <i>kNm/m</i>	EI <i>kNm²/m</i>
2V2/2V4- BL48x12-15/17 	150	30	V2	2,05	15,1	25,7	8,1	4520
	160	40	V2	2,29	16,5	27,7	9,0	5568
	170	50	V2	2,53	18,1	29,7	10,0	6704
	150	30	V3	2,06	20,4	25,7	10,8	4550
	160	40	V3	2,30	22,4	27,7	12,0	5605
	170	50	V3	2,54	24,4	29,7	13,3	6748
	150	30	V4	2,07	23,1	25,7	11,3	4557
	160	40	V4	2,31	26,0	27,7	12,5	5616
	170	50	V4	2,55	28,6	29,7	13,9	6763

ELEMENTOS DE MEDIÇÃO

ESPESSURA DA LAJE <i>mm</i>	QUANTIDADES POR M ²			VIGOTA	ARMADURA DE DISTRIBUIÇÃO <i>mm²/m</i>		
	VIGOTAS <i>m</i>	BLOCOS <i>un</i>	BETÃO <i>l</i>		A235	A400	A500
150	2,86	6,21	44,8	V2	128	75	60 - AR30
160			54,8	V3	176	104	83 - AR34
170			64,8	V4	224	132	105 - AR38

PERFORMANCE ACÚSTICA E RESISTÊNCIA AO FOGO

ESPESSURA PAVIMENTO <i>mm</i>	VIGOTA	R_w ISOLAMENTO ACÚSTICO AO RUIDO AÉREO ⁽¹⁾ <i>dB</i>	L_{n,w} ISOLAMENTO ACÚSTICO AO RUIDO DE IMPACTO ⁽²⁾ <i>dB</i>	GRAU DE RESISTÊNCIA AO FOGO ⁽³⁾ <i>Duração em minuto</i>	CLASSE DE REAÇÃO AO FOGO ⁽⁴⁾
150	V2, V3, V4	48	88	30	A1
160	V2, V3, V4	50	86	30	A1
170	V2, V3, V4	51	85	30	A1

⁽¹⁾⁽²⁾ Cálculos de acordo com ANEXO L da NP EN 15037-1, considerando uma massa adicional ao pavimento de 60 kg/m² (betonilhas e argamassas) correspondente a um acréscimo na espessura total (H) do pavimento de 5 cm. Como alternativa aos resultados de ensaio, o isolamento acústico ao ruído aéreo poderá ser avaliado a partir da massa por unidade de área (em dB): $R_w = 40 \log(M_R) - 56 + \frac{3}{8} \left(\frac{M_R}{h_t} \right)$, onde M_R é a massa do pavimento, em Kg/m²; h_t é a espessura do pavimento, em cm (sem ter em conta o revestimento de acabamento ou da laje flutuante). Como alternativa aos resultados de ensaio, o isolamento acústico ao ruído de impacto poderá ser avaliado a partir da massa por unidade de área (em dB): $L_{n,w} = 170 - 35 \log(M_{ep})$, onde M_R é a massa do pavimento, em Kg/m²; M_{ep} é a massa equivalente do pavimento, em Kg/m²; $M_{ep} = M_R - M_r$ com $M_r = 80 \left(\frac{h}{H} \right)$ para os blocos de cofragem em betão; h é a espessura do bloco de cofragem alveolado, em cm; H é a espessura total do pavimento, em cm;

⁽³⁾ Graus de resistência ao fogo de pavimentos compostos para habitações com vigotas comuns de acordo com ANEXO K da NP EN 15037-1, não considerando qualquer tipo de revestimento na face inferior do pavimento.

⁽⁴⁾ Norma europeia de classificação EN 13501-1, realização de ensaios segundo normas EN ISO 1182 e EN ISO 1716.

ELEMENTOS DE CÁLCULO

TIPO DE PAVIMENTO CORTE TRANSVERSAL	ESPESSURA <i>mm</i>		VIGOTA	PESO PRÓPRIO <i>kN/m²</i>	ESTADOS LIMITES			
	TOTAL	ACIMA DO BLOCO			ÚLTIMOS		DE UTILIZAÇÃO	
					M_{Rd} <i>kNm/m</i>	V_{Rd} <i>kN/m</i>	M_{fctk} <i>kNm/m</i>	EI <i>kNm²/m</i>
	150	30	V2	2,21	17,6	30,0	9,1	4969
	160	40	V2	2,45	19,2	32,3	10,2	6121
	170	50	V2	2,69	20,9	34,6	11,3	7374
	150	30	V3	2,22	23,6	30,0	12,2	5002
	160	40	V3	2,46	25,9	32,3	13,7	6161
	170	50	V3	2,70	28,1	34,6	15,1	7423
	150	30	V4	2,23	26,0	30,0	12,8	5009
	160	40	V4	2,47	29,2	32,3	14,2	6171
	170	50	V4	2,71	32,2	34,6	15,8	7438

ELEMENTOS DE MEDIÇÃO

ESPESSURA DA LAJE <i>mm</i>	QUANTIDADES POR M ²			VIGOTA	ARMADURA DE DISTRIBUIÇÃO <i>mm²/m</i>		
	VIGOTAS <i>m</i>	BLOCOS <i>un</i>	BETÃO <i>l</i>		A235	A400	A500
150	3,33	7,25	48,0	V2	149	88	70 - AR30
160			58,0	V3	205	121	96 - AR34
170			68,0	V4	261	153	123 - AR38

PERFORMANCE ACÚSTICA E RESISTÊNCIA AO FOGO

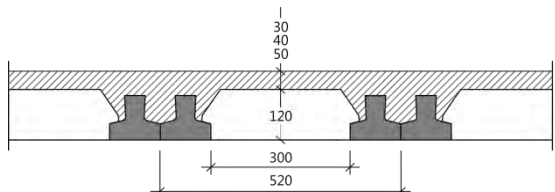
ESPESSURA PAVIMENTO <i>mm</i>	VIGOTA	R_w ISOLAMENTO ACÚSTICO AO RUIDO AÉREO ⁽¹⁾ <i>dB</i>	L_{n,w} ISOLAMENTO ACÚSTICO AO RUIDO DE IMPACTO ⁽²⁾ <i>dB</i>	GRAU DE RESISTÊNCIA AO FOGO ⁽³⁾ <i>Duração em minuto</i>	CLASSE DE REAÇÃO AO FOGO ⁽⁴⁾
150	V2, V3, V4	49, 49, 50	87	30	A1
160	V2, V3, V4	51	85	30	A1
170	V2, V3, V4	52	84	30	A1

⁽¹⁾⁽²⁾ Cálculos de acordo com ANEXO L da NP EN 15037-1, considerando uma massa adicional ao pavimento de 60 kg/m² (betonilhas e argamassas) correspondente a um acréscimo na espessura total (H) do pavimento de 5 cm. Como alternativa aos resultados de ensaio, o isolamento acústico ao ruído aéreo poderá ser avaliado a partir da massa por unidade de área (em dB): $R_w = 40 \log(M_R) - 56 + \frac{3}{8} \left(\frac{M_R}{h_t} \right)$, onde M_R é a massa do pavimento, em Kg/m²; h_t é a espessura do pavimento, em cm (sem ter em conta o revestimento de acabamento ou da laje flutuante). Como alternativa aos resultados de ensaio, o isolamento acústico ao ruído de impacto poderá ser avaliado a partir da massa por unidade de área (em dB): $L_{n,w} = 170 - 35 \log(M_{ep})$, onde M_R é a massa do pavimento, em Kg/m²; M_{ep} é a massa equivalente do pavimento, em Kg/m²; $M_{ep} = M_R - M_r$ com $M_r = 80 \left(\frac{h}{H} \right)$ para os blocos de cofragem em betão; h é a espessura do bloco de cofragem alveolado, em cm; H é a espessura total do pavimento, em cm;

⁽³⁾ Graus de resistência ao fogo de pavimentos compostos para habitações com vigotas comuns de acordo com ANEXO K da NP EN 15037-1, não considerando qualquer tipo de revestimento na face inferior do pavimento.

⁽⁴⁾ Norma europeia de classificação EN 13501-1, realização de ensaios segundo normas EN ISO 1182 e EN ISO 1716.

ELEMENTOS DE CÁLCULO

TIPO DE PAVIMENTO CORTE TRANSVERSAL	ESPESSURA <i>mm</i>		VIGOTA	PESO PRÓPRIO <i>kN/m²</i>	ESTADOS LIMITES			
	TOTAL	ACIMA DO BLOCO			ÚLTIMOS		DE UTILIZAÇÃO	
					M_{Rd} <i>kNm/m</i>	V_{Rd} <i>kN/m</i>	M_{ftk} <i>kNm/m</i>	EI <i>kNm²/m</i>
2V2/2V4-BL30x12-15/17 	150	30	V2	2,30	20,5	34,6	10,3	5404
	160	40	V2	2,54	22,3	37,3	11,5	6660
	170	50	V2	2,78	24,2	40,0	12,7	8030
	150	30	V3	2,31	26,8	34,6	13,8	5440
	160	40	V3	2,55	29,5	37,3	15,4	6703
	170	50	V3	2,79	32,1	40,0	17,1	8082
	150	30	V4	2,33	29,5	34,6	14,4	5445
	160	40	V4	2,57	33,0	37,3	16,1	6714
	170	50	V4	2,81	36,3	40,0	17,8	8098

ELEMENTOS DE MEDIÇÃO

ESPESSURA DA LAJE <i>mm</i>	QUANTIDADES POR M ²			VIGOTA	ARMADURA DE DISTRIBUIÇÃO <i>mm²/m</i>		
	VIGOTAS <i>m</i>	BLOCOS <i>un</i>	BETÃO <i>l</i>		A235	A400	A500
150	3,85	8,36	50,0	V2	171	101	81 - AR34
160			60,0	V3	237	139	111 - AR38
170			70,0	V4	301	177	142 - AR42

PERFORMANCE ACÚSTICA E RESISTÊNCIA AO FOGO

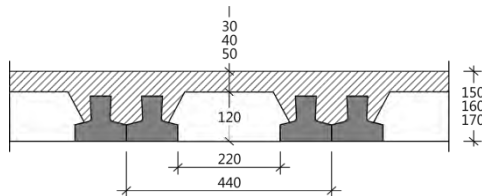
ESPESSURA PAVIMENTO <i>mm</i>	VIGOTA	R_w ISOLAMENTO ACÚSTICO AO RUIDO AÉREO ⁽¹⁾ <i>dB</i>	L_{n,w} ISOLAMENTO ACÚSTICO AO RUIDO DE IMPACTO ⁽²⁾ <i>dB</i>	GRAU DE RESISTÊNCIA AO FOGO ⁽³⁾ <i>Duração em minuto</i>	CLASSE DE REAÇÃO AO FOGO ⁽⁴⁾
150	V2, V3, V4	50	86	30	A1
160	V2, V3, V4	52	85	30	A1
170	V2, V3, V4	53	83	30	A1

⁽¹⁾⁽²⁾ Cálculos de acordo com ANEXO L da NP EN 15037-1, considerando uma massa adicional ao pavimento de 60 kg/m² (betonilhas e argamassas) correspondente a um acréscimo na espessura total (H) do pavimento de 5 cm. Como alternativa aos resultados de ensaio, o isolamento acústico ao ruído aéreo poderá ser avaliado a partir da massa por unidade de área (em dB): $R_w = 40 \log(M_R) - 56 + \frac{3}{8} \left(\frac{M_R}{h_t} \right)$, onde M_R é a massa do pavimento, em Kg/m²; h_t é a espessura do pavimento, em cm (sem ter em conta o revestimento de acabamento ou da laje flutuante). Como alternativa aos resultados de ensaio, o isolamento acústico ao ruído de impacto poderá ser avaliado a partir da massa por unidade de área (em dB): $L_{n,w} = 170 - 35 \log(M_{ep})$, onde M_R é a massa do pavimento, em Kg/m²; M_{ep} é a massa equivalente do pavimento, em Kg/m²; $M_{ep} = M_R - M_r$ com $M_r = 80 \left(\frac{h}{H} \right)$ para os blocos de cofragem em betão; h é a espessura do bloco de cofragem alveolado, em cm; H é a espessura total do pavimento, em cm;

⁽³⁾ Graus de resistência ao fogo de pavimentos compostos para habitações com vigotas comuns de acordo com ANEXO K da NP EN 15037-1, não considerando qualquer tipo de revestimento na face inferior do pavimento.

⁽⁴⁾ Norma europeia de classificação EN 13501-1, realização de ensaios segundo normas EN ISO 1182 e EN ISO 1716.

ELEMENTOS DE CÁLCULO

TIPO DE PAVIMENTO CORTE TRANSVERSAL	ESPESSURA <i>mm</i>		VIGOTA	PESO PRÓPRIO <i>kN/m²</i>	ESTADOS LIMITES			
	TOTAL	ACIMA DO BLOCO			ÚLTIMOS		DE UTILIZAÇÃO	
					M_{Rd} <i>kNm/m</i>	V_{Rd} <i>kN/m</i>	M_{fctk} <i>kNm/m</i>	EI <i>kNm²/m</i>
2V2/2V4-BL22x12-15/17 	150	30	V2	2,56	24,4	40,9	11,8	5966
	160	40	V2	2,80	26,5	44,1	13,3	7348
	170	50	V2	3,04	28,6	47,2	14,7	8865
	150	30	V3	2,58	31,1	40,9	15,8	6003
	160	40	V3	2,82	34,2	44,1	17,7	7393
	170	50	V3	3,06	37,3	47,2	19,7	8920
	150	30	V4	2,60	33,7	40,9	16,5	6008
	160	40	V4	2,84	37,8	44,1	18,4	7404
	170	50	V4	3,08	41,6	47,2	20,5	8935

ELEMENTOS DE MEDIÇÃO

ESPESSURA DA LAJE <i>mm</i>	QUANTIDADES POR M ²			VIGOTA	ARMADURA DE DISTRIBUIÇÃO <i>mm²/m</i>		
	VIGOTAS <i>m</i>	BLOCOS <i>un</i>	BETÃO <i>l</i>		A235	A400	A500
150	4,55	9,88	53,9	V2	203	120	95 - AR34
160			63,9	V3	280	164	132 - AR42
170			73,9	V4	356	209	168 - AR46

PERFORMANCE ACÚSTICA E RESISTÊNCIA AO FOGO

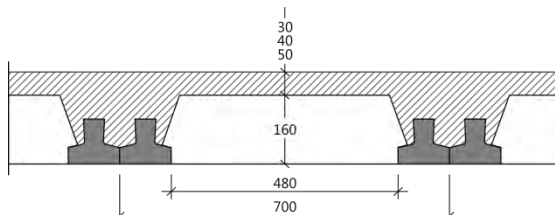
ESPESSURA PAVIMENTO <i>mm</i>	VIGOTA	R_w ISOLAMENTO ACÚSTICO AO RUIDO AÉREO ⁽¹⁾ <i>dB</i>	L_{n,w} ISOLAMENTO ACÚSTICO AO RUIDO DE IMPACTO ⁽²⁾ <i>dB</i>	GRAU DE RESISTÊNCIA AO FOGO ⁽³⁾ <i>Duração em minuto</i>	CLASSE DE REAÇÃO AO FOGO ⁽⁴⁾
150	V2, V3, V4	49, 49, 50	87	30	A1
160	V2, V3, V4	51	85	30	A1
170	V2, V3, V4	52	84	30	A1

⁽¹⁾⁽²⁾ Cálculos de acordo com ANEXO L da NP EN 15037-1, considerando uma massa adicional ao pavimento de 60 kg/m² (betonilhas e argamassas) correspondente a um acréscimo na espessura total (H) do pavimento de 5 cm. Como alternativa aos resultados de ensaio, o isolamento acústico ao ruído aéreo poderá ser avaliado a partir da massa por unidade de área (em dB): $R_w = 40 \log(M_R) - 56 + \frac{3}{8} \left(\frac{M_R}{h_t} \right)$, onde M_R é a massa do pavimento, em Kg/m²; h_t é a espessura do pavimento, em cm (sem ter em conta o revestimento de acabamento ou da laje flutuante). Como alternativa aos resultados de ensaio, o isolamento acústico ao ruído de impacto poderá ser avaliado a partir da massa por unidade de área (em dB): $L_{n,w} = 170 - 35 \log(M_{ep})$, onde M_R é a massa do pavimento, em Kg/m²; M_{ep} é a massa equivalente do pavimento, em Kg/m²; $M_{ep} = M_R - M_r$ com $M_r = 80 \left(\frac{h}{H} \right)$ para os blocos de cofragem em betão; h é a espessura do bloco de cofragem alveolado, em cm; H é a espessura total do pavimento, em cm;

⁽³⁾ Graus de resistência ao fogo de pavimentos compostos para habitações com vigotas comuns de acordo com ANEXO K da NP EN 15037-1, não considerando qualquer tipo de revestimento na face inferior do pavimento.

⁽⁴⁾ Norma europeia de classificação EN 13501-1, realização de ensaios segundo normas EN ISO 1182 e EN ISO 1716.

ELEMENTOS DE CÁLCULO

TIPO DE PAVIMENTO CORTE TRANSVERSAL	ESPESSURA <i>mm</i>		VIGOTA	PESO PRÓPRIO <i>kN/m²</i>	ESTADOS LIMITES			
	TOTAL	ACIMA DO BLOCO			ÚLTIMOS		DE UTILIZAÇÃO	
					M_{Rd} <i>kNm/m</i>	V_{Rd} <i>kN/m</i>	M_{ftck} <i>kNm/m</i>	EI <i>kNm²/m</i>
2V2/2V4- BL48x16-19/21 	190	30	V2	2,41	20,9	32,6	12,1	8813
	200	40	V2	2,65	22,3	34,6	13,1	10560
	210	50	V2	2,89	23,8	36,5	14,2	12382
	190	30	V3	2,42	28,3	32,6	16,1	8865
	200	40	V3	2,66	30,2	34,6	17,5	10622
	210	50	V3	2,90	32,2	36,5	19,0	12455
	190	30	V4	2,43	33,5	32,6	16,8	8885
	200	40	V4	2,67	35,9	34,6	18,4	10650
	210	50	V4	2,91	38,4	36,5	19,8	12489

ELEMENTOS DE MEDIÇÃO

ESPESSURA DA LAJE <i>mm</i>	QUANTIDADES POR M ²			VIGOTA	ARMADURA DE DISTRIBUIÇÃO <i>mm²/m</i>		
	VIGOTAS <i>m</i>	BLOCOS <i>un</i>	BETÃO <i>l</i>		A235	A400	A500
190	2,86	6,21	57,8	V2	130	77	61 - AR30
200			67,8	V3	180	105	85 - AR34
210			77,8	V4	228	134	108 - AR38

PERFORMANCE ACÚSTICA E RESISTÊNCIA AO FOGO

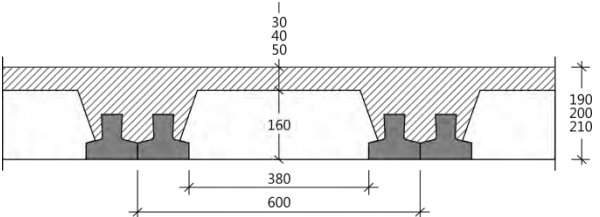
ESPESSURA PAVIMENTO <i>mm</i>	VIGOTA	R_w ISOLAMENTO ACÚSTICO AO RUIDO AÉREO ⁽¹⁾ <i>dB</i>	L_{n,w} ISOLAMENTO ACÚSTICO AO RUIDO DE IMPACTO ⁽²⁾ <i>dB</i>	GRAU DE RESISTÊNCIA AO FOGO ⁽³⁾ <i>Duração em minuto</i>	CLASSE DE REAÇÃO AO FOGO ⁽⁴⁾
190	V2, V3, V4	49, 48, 48	86, 87, 87	30	A1
200	V2, V3, V4	51, 49, 49	84, 86, 86	30	A1
210	V2, V3, V4	52, 51, 51	83, 84, 84	30	A1

⁽¹⁾⁽²⁾ Cálculos de acordo com ANEXO L da NP EN 15037-1, considerando uma massa adicional ao pavimento de 60 kg/m² (betonilhas e argamassas) correspondente a um acréscimo na espessura total (H) do pavimento de 5 cm. Como alternativa aos resultados de ensaio, o isolamento acústico ao ruído aéreo poderá ser avaliado a partir da massa por unidade de área (em dB): $R_w = 40 \log(M_R) - 56 + \frac{3}{8} \left(\frac{M_R}{h_t} \right)$, onde M_R é a massa do pavimento, em Kg/m²; h_t é a espessura do pavimento, em cm (sem ter em conta o revestimento de acabamento ou da laje flutuante). Como alternativa aos resultados de ensaio, o isolamento acústico ao ruído de impacto poderá ser avaliado a partir da massa por unidade de área (em dB): $L_{n,w} = 170 - 35 \log(M_{ep})$, onde M_R é a massa do pavimento, em Kg/m²; M_{ep} é a massa equivalente do pavimento, em Kg/m²; $M_{ep} = M_R - M_r$ com $M_r = 80 \left(\frac{h}{H} \right)$ para os blocos de cofragem em betão; h é a espessura do bloco de cofragem alveolado, em cm; H é a espessura total do pavimento, em cm;

⁽³⁾ Grau de resistência ao fogo de pavimentos compostos para habitações com vigotas comuns de acordo com ANEXO K da NP EN 15037-1, não considerando qualquer tipo de revestimento na face inferior do pavimento.

⁽⁴⁾ Norma europeia de classificação EN 13501-1, realização de ensaios segundo normas EN ISO 1182 e EN ISO 1716.

ELEMENTOS DE CÁLCULO

TIPO DE PAVIMENTO CORTE TRANSVERSAL	ESPESSURA mm		VIGOTA	PESO PRÓPRIO kN/m ²	ESTADOS LIMITES			
	TOTAL	ACIMA DO BLOCO			ÚLTIMOS		DE UTILIZAÇÃO	
					M _{Rd} kNm/m	V _{Rd} kN/m	M _{ftck} kNm/m	EI kNm ² /m
	190	30	V2	2,63	24,2	38,1	13,7	9685
	200	40	V2	2,87	26,0	40,3	15,0	11593
	210	50	V2	3,11	27,8	42,6	16,2	13600
	190	30	V3	2,65	32,6	38,1	18,3	9741
	200	40	V3	2,89	35,0	40,3	20,1	11661
	210	50	V3	3,13	37,3	42,6	21,7	13679
	190	30	V4	2,66	37,3	38,1	19,1	9762
	200	40	V4	2,90	41,3	40,3	20,9	11688
	210	50	V4	3,14	44,3	42,6	22,6	13714

ELEMENTOS DE MEDIÇÃO

ESPESSURA DA LAJE <i>mm</i>	QUANTIDADES POR M ²			VIGOTA	ARMADURA DE DISTRIBUIÇÃO <i>mm²/m</i>		
	VIGOTAS <i>m</i>	BLOCOS <i>un</i>	BETÃO <i>l</i>		A235	A400	A500
190	3,33	7,25	62,5	V2	149	88	70 - AR30
200			72,5	V3	205	120	97 - AR38
210			82,5	V4	261	153	123 - AR42

PERFORMANCE ACÚSTICA E RESISTÊNCIA AO FOGO

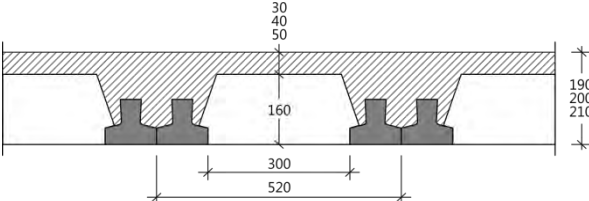
ESPESSURA PAVIMENTO <i>mm</i>	VIGOTA	R_w ISOLAMENTO ACÚSTICO AO RUIDO AÉREO ⁽¹⁾ <i>dB</i>	L_{n,w} ISOLAMENTO ACÚSTICO AO RUIDO DE IMPACTO ⁽²⁾ <i>dB</i>	GRAU DE RESISTÊNCIA AO FOGO ⁽³⁾ <i>Duração em minuto</i>	CLASSE DE REAÇÃO AO FOGO ⁽⁴⁾
190	V2, V3, V4	51	85, 85, 84	30	A1
200	V2, V3, V4	53	83	30	A1
210	V2, V3, V4	54	82	30	A1

⁽¹⁾⁽²⁾ Cálculos de acordo com ANEXO L da NP EN 15037-1, considerando uma massa adicional ao pavimento de 60 kg/m² (betonilhas e argamassas) correspondente a um acréscimo na espessura total (H) do pavimento de 5 cm. Como alternativa aos resultados de ensaio, o isolamento acústico ao ruído aéreo poderá ser avaliado a partir da massa por unidade de área (em dB): $R_w = 40 \log(M_R) - 56 + \frac{3}{8} \left(\frac{M_R}{h_t} \right)$, onde M_R é a massa do pavimento, em Kg/m²; h_t é a espessura do pavimento, em cm (sem ter em conta o revestimento de acabamento ou da laje flutuante). Como alternativa aos resultados de ensaio, o isolamento acústico ao ruído de impacto poderá ser avaliado a partir da massa por unidade de área (em dB): $L_{n,w} = 170 - 35 \log(M_{ep})$, onde M_R é a massa do pavimento, em Kg/m²; M_{ep} é a massa equivalente do pavimento, em Kg/m²; $M_{ep} = M_R - M_r$ com $M_r = 80 \left(\frac{h}{H} \right)$ para os blocos de cofragem em betão; h é a espessura do bloco de cofragem alveolado, em cm; H é a espessura total do pavimento, em cm;

⁽³⁾ Graus de resistência ao fogo de pavimentos compostos para habitações com vigotas comuns de acordo com ANEXO K da NP EN 15037-1, não considerando qualquer tipo de revestimento na face inferior do pavimento.

⁽⁴⁾ Norma europeia de classificação EN 13501-1, realização de ensaios segundo normas EN ISO 1182 e EN ISO 1716.

ELEMENTOS DE CÁLCULO

TIPO DE PAVIMENTO CORTE TRANSVERSAL	ESPESSURA <i>mm</i>		VIGOTA	PESO PRÓPRIO <i>kN/m²</i>	ESTADOS LIMITES			
	TOTAL	ACIMA DO BLOCO			ÚLTIMOS		DE UTILIZAÇÃO	
					M_{Rd} <i>kNm/m</i>	V_{Rd} <i>kN/m</i>	M_{fctk} <i>kNm/m</i>	EI <i>kNm²/m</i>
2V2/2V4-BL30x16-19/21								
	190	30	V2	2,74	28,2	43,9	15,4	10568
	200	40	V2	2,98	30,0	46,5	17,0	12628
	210	50	V2	3,22	31,9	49,1	18,4	14809
	190	30	V3	2,76	37,4	43,9	20,6	10628
	200	40	V3	3,00	40,0	46,5	22,7	12700
	210	50	V3	3,24	42,7	49,1	24,6	14893
	190	30	V4	2,77	41,6	43,9	21,5	10650
	200	40	V4	3,01	46,2	46,5	23,7	12729
	210	50	V4	3,25	49,9	49,1	25,6	14930

ELEMENTOS DE MEDIÇÃO

ESPESSURA DA LAJE <i>mm</i>	QUANTIDADES POR M ²			VIGOTA	ARMADURA DE DISTRIBUIÇÃO <i>mm²/m</i>		
	VIGOTAS <i>m</i>	BLOCOS <i>un</i>	BETÃO <i>l</i>		A235	A400	A500
190	3,85	8,36	67,5	V2	171	101	81 - AR34
200			77,5	V3	237	139	111 - AR38
210			87,5	V4	301	177	141 - AR42

PERFORMANCE ACÚSTICA E RESISTÊNCIA AO FOGO

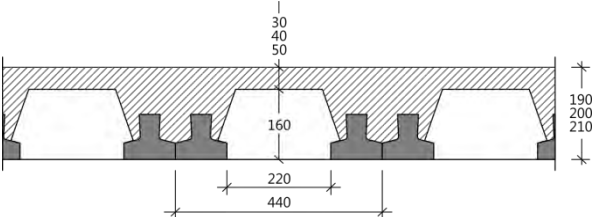
ESPESSURA PAVIMENTO <i>mm</i>	VIGOTA	R_w ISOLAMENTO ACÚSTICO AO RUIDO AÉREO ⁽¹⁾ <i>dB</i>	L_{n,w} ISOLAMENTO ACÚSTICO AO RUIDO DE IMPACTO ⁽²⁾ <i>dB</i>	GRAU DE RESISTÊNCIA AO FOGO ⁽³⁾ <i>Duração em minuto</i>	CLASSE DE REAÇÃO AO FOGO ⁽⁴⁾
190	V2, V3, V4	52	84	30	A1
200	V2, V3, V4	53	83	30	A1
210	V2, V3, V4	55	81	30	A1

⁽¹⁾⁽²⁾ Cálculos de acordo com ANEXO L da NP EN 15037-1, considerando uma massa adicional ao pavimento de 60 kg/m² (betonilhas e argamassas) correspondente a um acréscimo na espessura total (H) do pavimento de 5 cm. Como alternativa aos resultados de ensaio, o isolamento acústico ao ruído aéreo poderá ser avaliado a partir da massa por unidade de área (em dB): $R_w = 40 \log(M_R) - 56 + \frac{3}{8} \left(\frac{M_R}{h_t} \right)$, onde M_R é a massa do pavimento, em Kg/m²; h_t é a espessura do pavimento, em cm (sem ter em conta o revestimento de acabamento ou da laje flutuante). Como alternativa aos resultados de ensaio, o isolamento acústico ao ruído de impacto poderá ser avaliado a partir da massa por unidade de área (em dB): $L_{n,w} = 170 - 35 \log(M_{ep})$, onde M_R é a massa do pavimento, em Kg/m²; M_{ep} é a massa equivalente do pavimento, em Kg/m²; $M_{ep} = M_R - M_r$ com $M_r = 80 \left(\frac{h}{H} \right)$ para os blocos de cofragem em betão; h é a espessura do bloco de cofragem alveolado, em cm; H é a espessura total do pavimento, em cm;

⁽³⁾ Graus de resistência ao fogo de pavimentos compostos para habitações com vigotas comuns de acordo com ANEXO K da NP EN 15037-1, não considerando qualquer tipo de revestimento na face inferior do pavimento.

⁽⁴⁾ Norma europeia de classificação EN 13501-1, realização de ensaios segundo normas EN ISO 1182 e EN ISO 1716.

ELEMENTOS DE CÁLCULO

TIPO DE PAVIMENTO CORTE TRANSVERSAL	ESPESSURA <i>mm</i>		VIGOTA	PESO PRÓPRIO <i>kN/m²</i>	ESTADOS LIMITES			
	TOTAL	ACIMA DO BLOCO			ÚLTIMOS		DE UTILIZAÇÃO	
					M_{Rd} <i>kNm/m</i>	V_{Rd} <i>kN/m</i>	M_{fctk} <i>kNm/m</i>	EI <i>kNm²/m</i>
	190	30	V2	3,07	33,7	50,9	17,7	11682
	200	40	V2	3,31	35,4	53,9	19,5	13920
	210	50	V2	3,55	37,5	56,9	21,1	16309
	190	30	V3	3,09	43,7	50,9	23,7	11749
	200	40	V3	3,33	46,7	53,9	26,1	13999
	210	50	V3	3,57	49,8	56,9	28,3	16401
	190	30	V4	3,11	48,0	50,9	24,8	11770
	200	40	V4	3,35	52,5	53,9	27,2	14029
	210	50	V4	3,59	56,9	56,9	29,6	16438

ELEMENTOS DE MEDIÇÃO

ESPESSURA DA LAJE <i>mm</i>	QUANTIDADES POR M ²			VIGOTA	ARMADURA DE DISTRIBUIÇÃO <i>mm²/m</i>		
	VIGOTAS <i>m</i>	BLOCOS <i>un</i>	BETÃO <i>l</i>		A235	A400	A500
190	4,55	9,88	73,5	V2	203	120	95 - AR34
200			83,5	V3	280	164	132 - AR42
210			93,5	V4	356	209	168 - AR46

PERFORMANCE ACÚSTICA E RESISTÊNCIA AO FOGO

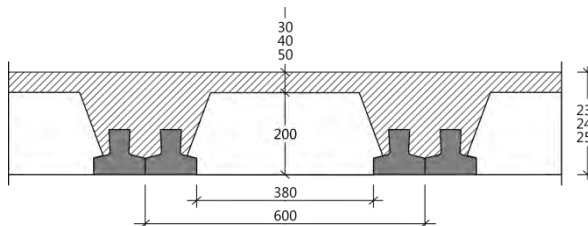
ESPESSURA PAVIMENTO <i>mm</i>	VIGOTA	R_w ISOLAMENTO ACÚSTICO AO RUIDO AÉREO ⁽¹⁾ <i>dB</i>	L_{n,w} ISOLAMENTO ACÚSTICO AO RUIDO DE IMPACTO ⁽²⁾ <i>dB</i>	GRAU DE RESISTÊNCIA AO FOGO ⁽³⁾ <i>Duração em minuto</i>	CLASSE DE REAÇÃO AO FOGO ⁽⁴⁾
190	V2, V3, V4	54, 54, 57	82	30	A1
200	V2, V3, V4	55, 56, 56	81	30	A1
210	V2, V3, V4	57	80	30	A1

⁽¹⁾⁽²⁾ Cálculos de acordo com ANEXO L da NP EN 15037-1, considerando uma massa adicional ao pavimento de 60 kg/m² (betonilhas e argamassas) correspondente a um acréscimo na espessura total (H) do pavimento de 5 cm. Como alternativa aos resultados de ensaio, o isolamento acústico ao ruído aéreo poderá ser avaliado a partir da massa por unidade de área (em dB): $R_w = 40 \log(M_R) - 56 + \frac{3}{8} \left(\frac{M_R}{h_t} \right)$, onde M_R é a massa do pavimento, em Kg/m²; h_t é a espessura do pavimento, em cm (sem ter em conta o revestimento de acabamento ou da laje flutuante). Como alternativa aos resultados de ensaio, o isolamento acústico ao ruído de impacto poderá ser avaliado a partir da massa por unidade de área (em dB): $L_{n,w} = 170 - 35 \log(M_{ep})$, onde M_R é a massa do pavimento, em Kg/m²; M_{ep} é a massa equivalente do pavimento, em Kg/m²; $M_{ep} = M_R - M_r$ com $M_r = 80 \left(\frac{h}{H} \right)$ para os blocos de cofragem em betão; h é a espessura do bloco de cofragem alveolado, em cm; H é a espessura total do pavimento, em cm;

⁽³⁾ Graus de resistência ao fogo de pavimentos compostos para habitações com vigotas comuns de acordo com ANEXO K da NP EN 15037-1, não considerando qualquer tipo de revestimento na face inferior do pavimento.

⁽⁴⁾ Norma europeia de classificação EN 13501-1, realização de ensaios segundo normas EN ISO 1182 e EN ISO 1716.

ELEMENTOS DE CÁLCULO

TIPO DE PAVIMENTO CORTE TRANSVERSAL	ESPESSURA <i>mm</i>		VIGOTA	PESO PRÓPRIO <i>kN/m²</i>	ESTADOS LIMITES			
	TOTAL	ACIMA DO BLOCO			ÚLTIMOS		DE UTILIZAÇÃO	
					M_{Rd} <i>kNm/m</i>	V_{Rd} <i>kN/m</i>	M_{fctk} <i>kNm/m</i>	EI <i>kNm²/m</i>
2V2/2V4-BL38x20-23/25 	230	30	V2	3,10	31,1	46,6	18,7	16682
	240	40	V2	3,34	32,8	48,8	20,2	19519
	250	50	V2	3,58	34,7	51,0	21,5	22457
	230	30	V3	3,11	41,9	46,6	25,0	16770
	240	40	V3	3,35	44,1	48,8	27,0	19620
	250	50	V3	3,59	46,4	51,0	28,7	22573
	230	30	V4	3,13	49,5	46,6	26,0	16813
	240	40	V4	3,37	52,8	48,8	28,1	19673
	250	50	V4	3,61	55,7	51,0	30,0	22635

ELEMENTOS DE MEDIÇÃO

ESPESSURA DA LAJE <i>mm</i>	QUANTIDADES POR M ²			VIGOTA	ARMADURA DE DISTRIBUIÇÃO <i>mm²/m</i>		
	VIGOTAS <i>m</i>	BLOCOS <i>un</i>	BETÃO <i>l</i>		A235	A400	A500
230	3,33	7,25	80,1	V2	149	88	70 - AR30
240			90,1	V3	205	121	97 - AR38
250			100,1	V4	261	153	123 - AR42

PERFORMANCE ACÚSTICA E RESISTÊNCIA AO FOGO

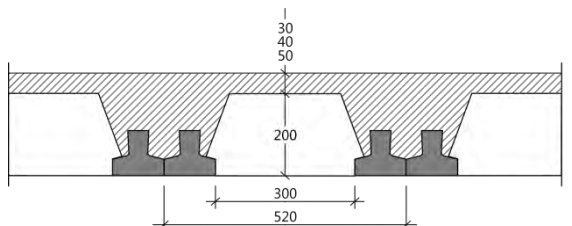
ESPESSURA PAVIMENTO <i>mm</i>	VIGOTA	R_w ISOLAMENTO ACÚSTICO AO RUIDO AÉREO ⁽¹⁾ <i>dB</i>	L_{n,w} ISOLAMENTO ACÚSTICO AO RUIDO DE IMPACTO ⁽²⁾ <i>dB</i>	GRAU DE RESISTÊNCIA AO FOGO ⁽³⁾ <i>Duração em minuto</i>	CLASSE DE REAÇÃO AO FOGO ⁽⁴⁾
230	V2, V3, V4	53, 53, 54	82, 82, 81	30	A1
240	V2, V3, V4	54	81	30	A1
250	V2, V3, V4	56	80	30	A1

⁽¹⁾⁽²⁾ Cálculos de acordo com ANEXO L da NP EN 15037-1, considerando uma massa adicional ao pavimento de 60 kg/m² (betonilhas e argamassas) correspondente a um acréscimo na espessura total (H) do pavimento de 5 cm. Como alternativa aos resultados de ensaio, o isolamento acústico ao ruído aéreo poderá ser avaliado a partir da massa por unidade de área (em dB): $R_w = 40 \log(M_R) - 56 + \frac{3}{8} \left(\frac{M_R}{h_t} \right)$, onde M_R é a massa do pavimento, em Kg/m²; h_t é a espessura do pavimento, em cm (sem ter em conta o revestimento de acabamento ou da laje flutuante). Como alternativa aos resultados de ensaio, o isolamento acústico ao ruído de impacto poderá ser avaliado a partir da massa por unidade de área (em dB): $L_{n,w} = 170 - 35 \log(M_{ep})$, onde M_R é a massa do pavimento, em Kg/m²; M_{ep} é a massa equivalente do pavimento, em Kg/m²; $M_{ep} = M_R - M_r$ com $M_r = 80 \left(\frac{h}{H} \right)$ para os blocos de cofragem em betão; h é a espessura do bloco de cofragem alveolado, em cm; H é a espessura total do pavimento, em cm;

⁽³⁾ Graus de resistência ao fogo de pavimentos compostos para habitações com vigotas comuns de acordo com ANEXO K da NP EN 15037-1, não considerando qualquer tipo de revestimento na face inferior do pavimento.

⁽⁴⁾ Norma europeia de classificação EN 13501-1, realização de ensaios segundo normas EN ISO 1182 e EN ISO 1716.

ELEMENTOS DE CÁLCULO

TIPO DE PAVIMENTO CORTE TRANSVERSAL	ESPESSURA <i>mm</i>		VIGOTA	PESO PRÓPRIO <i>kN/m²</i>	ESTADOS LIMITES			
	TOTAL	ACIMA DO BLOCO			ÚLTIMOS		DE UTILIZAÇÃO	
					M_{Rd} <i>kNm/m</i>	V_{Rd} <i>kN/m</i>	M_{fctk} <i>kNm/m</i>	EI <i>kNm²/m</i>
	230	30	V2	3,26	36,0	53,8	21,1	18276
	240	40	V2	3,50	37,7	56,3	22,9	21310
	250	50	V2	3,74	39,9	58,9	24,4	24480
	230	30	V3	3,27	48,0	53,8	28,3	18372
	240	40	V3	3,51	50,5	56,3	30,5	21421
	250	50	V3	3,75	53,2	58,9	32,6	24605
	230	30	V4	3,29	55,3	53,8	29,5	18417
	240	40	V4	3,53	60,0	56,3	31,8	21476
	250	50	V4	3,77	63,5	58,9	34,1	24672

ELEMENTOS DE MEDIÇÃO

ESPESSURA DA LAJE <i>mm</i>	QUANTIDADES POR M ²			VIGOTA	ARMADURA DE DISTRIBUIÇÃO <i>mm²/m</i>		
	VIGOTAS <i>m</i>	BLOCOS <i>un</i>	BETÃO <i>l</i>		A235	A400	A500
230	3,85	8,36	87,8	V2	171	101	81 - AR34
240			97,8	V3	237	139	111 - AR38
250			107,8	V4	301	177	142 - AR42

PERFORMANCE ACÚSTICA E RESISTÊNCIA AO FOGO

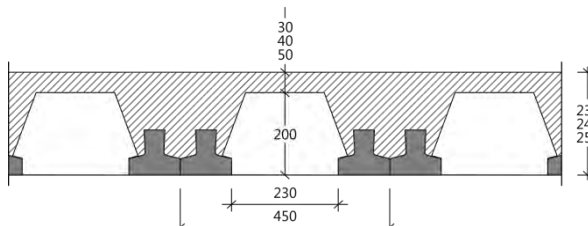
ESPESSURA PAVIMENTO <i>mm</i>	VIGOTA	R_w ISOLAMENTO ACÚSTICO AO RUIDO AÉREO ⁽¹⁾ <i>dB</i>	L_{n,w} ISOLAMENTO ACÚSTICO AO RUIDO DE IMPACTO ⁽²⁾ <i>dB</i>	GRAU DE RESISTÊNCIA AO FOGO ⁽³⁾ <i>Duração em minuto</i>	CLASSE DE REAÇÃO AO FOGO ⁽⁴⁾
230	V2, V3, V4	53, 53, 54	82, 82, 81	30	A1
240	V2, V3, V4	54, 54, 55	81	30	A1
250	V2, V3, V4	56	80	30	A1

⁽¹⁾⁽²⁾ Cálculos de acordo com ANEXO L da NP EN 15037-1, considerando uma massa adicional ao pavimento de 60 kg/m² (betonilhas e argamassas) correspondente a um acréscimo na espessura total (H) do pavimento de 5 cm. Como alternativa aos resultados de ensaio, o isolamento acústico ao ruído aéreo poderá ser avaliado a partir da massa por unidade de área (em dB): $R_w = 40 \log(M_R) - 56 + \frac{3}{8} \left(\frac{M_R}{h_t} \right)$, onde M_R é a massa do pavimento, em Kg/m²; h_t é a espessura do pavimento, em cm (sem ter em conta o revestimento de acabamento ou da laje flutuante). Como alternativa aos resultados de ensaio, o isolamento acústico ao ruído de impacto poderá ser avaliado a partir da massa por unidade de área (em dB): $L_{n,w} = 170 - 35 \log(M_{ep})$, onde M_R é a massa do pavimento, em Kg/m²; M_{ep} é a massa equivalente do pavimento, em Kg/m²; $M_{ep} = M_R - M_r$ com $M_r = 80 \left(\frac{h}{H} \right)$ para os blocos de cofragem em betão; h é a espessura do bloco de cofragem alveolado, em cm; H é a espessura total do pavimento, em cm;

⁽³⁾ Grau de resistência ao fogo de pavimentos compostos para habitações com vigotas comuns de acordo com ANEXO K da NP EN 15037-1, não considerando qualquer tipo de revestimento na face inferior do pavimento.

⁽⁴⁾ Norma europeia de classificação EN 13501-1, realização de ensaios segundo normas EN ISO 1182 e EN ISO 1716.

ELEMENTOS DE CÁLCULO

TIPO DE PAVIMENTO CORTE TRANSVERSAL	ESPESSURA mm		VIGOTA	PESO PRÓPRIO kN/m ²	ESTADOS LIMITES			
	TOTAL	ACIMA DO BLOCO			ÚLTIMOS		DE UTILIZAÇÃO	
					M _{Rd} kNm/m	V _{Rd} kN/m	M _{fctk} kNm/m	EI kNm ² /m
2V2/2V4-BL23x20-23/25 	230	30	V2	3,64	41,4	62,1	23,9	20066
	240	40	V2	3,88	43,5	65,1	25,8	23924
	250	50	V2	4,12	45,9	68,0	27,7	26694
	230	30	V3	3,66	54,9	62,1	32,0	20171
	240	40	V3	3,90	57,9	65,1	34,5	23414
	250	50	V3	4,14	61,0	68,0	36,9	26830
	230	30	V4	3,68	62,0	62,1	33,3	20219
	240	40	V4	3,92	67,2	65,1	36,0	23472
	250	50	V4	4,16	72,1	68,0	38,5	26900

ELEMENTOS DE MEDIÇÃO

ESPESSURA DA LAJE <i>mm</i>	QUANTIDADES POR M ²			VIGOTA	ARMADURA DE DISTRIBUIÇÃO <i>mm²/m</i>		
	VIGOTAS <i>m</i>	BLOCOS <i>un</i>	BETÃO <i>l</i>		A235	A400	A500
230	4,44	9,66	96,8	V2	198	116	93 - AR 30
240			106,8	V3	273	160	129 - AR 42
250			116,8	V4	348	205	164 - AR 46

PERFORMANCE ACÚSTICA E RESISTÊNCIA AO FOGO

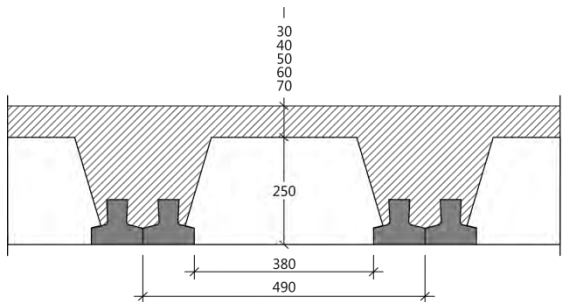
ESPESSURA PAVIMENTO <i>mm</i>	VIGOTA	R_w ISOLAMENTO ACÚSTICO AO RUIDO AÉREO ⁽¹⁾ <i>dB</i>	L_{n,w} ISOLAMENTO ACÚSTICO AO RUIDO DE IMPACTO ⁽²⁾ <i>dB</i>	GRAU DE RESISTÊNCIA AO FOGO ⁽³⁾ <i>Duração em minuto</i>	CLASSE DE REAÇÃO AO FOGO ⁽⁴⁾
230	V2, V3, V4	56, 57, 57	80	30	A1
240	V2, V3, V4	57, 58, 58	79	30	A1
250	V2, V3, V4	58, 59, 59	78	30	A1

⁽¹⁾⁽²⁾ Cálculos de acordo com ANEXO L da NP EN 15037-1, considerando uma massa adicional ao pavimento de 60 kg/m² (betonilhas e argamassas) correspondente a um acréscimo na espessura total (H) do pavimento de 5 cm. Como alternativa aos resultados de ensaio, o isolamento acústico ao ruído aéreo poderá ser avaliado a partir da massa por unidade de área (em dB): $R_w = 40 \log(M_R) - 56 + \frac{3}{8} \left(\frac{M_R}{h_t} \right)$, onde M_R é a massa do pavimento, em Kg/m²; h_t é a espessura do pavimento, em cm (sem ter em conta o revestimento de acabamento ou da laje flutuante). Como alternativa aos resultados de ensaio, o isolamento acústico ao ruído de impacto poderá ser avaliado a partir da massa por unidade de área (em dB): $L_{n,w} = 170 - 35 \log(M_{ep})$, onde M_R é a massa do pavimento, em Kg/m²; M_{ep} é a massa equivalente do pavimento, em Kg/m²; $M_{ep} = M_R - M_r$ com $M_r = 80 \left(\frac{h}{H} \right)$ para os blocos de cofragem em betão; h é a espessura do bloco de cofragem alveolado, em cm; H é a espessura total do pavimento, em cm;

⁽³⁾ Graus de resistência ao fogo de pavimentos compostos para habitações com vigotas comuns de acordo com ANEXO K da NP EN 15037-1, não considerando qualquer tipo de revestimento na face inferior do pavimento.

⁽⁴⁾ Norma europeia de classificação EN 13501-1, realização de ensaios segundo normas EN ISO 1182 e EN ISO 1716.

ELEMENTOS DE CÁLCULO

TIPO DE PAVIMENTO CORTE TRANSVERSAL	ESPESSURA mm		VIGOTA	PESO PRÓPRIO kN/m ²	ESTADOS LIMITES			
	TOTAL	ACIMA DO BLOCO			ÚLTIMOS		DE UTILIZAÇÃO	
					M _{Rd} kNm/m	V _{Rd} kN/m	M _{fctk} kNm/m	EI kNm ² /m
	280	30	V2	3,72	39,7	56,0	25,3	29126
	290	40	V2	3,96	41,5	58,1	26,8	33388
	300	50	V2	4,20	43,0	60,3	28,3	37752
	310	60	V2	4,44	44,9	62,5	29,7	42248
	320	70	V2	4,68	46,5	64,6	31,0	46910
	280	30	V3	3,74	53,3	56,0	33,8	29263
	290	40	V3	3,98	55,5	58,1	35,9	33543
	300	50	V3	4,22	57,8	60,3	37,8	37924
	310	60	V3	4,46	60,1	62,5	39,7	42439
	320	70	V3	4,70	62,3	64,6	41,4	47119
	280	30	V4	3,75	64,1	56,0	35,4	29342
	290	40	V4	3,99	67,2	58,1	37,5	33636
	300	50	V4	4,23	69,8	60,3	39,5	38031
	310	60	V4	4,47	72,8	62,5	41,4	42560
	320	70	V4	4,71	75,6	64,6	43,3	47255

ELEMENTOS DE MEDIÇÃO

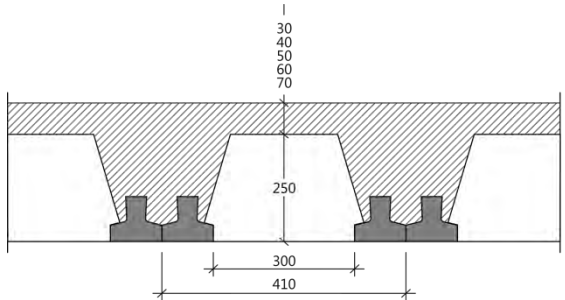
ESPESSURA DA LAJE <i>mm</i>	QUANTIDADES POR M ²			VIGOTA	ARMADURA DE DISTRIBUIÇÃO <i>mm²/m</i>		
	VIGOTAS <i>m</i>	BLOCOS <i>un</i>	BETÃO <i>l</i>		A235	A400	A500
280	3,33	7,25	101,3	V2	149	88	70 - AR 30
290			111,3	V3	205	121	97 - AR 38
300			121,3	V4	261	153	123 - AR 42
310			131,3				
320			141,3				

PERFORMANCE ACÚSTICA E RESISTÊNCIA AO FOGO

ESPESSURA PAVIMENTO <i>mm</i>	VIGOTA	R_w ISOLAMENTO ACÚSTICO AO RUIDO AÉREO ⁽¹⁾ <i>dB</i>	L_{n,w} ISOLAMENTO ACÚSTICO AO RUIDO DE IMPACTO ⁽²⁾ <i>dB</i>	GRAU DE RESISTÊNCIA AO FOGO ⁽³⁾ <i>Duração em minuto</i>	CLASSE DE REAÇÃO AO FOGO ⁽⁴⁾
280	V2, V3, V4	56	80	30	A1
290	V2, V3, V4	57	79	30	A1
300	V2, V3, V4	58	78	30	A1
310	V2, V3, V4	59	77	30	A1
320	V2, V3, V4	60	76	30	A1

⁽¹⁾⁽²⁾ Cálculos de acordo com ANEXO L da NP EN 15037-1, considerando uma massa adicional ao pavimento de 60 kg/m² (betonilhas e argamassas) correspondente a um acréscimo na espessura total (H) do pavimento de 5 cm. Como alternativa aos resultados de ensaio, o isolamento acústico ao ruído aéreo poderá ser avaliado a partir da massa por unidade de área (em dB): $R_w = 40 \log(M_R) - 56 + \frac{3}{8} \left(\frac{M_R}{h_t} \right)$, onde M_R é a massa do pavimento, em Kg/m²; h_t é a espessura do pavimento, em cm (sem ter em conta o revestimento de acabamento ou da laje flutuante). Como alternativa aos resultados de ensaio, o isolamento acústico ao ruído de impacto poderá ser avaliado a partir da massa por unidade de área (em dB): $L_{n,w} = 170 - 35 \log(M_{ep})$, onde M_R é a massa do pavimento, em Kg/m²; M_{ep} é a massa equivalente do pavimento, em Kg/m²; $M_{ep} = M_R - M_r$ com $M_r = 80 \left(\frac{h}{H} \right)$ para os blocos de cofragem em betão; h é a espessura do bloco de cofragem alveolado, em cm; H é a espessura total do pavimento, em cm; ⁽³⁾ Grau de resistência ao fogo de pavimentos compostos para habitações com vigotas comuns, de acordo com ANEXO K da NP EN 15037-1, não considerando qualquer tipo de revestimento na face inferior do pavimento. ⁽⁴⁾ Norma europeia de classificação EN 13501-1, realização de ensaios segundo normas EN ISO 1182 e EN ISO 1716.

ELEMENTOS DE CÁLCULO

TIPO DE PAVIMENTO CORTE TRANSVERSAL	ESPESSURA <i>mm</i>		VIGOTA	PESO PRÓPRIO <i>kN/m²</i>	ESTADOS LIMITES			
	TOTAL	ACIMA DO BLOCO			ÚLTIMOS		DE UTILIZAÇÃO	
					M_{Rd} <i>kNm/m</i>	V_{Rd} <i>kN/m</i>	M_{fctk} <i>kNm/m</i>	EI <i>kNm²/m</i>
	280	30	V2	4,14	45,7	64,6	28,7	32055
	290	40	V2	4,38	47,6	67,1	30,5	36575
	300	50	V2	4,62	49,6	69,6	32,1	41245
	310	60	V2	4,86	51,5	72,1	33,8	46091
	320	70	V2	5,10	53,5	74,6	35,2	51138
	280	30	V3	4,15	61,2	64,6	38,4	32205
	290	40	V3	4,39	63,7	67,1	40,7	36745
	300	50	V3	4,63	66,3	69,6	42,9	41433
	310	60	V3	4,87	68,9	72,1	45,1	46298
	320	70	V3	5,11	71,5	74,6	47,1	51365
	280	30	V4	4,17	72,8	64,6	40,2	32290
	290	40	V4	4,41	76,5	67,1	42,6	36843
	300	50	V4	4,65	80,0	69,8	44,9	41548
	310	60	V4	4,89	83,1	72,1	47,1	46427
	320	70	V4	5,13	86,5	74,6	49,2	51510

ELEMENTOS DE MEDIÇÃO

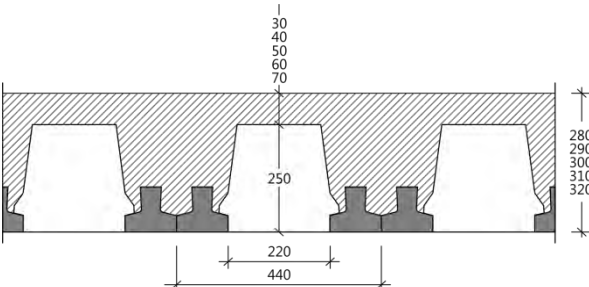
ESPESSURA DA LAJE <i>mm</i>	QUANTIDADES POR M ²			VIGOTA	ARMADURA DE DISTRIBUIÇÃO <i>mm²/m</i>		
	VIGOTAS <i>m</i>	BLOCOS <i>un</i>	BETÃO <i>l</i>		A235	A400	A500
280	3,85	8,36	112,2	V2	171	101	81 - AR 34
290			122,2	V3	237	139	111 - AR 38
300			132,2	V4	301	177	142 - AR 42
310			142,2				
320			152,2				

PERFORMANCE ACÚSTICA E RESISTÊNCIA AO FOGO

ESPESSURA PAVIMENTO <i>mm</i>	VIGOTA	R_w ISOLAMENTO ACÚSTICO AO RUIDO AÉREO ⁽¹⁾ <i>dB</i>	L_{n,w} ISOLAMENTO ACÚSTICO AO RUIDO DE IMPACTO ⁽²⁾ <i>dB</i>	GRAU DE RESISTÊNCIA AO FOGO ⁽³⁾ <i>Duração em minuto</i>	CLASSE DE REACÇÃO AO FOGO ⁽⁴⁾
280	V2, V3, V4	58	78	30	A1
290	V2, V3, V4	59	77	30	A1
300	V2, V3, V4	60	76	30	A1
310	V2, V3, V4	61	76, 76, 75	30	A1
320	V2, V3, V4	61	75	30	A1

⁽¹⁾⁽²⁾ Cálculos de acordo com ANEXO L da NP EN 15037-1, considerando uma massa adicional ao pavimento de 60 kg/m² (betonilhas e argamassas) correspondente a um acréscimo na espessura total (H) do pavimento de 5 cm. Como alternativa aos resultados de ensaio, o isolamento acústico ao ruído aéreo poderá ser avaliado a partir da massa por unidade de área (em dB): $R_w = 40 \log(M_R) - 56 + \frac{3}{8} \left(\frac{M_R}{h_t} \right)$, onde M_R é a massa do pavimento, em Kg/m²; h_t é a espessura do pavimento, em cm (sem ter em conta o revestimento de acabamento ou da laje flutuante). Como alternativa aos resultados de ensaio, o isolamento acústico ao ruído de impacto poderá ser avaliado a partir da massa por unidade de área (em dB): $L_{n,w} = 170 - 35 \log(M_{ep})$, onde M_R é a massa do pavimento, em Kg/m²; M_{ep} é a massa equivalente do pavimento, em Kg/m²; $M_{ep} = M_R - M_r$, com $M_r = 80 \left(\frac{h}{h_t} \right)^2$ para os blocos de cofragem em betão; h é a espessura do bloco de cofragem alveolado, em cm; H é a espessura total do pavimento, em cm; ⁽³⁾ Grau de resistência ao fogo de pavimentos compostos para habitações com vigotas comuns, de acordo com ANEXO K da NP EN 15037-1, não considerando qualquer tipo de revestimento na face inferior do pavimento. ⁽⁴⁾ Norma europeia de classificação EN 13501-1, realização de ensaios segundo normas EN ISO 1182 e EN ISO 1716.

ELEMENTOS DE CÁLCULO

TIPO DE PAVIMENTO CORTE TRANSVERSAL	ESPESSURA mm		VIGOTA	PESO PRÓPRIO kNm ² /m	ESTADOS LIMITES			
	TOTAL	ACIMA DO BLOCO			ÚLTIMOS		DE UTILIZAÇÃO	
					M _{Rd} kNm/m	V _{Rd} kN/m	M _{fctk} kN/m	EI kNm ² /m
	280	30	V2	4,44	54,2	81,0	33,3	35335
	290	40	V2	4,68	56,1	84,1	35,2	40267
	300	50	V2	4,92	58,6	87,2	37,4	45389
	310	60	V2	5,16	60,8	90,3	39,2	50725
	320	70	V2	5,40	63,2	93,4	41,0	56299
	280	30	V3	4,46	71,8	81,0	44,4	35499
	290	40	V3	4,70	74,8	84,1	47,1	40451
	300	50	V3	4,94	77,9	87,2	49,8	45593
	310	60	V3	5,18	81,0	90,3	52,4	50950
	320	70	V3	5,42	84,1	93,4	54,8	56544
	280	30	V4	4,48	83,1	81,0	46,4	35589
	290	40	V4	4,72	88,8	84,1	49,2	40556
	300	50	V4	4,96	93,4	87,2	52,1	45715
	310	60	V4	5,20	97,1	90,3	54,8	51086
	320	70	V4	5,44	101,0	93,4	57,3	56698

ELEMENTOS DE MEDIÇÃO

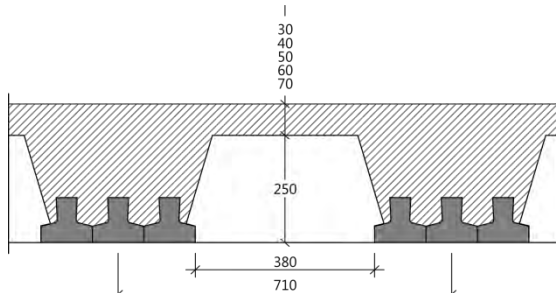
ESPESSURA DA LAJE <i>mm</i>	QUANTIDADES POR M ²			VIGOTA	ARMADURA DE DISTRIBUIÇÃO <i>mm²/m</i>		
	VIGOTAS <i>m</i>	BLOCOS <i>un</i>	BETÃO <i>l</i>		A235	A400	A500
280	4,55	9,88	123,1	V2	203	120	95 - AR 34
290			133,1	V3	279	164	132 - AR 42
300			143,1	V4	356	209	168 - AR 46
310			153,1				
320			163,1				

PERFORMANCE ACÚSTICA E RESISTÊNCIA AO FOGO

ESPESSURA PAVIMENTO <i>mm</i>	VIGOTA	R_w ISOLAMENTO ACÚSTICO AO RUIDO AÉREO ⁽¹⁾ <i>dB</i>	L_{n,w} ISOLAMENTO ACÚSTICO AO RUIDO DE IMPACTO ⁽²⁾ <i>dB</i>	GRAU DE RESISTÊNCIA AO FOGO ⁽³⁾ <i>Duração em minuto</i>	CLASSE DE REAÇÃO AO FOGO ⁽⁴⁾
280	V2, V3, V4	59	77	30	A1
290	V2, V3, V4	60	76	30	A1
300	V2, V3, V4	61	75	30	A1
310	V2, V3, V4	62	75	30	A1
320	V2, V3, V4	63	74	30	A1

⁽¹⁾⁽²⁾ Cálculos de acordo com ANEXO L da NP EN 15037-1, considerando uma massa adicional ao pavimento de 60 kg/m² (betonilhas e argamassas) correspondente a um acréscimo na espessura total (H) do pavimento de 5 cm. Como alternativa aos resultados de ensaio, o isolamento acústico ao ruído aéreo poderá ser avaliado a partir da massa por unidade de área (em dB): $R_w = 40 \log(M_R) - 56 + \frac{3}{8} \left(\frac{M_R}{h_t} \right)$, onde M_R é a massa do pavimento, em Kg/m²; h_t é a espessura do pavimento, em cm (sem ter em conta o revestimento de acabamento ou da laje flutuante). Como alternativa aos resultados de ensaio, o isolamento acústico ao ruído de impacto poderá ser avaliado a partir da massa por unidade de área (em dB): $L_{n,w} = 170 - 35 \log(M_{ep})$, onde M_R é a massa do pavimento, em Kg/m²; M_{ep} é a massa equivalente do pavimento, em Kg/m²; $M_{ep} = M_R - M_r$ com $M_r = 80 \left(\frac{h}{h_t} \right)$ para os blocos de cofragem em betão; h é a espessura do bloco de cofragem alveolado, em cm; H é a espessura total do pavimento, em cm; ⁽³⁾ Graus de resistência ao fogo de pavimentos compostos para habitações com vigotas comuns, de acordo com ANEXO K da NP EN 15037-1, não considerando qualquer tipo de revestimento na face inferior do pavimento. ⁽⁴⁾ Norma europeia de classificação EN 13501-1, realização de ensaios segundo normas EN ISO 1182 e EN ISO 1716.

ELEMENTOS DE CÁLCULO

TIPO DE PAVIMENTO CORTE TRANSVERSAL	ESPESSURA mm		VIGOTA	PESO PRÓPRIO kNm ² /m	ESTADOS LIMITES			
	TOTAL	ACIMA DO BLOCO			ÚLTIMOS		DE UTILIZAÇÃO	
					M _{Rd} kNm/m	V _{Rd} kN/m	M _{fctk} kN/m	EI kNm ² /m
3V3/3V4-BL38x25-28/32 	280	30	V3	4,22	72,5	71,9	51,1	34274
	290	40	V3	4,46	73,9	74,7	54,0	39102
	300	50	V3	4,70	76,4	77,5	57,1	44100
	310	60	V3	4,94	79,4	80,2	60,1	49292
	320	70	V3	5,18	82,2	83,0	62,7	54704
	280	30	V4	4,24	85,8	71,9	56,0	34386
	290	40	V4	4,48	89,0	74,7	59,3	39231
	300	50	V4	4,72	92,3	77,5	62,7	44245
	310	60	V4	4,96	96,0	80,2	65,9	49454
	320	70	V4	5,20	99,6	83,0	68,9	54883

ELEMENTOS DE MEDIÇÃO

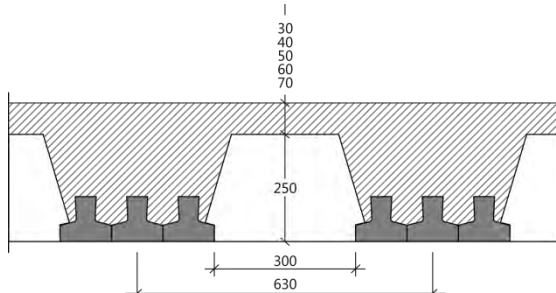
ESPESSURA DA LAJE <i>mm</i>	QUANTIDADES POR M ²			VIGOTA	ARMADURA DE DISTRIBUIÇÃO <i>mm²/m</i>		
	VIGOTAS <i>m</i>	BLOCOS <i>un</i>	BETÃO <i>l</i>		A235	A400	A500
280	4,23	6,12	118,1	V3	260	153	122 - AR 42
290			128,1	V4	331	194	156 - AR 46
300			138,1				
310			148,1				
320			158,1				

PERFORMANCE ACÚSTICA E RESISTÊNCIA AO FOGO

ESPESSURA PAVIMENTO <i>mm</i>	VIGOTA	R_w ISOLAMENTO ACÚSTICO AO RUIDO AÉREO ⁽¹⁾ <i>dB</i>	L_{n,w} ISOLAMENTO ACÚSTICO AO RUIDO DE IMPACTO ⁽²⁾ <i>dB</i>	GRAU DE RESISTÊNCIA AO FOGO ⁽³⁾ <i>Duração em minuto</i>	CLASSE DE REAÇÃO AO FOGO ⁽⁴⁾
280	V3, V4	58	78	30	A1
290	V3, V4	59	77	30	A1
300	V3, V4	60	76	30	A1
310	V3, V4	61	75	30	A1
320	V3, V4	62	75, 74	30	A1

⁽¹⁾⁽²⁾ Cálculos de acordo com ANEXO L da NP EN 15037-1, considerando uma massa adicional ao pavimento de 60 kg/m² (betonilhas e argamassas) correspondente a um acréscimo na espessura total (H) do pavimento de 5 cm. Como alternativa aos resultados de ensaio, o isolamento acústico ao ruído aéreo poderá ser avaliado a partir da massa por unidade de área (em dB): $R_w = 40 \log(M_R) - 56 + \frac{3}{8} \left(\frac{M_R}{h_t} \right)$, onde M_R é a massa do pavimento, em Kg/m²; h_t é a espessura do pavimento, em cm (sem ter em conta o revestimento de acabamento ou da laje flutuante). Como alternativa aos resultados de ensaio, o isolamento acústico ao ruído de impacto poderá ser avaliado a partir da massa por unidade de área (em dB): $L_{n,w} = 170 - 35 \log(M_{ep})$, onde M_R é a massa do pavimento, em Kg/m²; M_{ep} é a massa equivalente do pavimento, em Kg/m²; $M_{ep} = M_R - M_r$ com $M_r = 80 \left(\frac{h}{H} \right)$ para os blocos de cofragem em betão; h é a espessura do bloco de cofragem alveolado, em cm; H é a espessura total do pavimento, em cm; ⁽³⁾ Graus de resistência ao fogo de pavimentos compostos para habitações com vigotas comuns, de acordo com ANEXO K da NP EN 15037-1, não considerando qualquer tipo de revestimento na face inferior do pavimento. ⁽⁴⁾ Norma europeia de classificação EN 13501-1, realização de ensaios segundo normas EN ISO 1182 e EN ISO 1716.

ELEMENTOS DE CÁLCULO

TIPO DE PAVIMENTO CORTE TRANSVERSAL	ESPESSURA <i>mm</i>		VIGOTA	PESO PRÓPRIO <i>kN/m²</i>	ESTADOS LIMITES			
	TOTAL	ACIMA DO BLOCO			ÚLTIMOS		DE UTILIZAÇÃO	
					M_{Rd} <i>kNm/m</i>	V_{Rd} <i>kN/m</i>	M_{ftk} <i>kNm/m</i>	EI <i>kNm²/m</i>
	280	30	V3	4,62	82,0	81,1	56,6	37176
	290	40	V3	4,86	83,7	84,2	60,2	42212
	300	50	V3	5,10	85,9	87,3	63,3	47462
	310	60	V3	5,34	89,1	90,4	66,6	52946
	320	70	V3	5,58	92,5	93,5	69,9	58688
	280	30	V4	4,64	96,1	81,1	62,1	37296
	290	40	V4	4,88	99,8	84,2	66,0	42349
	300	50	V4	5,12	103,4	87,3	69,5	47617
	310	60	V4	5,36	107,4	90,4	73,1	53119
	320	70	V4	5,60	111,6	93,5	76,6	58879

ELEMENTOS DE MEDIÇÃO

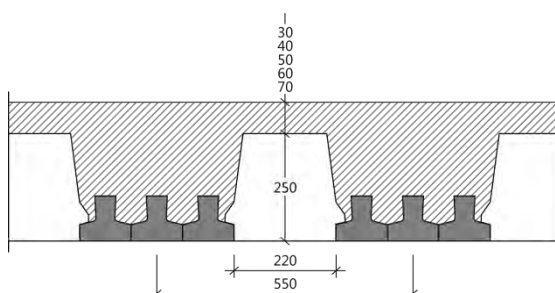
ESPESSURA DA LAJE <i>mm</i>	QUANTIDADES POR M ²			VIGOTA	ARMADURA DE DISTRIBUIÇÃO <i>mm²/m</i>		
	VIGOTAS <i>m</i>	BLOCOS <i>un</i>	BETÃO <i>l</i>		A235	A400	A500
280	4,76	6,90	129,3	V3	292	172	137 - AR 42
290			139,3	V4	373	219	175 - AR 50
300			149,3				
310			159,3				
320			169,3				

PERFORMANCE ACÚSTICA E RESISTÊNCIA AO FOGO

ESPESSURA PAVIMENTO <i>mm</i>	VIGOTA	R_w ISOLAMENTO ACÚSTICO AO RUIDO AÉREO ⁽¹⁾ <i>dB</i>	L_{n,w} ISOLAMENTO ACÚSTICO AO RUIDO DE IMPACTO ⁽²⁾ <i>dB</i>	GRAU DE RESISTÊNCIA AO FOGO ⁽³⁾ <i>Duração em minuto</i>	CLASSE DE REAÇÃO AO FOGO ⁽⁴⁾
280	V3, V4	60	76	30	A1
290	V3, V4	61	76	30	A1
300	V3, V4	62	75	30	A1
310	V3, V4	63	74	30	A1
320	V3, V4	63	73	30	A1

⁽¹⁾⁽²⁾ Cálculos de acordo com ANEXO L da NP EN 15037-1, considerando uma massa adicional ao pavimento de 60 kg/m² (betonilhas e argamassas) correspondente a um acréscimo na espessura total (H) do pavimento de 5 cm. Como alternativa aos resultados de ensaio, o isolamento acústico ao ruído aéreo poderá ser avaliado a partir da massa por unidade de área (em dB): $R_w = 40 \log(M_R) - 56 + \frac{3}{8} \left(\frac{M_R}{h_t} \right)$, onde M_R é a massa do pavimento, em Kg/m²; h_t é a espessura do pavimento, em cm (sem ter em conta o revestimento de acabamento ou da laje flutuante). Como alternativa aos resultados de ensaio, o isolamento acústico ao ruído de impacto poderá ser avaliado a partir da massa por unidade de área (em dB): $L_{n,w} = 170 - 35 \log(M_{ep})$, onde M_R é a massa do pavimento, em Kg/m²; M_{ep} é a massa equivalente do pavimento, em Kg/m²; $M_{ep} = M_R - M_r$ com $M_r = 80 \left(\frac{h}{H} \right)$ para os blocos de cofragem em betão; h é a espessura do bloco de cofragem alveolado, em cm; H é a espessura total do pavimento, em cm; ⁽³⁾ Grau de resistência ao fogo de pavimentos compostos para habitações com vigotas comuns, de acordo com ANEXO K da NP EN 15037-1, não considerando qualquer tipo de revestimento na face inferior do pavimento. ⁽⁴⁾ Norma europeia de classificação EN 13501-1, realização de ensaios segundo normas EN ISO 1182 e EN ISO 1716.

ELEMENTOS DE CÁLCULO

TIPO DE PAVIMENTO CORTE TRANSVERSAL	ESPESSURA mm		VIGOTA	PESO PRÓPRIO kN/m ²	ESTADOS LIMITES			
	TOTAL	ACIMA DO BLOCO			ÚLTIMOS		DE UTILIZAÇÃO	
					M _{Rd} kNm/m	V _{Rd} kN/m	M _{fctk} kNm/m	EI kNm ² /m
	280	30	V3	4,94	94.1	96,5	63,7	40293
	290	40	V3	5,18	97,4	100,3	67,7	45653
	300	50	V3	5,42	99,7	104,0	71,3	51623
	310	60	V3	5,66	102,0	107,7	75,0	57148
	320	70	V3	5,90	105,4	111,4	78,7	63323
	280	30	V4	4,96	108,8	96,5	69,9	40422
	290	40	V4	5,20	113,9	100,3	74,2	45798
	300	50	V4	5,44	118,1	104,0	78,3	51426
	310	60	V4	5,68	122,1	107,7	82,3	57330
	320	70	V4	5,92	126,7	111,4	86,4	63524

ELEMENTOS DE MEDIÇÃO

ESPESSURA DA LAJE mm	QUANTIDADES POR M ²			VIGOTA	ARMADURA DE DISTRIBUIÇÃO mm ² /m		
	VIGOTAS m	BLOCOS un	BETÃO l		A235	A400	A500
280	5,45	7,91	140,5	V3	335	197	158 - AR 46
290			150,5	V4	427	251	201 - AR 55
300			160,5				
310			170,5				
320			180,5				

PERFORMANCE ACÚSTICA E RESISTÊNCIA AO FOGO

ESPESSURA PAVIMENTO mm	VIGOTA	R _w ISOLAMENTO ACÚSTICO AO RUIDO AÉREO ⁽¹⁾ dB	L _{n,w} ISOLAMENTO ACÚSTICO AO RUIDO DE IMPACTO ⁽²⁾ dB	GRAU DE RESISTÊNCIA AO FOGO ⁽³⁾ Duração em minuto	CLASSE DE REAÇÃO AO FOGO ⁽⁴⁾
280	V3, V4	62	75	30	A1
290	V3, V4	62	75	30	A1
300	V3, V4	63	74	30	A1
310	V3, V4	64	73	30	A1
320	V3, V4	65	73	30	A1

⁽¹⁾⁽²⁾ Cálculos de acordo com ANEXO L da NP EN 15037-1, considerando uma massa adicional ao pavimento de 60 kg/m² (betonilhas e argamassas) correspondente a um acréscimo na espessura total (H) do pavimento de 5 cm. Como alternativa aos resultados de ensaio, o isolamento acústico ao ruído aéreo poderá ser avaliado a partir da massa por unidade de área (em dB): $R_w = 40 \log(M_R) - 56 + \frac{3}{8} \left(\frac{M_R}{h_t} \right)$, onde M_R é a massa do pavimento, em Kg/m²; h_t é a espessura do pavimento, em cm (sem ter em conta o revestimento de acabamento ou da laje flutuante). Como alternativa aos resultados de ensaio, o isolamento acústico ao ruído de impacto poderá ser avaliado a partir da massa por unidade de área (em dB): $L_{n,w} = 170 - 35 \log(M_{ep})$, onde M_R é a massa do pavimento, em Kg/m²; M_{ep} é a massa equivalente do pavimento, em Kg/m²; $M_{ep} = M_R - M_r$ com $M_r = 80 \left(\frac{h}{H} \right)$ para os blocos de cofragem em betão; h é a espessura do bloco de cofragem alveolado, em cm; H é a espessura total do pavimento, em cm; ⁽³⁾ Grau de resistência ao fogo de pavimentos compostos para habitações com vigotas comuns, de acordo com ANEXO K da NP EN 15037-1, não considerando qualquer tipo de revestimento na face inferior do pavimento. ⁽⁴⁾ Norma europeia de classificação EN 13501-1, realização de ensaios segundo normas EN ISO 1182 e EN ISO 1716.

Declaração

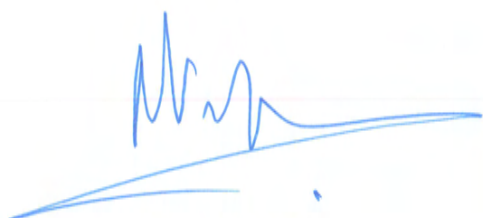
Este Documento Técnico DT VA2015, emitido pela Leiriviga, estabelece as condições de execução e utilização do sistema de construção de pavimentos aligeirados, constituído por vigotas prefabricadas de betão pré-esforçado, blocos de cofragem em betão de agregados de argila expandida e betão complementar moldado em obra.

A Leiriviga assume a responsabilidade técnica na utilização dos seus pavimentos bem como na sua aplicação, exigindo a satisfação integral das características especificadas bem como dos valores de cálculo constantes no mesmo.

Esta declaração mantém-se válida, enquanto as condições definidas nas normas harmonizadas NP EN 15037-1 e NP EN 15037-2, ou as condições de fabrico ou do controlo de produção em fábrica não se alterarem significativamente.

Colaboraram na realização do presente trabalho e tomaram conhecimento da redação final do mesmo:

VISTOS

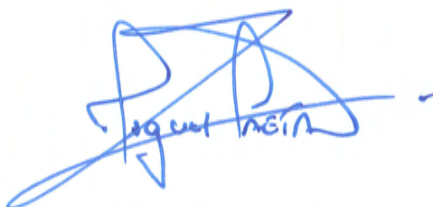


Virgílio Lopes
Dept. Técnico Leiriviga S.A.

AUTORIA



Rui Belchior Santos
Engº Civil, O.E. 25110



Miguel Caetano
Administração Leiriviga, S.A