

Município de Leiria
Câmara Municipal

PROJETO DE EXECUÇÃO

MEMORIAL DE CÁLCULO – REFORÇO ESTRUTURAL

ÍNDICE GERAL

I	INTRODUÇÃO	3
II	ANÁLISE AO RELATÓRIO TÉCNICO E CRITÉRIOS DE PROJECTO	3
II.1	AVALIAÇÃO ESTRUTURAL	3
II.2	DESCRIÇÃO DO EDIFÍCIO	4
II.3	INFORMAÇÃO RELEVANTE PARA REFORÇO ESTRUTURAL	4
II.3.1	LEVANTAMENTO DIMENSIONAL ESTRUTURAL	5
II.3.2	MATERIAIS ESTRUTURAIIS	5
II.3.3	CRITÉRIOS DE VERIFICAÇÃO ESTRUTURAL	6
II.3.4	ACÇÕES	6
II.3.5	CAPACIDADE INSTALADA (ANTES DA SOL. DE REFORÇO)	7
II.3.5.1	LAJES.....	7
II.3.5.2	VIGAS.....	8
II.4	ESFORÇOS ATUANTES	13
II.4.1	ANÁLISE SÍSMICA.....	13
II.4.2	LAJES.....	16
II.4.2.1	CÁLCULOS DOS REFORÇOS POR VIGAS METÁLICAS	19
II.4.3	VIGAS.....	20
II.4.4	PILARES	21
II.4.5	RESISTÊNCIA AO FOGO	23

DESENHOS

SOL.Ref01 – Planta Estrutural Tecto do Piso -01

ANEXOS

- Relatório de Avaliação e Caracterização Estrutural (IPL)
- Cálculo Pilares (aplicação S&P Lamella e Colonna)
- Cálculo Vigas (aplicação S&P Lamella)
- Especificações / Fichas de Produto S&P

I INTRODUÇÃO

A presente memória de cálculo visa expor os critérios de cálculo conducentes à ao reforço estrutural do Edifício Nascente, especificamente no Corpo A do Tecto do Piso -01, incluindo os elementos tipo viga e pilar.

Para tal, e conforme exposição anterior, foi realizado um levantamento dimensional rigoroso da estrutura existente pela equipa projectista (enviado à data) e um levantamento local de secções de armadura de elementos viga e Pilares, através de um relatório técnico executado por uma equipa de especialista do IPL e por membros do corpo técnico do Município, concluído em Junho deste ano.

Relativamente aos elementos laminares, isto é lajes não foi realizado um levantamento das armaduras existentes além da inspecção visual. Contudo, e em relação a estes elementos o relatório apontará para uma redução da sua capacidade portante na ordem dos 25% da sua capacidade (ver pág.18, relatório técnico de Junho de 2020)

II ANÁLISE AO RELATÓRIO TÉCNICO E CRITÉRIOS DE PROJECTO

Uma vez realizado um estudo aprofundado do estado geral do edifício com a realização de 3 (três) relatórios técnicos de avaliação e caracterização estrutural, importa a definição inequívoca de medidas de reparação globais da estrutura.

Posto isto, importa ressaltar que: Embora sabendo-se que as técnicas construtivas utilizadas na génese deste e de outros edifícios na década de 1980 estão na origem das patologias encontradas nas lajes do piso -01, nos pilares e nas vigas e que por mera associação se possam determinar que os restantes elementos estruturais do edifícios possam vir a revelar futuramente os mesmos sintomas e conseqüentemente a necessitar de uma intervenção do tipo reforço estrutural é certo que á data esse pressuposto não foi evidenciado.

Assim sendo, no âmbito desta intervenção declara-se uma limitação do âmbito do estudo a soluções enquadráveis no âmbito de um reforço estrutural, dentro dos parâmetros do referido relatório técnico de avaliação e caracterização estrutural datado de junho de 2020 (o mais recente) cujo limite ali se menciona.

II.1 AVALIAÇÃO ESTRUTURAL

De acordo com o anterior aditamento à memória descritiva e de acordo com os parâmetros orientadores dos relatórios técnicos do IPL, realiza-se uma avaliação sísmica à globalidade do edifício de acordo com a NP EN 1998-3 (Projecto de estruturas para resistência aos sismos - avaliação e Reabilitação de Edifícios). Contudo os resultados desta avaliação serão apenas limitados à área de intervenção e não á globalidade do edificado.

II.2 DESCRIÇÃO DO EDIFÍCIO

O Mercado de Leiria, é constituído por um conjunto de 2 Edifícios, distinguidos em projecto como Edifício Nascente e Edifício Poente. A ligação entre ambos os edifícios estabelece-se por via subterrânea através de um túnel sobre o arruamento adjacente e simultaneamente através de uma passagem superior, ligando os edifícios ao nível do 1º piso.

Trata-se de edifícios de betão armado, cuja estrutura é do tipo porticada, sendo constituída por lajes maciças, vigas e pilares dispostos de forma regular. Trata-se de estruturas com três pisos, um deles sendo enterrado.

Devido ao desenvolvimento em planta, o edifício a Poente dispõe de dois corpos, separados por uma junta de dilatação com cerca de 2cm, que adiante se descrevem como corpo A e Corpo B.

O corpo A do edifício a Poente é constituído unicamente por um piso enterrado e situa-se 1 metro abaixo da cota de piso do corpo B. O corpo B do edifício é constituído pelos três pisos, pelo túnel e pela passagem superior.

O edifício a Nascente ocupa uma área ligeiramente menor, sendo composto por uma cave e dois pisos acima da cota de soleira.

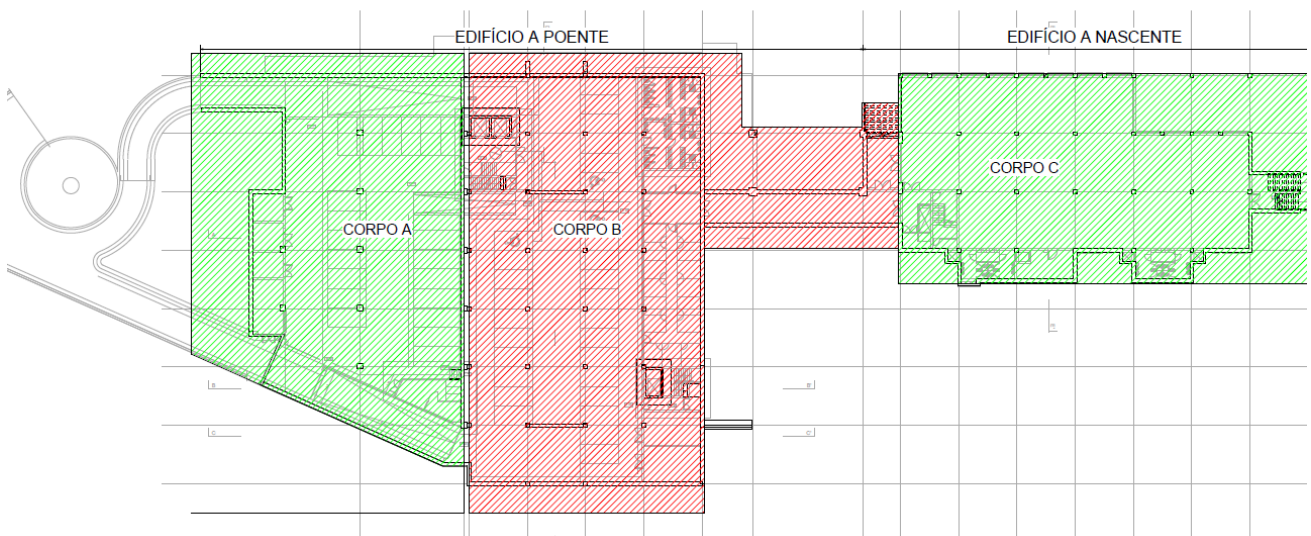


Fig. 1 Disposição estrutural do Mercado de Leiria

II.3 INFORMAÇÃO RELEVANTE PARA REFORÇO ESTRUTURAL

De acordo com a norma de referência, a NP EN 1998-3, importa à avaliação estrutural genericamente o seguinte:

- ✓ Levantamento rigoroso dimensional do Edifício, conducente à realização de um modelo numérico;
- ✓ Levantamento rigoroso de secções de betão e armadura dos diversos elementos estruturais, de modo a caracterizar a sua real capacidade portante, determinando os materiais estruturais.

- ✓ Determinação de critérios de projecto.

II.3.1 LEVANTAMENTO DIMENSIONAL ESTRUTURAL

Em Maio de 2020, foi realizado um levantamento exaustivo do tipo dimensional de todas as secções resistentes do edifício pela equipa de projecto. Esta informação consta nas peças desenhadas, que acompanham o procedimento enviado à data, o que inclui um relatório fotográfico à data.

II.3.2 MATERIAIS ESTRUTURAIIS

Cf. Relatório Técnico do IPL, o material Estrutural Betão é:

C20/25 (cf. NP EN 206-1)

Isto é:

- ✓ $f_{cd}=13,3$ MPa
- ✓ $f_{ck}=20$ MPa
- ✓ $E_{c,28d}=30$ MPa

Cf. Relatório Técnico do IPL, o Material aço Estrutural é:

A500 para as Lajes e;A400 para as Vigas e para os Pilares, sendo as suas características respetivamente as seguintes:

Para o Aço A500:

- ✓ $F_{yd}=435$ MPa
- ✓ $\varepsilon=2,78\%$

Para o Aço A400:

- ✓ $F_{yd}=348$ MPa
- ✓ $\varepsilon=1,74\%$

Tendo em conta que se desconhece efetivamente se as secções de betão armado na área de estudo estão totalmente fendilhadas excessivamente, uma vez que o padrão de delaminação e corrosão de armaduras é particularmente extenso, admite-se que as secções possam ter uma rigidez equivalente à secante do ponto correspondente ao diagrama de momentos-curvatura.

Por este motivo, admite-se como critério conservador que a rigidez estrutural dos elementos seja metade da rigidez inicial

II.3.3 CRITÉRIOS DE VERIFICAÇÃO ESTRUTURAL

Para efeitos de verificação, será realizada uma distinção entre elementos ou entre mecanismos dúcteis e frágeis:

- Dúcteis: Vigas, Pilares ou paredes sujeitos a esforços de flexão;
- Frágeis: Mecanismos de esforço transversal em vigas, pilares, paredes e nós.

A verificação para os elementos dúcteis será realizada garantindo que as exigências de acções são inferiores à capacidades de deformação, sendo que para os elementos frágeis a essa verificação é realizada em função da capacidade real da estrutura, isto é: através dos seus os seus esforços resistentes.

Aplica-se portanto o conceito relativo ao “capacity design”, embebido no espírito da NP EN 1998 de modo a possibilitar, em caso de ocorrência primeiramente a formação de roturas plásticas (dúcteis) nas vigas por flexão motivando uma melhor dissipação de energia através da possibilidade de formação de movimentos hysteréticos, e evitando roturas frágeis que de outro modo poderiam ocorrer nos locais onde se dá uma concentração superior de esforços transversos, isto é: Em nós de pilares e vigas, inseridos no Piso -01 do Estacionamento do Corpo B do edifício a Poente.

II.3.4 Acções

Ao nível da consideração sobre Acções:

Peso Próprio:

Aplicável a NP EN 1991 – Acções em estruturas

- Peso específico Estrutural betão armado.....25kN/m³
- Peso específico Estrutura do Aço.....77kN/m³

Restante Carga Permanente:

Piso 01

betonilha 0.04x1200Kg/m³ + Microbetão 0.06x2450Kg/m³) = 195kg/m²)≈0,2 KN/m²

Piso 00

Espessura média de betonilha (bancadas/pavimento) 0,07x1200 + Microbetão 0,06 x 2450 Kg/m³.....0,25 KN/m²

Sobrecarga

Sobrecarga.....4kN/m²

Ação Sísmica cf. NP EN 1998-1, adotando o critérios da NP EN 1998:

Para efeitos da quantificação da acção do Sismo foi considerado a Acção Sísmica prevista pelo Eurocódigo 8.

- Município de Leiria – $ag=0,60 \text{ m/s}^2$ (sismo Tipo 1); $ag=1,1 \text{ m/s}^2$ (Sismo Tipo 2)
- Terreno Tipo B (cf. quadro 3.1, NP EN 1998-1).

A acção sísmica foi simulada nas duas direções, por meio de espectros de resposta médios para o sismo tipo I e tipo II, através de uma análise dinâmica tridimensional da estrutura.

Coef. De comportamento ($q=1,5$)

Classe de importância II – Edifício corrente

II.3.5 CAPACIDADE INSTALADA (ANTES DA SOL. DE REFORÇO)

II.3.5.1 LAJES

De acordo com o relatório técnico de inspeção (ver pág. 11) a espessura deste elemento laminar será de 0,20m, sendo que admitimos que esta espessura possa ser menor, na ordem dos 0,15m. Para efeitos de cálculo e reforço, admite-se que as lajes terão uma espessura de 0,15m de espessura.

No que diz respeito à capacidade das lajes, considera-se que a mesma se situará em média 0,25 da capacidade de projeto (cf. relatório técnico, pág18)

Admitindo as cargas que se conhecem que ali estavam instaladas, ao nível do piso 00, isto é:

PP

0,15m x 25 KN/m ³	3,75 KN/m²
RCP	1,3 KN/m²
0,050m x 20 kN/m ²	1,0 kN/m ²
Bancada.....	0,3 KN/m ²
SC.....	4,0 kN/m²

A Combinação de acções mais condicionante é a acção fundamental, portando a carga total perante esta combinação será:

$$ELU = 1,5x 3,75 + 1,5x1,3 + 1,5 x 4,0 = 13,58 \text{ KN/m}^2$$

$$A = 7,5x7,5\text{m}$$

Aplicando o método dos K para lajes encastradas nos 4 cantos, os momentos resistentes e consequentemente as armaduras resistentes poderão situar-se em:

M1 (+)	K=0.018	MRD (+)=13.75 KN.m	MRD _{25%} (+)=3.44 KN.m
M2 (+)	K=0.018	MRD (+)=13,75 KN.m	MRD _{25%} (+)=3,44 KN.m
M12 (-)	K=-0,042	MRD (-)=32.10 KN.m	MRD _{25%} (-)=8,02 KN.m
M21 (-)	K=0,042	MRD (-)=32,10 KN.m	MRD _{25%} (-)=8,02 KN.m

Posto isto, e para efeitos de contabilização do reforço necessário admite-se que as armaduras de flexão positiva nas lajes pela expressão do momento reduzido seja na ordem dos **0.53 cm²/m** ou mesmo nula (cerca de Ø6//0,525 ??) , para a secção de meio vão e na ordem dos **1,51 cm²/m** (cerca de Ø8//0,40 nos apoios).

Armadura	A _s	w	m	M _{rd}
Armadura de Flexão Positiva (M+)	0,53	0,011597	0,0115	3,4
Armadura de Flexão Negativa (M-)	1,26	0,027448	0,0267	8,0

Em que:

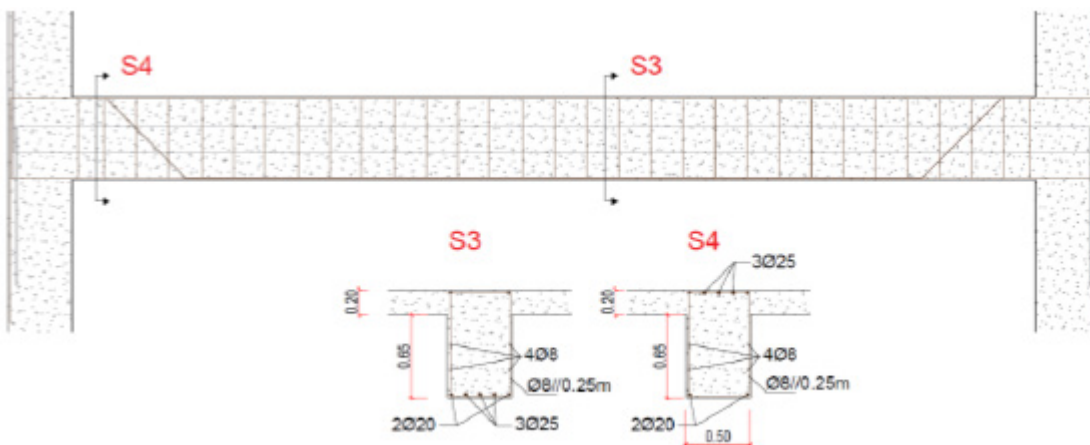
$$\mu = M / (b \times d^2 \times f_{cd})$$

$$w = \mu \times (1 + \mu)$$

II.3.5.2 VIGAS

Cf. detalhado no relatório de inspeção, as vigas no teto do piso -01, embora tendo os mesmos vãos e a mesma carga terão armaduras diferentes no sentido XX e no sentido YY (ver relatório Pág. 10).

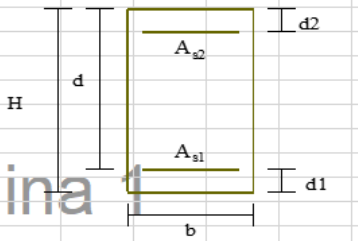
As vigas segundo XX, têm a seguinte configuração:



Na secção de meio vão, contabilizam-se 2Ø20+3Ø25 que serão equivalentes a uma armadura de flexão de **21 cm²**. Admitindo a secção puramente sujeita à flexão o momento resistente MRD (+) será de **510,15 KN.m**

INTRODUÇÃO DE DADOS:		PARÂMETROS DE CÁLCULO:		
Tipo de Betão:	C20/25	fcd=	13,3 MPa	t1= 0,65
Tipo de Aço:	A400	fsyd=	348 MPa	t2= 4
ESFORÇOS ACTUANTES:				
Momento Flector aplicado:				
MRD	510,1483	KN.m		
Dimensões da viga:				
Base da viga:				
b:	0,5	m		
Altura útil da viga:				
d:	0,785	m		
Recobrimento:				
d2:	0,015	m		
RESULTADOS:				
Momento flector reduzido:				
u:	0,124	< 0,310 NÃO É NECESSÁRIA ARMADURA DE COMPRESSÃO		
Método Simplificado:				
Percentagem de armadura de tracção:				
w:	0,140			
Armadura de tracção:				
As2:	20,999	cm ²		

Página 1

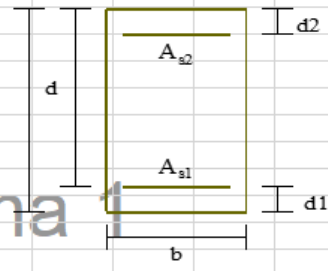


Na secção do apoio, constabilizam-se 3Ø25, que serão equivalentes a 14,73cm²

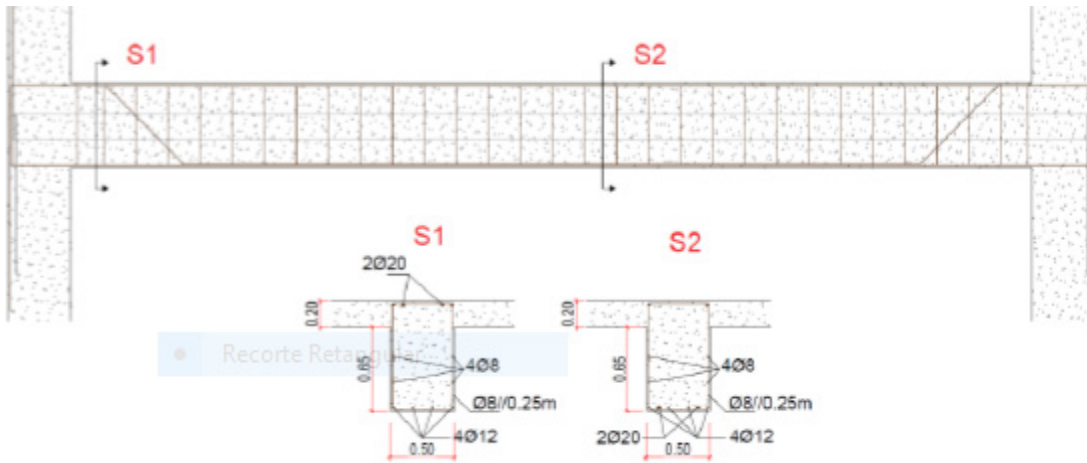
Admitindo a secção puramente sujeita à flexão o momento resistente MRD (-) será de 369,14 KN.m

DIMENSIONAMENTO DE BETÃO ARMADO EM FLEXÃO SIMPLES				
INTRODUÇÃO DE DADOS:		PARÂMETROS DE CÁLCULO:		
Tipo de Betão:	C20/25	fcd=	13,3 MPa	t1= 0,65
Tipo de Aço:	A400	fsyd=	348 MPa	t2= 4
ESFORÇOS ACTUANTES:				
Momento Flector aplicado:				
MRD	369,1416	KN.m		
Dimensões da viga:				
Base da viga:				
b:	0,5	m		
Altura útil da viga:				
d:	0,785	m		
Recobrimento:				
d2:	0,015	m		
RESULTADOS:				
Momento flector reduzido:				
u:	0,090	< 0,310 NÃO É NECESSÁRIA ARMADURA DE COMPRESSÃO		
Método Simplificado:				
Percentagem de armadura de tracção:				
w:	0,098			
Armadura de tracção:				
As2:	14,730	cm ²		

Página 1



As vigas segundo YY, têm a seguinte configuração:



Na secção do Apoio, contabilizam-se 2Ø20 que serão equivalentes a uma armadura de flexão de **6,28 cm²**. Admitindo a secção puramente sujeita à flexão o momento resistente MRD (-) será de **164,19 KN.m**

DIMENSIONAMENTO DE BETÃO ARMADO EM FLEXÃO SIMPLES			
INTRODUÇÃO DE DADOS:		PARÂMETROS DE CÁLCULO:	
Tipo de Betão:	C20/25	f _{cd} =	13,3 MPa
		t ₁ =	0,65
Tipo de Aço:	A400	f _{syd} =	348 MPa
		t ₂ =	4
ESFORÇOS ACTUANTES:			
Momento Flector aplicado:			
MRD	164,9199	KN.m	
Dimensões da viga:			
Base da viga:			
b:	0,5	m	
Altura útil da viga:			
d:	0,785	m	
Recobrimento:			
d2:	0,015	m	
RESULTADOS:			
Momento flector reduzido:			
u:	0,040	< 0,310 NÃO É NECESSÁRIA ARMADURA DE COMPRESSÃO	
Método Simplificado:			
Porcentagem de armadura de tracção:			
w:	0,042		
Ardadura de tracção:			
As2:	6,280	cm ²	

Página 1

Na secção de Meio vão, contabilizam-se 4Ø12 que serão equivalentes a uma armadura de flexão de **4,52 cm²**. Admitindo a secção puramente sujeita à flexão o momento resistente MRD (+) será de **119,97 KN.m**

DIMENSIONAMENTO DE BETÃO ARMADO EM FLEXÃO SIMPLES					
INTRODUÇÃO DE DADOS:			PARÂMETROS DE CÁLCULO:		
Tipo de Betão:	C20/25		fcd=	13,3	MPa
			f1=	0,65	
Tipo de Aço:	A400		fsyd=	348	MPa
			f2=	4	
ESFORÇOS ACTUANTES:					
Momento Flector aplicado:					
MRD	119,967	KN.m			
Dimensões da viga:					
Base da viga:					
b:	0,5	m			
Altura útil da viga:					
d:	0,785	m			
Recobrimento:					
d2:	0,015	m			
RESULTADOS:					
Momento flector reduzido:					
u:	0,029		< 0,310 NÃO É NECESSÁRIA ARMADURA DE COMPRESSÃO		
Método Simplificado:					
Percentagem de armadura de tração:					
w:	0,030				
Armadura de tração:					
As2:	4,520	cm ²			

Relativamente ao esforço transversal das vigas, o relatório informa que as armaduras transversais são idênticas em ambas as direções sendo Est. Ø8//0,25m equivalente a **2,01 cm²/m**. No que diz respeito à contribuição da armadura para o valor resistente constata-se que os varões inferiores 2Ø20 realizam uma inflexão a 45° junto ao apoio, o que contribui para o V_{wd}

$$V_{wd} = A_{sw}/s \times 0,90 \times d \times f_{syd} \times (1 + \cot \alpha) \times \sin \alpha$$

$$\begin{cases} \text{Ø8//0,25} : \alpha = 90^\circ ; V_{wd} = 49,42 \text{KN} \\ 2\text{Ø20} : \alpha = 90^\circ ; V_{wd} = 218,35 \text{KN} \end{cases}$$

A contribuição da secção de betão V_{CD} pode ser determinado pela seguintes expressão:

$$V_{CD} = \tau_1 \times b_w \times d; \text{ (em que } \tau_1 = 650 \text{ KPa, cf. Q.VI Art}^\circ 53 \text{ do REBAP)}$$

$$V_{CD} = 255,125 \text{ KN}$$

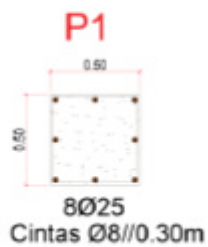
Perante estes dados estima-se o V_{RD} em **522,89KN**

Pilares

Sendo os pilares elementos sujeitos à compressão e à flexão (estado de flexão composta ou desviada) importa neste caso distinguir duas situações:

- 1) Pilares no interior do edifício e os;
- 2) Pilares que arrancam das paredes resistentes, na periferia.

Cf. o relatório técnico de inspeção as armaduras do pilares serão semelhantes, apresentando a seguinte secção:



A armadura Longitudinal dos Pilares situa-se na ordem dos 39,27cm², isto é: **14,73 cm²** por face. Quanto à armadura transversal situa-se em **1,68cm²/m**. Estimamos que o V_{RD} se possa situar em 208,56 kN, 50,94 KN dos quais corresponderão ao V_{wd} do pilar, isto é, a contribuição das armaduras na capacidade portante ao esforço transverso.

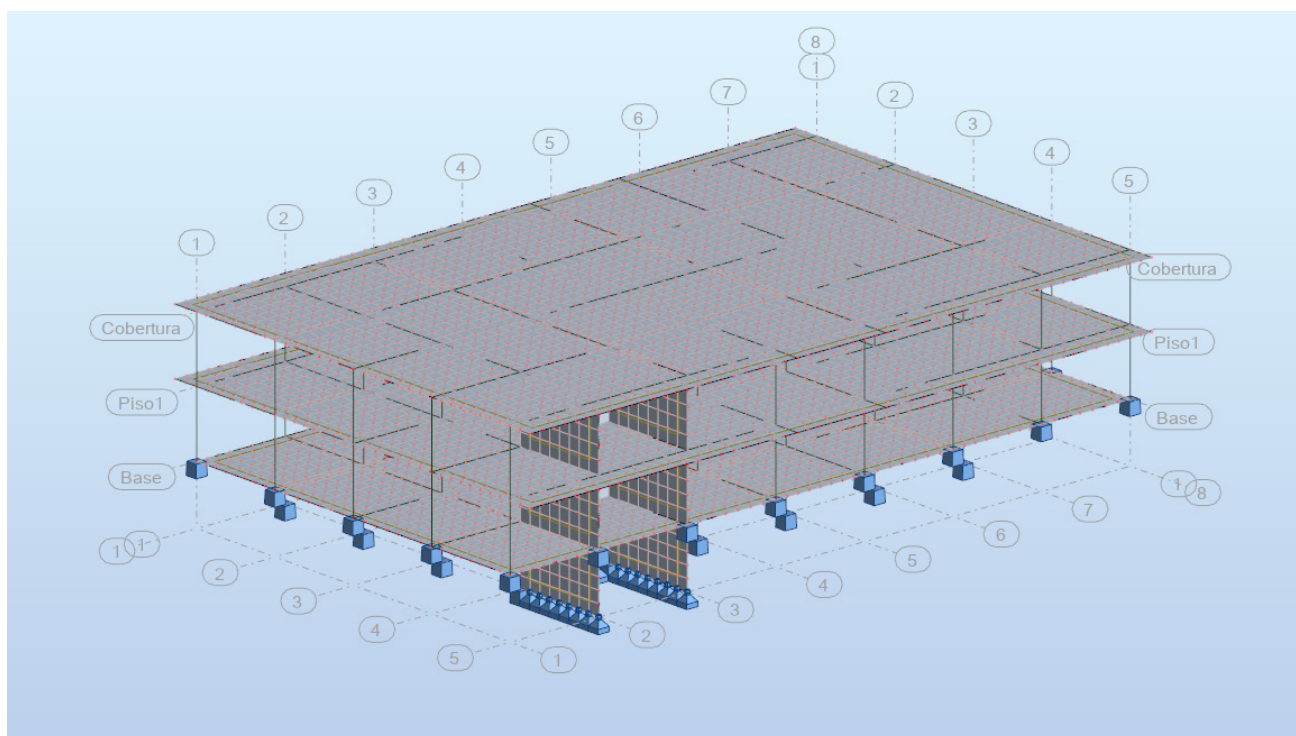
II.4 ESFORÇOS ATUANTES

A conceção e modelação estrutural teve por base as ações a que a estrutura estará sujeita, combinada com a modelação tridimensional dos elementos estruturais.

A modelação tridimensional das estruturas e a análise estrutural foi realizado com recurso a um programa de elementos finitos, aplicando as ações indicadas.

Embora se tenha modelado a estrutura completa, a partir de um levantamento de campo, e a partir de uma extrapolação de materiais resistentes, cuja informação consta do relatório técnico, apenas se representam os resultados para a zona de estudo.

Representam-se graficamente os esforços obtidos para a combinações de ações que se revelam mais gravosas.



II.4.1 ANÁLISE SÍSMICA

Análise Sísmica

Project properties: 156.16EST5_Calc15

Structure type: Shell

Structure gravity center coordinates:

X = 14.546 (m)

Y = 26.449 (m)

Z = 8.447 (m)

Central moments of inertia of a structure:

Ix = 1067444728.979 (kg*m²)

ly = 475684305.706 (kg*m2)
lz = 1402355502.833 (kg*m2)
Mass = 4172716.983 (kg)

Coordinates of structure centroid with dynamic global masses considered:

X = 14.598 (m)
Y = 26.427 (m)
Z = 8.447 (m)

Central moments of inertia of a structure with dynamic global masses considered:

lx = 2309639916.264 (kg*m2)
ly = 975646319.018 (kg*m2)
lz = 3144512703.430 (kg*m2)
Mass = 9409979.453 (kg)

Structure description

Number of nodes:	6608
Number of bars:	322
Bar finite elements:	1732
Planar finite elements:	6779
Volumetric finite elements:	0
No of static degr. of freedom:	39255
Cases:	26
Combinations:	18

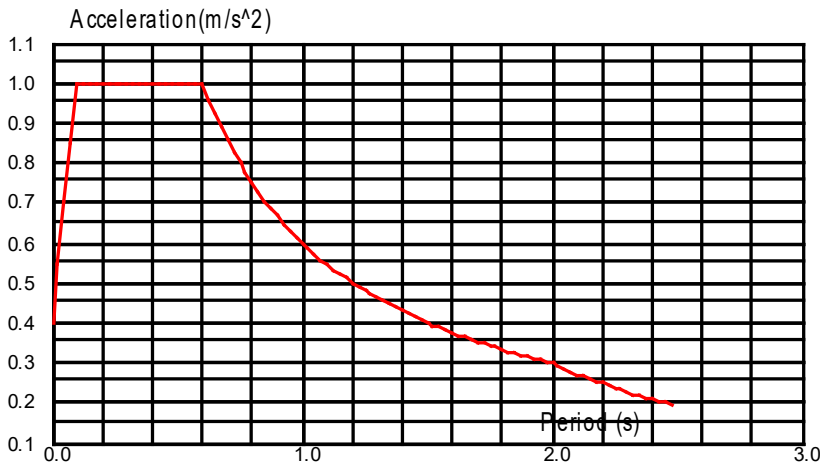
Data:

Analysis mode	:	Modal
Type of mass matrix	:	Lumped without rotations
Number of modes	:	40
Limits	:	0.000
Coefficient	:	80.000

Case 7 : EC8_T1 Direction_X
Analysis type: Seismic-EC8

Excitation direction:

X = 1.000
Y = 0.000
Z = 0.000



Data:

Spectrum	:	Dimensioning
Direction	:	Horizontal
Behavior factor	:	1.500

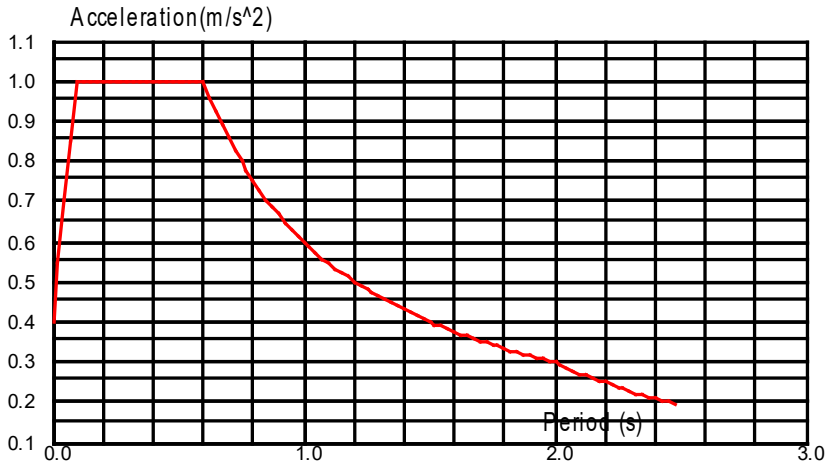
Spectrum parameters:

Acceleration	:	ag	=	0.600
Damping	:	η	=	5.00 %
Damping correction	:	η = [10/(5+η)] ^{0.5}	=	1.000

S = 1.000 η = 0.200 TB = 0.100 TC = 0.600 TD = 2.000

Case 8 : EC8_T1 Direction_Y
 Analysis type: Seismic-EC8

Excitation direction:
 X = 0.000
 Y = 1.000
 Z = 0.000

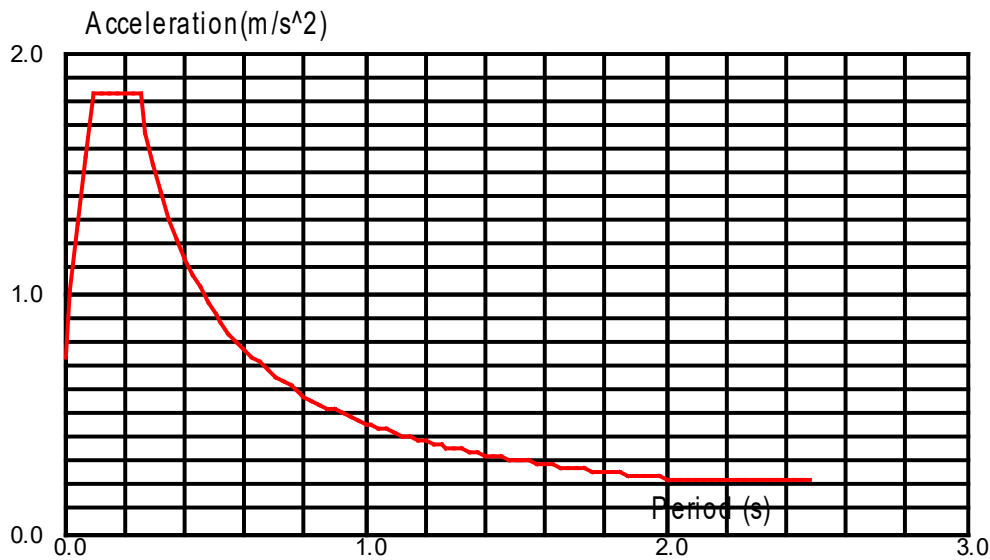


Data:
 Spectrum : Dimensioning
 Direction : Horizontal
 Behavior factor : 1.500

Spectrum parameters:
 Acceleration : $a_g = 0.600$
 Damping : $\beta = 5.00\%$
 Damping correction : $\beta = [10/(5+\beta)]^{0.5} = 1.000$

S = 1.000 $\beta = 0.200$ $T_B = 0.100$ $T_C = 0.600$ $T_D = 2.000$

Excitation direction:
 X = 1.000
 Y = 0.000
 Z = 0.000



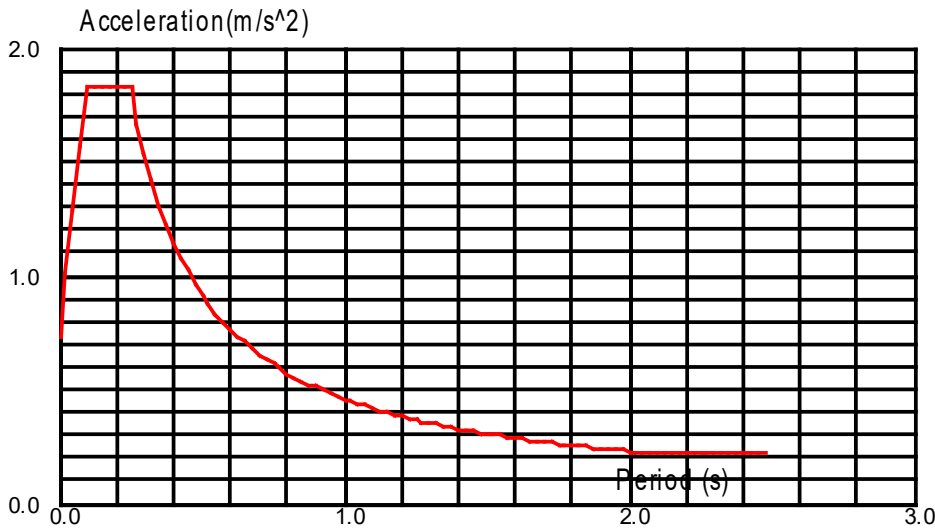
Data:
 Spectrum : Dimensioning

Direction : Horizontal
Behavior factor : 1.500

Spectrum parameters:

Acceleration : $a_g = 1.100$
Damping : $\beta = 5.00\%$
Damping correction : $\eta = [10/(5+\beta)]^{0.5} = 1.000$

S = 1.000 $\beta = 0.200$ $T_B = 0.100$ $T_C = 0.250$ $T_D = 2.000$



Data:

Spectrum : Dimensioning
Direction : Horizontal
Behavior factor : 1.500

Spectrum parameters:

Acceleration : $a_g = 1.100$
Damping : $\beta = 5.00\%$
Damping correction : $\eta = [10/(5+\beta)]^{0.5} = 1.000$

S = 1.000 $\beta = 0.200$ $T_B = 0.100$ $T_C = 0.250$ $T_D = 2.000$

Da análise sísmica realizada ao edifício, constatamos que para a zona em estudo a acção sísmica, não é significativamente gravosa face à combinação fundamental do Estados Limites Últimos.

No entanto constata-se que acção sísmica do tipo II será a mais condicionante em caso de sismo.

II.4.2 LAJES

À data e perante a execução generalizada dos revestimentos ao nível do piso 00 verifica-se a impossibilidade de execução de qualquer reforço ao nível do plano superior das lajes do tecto do piso -01, isto é ao nível do piso 00.

Perante este cenário e perante os dados de capacidade da laje fornecido podemos admitir alguma capacidade de suporte das lajes.

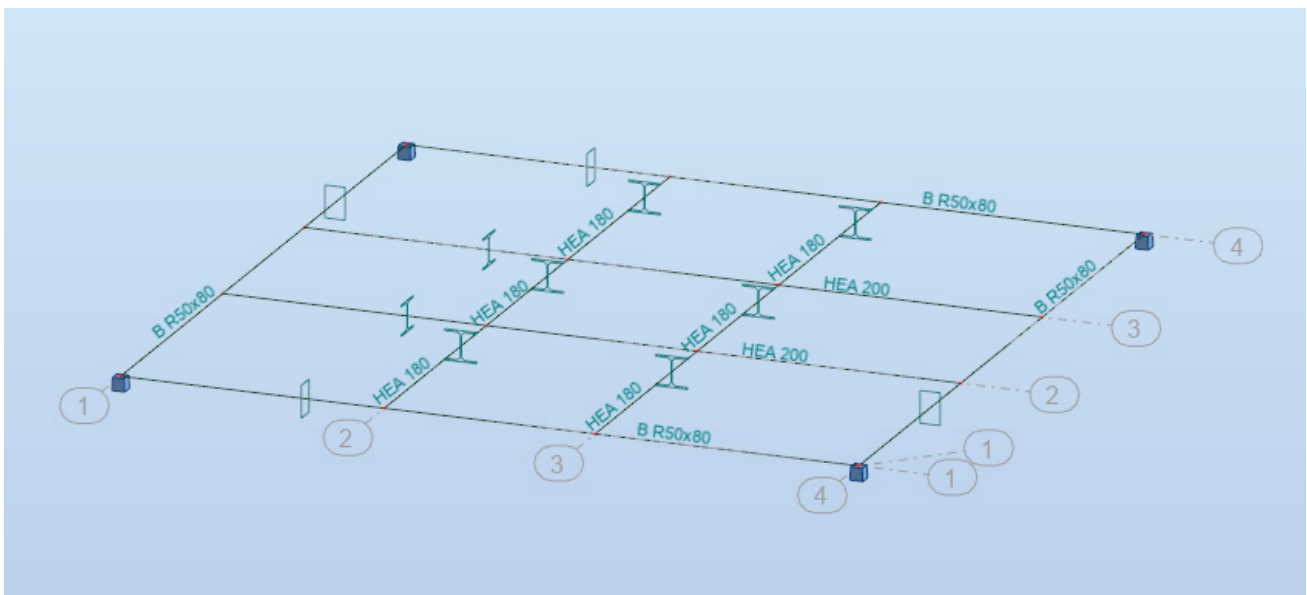
Para uma solução de reforço, com recurso a fibras de carbono exclusivamente na face inferior da laje seria necessário considerar uma redistribuição de esforços ao nível da laje. Isto é, teríamos de considerar uma solução de reforço para uma

laje simplesmente apoiada com armadura residual. Esta solução, afigura-se tecnicamente inviável uma vez que as tensões entre o material aderido e o conjunto existente (armadura residual e betão) são cerca de 5x superiores ao recomendado pelo fabricante.

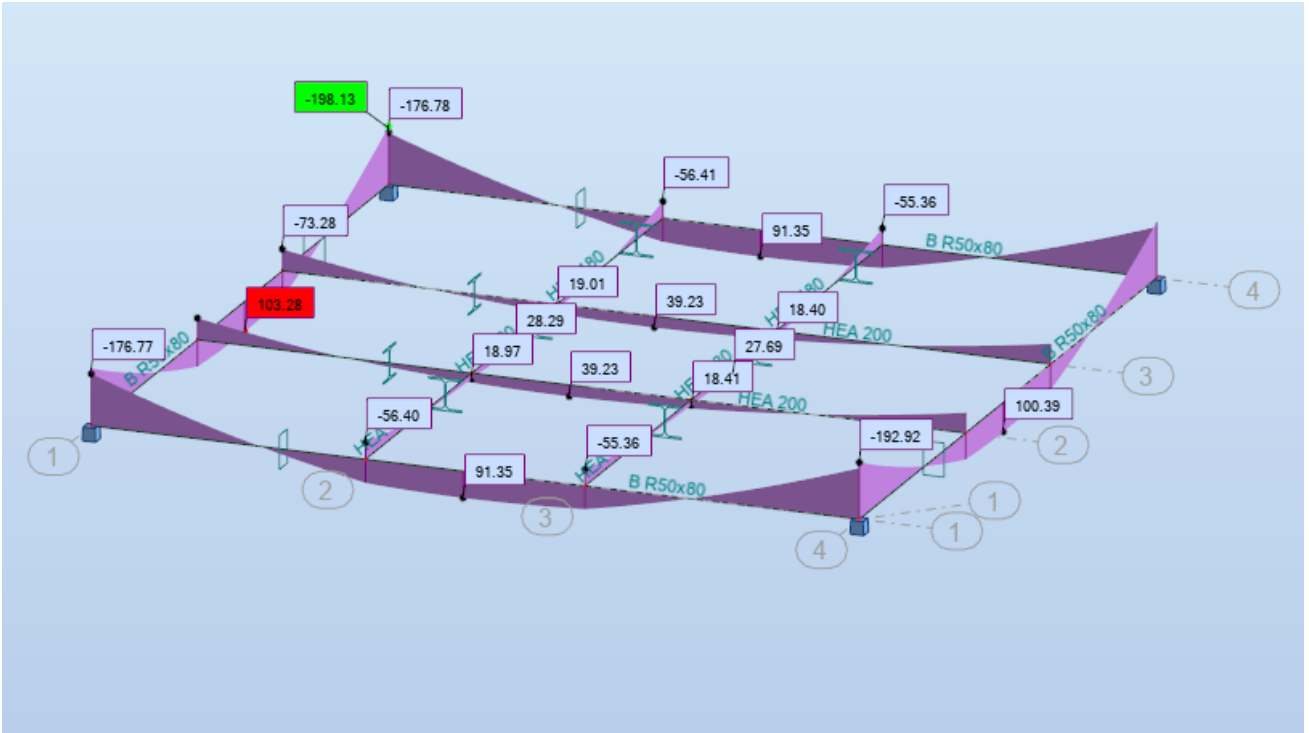
Acresce ainda o agravamento relativo ao facto de se ter constado em obra uma dissolução completa das armaduras de meio vão. Este factor agravante motivaria necessariamente uma intervenção pelo plano superior da laje, considerando um modelo de cálculo com apenas um bordo encastrado. Esta solução, do ponto de vista técnico implicaria uma solução de reforço com recurso não apenas a fibras de carbono, mas possível à aplicação de pré-esforço pelo que, do ponto de vista económico onerava significativamente a empreitada.

Assim sendo, a solução que se propõe neste estudo, passa por uma solução economicamente mais equilibrada, através da constituição de uma solução de vigamento da laje com estrutura metálica.

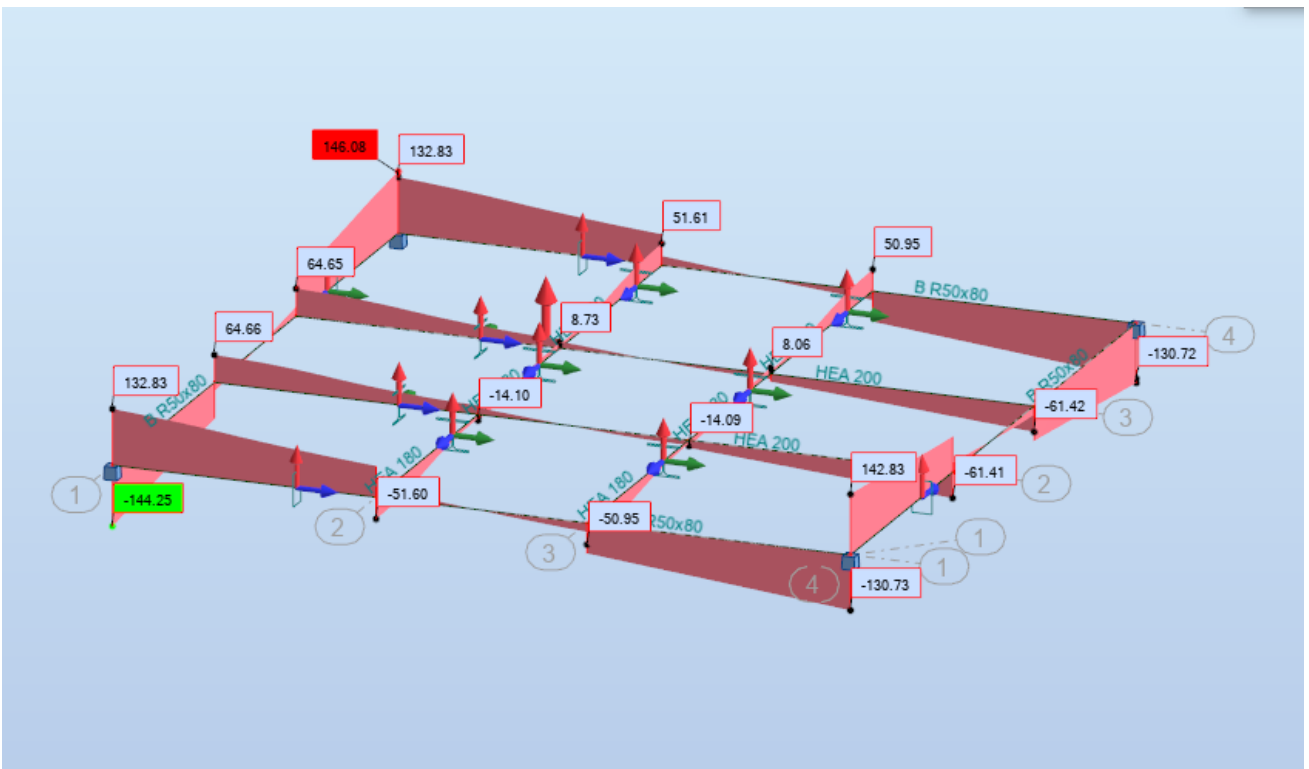
A solução de reforço das lajes será:



Considerando a combinação de acções fundamental (mais gravosa) os esforços serão os seguintes:



Momentos Flector



Esforço Transverso

II.4.2.1 CALCULOS DOS REFORÇOS POR VIGAS METÁLICAS
CODE: EN 1993-1:2005/A1:2014, Eurocode 3: Design of steel structures.

ANALYSIS TYPE: Code Group Verification

CODE GROUP: 1 H (Enc a XX)

MEMBER: 7 Vigas_7

POINT: 1

COORDINATE: x = 0.00 L = 0.00 m

LOADS:

Governing Load Case: 4 ELU (1+2+3)*1.50

MATERIAL:

 S 275 (S 275) $f_y = 275.00$ MPa

SECTION PARAMETERS: HEA 200

h=19.0 cm	gM0=1.00	gM1=1.00	
b=20.0 cm	Ay=45.12 cm ²	Az=18.08 cm ²	Ax=53.83 cm ²
tw=0.7 cm	Iy=3692.15 cm ⁴	Iz=1335.51 cm ⁴	Ix=18.60 cm ⁴
tf=1.0 cm	Wply=429.52 cm ³	Wplz=203.82 cm ³	

INTERNAL FORCES AND CAPACITIES:

My,Ed = -73.29 kN*m	Vz,Ed = 64.66 kN
My,pl,Rd = 118.12 kN*m	Vz,T,Rd = 286.41 kN
My,c,Rd = 118.12 kN*m	Tt,Ed = 0.03 kN*m
	Class of section = 1
Mb,Rd = 75.94 kN*m	


LATERAL BUCKLING PARAMETERS:

z = 1.00	Mcr = 94.45 kN*m	Curve,LT - b	XLT = 0.63
Lcr,low=7.00 m	Lam_LT = 1.12	fi,LT = 1.09	XLT,mod = 0.64

BUCKLING PARAMETERS:


About y axis:



About z axis:

VERIFICATION FORMULAS:
Section strength check:

$M_{y,Ed}/M_{y,c,Rd} = 0.62 < 1.00$ (6.2.5.(1))
 $V_{z,Ed}/V_{z,T,Rd} = 0.23 < 1.00$ (6.2.6-7)
 $\tau_{y,Ed}/(f_y/(\sqrt{3}) * gM0) = 0.01 < 1.00$ (6.2.6)
 $\tau_{z,Ed}/(f_y/(\sqrt{3}) * gM0) = 0.01 < 1.00$ (6.2.6)

Global stability check of member:

$M_{y,Ed}/M_{b,Rd} = 0.97 < 1.00$ (6.3.2.1.(1))

Section OK !!!

STEEL DESIGN

CODE: EN 1993-1:2005/A1:2014, Eurocode 3: Design of steel structures.

ANALYSIS TYPE: Code Group Verification

CODE GROUP: 2 H (Enc a yy)

MEMBER: 6 Vigas_6

POINT: 1

COORDINATE: x = 0.00 L = 0.00 m

LOADS:

Governing Load Case: 4 ELU (1+2+3)*1.50

MATERIAL:

 S 275 (S 275) $f_y = 275.00$ MPa

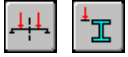
SECTION PARAMETERS: HEA 180

h=17.1 cm	gM0=1.00	gM1=1.00	
b=18.0 cm	Ay=37.93 cm ²	Az=14.47 cm ²	Ax=45.25 cm ²
tw=0.6 cm	Iy=2510.29 cm ⁴	Iz=924.60 cm ⁴	Ix=14.20 cm ⁴
tf=0.9 cm	Wply=324.88 cm ³	Wplz=156.50 cm ³	

INTERNAL FORCES AND CAPACITIES:

$M_{y,Ed} = -56.41 \text{ kN}\cdot\text{m}$
 $M_{y,pl,Rd} = 89.34 \text{ kN}\cdot\text{m}$
 $M_{y,c,Rd} = 89.34 \text{ kN}\cdot\text{m}$
 $M_{b,Rd} = 83.90 \text{ kN}\cdot\text{m}$

$V_{z,Ed} = 51.61 \text{ kN}$
 $V_{z,T,Rd} = 229.28 \text{ kN}$
 $T_{t,Ed} = 0.02 \text{ kN}\cdot\text{m}$
 Class of section = 1



LATERAL BUCKLING PARAMETERS:

$z = 1.00$
 $L_{cr,low} = 2.50 \text{ m}$

$M_{cr} = 240.84 \text{ kN}\cdot\text{m}$
 $Lam_{LT} = 0.61$

Curve,LT - b
 $f_{i,LT} = 0.67$

$X_{LT} = 0.91$
 $X_{LT,mod} = 0.94$

BUCKLING PARAMETERS:



About y axis:



About z axis:

VERIFICATION FORMULAS:

Section strength check:

$M_{y,Ed}/M_{y,c,Rd} = 0.63 < 1.00 \quad (6.2.5.(1))$
 $V_{z,Ed}/V_{z,T,Rd} = 0.23 < 1.00 \quad (6.2.6-7)$
 $Tau_{ty,Ed}/(f_y/(\sqrt{3})\cdot gM0) = 0.01 < 1.00 \quad (6.2.6)$
 $Tau_{tz,Ed}/(f_y/(\sqrt{3})\cdot gM0) = 0.01 < 1.00 \quad (6.2.6)$

Global stability check of member:

$M_{y,Ed}/M_{b,Rd} = 0.67 < 1.00 \quad (6.3.2.1.(1))$

Section OK !!!

II.4.3 VIGAS

Dos dados fornecidos, constamos que a Direcção XX, na situação atual comporta o cumprimento de capacidade portante, isto é $M_{ED} < M_{RD}$

Situação de Meio Vão : $M_{RD}(+) = 510,15 \text{ kN}\cdot\text{m} > M_{ED}(+) = 266,40 \text{ kN}\cdot\text{m}$;

Situação do Apoio: $M_{RD}(-) = 369,14 \text{ kN}\cdot\text{m} > M_{ED}(-) = 365 \text{ kN}\cdot\text{m}$;

Recomenda-se no entanto, a recomposição da secção original, com um tratamento adequado do betão armado, com aplicação de argamassas do tipo tixotrópicas (não retrácteis) e a aplicação de um esquema anticorrosivo das armaduras existentes.

Dos dados fornecidos, constamos que a Direcção YY, não será possível garantir os ELU na secção do apoio, nem tão pouco na secção a meio vão,, veja-se:

Situação de Meio Vão : $M_{RD}(+) = 119,97 \text{ kN}\cdot\text{m} > M_{ED}(+) = 195 \text{ kN}\cdot\text{m}$;

Situação do Apoio: $M_{RD}(-) = 164 \text{ kN}\cdot\text{m} > M_{ED}(-) = 330 \text{ kN}\cdot\text{m}$;

Admite-se portanto, que esteja a ocorrer uma redistribuição de esforços nas vigas na direcção YY, sendo válido por isso admitir um acréscimo de esforço de flexão positiva na secção de meio vão, na seguinte relação:

Situação do Apoio: $M_{RD}(-) = 164 \text{ kN}\cdot\text{m} > M_{ED}(-) = 330 \text{ kN}\cdot\text{m}$; ($\Delta M = 330 - 164 = 166$)

Situação de Meio vão $M_{RD}(+) = (195 \text{ kN}\cdot\text{m} + 166 \text{ kN}\cdot\text{m}) = 361 \text{ kN}\cdot\text{m}$

No que diz respeito à verificação do Esforço transversal verificamos que perante os ELU não se verifica incumprimento, sendo válida a seguinte expressão

$V_{ED} < V_{RD}$ Cumpre (pelo não será expectável o aparecimento de rotulas frágeis na secção do apoio das vigas).

À semelhança das lajes, há a impossibilidade de intervir no plano superior ao piso -01. Haverá apenas a possibilidade de reforço das vigas melhorando o comportamento da secção a meio vão.

Neste cenário, havendo incumprimento das vigas YY do ponto de vista da resistência à flexão positiva, prevê-se o reforço das vigas nesta direcção com fibras aderidas externamente do tipo **S&P C-Laminate 150/2000 120/1.4** (largura = 120 mm e espessura = 1.4 mm), em duas bandas de laminado com 5,50 m de comprimento garantindo um $M_{RD}=436,1$ KN.m

II.4.4 PILARES

A ideia fundamental no dimensionamento pela capacidade real em pilares (*capacity design*) é que o elemento coluna permaneça num regime elástico, possibilitando a formação de rotulas plásticas nas extremidades das vigas adjacentes. E para tal, em qualquer nó de ligação a soma dos momentos flectores do pilar seja sempre superior à soma dos momentos resistentes das vigas.

Para o dimensionamento da capacidade real nos pilares, analisa-se a direcção mais gravosa, e que será a direcção XX. Na direcção XX, cf. se verificou os esforços resistentes serão os seguintes

- $M_{RD(+)}=510,15$ KN.m;
- $M_{RD(-)}=369,14$ KN.m).

Cf. Clausula 4.4.2.3 o EC8, estabelece-se a seguinte premissa:

$$\sum M_{RC} \geq 1,3 \sum M_{Rb}$$

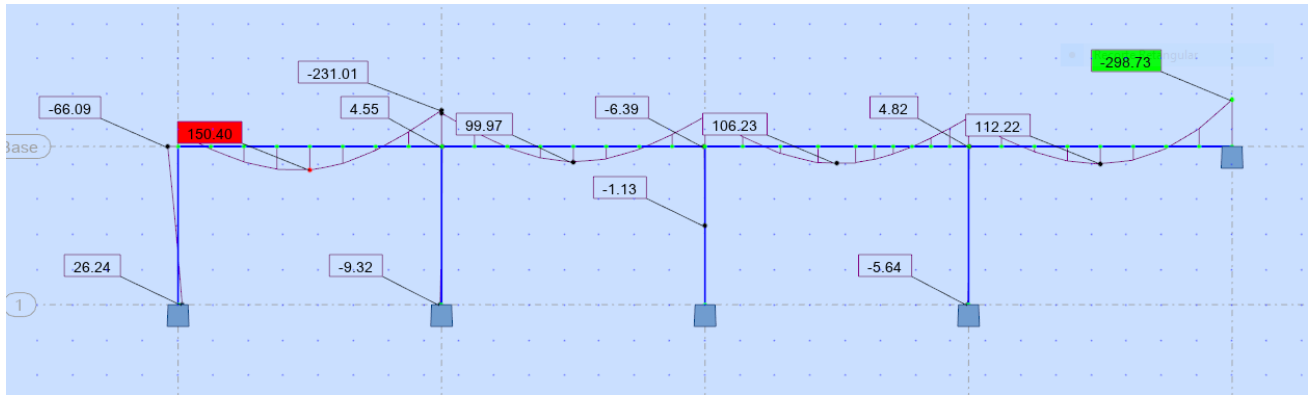
O esforço transversal (que resulta em roturas frágeis) será determinado pela seguinte expressão:

$$V_{ED}' = \frac{M_{1,b(-)} + M_{2,b(+)}}{l_{cl}} + V_{ED(g+\Psi_{2g})}$$

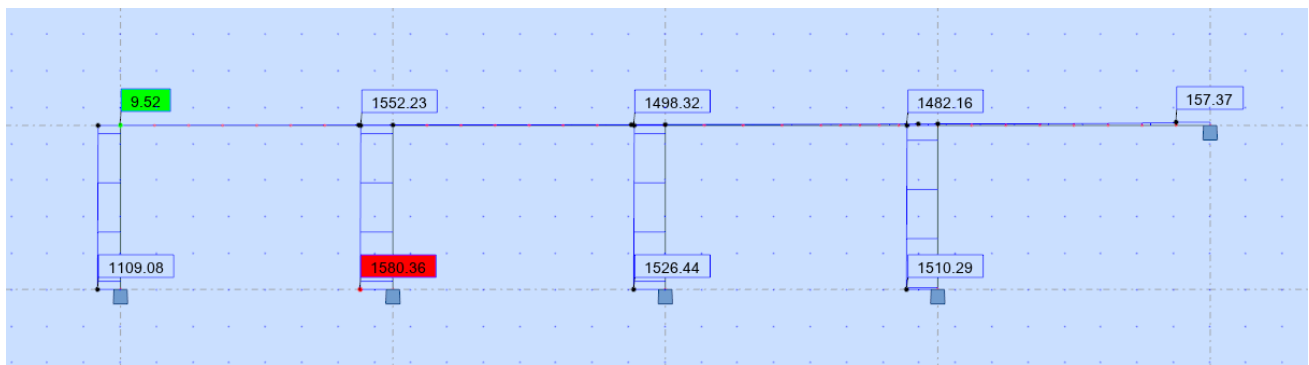
A determinação dos momentos nas extremidades da viga, segue a seguinte expressão:

$$M_{i,d} = \gamma_{RD} \times M_{Rb,i}; \min \left(1; \frac{\sum M_{RC}}{\sum M_{Rb}} \right)$$

Perante a combinação sísmica mais gravosa obtém-se o seguinte diagrama de momentos flectores:



Momentos flectores direcção xx – Combinação sísmica (tipo 2)



Esforço Axial , direcção xx – Combinação sísmica (tipo 2)

Situando-se a componente $V_{ED(g+\Psi 2g)}$, em: 48,60 KN, a componente $V_{ED'}$ será cerca de 99,45kN ($M_{1,d}=150,40\text{KN.m}; M_{2,b}=231,10\text{KN.m}$)

$M_{i,d}=560,17\text{KN.m}$

Sabendo que o Momento flector resistente no pilar deverá ser 1,3 vezes superior ao momento resistente nas vigas determina-se que o $M_{R,c}=1,3M_{R,b}=728\text{KN.m}$

Admitindo que ocorre uma redistribuição de esforços (0,45 para a parte superior no piso 00 e 0,55 para o piso -01), obtém-se um $M_{R,c}$ de $0,55 \times 728=400,40\text{KN.m}$; $V_{RD,c}=M_{R,c}/L=89\text{KN}$.

Relativamente ao dimensionamento dos pilares, e para o reforço longitudinal realiza-se uma verificação na qual se têm em conta a flexão máxima provocada pelo momento flector resistente que o pilar deverá ter para poder manter num regime elástico e poder oferecer um comportamento dúctil à estrutura remanescente. Em anexo demonstra-se o reforço axial necessário para providenciar essa possibilidade.

O reforço longitudinal será realizado nas quatro face dos pilares, através de 3 bandas de laminados S&P CFK 150/2000 com $L=120\text{mm}$ x $e=1,4\text{mm}$, pelo que se garante um $M_{RD}=414\text{KN.m}$

Relativamente ao esforço transversal, constata-se pela representação do existente que: a) quer pela a quantidade de armadura transversal disponível; b) quer o seu espaçamento em altura e; c) pelo confinamento das secções de armadura longitudinal não é possível o cumprimento das disposições ao abrigo da NP EN 1998.

Por estes motivos, além do aumento da capacidade de flexão dos pilares, propõe adicionalmente um aumento da capacidade de corte através uma solução de fibra que permita garantir um melhor confinamento e um melhor comportamento perante movimentos histeréticos em caso de uma ocorrência.

O reforço ao esforço transversal será realizado através de um envolvimento da secção com fibras unidireccionais S&P C-Sheet 640 – 400 gr/m², em toda a altura do pilar com bandas de 300mm com espaçamento axial (entre eixos de fibras) de 40cm.

Para efeitos de confinamento, considerar construtivamente uma sobreposição de envolvimento destas mantas em 15cm. Ou seja, o perímetro a considerar em cada fibra, será o perímetro do pilar mais (+) 15cm.

II.4.5 RESISTÊNCIA AO FOGO

Para garantia da capacidade de Resistência ao fogo de 60min será previsto a aplicação de esquema de pintura intumescente na estrutura metálica ($T_c=750^{\circ}\text{C}$; $R/EI=60\text{min}$), isto é em perfis laminados HEA previstos e sobre os reforços de pilares e vigas em betão armado que vão receber reforço estrutural com fibras de carbono, prevê-se a colocação de 2xChapas de 30mm (60mm) de silicato de cálcio por cada face exposta, garantindo-se a mesma protecção de 60min.

Leiria, 18 de Novembro de 2020

DESENHOS

SOL.Ref01 – Planta Estrutural Tecto do Piso -01

ANEXOS

- Relatório de Avaliação e Caracterização Estrutural (IPL)
- Cálculo Pilares (aplicação S&P Lamella e Colonna)
- Cálculo Vigas (aplicação S&P Lamella)
- Especificações / Fichas de Produto S&P

Promat

EXIGEZ
LE MEILLEUR
DE LA
**PROTECTION
FEU**

PROTECTION DES **RENFORTS** EN **CARBONE**

PROMATECT® L500

SYSTÈMES PROTECTION FEU
PLAQUES DE SILICATE DE CALCIUM
HAUTES PERFORMANCES





Jonathan Bruckert
Responsable Assistance
Technique PROMAT

« Les Avis Techniques des fabricants de colle époxydique précisent **qu'en cas d'incendie, les renforts carbone collés ne peuvent pas participer à la tenue des structures s'ils ne sont pas protégés.**

Pour chaque référence de colle est définie une température maximale dite de transition vitreuse à ne pas dépasser.

Si cette température est dépassée, les propriétés mécaniques de la colle diminuent rapidement, réduisant ainsi la résistance de la structure.

Grâce à notre appréciation de laboratoire EFR-14-002254 nous pouvons définir la protection PROMATECT® L500 à appliquer.»

PROTECTION AU FEU DES RENFORTS CARBONE COLLÉS

Les armatures de renfort en carbone (ou plats carbone) sont un procédé couramment utilisé pour augmenter la capacité portante des structures en béton vieillissantes ou insuffisamment dimensionnées.

La technique consiste à renforcer la structure en béton en collant directement des plats carbone à l'aide d'une résine époxydique. Le fonctionnement mécanique conjoint béton/carbone renforce ainsi la structure, grâce à l'adhérence entre les deux matériaux conférée par la résine après son durcissement.

Cependant, exposée à une élévation de température (40 à 80 °C selon les informations transmises par le fabricant), **cette colle va rapidement perdre son adhérence, remettant en cause les propriétés mécaniques de la structure. Il est donc indispensable de protéger les armatures collées.**

POURQUOI CHOISIR PROMATECT® L500 ?

La solution PROMAT consiste à protéger et à isoler thermiquement les armatures carbone collées avec des plaques PROMATECT® L500 pour **assurer la pérennité et la stabilité au feu des renforts**, évitant ainsi toute défaillance de la construction.

Ainsi, selon l'épaisseur des plaques PROMATECT® L500, il est possible d'obtenir un **maintien du pouvoir adhésif de la colle même dans des conditions extrêmes.**

LES



ÉCONOMIQUE



GAIN DE TEMPS

PERFORMANCES

PROTECTION DES PLATS CARBONE

Maintien du pouvoir adhésif de la colle :

- à des températures maximales au niveau du point de collage comprises entre **40 et 80 °C**,
- jusqu'à **120 min** pour les fonds et joues de poutres,
- jusqu'à **180 min** pour les dalles béton.

PROMATECT® L500

LA PLAQUE DE RÉFÉRENCE POUR SES HAUTES PERFORMANCES

Des solutions
testées et
certifiées contre
le feu, au-delà
des exigences.

Avec la protection PROMATECT® L500, Promat franchit une nouvelle étape dans la mise en œuvre de ses systèmes destinés à assurer la pérennité et la stabilité au feu des renforts carbone.



Technologie unique brevetée

Une des gammes les plus performantes du marché grâce à sa composition unique au monde qui repose sur le silicate de calcium à base de PROMAXON®.



Système validé par un laboratoire indépendant



Solution économique

Un coût de matériaux et de main d'œuvre optimisé.



Installation facile

Les panneaux se fixent par vissage/collage.



RÉSISTANCE AU FEU

Protection
des plats
carbone collés
jusqu'à **180 min**



HAUTE DURABILITÉ

Protection
incendie durant
25 ans minimum



INCOMBUSTIBLE

Classée **A1**



CONFORT DE POSE

10 à 30 kg/m²
pour des
plaques de
20 à 50 mm
d'épaisseur



DÉCOUPE FACILE

Les plaques sont
travaillées avec
un outillage
classique

PROMAT

PROTECTION SOUS POUTRES BÉTON

HABILLAGE DES ARMATURES CARBONE COLLÉES

LE RENFORT CARBONE EST PROTÉGÉ SUR LES TROIS FACES DE LA POUTRE PAR **DEUX OU TROIS COUCHES DE PROMATECT® L500 SELON LES PERFORMANCES RECHERCHÉES.**

- > **La première épaisseur de protection** est fixée contre les deux joues verticales des poutres béton par des vis et chevilles métalliques M6 ou goujons d’ancrage à tête plate, à entraxe maximum **400 mm**. La protection sur fond de poutre est fixée sur les deux plaques latérales précédemment installées, par des vis à panneaux VBA à entraxe maximum **150 mm**.
- > **La seconde épaisseur** est fixée à joints décalés directement sur la première couche par des vis à panneaux VBA en respectant les entraxes maxi de **400 mm et 150 mm**.
- > **Une troisième épaisseur est parfois nécessaire** dans les cas indiqués dans les tableaux ci-dessous. Cette troisième épaisseur peut être nécessaire sur les trois faces de la poutre ou uniquement sur le fond de poutre. La fixation se fait à joints décalés par des vis à panneaux VBA à entraxe **250 mm** dans les deux sens.

CHOIX DE L'ÉPAISSEUR DES PLAQUES PROMATECT® L500

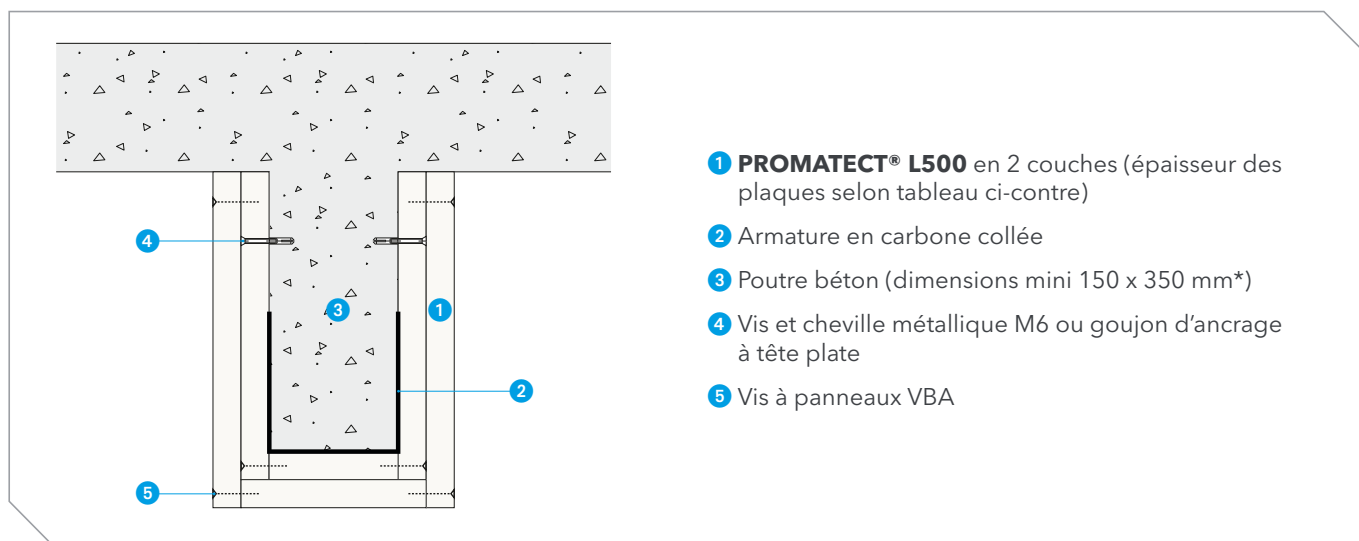
Protection sur joues de poutre

Température recherchée au niveau du point de collage	Épaisseur de la protection en PROMATECT® L500 selon la durée de protection au feu recherchée			
	30 min	60 min	90 min	120 min
NOUVEAUTÉ 40 °C	2 x 30 mm	2 x 40 mm	2 x 50 mm	2 x 50 mm + 20 mm
45 °C	2 x 30 mm	2 x 40 mm	2 x 50 mm	2 x 50 mm
60 °C	2 x 30 mm	2 x 30 mm	2 x 50 mm	2 x 50 mm
80 °C	2 x 30 mm	2 x 30 mm	2 x 30 mm	2 x 50 mm

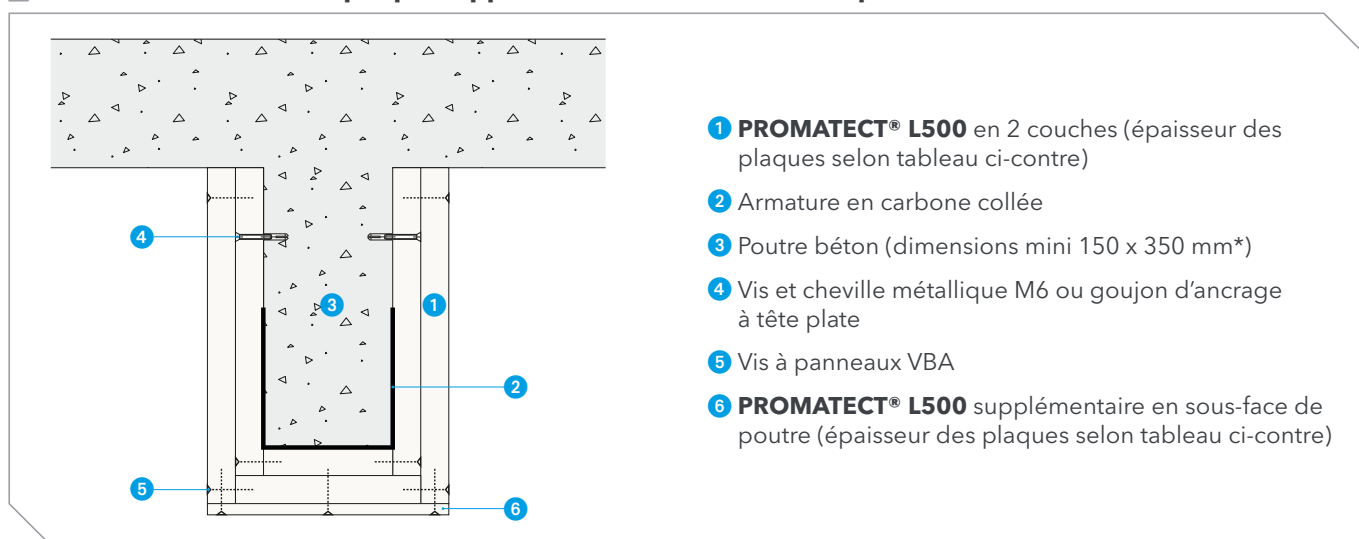
Protection sur fonds de poutre

Température recherchée au niveau du point de collage	Épaisseur de la protection en PROMATECT® L500 selon la durée de protection au feu recherchée			
	30 min	60 min	90 min	120 min
NOUVEAUTÉ 40 °C	2 x 30 mm	50 mm + 35 mm	2 x 50 mm + 20 mm	2 x 50 mm + 50 mm
45 °C	2 x 30 mm	2 x 40 mm	2 x 50 mm + 20 mm	2 x 50 mm + 50 mm
60 °C	2 x 30 mm	2 x 30 mm	2 x 50 mm	2 x 50 mm + 20 mm
80 °C	2 x 30 mm	2 x 30 mm	2 x 30 mm	2 x 50 mm

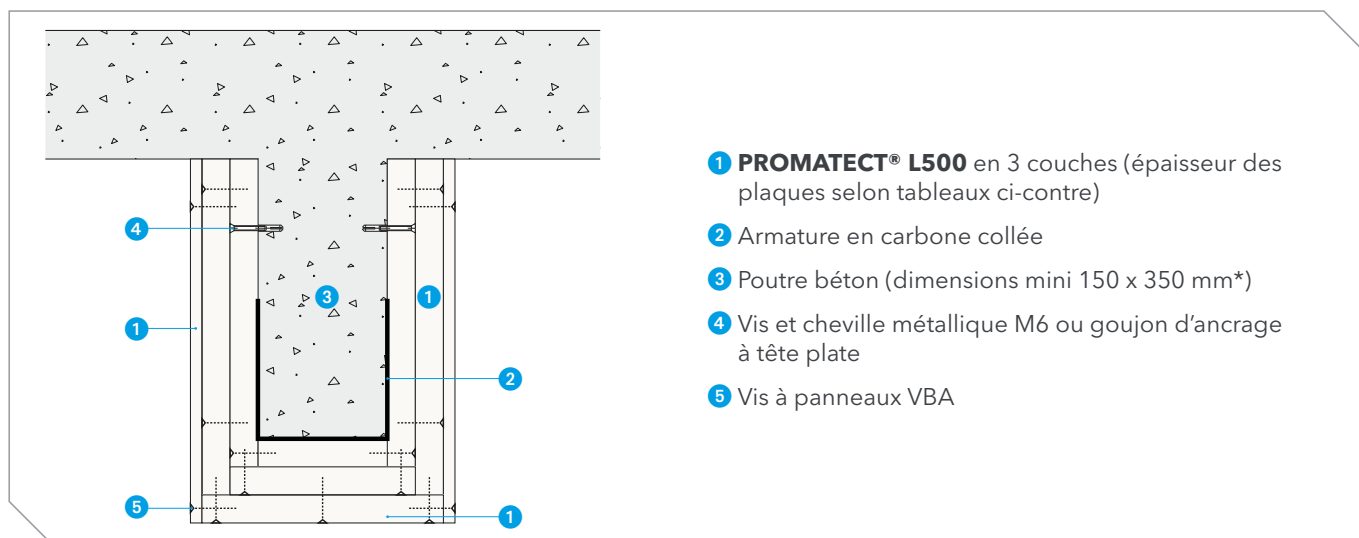
Protection 2 couches



Protection 2 couches + plaque supplémentaire en sous-face de poutre



Protection 3 couches



* Pour des dimensions inférieures, contactez notre service PROMAT Expert

PROTECTION SOUS DALLE BÉTON

HABILLAGE DES ARMATURES CARBONE COLLÉES

LE RENFORT CARBONE EST PROTÉGÉ PAR DEUX COUCHES DE PROMATECT® L500.

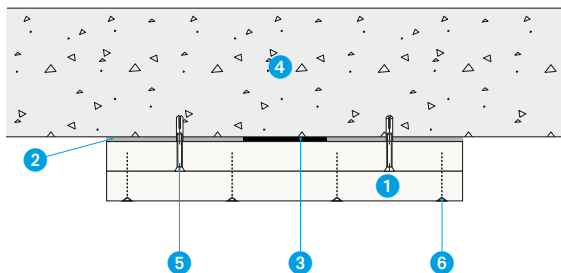
- > **Encollage à la colle PROMACOL® S d'une bande périphérique** autour du renfort carbone.
La largeur de cette bande est donnée par le **débord** indiqué dans le tableau ci-dessous.
- > **La première épaisseur de protection** est fixée contre la dalle béton par des vis et chevilles métalliques M6 ou goujons d'ancrage à tête plate à entraxe maximal de **500 mm** dans les deux directions, et à **100 mm** maximum des bords de plaque.
- > **La seconde épaisseur** est fixée à joints décalés sur la première, à sec, au moyen de vis à panneaux VBA à entraxe **250 mm** dans les deux directions, et à **50 mm** maximum des bords des plaques.

CHOIX DE L'ÉPAISSEUR DES PLAQUES PROMATECT® L500

Température recherchée au niveau du point de collage	Épaisseur de la protection en PROMATECT® L500 selon la durée de protection au feu recherchée				
	30 min	60 min	90 min	120 min	180 min
NOUVEAUTÉ 40 °C	2 x 30 mm (débord 200 mm)	2 x 40 mm (débord 250 mm)	2 x 50 mm (débord 300 mm)	60 + 50 mm (débord 350 mm) ou 2 x 30 + 50 mm* (débord 350 mm)	-
45 °C	2 x 30 mm (débord 200 mm)	2 x 40 mm (débord 250 mm)	2 x 50 mm (débord 300 mm)	2 x 50 mm (débord 350 mm)	-
60 °C	2 x 30 mm (débord 200 mm)	2 x 30 mm (débord 250 mm)	2 x 40 mm (débord 300 mm)	2 x 40 mm (débord 350 mm) ou 2 x 50 mm (débord 250 mm)	2 x 50 mm (débord 350 mm)
80 °C	2 x 30 mm (débord 200 mm)	2 x 30 mm (débord 250 mm)	2 x 30 mm (débord 300 mm)	2 x 40 mm (débord 350 mm) ou 2 x 50 mm (débord 250 mm)	2 x 40 mm (débord 400 mm) ou 2 x 50 mm (débord 350 mm)

* Première peau posée

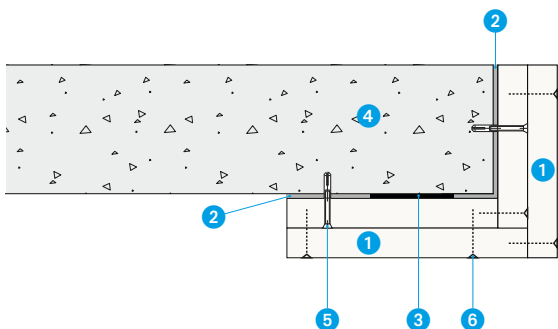
Protection 2 couches



- 1 **PROMATECT® L500** en 2 couches (épaisseur des plaques selon tableau ci-contre)
- 2 **PROMACOL® S**
- 3 Armature en carbone collé
- 4 Dalle béton
- 5 Vis et cheville métallique M6 ou goujon d'ancrage à tête plate
- 6 Vis à panneaux VBA (selon épaisseur des plaques)

Exemple de protection des renforts carbone en bordure de trémie

Pour ce type de configuration : contactez notre service PROMAT Expert



- 1 **PROMATECT® L500** en 2 couches (épaisseur des plaques selon tableau ci-contre)
- 2 **PROMACOL® S**
- 3 Armature en carbone collé
- 4 Bordure de trémie
- 5 Vis et cheville métallique M6 ou goujon d'ancrage à tête plate
- 6 Vis à panneaux VBA (selon épaisseur des plaques)

Le présent document ne préjuge pas de la capacité portante (stabilité au feu) des éléments béton protégés par le système PROMATECT®.

Il appartient également à l'entreprise réalisant le dimensionnement de la protection de s'assurer de la pertinence de la température d'interface retenue qui, en l'absence d'avis de chantier, reste de la responsabilité du fabricant du procédé.

Pour toutes questions techniques, contactez notre service PROMAT Expert



04 32 44 47 70

technique@promat.fr

Promat

EXIGEZ
LE MEILLEUR
DE LA
**PROTECTION
FEU**



**ETEX FRANCE
BUILDING PERFORMANCE**

500, rue Marcel Demonque
Agroparc - CS70088
84915 Avignon Cedex 9

promat.fr



☎ 04 32 44 47 70

✉ technique@promat.fr

P1033 - 06/2020 - Document non contractuel - Reproduction interdite - ETEX FRANCE BP au capital de 159 750 304 €
RCS Avignon 562 620 773 - N° TVA intracommunautaire : FR 57 562 620 773

etex inspiring ways
of living

DESCRIÇÃO

S&P C-Laminate são laminados pré-fabricados (pultrudidos), polímeros reforçados com fibras de carbono para reforço estrutural de betão armado, alvenaria, aço ou madeira. Os S&P C-Laminate aplicados externamente (EBR) são colados com adesivo epóxi (S&P Resin 220), funcionando como reforço externo na superfície do betão.

Os S&P C-Laminate slot-applied (NSM) são laminados inseridos colados e ancorados com adesivo epóxi (S&P Resin 220 ou S&P Resin 55 HP) em rasgos previamente executados no betão.

CAMPOS DE APLICAÇÃO

AUMENTO DE CARGA

- Aumento de sobrecarga ou cargas de tráfego em lajes, vigas e pontes
- Alterações de uso em edifícios
- Instalação de maquinaria pesada e equipamentos industriais
- Estabilização de vibrações e oscilações estruturais

MODIFICAÇÕES ESTRUTURAIS E CONDIÇÕES DE APOIO

- Distância de pilares às paredes
- Criação de aberturas em lajes
- Aumento da resistência sísmica
- Erros de projecto ou de construção

DANOS ESTRUTURAIS

- Corrosão do aço da armadura interna (redução de diâmetro das armaduras)
- Envelhecimento dos materiais
- Danos estruturais devido a incêndios, sismos, impactos directos ou explosão, etc.

AUMENTO DE DURABILIDADE

- Redução de abertura de fissuras
- Redução de flechas (deformada) e tensões
- Redução de fadiga no aço

VANTAGENS DO PRODUTO

- Elevada resistência à tracção
- Isento de corrosão
- Leve, reduzido incremento de carga permanente
- Versatilidade no fornecimento, comprimentos variáveis
- Fácil aplicação, mesmo em tectos ou superfícies inclinadas
- Excelente comportamento à fadiga
- Simples, flexível e económico. Um ganho tecnológico.
- Facilidade em intersecção de laminados (cruzamentos)
- Rápida aplicação, períodos curtos de interdição ou condicionamento no uso das instalações

CARACTERÍSTICAS GERAIS

DADOS DO PRODUTO

Descrição Genérica

S&P C-Laminate

Constituição: Fibras de carbono e resina epóxi

Densidade: 1,6 g/cm³

Volume de Fibras: > 68 %

Propriedade mecânicas: SM*(150 /2000) HM**(200 /2000)

Resistência à tracção: ≥ 2 800 N/mm² ≥ 2 800 N/mm²

Módulo de Elasticidade: ≥ 170 kN/mm² ≥ 205 kN/mm²

Alongamento à rotura: ≥ 16 % ≥ 13,5 %

Aparência: Cor preta em ambos os lados

Dimensões: Desde 10 mm a 150 mm de largura

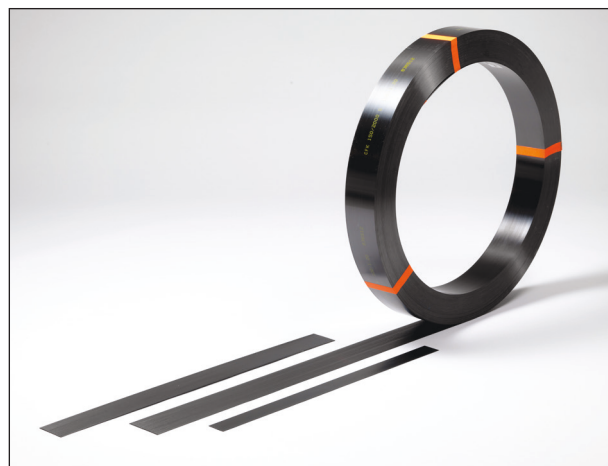
Fornecimento: Em rolos de 150 m

Para laminados de 120 e 150 mm de largura rolos de 100 m

Armazenamento: Em local seco e seguro, sem exposição directa à luz solar (UV), até à temperatura máxima +50 °C

* SM= Módulo de elasticidade standard

** HM= Alto módulo



S&P C-LAMINATE APLICADOS À SUPERFÍCIE (EBR)

TIPO DE LAMINADO	SECÇÃO TRANSVERSAL	RESISTÊNCIA À TRACÇÃO EXTENSÃO DE 6 %	RESISTÊNCIA À TRACÇÃO EXTENSÃO DE 8 %
SM* (150/ 2000) Módulo de elasticidade: ≥ 170 kN/mm ² (mínimo)	[mm ²]	Dados teóricos de resistência de cálculo à tracção: 1 050 N/mm²	Dados teóricos de resistência de cálculo à tracção: 1 400 N/mm²
50 / 1.2	60	63,0 kN	84,0 kN
50 / 1.4	70	73,5 kN	98,0 kN
60 / 1.4	84	88,2 kN	117,6 kN
80 / 1.2	96	100,8 kN	134,4kN
80 / 1.4	112	117,6 kN	156,8kN
90 / 1.4	126	132,3 kN	176,4 kN
100 / 1.2	120	126,0kN	168,0 kN
100 / 1.4	140	147,0 kN	196,0 kN
120 / 1.2	144	151,2 kN	201,6 kN
120 / 1.4	168	176,4 kN	235,2 kN
150 / 1.2	180	189,0 kN	252,0 kN
150 / 1.4	210	220,5 kN	294,0 kN
HM** (200/2000) Módulo de elasticidade: ≥ 205 kN/mm ² (mínimo)	[mm ²]	Dados teóricos de resistência de cálculo à tracção: 1 250 N/mm²	Dados teóricos de resistência de cálculo à tracção: 1 650 N/mm²
50 / 1.4	70	87,5 kN	115,5 kN
60 / 1.4	84	105,0 kN	138,6 kN
80 / 1.4	112	140,0 kN	184,8 kN
90 / 1.4	126	157,7 kN	207,9 kN
100 / 1.4	140	175,0 kN	231,0 kN
120 / 1.4	168	210,0 kN	272,2 kN

S&P C-LAMINATE SLOT-APPLIED (INSERIDOS - NSM)

TIPO DE LAMINADO	SECÇÃO TRANSVERSAL	RESISTÊNCIA À TRACÇÃO EXTENSÃO DE 10 %
SM* (150/2000) Módulo de elasticidade: ≥ 170 kN/mm ² (mínimo)	[mm ²]	Dados teóricos de resistência de cálculo à tracção: 1 650 N/mm²
10 / 1.4	14	23,1 kN
10 / 2.8	28	46,2 kN
15 / 2.5	38	61,9 kN
20 / 1.4	28	46,2 kN
HM** (200/2000) Módulo de elasticidade: ≥ 205 kN/mm ² (mínimo)	[mm ²]	Dados teóricos de resistência à tracção de cálculo: 2 050 N/mm²
10 / 1.4	14	28,7 kN
20 / 1.4	28	57,4 kN

*SM= Módulo de elasticidade standard

**HM= Alto módulo

A S&P Clever Reinforcement Ibérica, Lda. fabrica laminados com os mais exigentes padrões de qualidade. São ensaiadas amostras de cada lote produzido. O processo de produção é certificado pela norma ISO 9001. Cada lote dos nossos produtos são testados segundo a norma EN 2561.

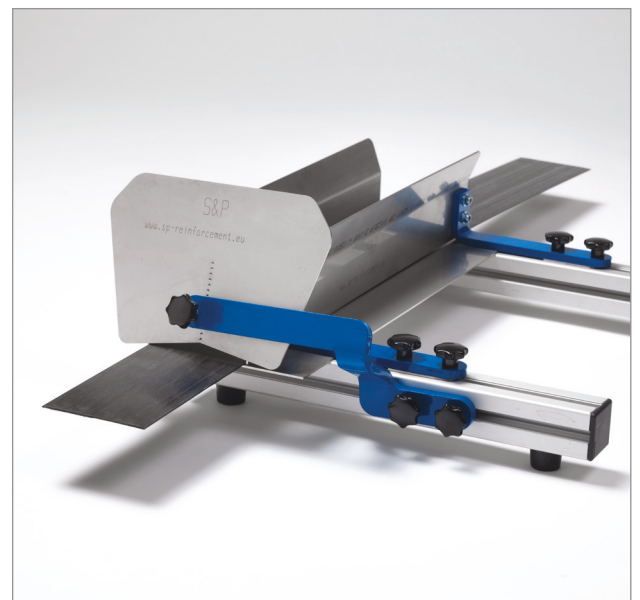
S&P C-Laminate	
Largura do Laminado	S&P Resin 220
50 mm	ca. 350 g/m
60 mm	ca. 450 g/m
80 mm	ca. 550 g/m
90 mm	ca. 650 g/m
100 mm	ca. 700 g/m
120 mm	ca. 850 g/m
150 mm	ca. 1 050 g/m

S&P C-Laminate slot-applied (Inseridos)	
Largura do Laminado	S&P Resin 55 HP
10/1.4 ou 10/2.8	ca. 80– 20 g/m
15/2.5	ca. 110–160 g/m
20/1.4	ca. 130–200 g/m

O consumo do material depende do nivelamento efectuado, da rugosidade do suporte e da largura do laminado ou da largura e profundidade do rasgo no caso dos laminados inseridos.

Por estas razões o consumo pode ser superior ao indicado na tabela.

CONSUMO / DOSAGEM DE ADESIVO EPÓXI



Tratamento do Suporte:

Antes da colagem do laminado deve verificar-se o nivelamento do suporte com uma régua de alumínio desempenada.

A tolerância máxima é de 5 mm numa extensão de 2 metros e de 1 mm num comprimento de 30 cm.

A temperatura da base em betão deve ser superior a 8 °C e pelo menos 3 °C acima do ponto de orvalho (condensação / vapor de água).

A estabilidade do suporte deve ser verificada em qualquer dos casos (betão, aço, madeira ou pedra natural).

O valor médio da resistência à tracção do suporte preparado deve ser superior a 2,0 N/mm²; o valor mínimo aceitável é de 1,5 N/mm² (ensaio de pull-off).

A humidade no suporte deve ser verificada e inferior a 4 %.

Betão e Alvenaria:

O suporte deve estar limpo, seco e livre de sujidade, partículas soltas, óleos, gorduras e outras substâncias contaminantes.

A preparação da superfície deve ser executada usando métodos apropriados: disco metálico abrasivo, jacto de areia ou jacto de água (> 800 bar). O pó deve ser removido utilizando um aspirador.

Superfície de aço:

A superfície do aço deve ser desengordurada e preparada de acordo com o grau standard Sa 3.0 (conforme norma EN 12944-4).

Imediatamente após o tratamento deve aplicar-se o laminado de modo a proteger a superfície de colagem da corrosão.

Durante a aplicação deve-se ter cuidado especial com a condensação de humidade.

Madeira:

Preparar a superfície por lixagem ou esscarificação. Deve remover-se o pó por meio de aspiração.

A superfície deve ser impregnada com S&P Resin 55 HP, imediatamente antes da aplicação do adesivo de colagem dos S&P C-Laminate.

Preparação dos S&P C-Laminate

Antes da aplicação da resina S&P Resin 220 sobre o laminado, a sua superfície deve ser limpa com um pano branco limpo e embebido em S&P Cleaner. Esperar 5 minutos até a total secagem e aplicar de imediato o adesivo sobre o laminado.

S&P C-Laminate slot-applied (inseridos)

Utilizando um equipamento de corte para betão, fazem-se cortes de 5-8 mm de largura e 12-15 mm profundidade (para laminados de 10 mm), 17-20 mm (para laminados de 15 mm) ou 22-25 mm (para laminados de 20 mm).

Os cortes no betão devem estar limpos, isentos de pó, de partículas soltas ou outros contaminantes.

Condições limite de aplicação:

- Temperatura do suporte
- Temperatura do ar
- Humidade do suporte
- Ponto de orvalho

Instruções de aplicação:

- Misturas
- Tempo de mistura

Para mais informação sobre resinas epoxídicas S&P Resin 220 / 230 ou S&P Resin 55 HP e o S&P Cleaner deverão ser consultadas as fichas técnicas de cada produto específico.

S&P C-Laminate

Colocar os laminados com a superfície de colagem voltada para cima. Usando um equipamento próprio da S&P para o espalhamento do adesivo, colocar o S&P Resin 220 bem misturado nesse equipamento, deslocando o laminado por forma que o espalhamento se faça de forma uniforme e de forma a deixar o adesivo sobre o laminado com configuração em V invertido. Em largura, a camada de resina deverá ter 1 mm de espessura nas extremidades e 3 mm na zona central.

O laminado S&P C-Laminate deverá agora ser aplicado sobre a superfície previamente tratada, aplicando força pressionando ligeiramente o laminado com os dedos contra a superfície de colagem. Passar depois um rolo de pressão adequado até que a resina saia pelas extremidades laterais do laminado. O excesso deverá ser removido por uma espátula e pode ser reutilizado. A espessura de resina entre o laminado e o suporte deve ser em média de 2 mm.

Graças à excelente viscosidade do adesivo não é necessário qualquer suporte temporário.

No caso de cruzamento de laminados, deverá haver o cuidado de limpar a superfície de colagem do laminado previamente aplicado. Ambos os laminados deverão estar completamente limpos, conforme indicações anteriores para a preparação do laminado.

Após a cura da resina S&P Resin 220, aconselha-se fazer um "Tap test", batendo ligeiramente sobre o laminado de forma a encontrar eventuais vazios.

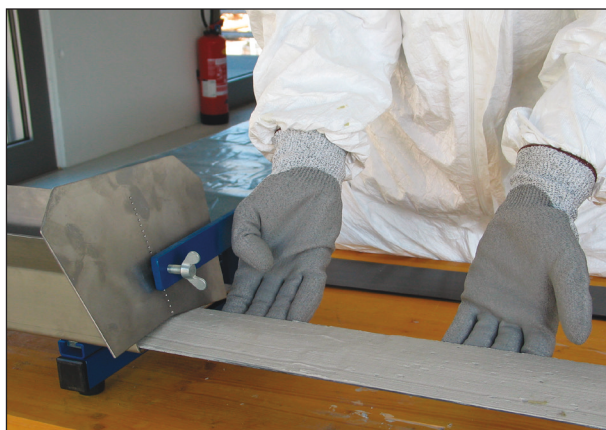
Para testar a aderência do S&P C-Laminate sobre o betão recomendamos a colagem de um ou mais provetes de ensaio e executar pelo menos 3 testes de "Pull-off" de acordo com a norma EN 1542.

Tensões de aderência requeridas	Média	> 2,0 N/mm ²
	Mínima	> 1,5 N/mm ²
100 % rotura no betão		

S&P C-Laminate slot-applied (Inseridos)

Depois de limpos e aspirados, os cortes no betão são preenchidos um a um com uma mistura homogênea de S&P Resin 220, com a ajuda de uma pistola de mastique adequada. Na horizontal (pavimentos) deve-se usar a resina S&P Resin 55 HP, para facilitar os trabalhos de aplicação. Um ou dois laminados serão então colocados no rasgo previamente preenchido com adesivo. O excesso de resina é retirado com uma espátula, deixando a superfície de acabamento lisa.

APLICAÇÃO



S&P Cleaner

Para limpeza e desengorduramento dos laminados S&P C-Laminate, antes da aplicação do adesivo e para de limpeza ferramentas e demais equipamentos. Disponível em embalagens de 2; 10 e 25 litros. Os equipamentos devem ser limpos com S&P Cleaner imediatamente após o seu uso. O material endurecido só pode ser removido por meios mecânicos.

S&P Rolo de Pressão

Para pressionar o S&P C-Laminate contra o betão ou outra superfície de aderência. Disponível em larguras de 60; 90 e 130 mm.

S&P Doseador de Resina

Para doseamento e moldagem do adesivo sobre os S&P C-Laminate.

S&P Desenrolador

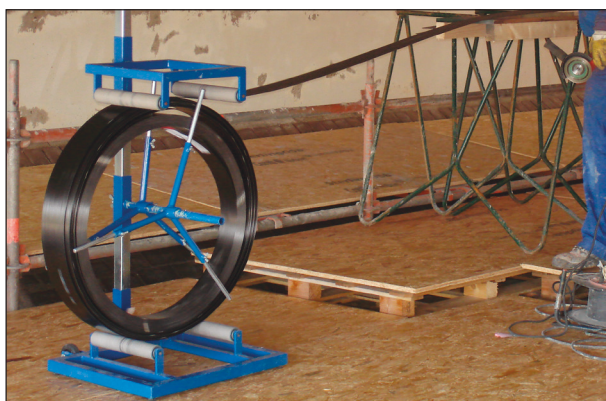
Para um desenrolar controlado e seguro dos rolos de laminado em obra. Adaptável a todas as larguras de laminados produzidos pela S&P.

S&P End-Anchor

Em alguns casos não é possível ancorar o reforço apenas por colagem adesiva, como é o caso de falta de comprimento de ancoragem ou no caso de betões de muito baixa qualidade. Nesta situação a S&P possui uma gama de ancoragens mecânicas específicas para os nossos laminados. As soluções são estudadas e adaptadas a diversos tipos de betão. Estão disponíveis múltiplas soluções para várias secções de laminado.

S&P C-Laminate Pré-Esforçados

É possível executar reforços com laminados S&P C-Laminate Pré-Esforçados. Esta solução de reforço apresenta melhor desempenho, principalmente em situações de estado limite de serviço. A S&P possui vários sistemas de equipamentos de pré-esforço, versáteis e adequados a cada instalação.



Os trabalhos de reforço só deverão ser executados por pessoal especializado e com formação, para que os sistemas de reforço com S&P C-Laminate funcionem em pleno. Devem ser evitados quaisquer tipo de danos nos laminados e ter cuidados como evitar a exposição directa à luz solar (radiação UV). Deve ser acautelado o tempo de trabalhabilidade ou "pot life" das resinas. Na operação de corte dos S&P C-Laminate, deve usar-se roupa de protecção, luvas, óculos e máscara de pó apropriados.

Os S&P C-Laminate, depois de devidamente limpos, podem ser pintados ou revestidos com uma ponte adesiva, usando S&P Resin 55 HP mais areias de quartzo para posterior aplicação de argamassas.

INFORMAÇÃO ADICIONAL

Dados Técnicos

Todos os dados técnicos desta ficha baseiam-se em testes laboratoriais. Podem verificar-se desvios aos valores apresentados por circunstâncias fora do nosso controlo.

Contacte-nos para informação detalhada sobre ensaios efectuados. Estão disponíveis relatórios de ensaio.

Protecção ao fogo

Em caso de necessidade os laminados S&P C-Laminate podem ser protegidos contra o fogo através de placas e argamassas específicas anti-fogo. Existem diversas soluções no mercado dependendo dos requisitos de resistência ao fogo necessários para cada projecto.

Existem disponíveis para consulta diversos ensaios de sistemas de protecção ao fogo aplicados nos nossos sistemas de reforço.

SOFTWARE

Existem disponíveis vários manuais e software de cálculo dos sistemas de reforço S&P.

Os modelos de dimensionamento e do software " FRP Lamella / FRP Colonna " baseiam-se nos parâmetros do material, das fibras de reforço S&P C-Laminate e dos sistemas de resinas S&P Resin.

Se forem utilizados outros componentes, a seção transversal necessária de FRP e o resultado de reforço fornecido pelo software não será válido, por erro na utilização de outros materiais desconhecidos para o software S&P.

Nestas circunstâncias, a S&P, fornecedora do sistema, declina toda a responsabilidade.

Este software pode ser usado gratuitamente exclusivamente para o dimensionamento à flexão e corte, para o sistema de reforço com produtos S&P C-Laminate.

Para aconselhamento e apoio técnico, queira contactar os nossos serviços.

HIGIENE E SEGURANÇA

As fichas de segurança podem ser obtidas através dos nossos serviços de apoio ao cliente pelo nº de telefone +351 212 253 371 ou email info@reinforcement.pt.

Os produtos da gama S&P são para uso industrial. Devem ser instalados por pessoal especializado e por profissionais competentes com formação adequada. Devem ser seguidas as instruções de instalação adequadas que constam nos manuais de aplicação S&P e nos diversos "Guidelines", documentos / notas técnicas existentes.

É da responsabilidade do dono de obra, seu representante ou empreiteiro determinar a adequação e utilização dos produtos S&P.

Antes de usar qualquer produto S&P deve consultar um profissional qualificado para o aconselhamento técnico sobre os nossos produtos, sendo as informações fornecidas baseadas nos nossos melhores conhecimentos científicos e práticos.

São reservados os direitos à alteração do produto.

São aplicáveis as condições gerais de venda e de transporte.

É considerada válida a versão mais recente da Ficha Técnica disponibilizada pelos nossos serviços técnicos.

Clever Reinforcement Ibérica, Lda
Rua José Fontana, N° 76
P2845-408 Amora
Telefone: +351 212 253 371
Fax: +351 212 252 436
info@sp-reinforcement.pt
www.sp-reinforcement.pt





A Simpson Strong-Tie® Company

Manual de Aplicação

S&P C-Sheet 640

Manta em fibra de carbono de alto módulo para reforço de estruturas

The logo for Simpson Strong-Tie, with 'SIMPSON' in white on a black background and 'Strong-Tie' in white on an orange background.

SIMPSON
Strong-Tie

Metodologia de aplicação



1 Preparação da área de trabalho
Medir e deixar indicação clara da marcação das áreas de aplicação da S&P C-Sheet 640.



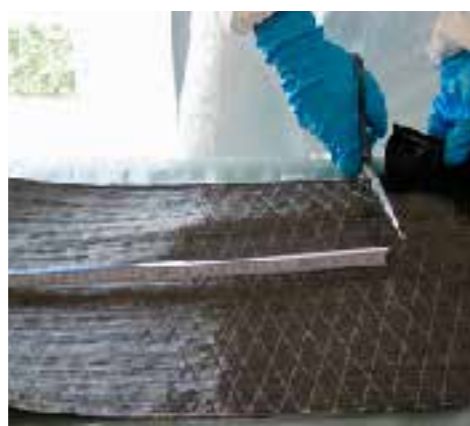
2 Preparação do suporte
O betão degradado (ex: betão comocos ou vazios), superfícies irregulares, partículas soltas, revestimentos, etc. devem ser removidos. Aplicar S&P Resicem sobre as armaduras afectadas por corrosão. As fissuras com dimensão superior a 2 mm devem ser reparadas, de forma a que a transferência de cargas esteja assegurada.



3 Preparação da superfície
O substrato deve estar limpo, seco e livre de sujidade, partículas soltas, óleos, gorduras e outras substâncias contaminantes. A preparação da superfície deve ser executada usando métodos apropriados; disco metálico abrasivo, jacto de areia ou jacto de água (> 800 bar). O pó deve ser removido utilizando um aspirador. A leitada de betão deve ser removida completamente, de forma a que o agregado fique exposto. A rugosidade de superfície óptima é de 0,5 — 1,0 mm. O valor mínimo de resistência à tracção do suporte preparado é de 1,0 N/mm².



7 Limpeza do suporte
O pó deve ser removido por meio de aspiração. Garantir que o suporte esteja limpo, seco e livre de sujidade, partículas soltas, óleos, gorduras e outras substâncias contaminantes.



8 Preparação da S&P C-Sheet 640
Proceder ao corte da S&P C-Sheet 640 com recurso a uma tesoura industrial. Uma sobreposição de pelo menos 150 mm deve ser considerada para ancoragem da S&P C-Sheet 640. Não há necessidade de sobreposição de manta na direcção perpendicular à das fibras. Verifique se o tipo e dimensões da manta estão de acordo com a solução preconizada.



9 Mistura do adesivo
Proceder à mistura do adesivo de colagem, S&P Resin 55 com recurso a misturadora de baixa rotação (< 400 rot/min). Misture durante cerca de 3 minutos, até que a cor da mistura fique homogénea e isenta de grumos. A temperatura ideal de colagem é 15 °C — 25 °C.



4 Arredondamento de arestas
As arestas vivas devem ser arredondadas com um raio mínimo de 25 mm (chanfro ou reperfilamento).



5 Reperfilamento
Poderá haver a necessidade de reperfilar a superfície. Utilize a argamassa de nivelamento S&P Resin 230 no reperfilamento de desníveis de 1 — 10 mm. Para desníveis superiores a 10 mm deverá ser utilizada a S&P ARMO-crete® w.



6 Controlo de qualidade
Deve ser verificado o nivelamento de superfície. Os desníveis máximos aceites são:
- 5 mm em 2 metros
- 1 mm em 30 centímetros
A temperatura da base em betão deve ser superior a 8 °C e pelo menos 3 °C acima do ponto de orvalho (condensação / vapor de água). A humidade no suporte deve ser verificada e inferior a 4%.



10 Aplicação do adesivo sobre o suporte
Aplique S&P Resin 55 de forma uniforme sobre o substrato com rolo de impregnação.



11 Impregnação da manta
Método de wet lay-up: A manta deverá ser impregnada com S&P Resin 55 ou S&P Resicem com recurso a um rolo de teflon. Em mantas de alta gramagem, a impregnação pode ser feita de forma automática com recurso à S&P máquina de wet lay-up, o que permite maior rendimento.

Método de dry lay-up: A impregnação pode ser feita directamente na superfície da estrutura de suporte. A manta é aplicada em seco directamente sobre o suporte.

No que se refere a consumo, consulte a tabela no final do documento.



12 Aplicação da manta
Ajuste a manta S&P C-Sheet 640 previamente impregnada sobre o substrato, remova o filme de protecção e espalhe a resina com recurso a S&P espátula de borracha ou S&P rolo de pressão. Assegure-se que a sobreposição na direcção da fibra é no mínimo 150 mm. A pressão deve ser exercida sempre na direcção da fibra. Exerça pressão apenas quando todas as fibras estiverem impregnadas e desde que não haja bolsas de ar sob a manta.

Metodologia de aplicação



13 Limpeza do equipamento

O equipamento deve ser limpo com S&P Cleaner imediatamente após o seu uso e durante o pot-life da S&P Resin 55. O material endurecido só pode ser removido por meios mecânicos.

14 Aplicação de revestimento

As mantas podem ser revestidas com uma camada promotora de aderência (S&P Resin 55 + areia calibrada) para aplicação posterior de argamassa de base hidráulica ou pintura de base acrílica. Caso esta operação seja feita em fase posterior à aplicação da manta, a superfície deve ser recoberta com S&P Resin 55 ou S&P Resicem.

15 Cura

A capacidade resistente máxima é atingida 72 horas após a aplicação, tendo por referência as condições de 23 °C de temperatura e 50% de humidade relativa.



16 Controlo de aderência- ensaio pull-off

Para testar a aderência das mantas S&P C-Sheet sobre o betão recomendamos a colagem de um ou mais provetes de ensaio e executar pelo menos 3 testes de "Pull-off", de acordo com a norma EN 1542.



17 Revestimento e protecção

As mantas podem ser protegidas contra a radiação UV por meio de pintura. Em caso de necessidade extrema, podem ser protegidas contra o fogo através de placas ou argamassas específicas. Devem ser seguidas as indicações de projecto.

Requisitos prévios

- Antes da colagem da manta deve-se verificar o nivelamento do suporte com uma régua de alumínio desempenada.
- A tolerância máxima é de 5 mm numa extensão de 2 metros e de 1 mm num comprimento de 30 cm.
- A tensão mínima na camada de aderência do substrato e de 1,0 N/mm² ou de acordo com as exigências do cálculo estático.
- A temperatura da base de suporte tem de ser no mínimo de +8 °C e deve estar 3 °C acima da temperatura do ponto de orvalho.
- O intervalo de temperatura de trabalhabilidade do adesivo é de +10 °C — +35 °C.
- Ao utilizar a S&P Resin 55 (impermeável ao vapor de água), a humidade superficial do betão tem de ser < 4%.

S&P C-Sheet 640



Resina epoxy



Consumo

Produto	S&P Resin 55
Primário de aderência	~150 g/m ²
S&P C-Sheet 640 (400 g/m ²)	~900 — 1300 g/m ²

1A S&P C-Sheet 640

Consulte a informação sobre o sistema de FRP e a gama completa de S&P C-Sheets disponibilizada pela S&P na Brochura e Fichas Técnicas respectivas. Fornecimento em rolos de 0,30m x 50 m.

1B S&P Resin 55

Comp. A – solução de resina epoxy de cor ligeiramente amarelada.
Comp. B – endurecedor de cor ligeiramente amarelada.
Fornecimento em unidades de 6 kg.

1C Consumo da resina epoxy

O consumo da resina depende do nivelamento efectuado, da rugosidade do suporte. Por essa razão o consumo pode ser superior ao indicado na tabela.

Produtos complementares



2A S&P Máquina de Wet-lay up

Equipamento automatizado para impregnação de mantas de alta gramagem.



2B Rolo de laminação S&P (Teflon)

Para laminação de S&P C-Sheets. Disponível à unidade em 3 larguras diferentes (60, 90, 130 mm)



2C S&P Squeeze

Espátula de borracha para ajuste e espalhamento da resina de impregnação em mantas e tecidos.

www.sp-reinforcement.eu

PORTUGAL

S&P Clever Reinforcement Ibérica Lda

Rua José Fontana, N°76
Z. Industrial Stª Marta de Corroios
P-2845-408 Amora
Telefone : +351 212 253 371
 +351 212 252 436
Web: www.sp-reinforcement.pt
E-Mail: info@sp-reinforcement.pt

ESPAÑA

S&P Reinforcement Spain S.L.

C/ Carlos Jiménez Díaz, 17
Pol. Ind. La Garena
28806 Alcalá de Henares (Madrid)
Teléfono : +34 91 802 31 14 /16 /18
Web: www.sp-reinforcement.es
E-Mail: info@sp-reinforcement.es

OUTRAS LOCALIZAÇÕES NA EUROPA:

SUIÇA
ALEMANHA
ÁUSTRIA
HOLANDA
FRANÇA
POLÓNIA
DINAMARCA
SUÉCIA



Desde 2012 que a S&P faz parte do grupo Simpson Strong-Tie, um grupo internacional de produtos para a construção sediado na Califórnia com diversas delegações em toda a Europa.

A Simpson Strong-tie foi fundada em 1956 e é considerada líder Mundial em conectores estruturais para madeira-madeira, madeira-aço e madeira-betão.

A empresa tem o compromisso de ajudar os seu clientes, promovendo produtos excepcionais, um serviço completo ao nível de engenharia, apoio em obra, ensaios de produtos, formação técnica e entrega atempada dos nossos serviços. Com a aquisição da S&P, a Simpson Strong-Tie continua a expandir a sua oferta incluindo agora uma gama completa de soluções para reparação, protecção e reforço de betão. A combinação da força das duas marcas, Simpson Strong-Tie e a S&P permite-nos agora responder com um maior nível de qualidade de serviço para ir ao encontro das necessidades dos nossos clientes na área da reparação, reforço e reabilitação. Permaneceremos ao vosso dispor e na expectativa de trabalhar consigo nos próximos projectos.





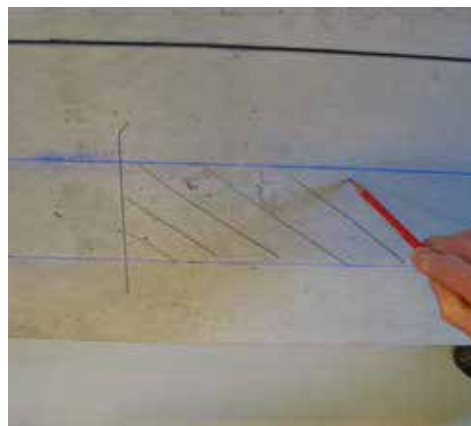
A Simpson Strong-Tie® Company

Manual de Aplicação S&P C-Laminate

Laminados de carbono para reforço estrutural
(Aplicados à superfície – EBR)



Metodologia de aplicação



1 Preparação do suporte

Medir e deixar indicação clara das áreas sobre as quais irá ser aplicado S&P C-Laminate. Deve haver uma distância mínima de 10 mm entre laminados. Para aplicação de S&P End-Anchors, consultar o Manual de Aplicação respectivo.



2 Preparação da superfície

A preparação da superfície deve ser executada usando métodos apropriados; disco metálico abrasivo, jacto de areia ou jacto de água (> 800 bar). O pó deve ser removido utilizando um aspirador. A leitada de betão deve ser removida completamente, de forma a que o agregado fique exposto. A rugosidade de superfície óptima é de 0,5 a 1,0 mm. O valor mínimo de resistência à tracção do suporte preparado é de 1,5 N/mm².

(*) - Para a preparação de superfícies de aço e madeira consultar nota em rodapé.



3 Remoção de material em mau estado/ não estrutural

O betão degradado (ex: betão com ocos ou vazios), superfícies irregulares, partículas soltas, revestimentos, etc. devem ser removidos. As armaduras corroidas devem ser limpas e passivadas, o betão deve ser restituído com argamassa de reparação ARMO-crete® w. As fissuras estruturais devem ser injectadas com resinas epoxy apropriadas.



7 Preparação dos S&P C-Laminate.

Se necessário, proceder ao corte do S&P C-Laminate utilize um disco de corte. A superfície do laminado deve ser limpa com um pano branco limpo e embebido em S&P Cleaner. Esperar 5 minutos até a total secagem e aplicar de imediato o adesivo sobre o laminado. Para controlo dos trabalhos verifique o tipo e dimensões do laminado a aplicar.



8 Mistura do adesivo

Proceder à mistura do adesivo de colagem, S&P Resin 220, com recurso a misturadora de baixa rotação (<400 rot/min). Misture durante cerca de 3 minutos, até que a cor da mistura fique homo-génea (cinza), e isenta de grumos. A temperatura ideal de colagem é 15–25 °C. O intervalo de temperatura de trabalhabilidade do adesivo é de 10–35 °C.



9 Aplicação do adesivo sobre o laminado

Aplique o adesivo no lado previamente limpo do laminado, em forma de V invertido. Com recurso ao doseador de resina S&P e sua correcta utilização, ficará estabelecido o espalhamento uniforme, aproximadamente de 1 mm de espessura nas extremidades e 3 mm na zona central. A espessura máxima de adesivo é de 5 mm. No que se refere a consumo, consulte a tabela 1C no final do documento.

(*) Superfície de aço:

- A superfície do aço deve ser desengordurada e preparada de acordo com o grau standard Sa 3.0 (conforme norma EN 12944-4).
- Imediatamente após o tratamento deve aplicar-se o laminado de modo a proteger a superfície de colagem da corrosão.
- Durante a aplicação deve-se ter cuidado especial com a condensação de humidade.

(*) Madeira:

- Preparar a superfície por lixagem ou escarificação. Deve remover-se o pó por meio de aspiração.
- A superfície deve ser impregnada previamente com S&P Resin 55 antes da aplicação do adesivo de colagem dos laminados.



4 Reperfilamento

Poderá haver a necessidade de reperfilar a superfície. Utilize a argamassa de nivelamento S&P Resin 230 no reperfilamento de desníveis de 1 a 10 mm. Para desníveis superiores a 10 mm deverá ser utilizada a S&P ARMO-crete® w. Aplicar S&P Resicem sobre as armaduras afectadas por corrosão. As fissuras com dimensão superior a 2 mm devem ser reparadas, de forma a que a transferência de cargas esteja assegurada.



5 Controlo de qualidade

Deve ser verificado o nivelamento de superfície. Os desníveis máximos aceites são:
- 5 mm em 2 metros
- 1 mm em 30 centímetros
A temperatura da base em betão deve ser superior a 8 °C e pelo menos 3 °C acima do ponto de orvalho (condensação/vapor de água). A humidade no suporte deve ser verificada e inferior a 4%.



6 Limpeza do suporte

O pó deve ser removido por meio de aspiração. Garantir que o suporte esteja limpo, seco e livre de sujidade, partículas soltas, óleos, gorduras e outras substâncias contaminantes.



10 Posicionamento do laminado

Coloque provisoriamente o laminado ajustando e fazendo pressão com a mão.



11 Colagem do laminado

Passa um rolo de pressão adequado até que a resina saia pelas extremidades laterais do laminado. Graças à excelente viscosidade do adesivo não é necessário qualquer suporte temporário. A espessura de resina entre o laminado e o suporte deve ser de 2-3 mm.



12 Limpeza do laminado colado

O excesso de adesivo deverá ser removido por uma espátula e pode ser reutilizado. O laminado aplicado deve ser limpo com S&P Cleaner. Esta operação é particularmente importante no caso de cruzamento de laminados. Ambos os laminados deveram estar completamente limpos, conforme indicações anteriores para a preparação do laminado

Metodologia de aplicação



13 Colagem de sinalização
Sobre o laminado aplicado, aplique fita auto-colante ou rótulo de sinalização, para evitar danos mecânicos no laminado, aumentando a sua visibilidade.



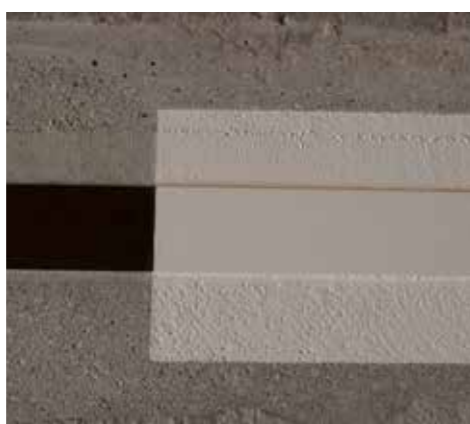
14 Controlo de qualidade – tap test
Após a cura da resina S&P Resin 220, aconselha-se fazer um “tap test”, batendo ligeiramente sobre o laminado de forma a encontrar eventuais vazios. Caso sejam detectados vazios na zona de ancoragem, o laminado deve ser substituído.



15 Cura e controlo de aderência- ensaio pull-off
A capacidade resistente máxima do laminado é atingida 48 horas após a aplicação, tendo por referência as condições de 20 °C de temperatura e 60% de humidade relativa. Para testar a aderência do laminado S&P C-Laminate sobre o betão recomendamos a colagem de um ou mais provetes de ensaio e executar pelo menos 3 testes de “Pull-off”, de acordo com a norma EN 1542.



16 Aplicação de revestimento
Os S&P C-Laminate, depois de devidamente limpos, podem ser pintados ou revestidos com uma ponte adesiva, usando S&P Resin 55 ou S&P Resin 220 e areias de quartzo para posterior aplicação de argamassas



17 Protecção UV
Os laminados podem ser protegidos contra a radiação UV. Devem ser seguidas as indicações de projecto.



18 Protecção ao fogo
Em caso de necessidade extrema os laminados podem ser protegidos contra o fogo, através de placas ou argamassas específicas. Devem ser seguidas as indicações de projecto.

Requisitos prévios

- Antes da colagem do laminado deve-se verificar o nivelamento do suporte com uma régua de alumínio desempenada. A tolerância máxima é de 5 mm numa extensão de 2 metros e de 1 mm num comprimento de 30 cm.
- A temperatura da base em betão deve ser superior a 8 °C e pelo menos 3 °C acima do ponto de orvalho (condensação / vapor de água).
- A estabilidade do suporte deve ser verificada em qualquer dos casos (betão, aço, madeira ou pedra natural).
- O valor médio da resistência à tracção do suporte preparado deve ser superior a 2,0 N/mm², o valor mínimo aceitável é de 1,5 N/mm² (ensaio de pull-off).
- A humidade no suporte deve ser verificada e inferior a 4%.

S&P C-Laminate



1A S&P C-Laminate
Consulte a informação sobre o sistema de FRP e a gama completa de Laminados disponibilizada pela S&P na Brochura e Fichas Técnicas respectivas. Fornecimento em rolos de 150 m ou 100 m. Laminados cortados sob pedido.

Resina epoxy



1B S&P Resin 220
Comp. A – Solução de resina epoxy de cor cinza claro.
Comp. B – Endurecedor de cor preta.
Fornecimento em unidades de 15 kg.

Consumo

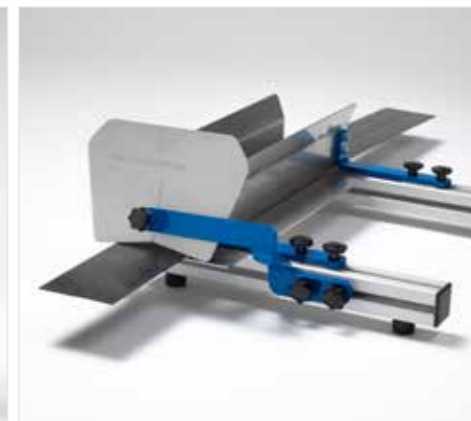
S&P C-Laminate	
Largura	S&P Resin 220
50 mm	ca. 350 g/m
60 mm	ca. 450 g/m
80 mm	ca. 550 g/m
90 mm	ca. 650 g/m
100 mm	ca. 700 g/m
120 mm	ca. 850 g/m
150 mm	ca. 1 050 g/m

1C Consumo da resina epoxy
O consumo da resina depende do nivelamento efectuado, da rugosidade do suporte. Por essa razão o consumo pode ser superior ao indicado na tabela.

Produtos complementares



2A S&P Desenrolador de laminado
Para um desenrolar controlado e seguro dos rolos de laminado em obra. Adaptável a todas as larguras de laminados produzidos pela S&P.



2B S&P Doseador de resina
O doseador de resina destina-se ao doseamento e moldagem da quantidade óptima de resina em forma de V invertido sobre os laminados. Adapta-se a toda a gama de S&P C-Laminate.



2C S&P End-Anchor
Em alguns casos não é possível ancorar o reforço apenas por colagem adesiva. O S&P C-Laminate fica aderido entre as duas placas de ancoragem S&P End-Anchor.

www.sp-reinforcement.eu

PORTUGAL

Clever Reinforcement Ibérica Lda

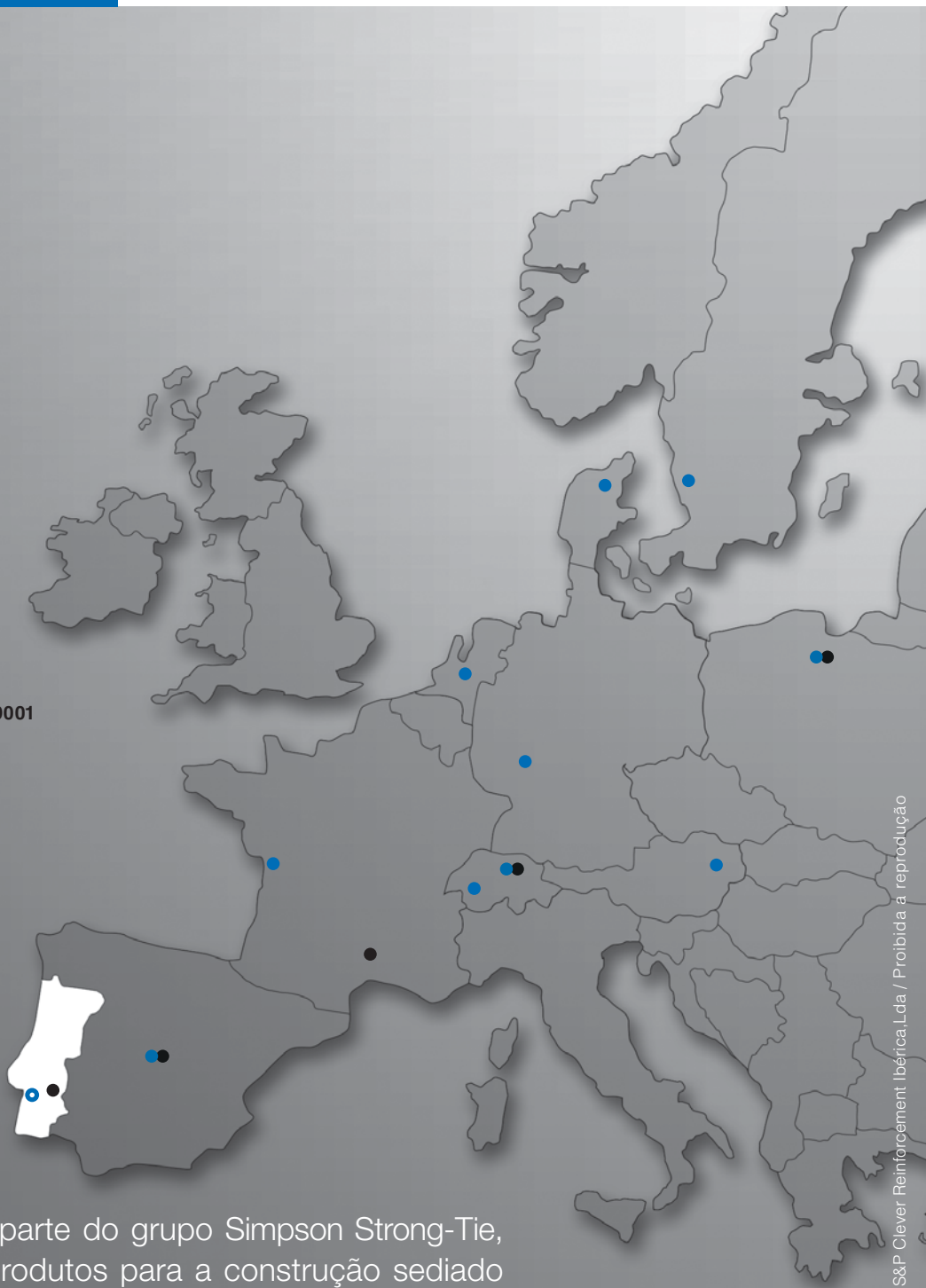
Rua José Fontana, N°76
Z. Industrial Stª Marta de Corroios
P-2845-408 Amora
Telefone: +351 212 253 371
 +351 212 252 436
Web: www.sp-reinforcement.pt
E-Mail: info@sp-reinforcement.pt

OUTRAS LOCALIZAÇÕES NA EUROPA:

- ESPAÑA
- SUIÇA
- ALEMANHA
- ÁUSTRIA
- HOLANDA
- FRANÇA
- POLÓNIA
- DINAMARCA
- SUÉCIA

PRODUÇÃO EUROPEIA CERTIFICADA ISO 9001

- FRANÇA
- POLÓNIA
- PORTUGAL
- SUIÇA
- ESPAÑA



S&P Clever Reinforcement Ibérica.Lda / Proibida a reprodução

Desde 2012 que a S&P faz parte do grupo Simpson Strong-Tie, um grupo internacional de produtos para a construção sediado na Califórnia com diversas delegações em toda a Europa.

A Simpson Strong-tie foi fundada em 1956 e é considerada líder Mundial em conectores estruturais para madeira-madeira, madeira-aço e madeira-betão.

A empresa tem o compromisso de ajudar os seu clientes, promovendo produtos excepcionais, um serviço completo ao nível de engenharia, apoio em obra, ensaios de produtos, formação técnica e entrega atempada dos nossos serviços. Com a aquisição da S&P, a Simpson Strong-Tie continua a expandir a sua oferta incluindo agora uma gama completa de soluções para reparação, protecção e reforço de betão. A combinação da força das duas marcas, Simpson Strong-Tie e a S&P permite-nos agora responder com um maior nível de qualidade de serviço para ir ao encontro das necessidades dos nossos clientes na área da reparação, reforço e reabilitação. Permaneceremos ao vosso dispor e na expectativa de trabalhar consigo nos próximos projectos.



S&P C-Sheet 640

Manta em fibra de carbono de alto módulo para reforço de estruturas

DESCRIÇÃO

A S&P C-Sheet 640 é uma manta de fibra de carbono uni-direccional de alto módulo, de baixa extensão e com elevada resistência, utilizada no reforço de estruturas por aplicação wet ou dry lay-up. As mantas S&P C-Sheet são coladas à estrutura que se pretende reforçar usando resina epoxídica (S&P Resin 55 HP).

CAMPOS DE APLICAÇÃO

REFORÇO DE ESTRUTURAS EM BETÃO, BETÃO ARMADO, AÇO, ALVENARIA E MADEIRA PARA REFORÇO AO CORTE

- Aumento de carga de serviço
- Reforço da armadura transversal de corte
- Aumento de rigidez
- Alterações de utilização
- Eliminação de erros de dimensionamento ou de construção
- Incremento de vida útil, durabilidade
- Adaptação e adequação a novas normas

VANTAGENS DO PRODUTO

- Aplicação flexível, mesmo em superfícies curvas tais como apoios, pilares, chaminés, tubos, etc.
- Baixo peso próprio e reduzida espessura
- Isento de corrosão
- Tempo de interrupção da normal utilização da estrutura reduzido
- Instalação com baixo ruído e sem vibrações

CARACTERÍSTICAS GERAIS

DADOS DO PRODUTO

Descrição Genérica

S&P C-Sheet 640

Constituição: Fibras de carbono de alta resistência

Densidade: 2,12 g/cm³

Peso da fibra longitudinal: 400 g/m²

Resistência à tracção: $\geq 2\,600$ N/mm²

Módulo de elasticidade: ≥ 640 kN/mm²

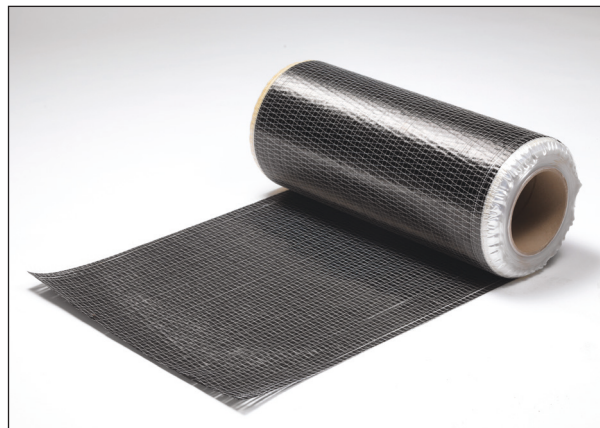
Alongamento à rotura: 0,4 %

Aparência: Cor preta em ambos os lados

Dimensões: 300 mm

Fornecimento: Em rolos de 50 m

Armazenamento: Em local seco e seguro, sem exposição directa ao sol (UV), temperatura armazenamento +5 °C a + 35 °C



INFORMAÇÃO TÉCNICA

DADOS DA FIBRA UNIDIRECIONAL	Unid.	C-Sheet 640 400 g/m ²
Módulo de elasticidade	kN/mm ²	≥640
Resistência à tracção	N/mm ²	≥ 2 600
Peso da fibra longitudinal	g/m ²	400
Gramagem, manta	g/m ²	430
Densidade	g/cm ³	2,12
Extensão de rotura	%	0,4
Espessura (peso da fibra/densidade), longitudinal	mm	0,189
Secção teórica da fibra 1000 mm largura, longitudinal	mm ²	189
Factor de redução para cálculo Recomendação S&P (Laminação manual/manta unidirecional)		1,2
Força de tracção para 1000 mm Largura, com extensão pós rotura	kN Longitudinal	410
Força de tracção de cálculo 1000 mm Largura, extensão $\epsilon = 0,2$ % Longitudinal	kN Longitudinal	205

CONSUMO / DOSAGEM DE ADESIVO EPOXI

Produto	S&P RESIN 55 HP (impermeável ao vapor)
S&P C-Sheet 640 400 g/m ²	~ 900–1 300 g/m ²

O consumo do material depende do nivelamento efectuado e da rugosidade do suporte .
Por essa razão o consumo pode ser superior ao indicado na tabela.



CONDIÇÕES DE SUPORTE

A tensão mínima na camada de aderência do substrato é de 1,0 N/mm² ou de acordo com as exigências do cálculo estrutural.

A temperatura da base de suporte tem de ser no mínimo de +8 °C e deve estar 3 °C acima da temperatura do ponto de orvalho.

Ao utilizar a S&P Resin 55 HP (impermeável ao vapor de água), a humidade superficial do betão tem de ser <4 %.

PREPARAÇÃO DA SUPERFÍCIE

Betão e Aço:

O substrato deve-se encontrar coeso, seco, limpo e sem poeiras nem partículas soltas, impurezas, óleos, gordura ou outras substâncias que inibam a aderência.

O suporte deve ser preparado mediante procedimento adequado como o desbaste com disco metálico, aplicação de jacto de areia ou jacto de água a alta pressão. O pó deve ser removido por meio de aspiração.

As reparações do betão ou rectificações de irregularidades podem ser efectuadas previamente com argamassas epoxi S&P Resin 230. Sempre que possível, em aplicações sequenciais de resina, deve-se trabalhar em regime de “húmido-em-húmido”.

Caso tal não seja possível, deverá ser criada rugosidade na superfície antes da aplicação da manta de modo a garantir uma boa aderência.

ADESIVO EPÓXI

Condições limites de aplicação:

- Temperatura do suporte
- Temperatura do ar
- Humidade do suporte
- Ponto de orvalho

Instruções de aplicação:

- Misturas
- Tempo de mistura

APLICAÇÃO

Para aplicação da S&P C-Sheet 640, a superfície de suporte deverá ser preparada e verificadas as condições referidas para cada tipo de superfície.

A manta deverá ser impregnada com S&P Resin 55 HP, devidamente misturada e dentro do tempo de trabalhabilidade (pot life), com recurso a um rolo de teflon. Alternativamente, pode usar-se S&P máquina de wet lay-up.

O ajuste da manta e espalhamento da resina de impregnação deve ser feito com recurso a espátula de borracha S&P Squeeze.

As mantas podem ser revestidas com uma camada promotora de aderência (S&P Resin 55 HP+ areia calibrada) para aplicação posterior de base hidráulica ou pintura de base acrílica.

Os trabalhos de reforço deverão ser efectuados por empresas com as necessárias qualificações e experiência.

Cuidados:

Para cortar as mantas devem ser usadas tesouras apropriadas.

Nunca dobrar a manta no sentido longitudinal, dobrar apenas no sentido transversal às fibras.

Raio mínimo de arredondamento para aplicação em arestas vivas: > 25 mm.

Sobreposição no sentido das fibras deve ser pelo menos 150 mm. No sentido paralelo à fibra não é necessário sobreposição.

MÁQUINA E FERRAMENTAS DE APLICAÇÃO

S&P Máquina de wet lay up

Para impregnação de mantas de alta gramagem

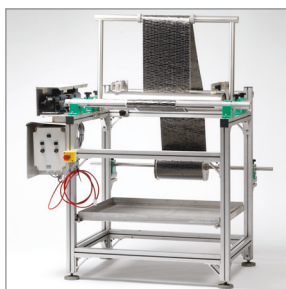
Rolo de Laminação S&P (Teflon)

Para laminação de S&P C-Sheets

Disponível à unidade em 3 larguras diferentes (60, 90, 130 mm)

S&P Squeeze (espátula de borracha)

Para ajuste a espalhamento da resina de impregnação.



LIMPEZA

S&P Cleaner

Para limpeza ferramentas e demais equipamentos. Disponível em embalagens de 2, 10 e 25 litros.

Os equipamentos devem ser limpos com S&P Cleaner imediatamente após o seu uso. O material endurecido só poder removido por meios mecânicos.

ENSAIOS

Todos os dados técnicos desta ficha baseiam-se em testes laboratoriais. Podem verificar-se desvios aos valores apresentados por circunstâncias fora do nosso controlo.

Contacte-nos para informação detalhada sobre ensaios efectuados.

Estão disponíveis relatórios de ensaio.

PROTECÇÃO AO FOGO

Protecção ao fogo

Em caso de necessidade extrema as mantas S&P C-Sheet podem ser protegidas contra o fogo, através de placas e argamassas específicas anti-fogo. Existem diversas soluções no mercado dependendo dos requisitos de resistência ao fogo necessários para cada projecto. Existem disponíveis para consulta diversos ensaios de sistemas de protecção ao fogo aplicados aos nossos sistemas de reforço.

Para mais informações consulte os nossos serviços técnicos.

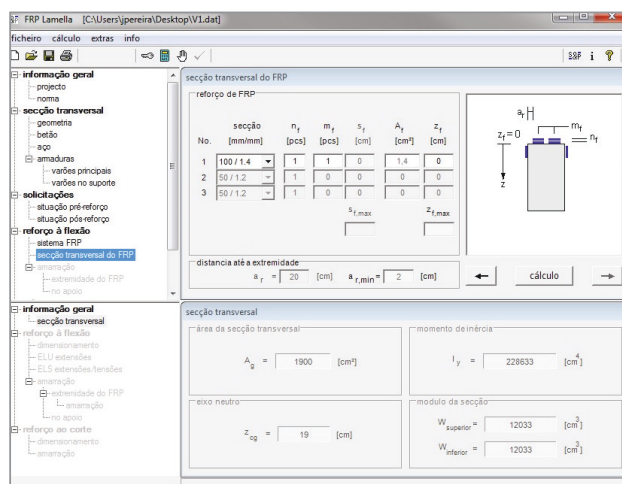
Existem vários manuais e software cálculo disponíveis para os sistemas FRP da S&P. Os modelos de cálculo e manuais baseiam-se nos parâmetros do material das fibras de reforço e resina S&P.

Se forem utilizados outros componentes, a secção transversal necessária de FRP e o resultado do reforço definido pelo software não serão válidos, por motivos de erros na utilização de materiais desconhecidos para o software S&P. Nestas circunstâncias, a S&P, fornecedora do sistema, declina qualquer responsabilidade. Este software pode ser usado de forma gratuita exclusivamente para o dimensionamento à flexão e corte usando sistemas de reforço da S&P.

Software de cálculo disponibilizado para sistemas FRP da S&P:

- FRP Lamella – dimensionamento de reforço à flexão e corte de vigas e lajes
- FRP Colonna – dimensionamento de reforço axial em pilares

Para o aconselhamento e apoio, queira contactar os nossos serviços técnicos.



As fichas de segurança podem ser obtidas através dos nossos serviços de apoio ao cliente pelo nº de telefone +351 212 253 371 ou email info@reinforcement.pt.

Os produtos da gama S&P são para uso industrial. Devem ser instalados por pessoal especializado e profissionais com a devida competência e formação adequada. Devem ser seguidas as instruções de instalação que constam nos manuais de aplicação da S&P e nos diversos Guidelines, documentos e notas técnicas existentes.

É da responsabilidade do dono de obra, seu representante ou empreiteiro determinar a adequação e utilização dos produtos S&P.

Antes de usar qualquer produto S&P deve consultar um profissional qualificado para o aconselhamento técnico sobre os nossos produtos, sendo as informações fornecidas baseadas nos nossos melhores conhecimentos científicos e práticos.

São reservados os direitos à alteração do produto.

São aplicáveis as condições gerais de venda e de transporte.

É considerada válida a versão mais recente da Ficha Técnica disponibilizada pelos nossos serviços técnicos.

Clever Reinforcement Ibérica, Lda
 Rua José Fontana, N° 76
 P2845-408 Amora
 Telefone: +351 212 253 371
 Fax: +351 212 252 436
 info@sp-reinforcement.pt
 www.sp-reinforcement.pt



extensões iniciais



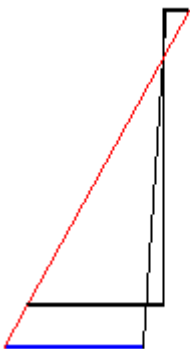
$$\varepsilon_c = -0,177 \quad [‰]$$

$$x = 11,2 \quad [\text{cm}]$$

$$\varepsilon_p = 0 \quad [‰]$$

$$\varepsilon_s = 1,066 \quad [‰]$$

extensões - estado limite último ($A_{f,nec}$)



$$\varepsilon_c = -1,575 \quad [‰]$$

$$x = 12,4 \quad [\text{cm}]$$

$$\varepsilon_p = 0 \quad [‰]$$

$$\varepsilon_s = 8,399 \quad [‰]$$

$$\varepsilon_f = 7,5 \quad [‰]$$

extensões / tensão - estado limite de serviço ($A_{f,efet}$)



$$\varepsilon_c = -0,297 \quad [‰]$$

$$x = 12,4 \quad [\text{cm}]$$

$$\varepsilon_p = 0 \quad [‰]$$

$$\varepsilon_s = 1,589 \quad [‰]$$

$$\varepsilon_f = 0,536 \quad [‰]$$

$$\varepsilon_{py} = 0 \quad [‰]$$

$$\varepsilon_{sy} = 2 \quad [‰]$$



tensões

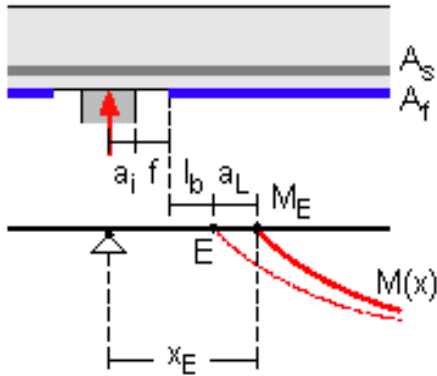
betão	$\sigma_{c,max} = -5,5$	[N/mm ²]
aço de pré-esforço	$\sigma_{p,max} = 0$	[N/mm ²]
aço	$\sigma_{s,max} = 317,87$	[N/mm ²]
material FRP	$\sigma_{f,max} = 91,1$	[N/mm ²]

tensões limites

$\sigma_{c,limite} = -12$	[N/mm ²]
$\sigma_{p,limite} = 0$	[N/mm ²]
$\sigma_{s,limite} = 320$	[N/mm ²]



amarração do FRP na extremidade



apoio intermédio

$$a_i = 25 \quad [\text{cm}]$$

$$a_l = 31,5 \quad [\text{cm}]$$

tensão de aderência do substrato

$$f_{\text{csm}} = 1,5 \quad [\text{N/mm}^2]$$

resistência à compressão do betão

$$f_{\text{cm,cube}} = 25 \quad [\text{N/mm}^2]$$

forças internas no ponto E

$$x_E = 200 \quad [\text{cm}]$$

$$M_{\text{Ed,E}} = 0 \quad [\text{kNm}]$$

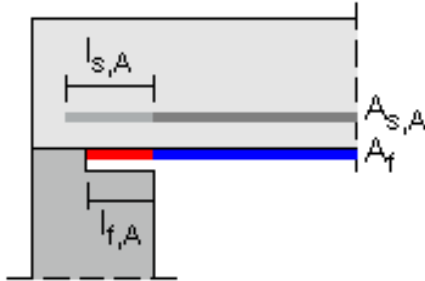
$$N_{\text{Ed,E}} = 0 \quad [\text{kN}]$$

armadura no ponto E

No.	A_s [cm ²]	z_s [cm]

cálculo não efectuado !

amarração da armadura de flexão no apoio



apoio intermédio

apoio directo

colada externamente

tensão de aderência do substrato

$$f_{csm} = 1,5 \quad [N/mm^2]$$

resistência à compressão do betão

$$f_{cm} = 25 \quad [N/mm^2]$$

forças internas no apoio

$$V_{Ed,A} = 162 \quad [kN]$$

$$N_{Ed,A} = 0 \quad [kN]$$

armadura no apoio

No.	A_s [cm ²]	z_s [cm]	d_s [mm]	$l_{s,A}$ [cm]	$\alpha_{1..5}$ [-]	secção
1	4,52	78,5	12	50	1	nervurado

cálculo não efectuado !

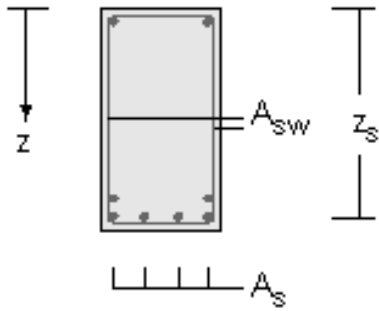
reforço ao corte

armadura interna de corte

$$a_{sw} = 4,02 \quad [\text{cm}^2/\text{m}]$$

A 400

$$E_s = 200000 \quad [\text{N}/\text{mm}^2]$$
$$f_{yk} = 400 \quad [\text{N}/\text{mm}^2]$$



forças internas no ponto X

$$V_{Ed,x} = 0 \quad [\text{kN}]$$

$$M_{Ed,x} = 0 \quad [\text{kNm}]$$

$$N_{Ed,x} = 0 \quad [\text{kN}]$$

$$x_x = 0 \quad [\text{cm}]$$

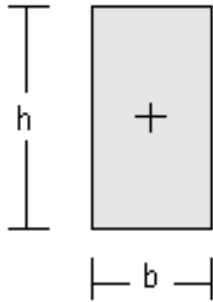
força de compressão

cálculo não efectuado !

S&P FRP Lamella

reforço à flexão e ao corte usando materiais de FRP

secção transversal



geometria

rectangular

$$b = 50 \quad [\text{cm}]$$

$$h = 50 \quad [\text{cm}]$$

betão

classe:

C 20/25

$$f_{ck} = 20 \quad [\text{N/mm}^2]$$

$$\varepsilon_{cu} = 3,5 \quad [\%]$$

$$\varepsilon_{c2} = 2 \quad [\%]$$

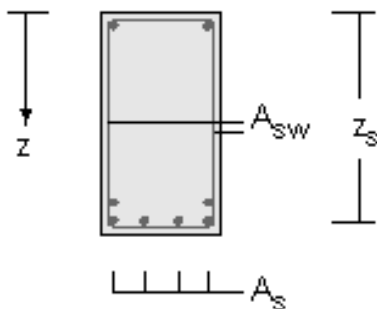
$$\alpha_{cc} = 1 \quad [-]$$

$$E_{cm} = 29962 \quad [\text{N/mm}^2]$$

$$f_{ctm} = 2,21 \quad [\text{N/mm}^2]$$

$$\alpha_{ct} = 1 \quad [-]$$

$$\gamma_c = 1,5 \quad [-]$$



aço

$$\gamma_s = 1,15 \quad [-]$$

armadura de flexão

varões principais

No.	A_s [cm ²]	z_s [cm]	classe do aço	f_{yk} [N/mm ²]	E_s [N/mm ²]	d_s [mm]
1	14,73	47,5	A 400	400	200000	25

solicitações

<u>situação pré-reforço</u>	momento no vão (positivo)		força de compressão	
no instante do reforço	$M = 2$	[kNm]	$N_{Ek0} = 0$	[kN]
pré-esforço (estaticamente determinado)	$M_{P0} = 0$	[kNm]	$N_P = 0$	[kN]
zona de flexo-tracção não fissurada				

<u>situação pós-reforço</u>	momento no vão (positivo)		força de compressão	
estado limite último	$M_{Ed} = 400$	[kNm]	$N_{Ed} = 0$	[kN]
coeficiente de segurança parcial	$\gamma_{M,m} = 1,5$	[-]	$\gamma_{N,m} = 0$	[-]
estado de serviço	$M_{Ek} = 266,7$	[kNm]	$N_{Ek} = 0$	[kN]

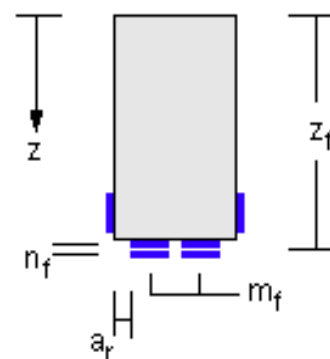
reforço à flexão

sistema FRP

S&P CFK 150/2000
S&P Resin 220

aderido externamente

$E_{fk} = 170000$ [N/mm²]
 $f_{fk} = 2800$ [N/mm²]
 $\varepsilon_{fu} = 16$ [‰]
 $\gamma_f = 1,2$ [-]
 $\varepsilon_{f,limite} = 7,5$ [‰]



secção transversal do FRP

No.	secção [mm/mm]	n_f [pcs]	m_f [pcs]	s_f [cm]	A_f [cm ²]	z_f [cm]
1	120 / 1.4	1	3	20,5	5,04	50

análise

Eurocódigo 2

em referencia a

DIBt Zulassungen Z-36.12-62 / Z-36.12-67

situação pré-reforço

resistência da secção não reforçada:

$$M_{Rd0} = 223,1 \quad [\text{kNm}]$$

$$M_{Re0} = 258,5 \quad [\text{kNm}]$$

situação pós-reforço

nível de reforço: $\eta_M = 1,79 \quad [-]$

segurança em caso de
perda dos laminados: $\gamma_{Me} = 0,97 \quad [-]$

dimensionamento

$$A_{f,nec} = 4,34 \quad [\text{cm}^2]$$

$$A_{f,efet} = 5,04 \quad [\text{cm}^2]$$

$$M_{Ed} = 400 \quad [\text{kNm}]$$

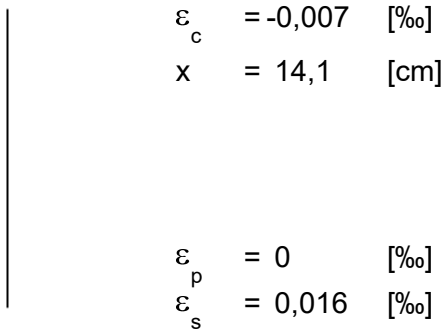
$$M_{Rd} = 414 \quad [\text{kNm}]$$

verificação

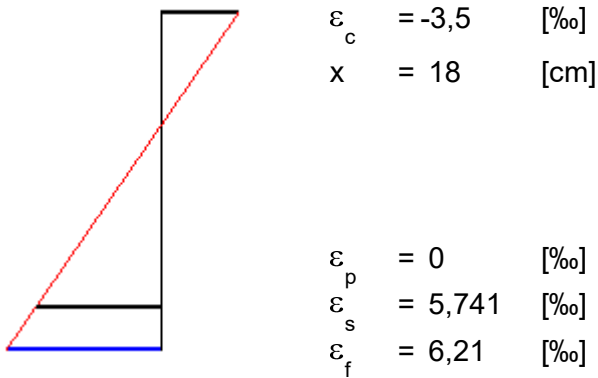
$$M_{Rd} > M_{Ed}$$



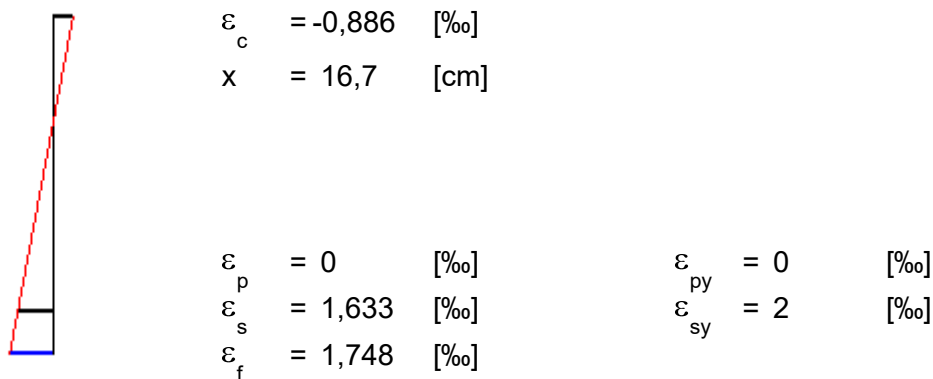
extensões iniciais



extensões - estado limite último (A_{f,nec})



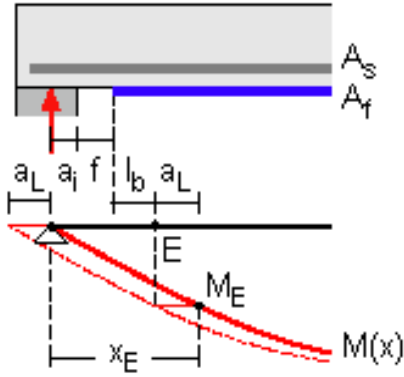
extensões / tensão - estado limite de serviço (A_{f,efet})



tensões

betão	$\sigma_{c,max}$	= -13,8	[N/mm ²]
aço de pré-esforço	$\sigma_{p,max}$	= 0	[N/mm ²]
aço	$\sigma_{s,max}$	= 326,55	[N/mm ²]
material FRP	$\sigma_{f,max}$	= 297,19	[N/mm ²]

amarração do FRP na extremidade



apoio extremo

$$f = 1 \quad [\text{cm}]$$

$$a_i = 7,5 \quad [\text{cm}]$$

$$a_l = 18,4 \quad [\text{cm}]$$

tensão de aderência do substrato

$$f_{\text{csm}} = 1,5 \quad [\text{N/mm}^2]$$

resistência à compressão do betão

$$f_{\text{cm,cube}} = 20 \quad [\text{N/mm}^2]$$

forças internas no ponto E

$$x_E = 57,3 \quad [\text{cm}]$$

$$M_{\text{Ed,E}} = 348 \quad [\text{kNm}]$$

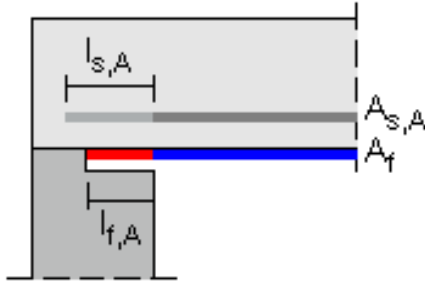
$$N_{\text{Ed,E}} = 1580 \quad [\text{kN}]$$

armadura no ponto E

No.	A_s [cm ²]	z_s [cm]
1	14,73	47,5

cálculo não efectuado !

amarração da armadura de flexão no apoio



apoio extremo

apoio directo

colada externamente

tensão de aderência do substrato

$$f_{csm} = 1,5 \quad [N/mm^2]$$

resistência à compressão do betão

$$f_{cm} = 20 \quad [N/mm^2]$$

forças internas no apoio

$$V_{Ed,A} = 44,5 \quad [kN]$$

$$N_{Ed,A} = 1580 \quad [kN]$$

armadura no apoio

No.	A_s [cm ²]	z_s [cm]	d_s [mm]	$l_{s,A}$ [cm]	$\alpha_{1..5}$ [-]	secção
1	14,73	47,5	25	15	1	nervurado

força de amarração

força requerida $F_{A,nec} = -1560 \quad [kN]$

armadura interna $F_{s,A} = 82,05 \quad [kN]$

reforço FRP $F_{f,A,nec} = 0 \quad [kN]$ $A_{f,A,nec} = 0 \quad [cm^2]$

$F_{f,A,efet} = 0 \quad [kN]$

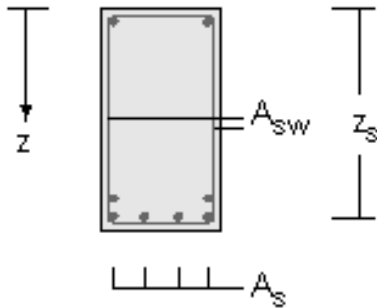
No.	$l_{f,A}$ [cm]	$F_{fd,A}$ [kN]	$l_{b,max}$ [cm]	$F_{bd,max}$ [kN]
1	0	0	30,4	73,99

verificação

$F_{f,A,efet} > F_{f,A,nec}$ ✓

ancoragem suficiente no suporte

reforço ao corte



armadura interna de corte

$a_{sw} = 3,36$ [cm²/m]

A 400

$E_s = 200000$ [N/mm²]
 $f_{yk} = 400$ [N/mm²]

forças internas no ponto X

$V_{Ed,x} = 89$ [kN]
 $M_{Ed,x} = 120$ [kNm]
 $N_{Ed,x} = 1580$ [kN]

$x_x = 0$ [cm]

força de compressão

resistência ao corte

$V_{Rd,c} = 173,71$ [kN]

$V_{Rd,s} = 34,81$ [kN]

$V_{Rdf} = 132,95$ [kN]



$V_{Rdf,limite} = 566,22$ [kN]

$\cot \theta = 1$ [-]

$\theta = 45$ [°]

verificação

$V_{Rd} > V_{Ed}$ $V_{Ed} < V_{Rd,limite}$



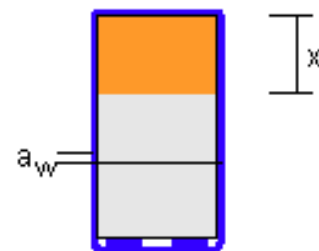
amarrar no banzo comprimido!

$x = 52,4$ [cm]

material de reforço

S&P C-Sheet 640
S&P Resin 55

$E_{fk} = 640000$ [N/mm²]
 $f_{fk} = 2650$ [N/mm²]
 $\varepsilon_{limite} = 2$ [%]
 $\gamma_E = 1,2$ [-]



reforço ao corte adicional

$n_w = 1$ [pcs]

$t_w = 0,19$ [mm]

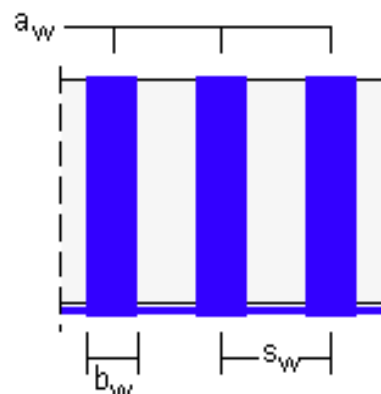
$b_w = 300$ [mm]

$s_w = 40$ [cm]

$\alpha = 90$ [°]

$\Delta V_w = 98,14$ [kN]

$\Delta V_{w,min} = 0$ [kN]



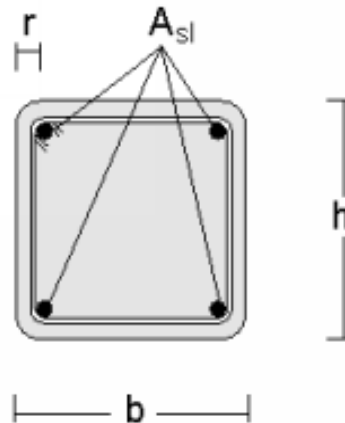
amarração de estribo externo adicional

$F_w = 15,32$ [kN]

$f_w = 38,29$ [kN/m]

FRP Colonna column strengthening with S&P sheets

cross-section



geometry

b = 50 [cm]
h = 50 [cm]
r = 2,5 [cm]

longitudinal rebars

$A_{sl} = 39,27$ [cm²]

materials

concrete C 20/25

steel A 400

$f_{ck} = 20$ [N/mm ²]	$f_{yk} = 400$ [N/mm ²]
$\varepsilon_{c0} = 2$ [‰]	$\varepsilon_s = \varepsilon_c$
$E_c = 22361$ [N/mm ²]	$E_s = 200000$ [N/mm ²]
$\alpha_{cc} = 1$ [-]	$\gamma_s = 1,15$ [-]
$\gamma_c = 1,5$ [-]	

strengthening

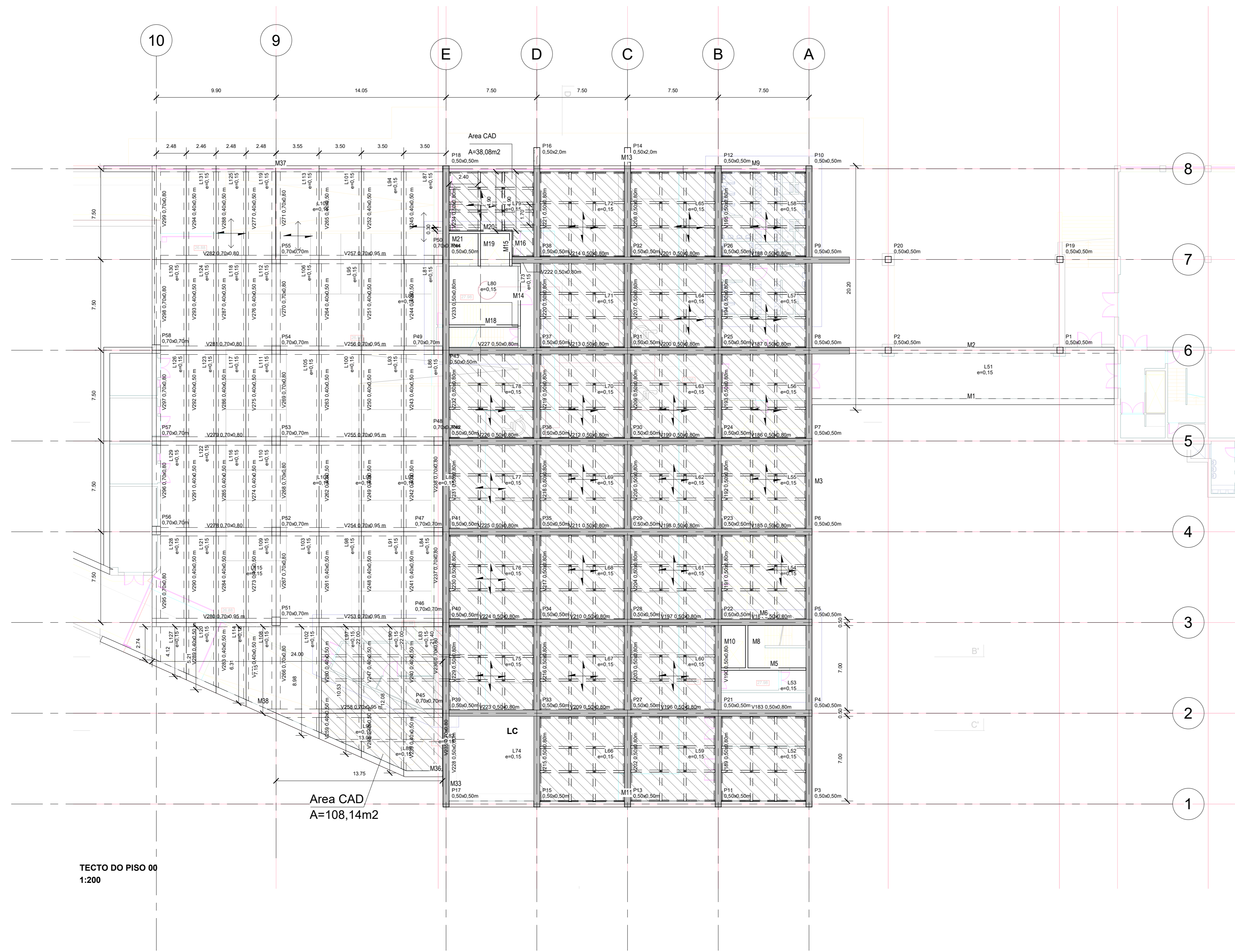
FRP S&P C-Sheet 240 (200 g/m²)

triaxial concrete strength

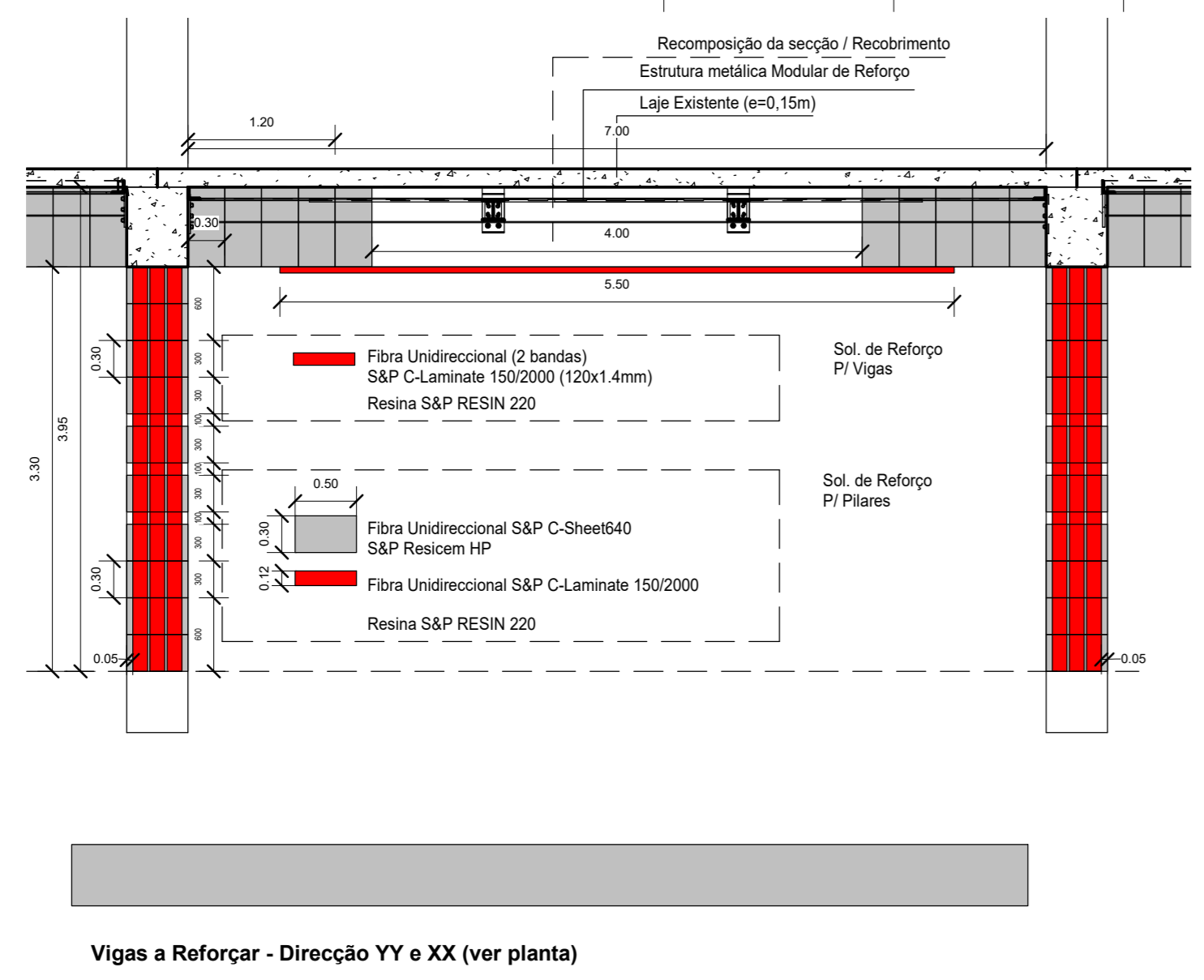
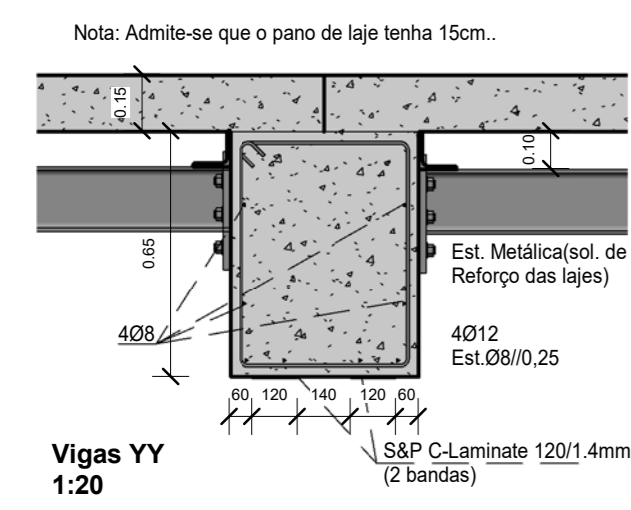
$E_{fk} = 240000$ [N/mm ²]	$\gamma_E = 1,2$ [-]	$\gamma_{cc} = 1,5$ [-]
$\varepsilon_{fu} = 17$ [‰]	$\varepsilon_{f,lim} = 4$ [‰]	$\varepsilon_{c,lim} = 10$ [‰]
$f_{fk} = 4300$ [N/mm ²]		$\nu = 0,25$ [-]
$t_f = 0,117$ [mm]		

load

design compressive force $N_{Edf} = 5000$ [kN]

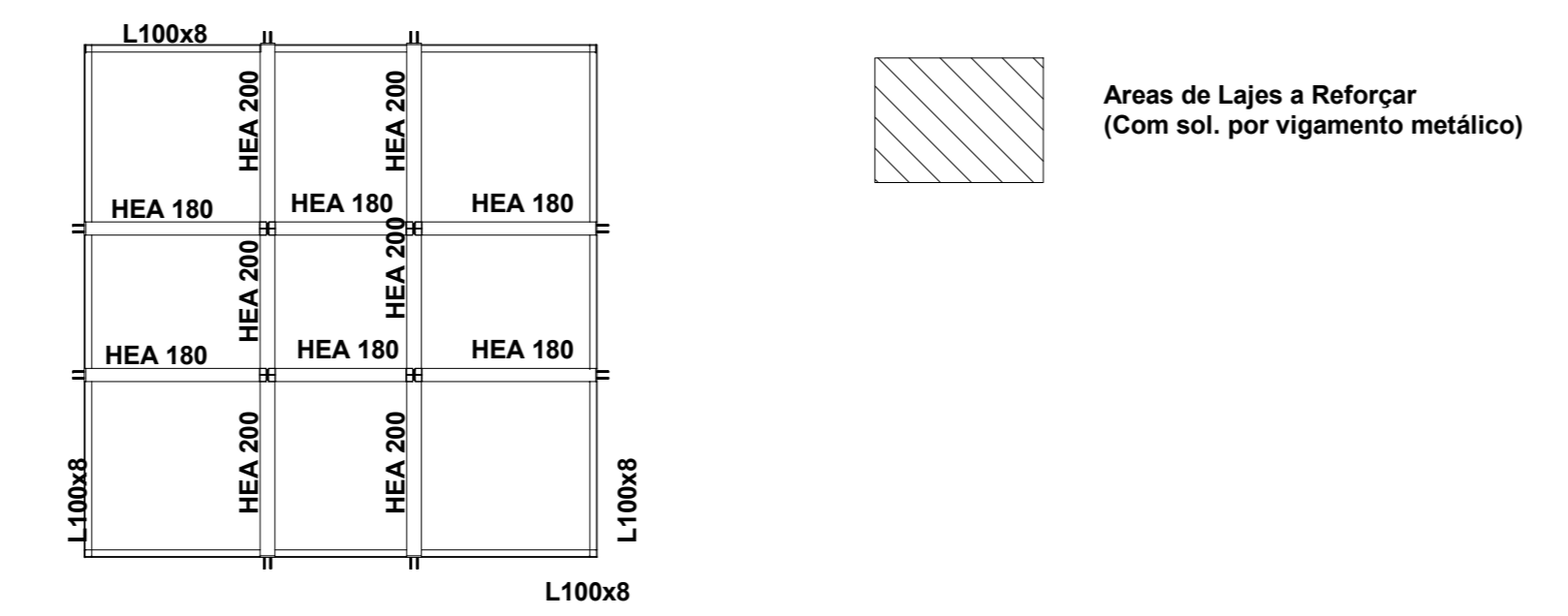


Tecto do PISO 00
1:200

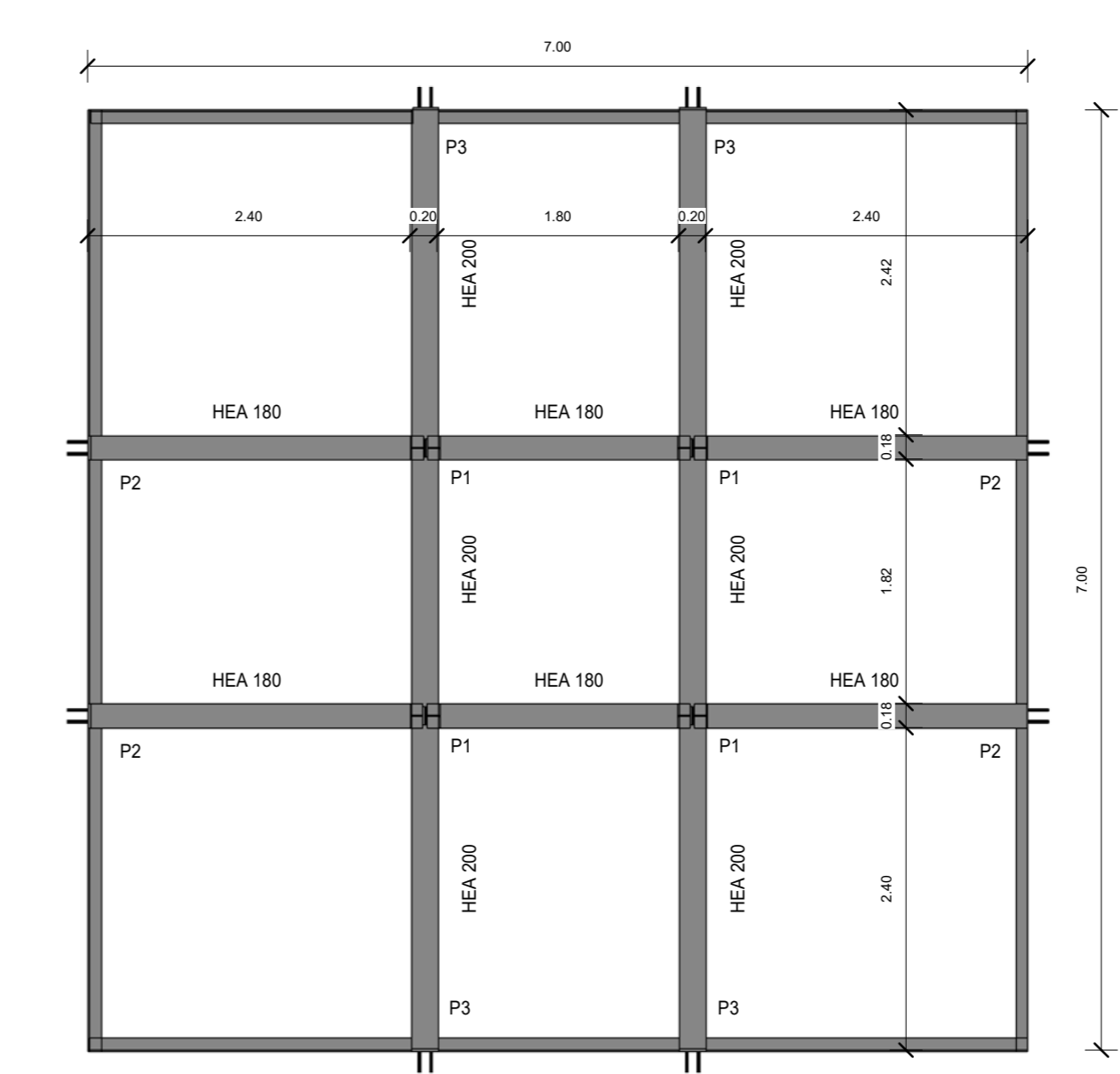


Esquema de Protecção ao fogo (garantia de 60min) por aplicação de argamassas de perlite vermiculita
A aplicar cf. instruções do fabricante

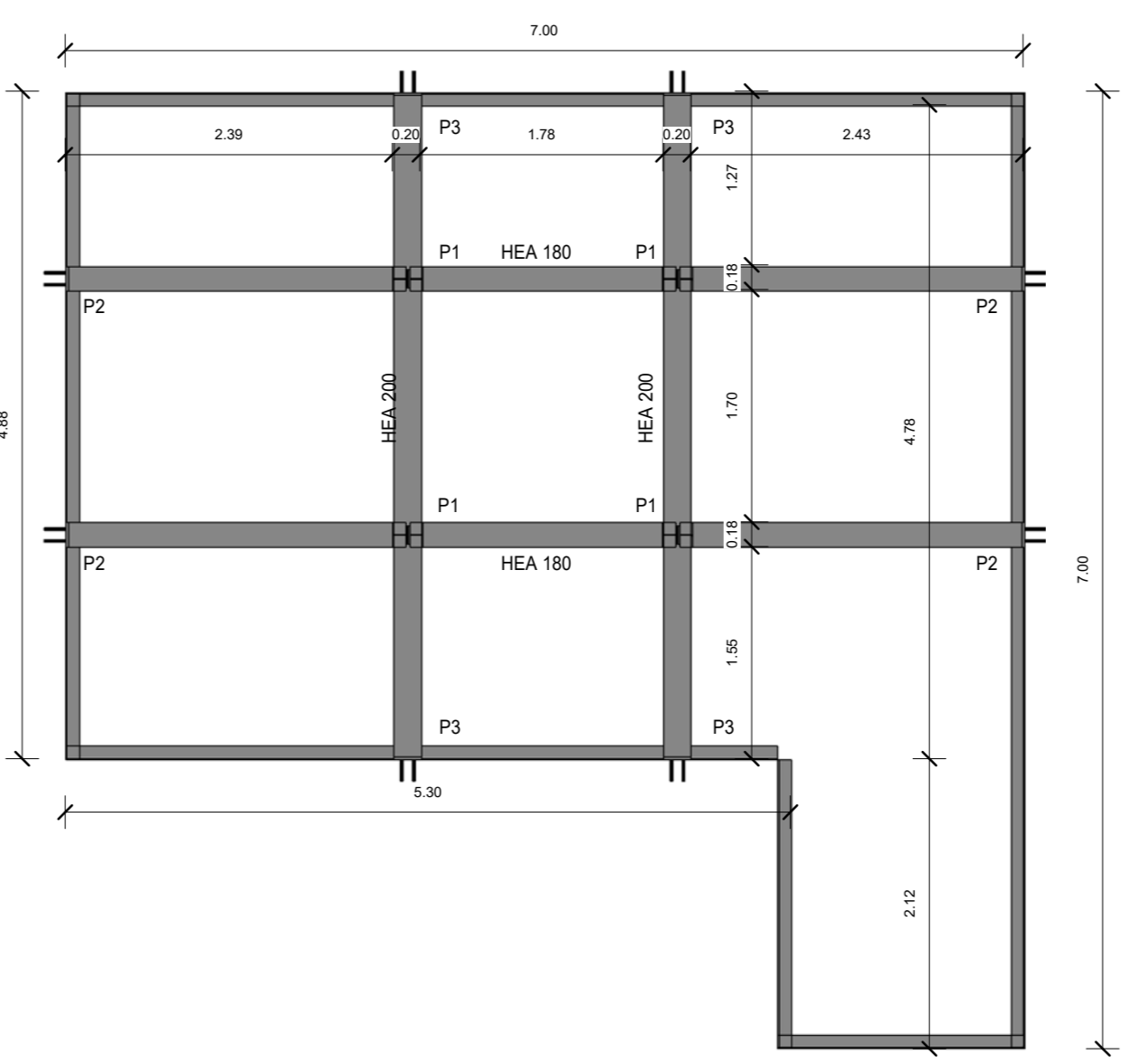
Modulo de Reforço Lajes (ver Porm em EST.02)



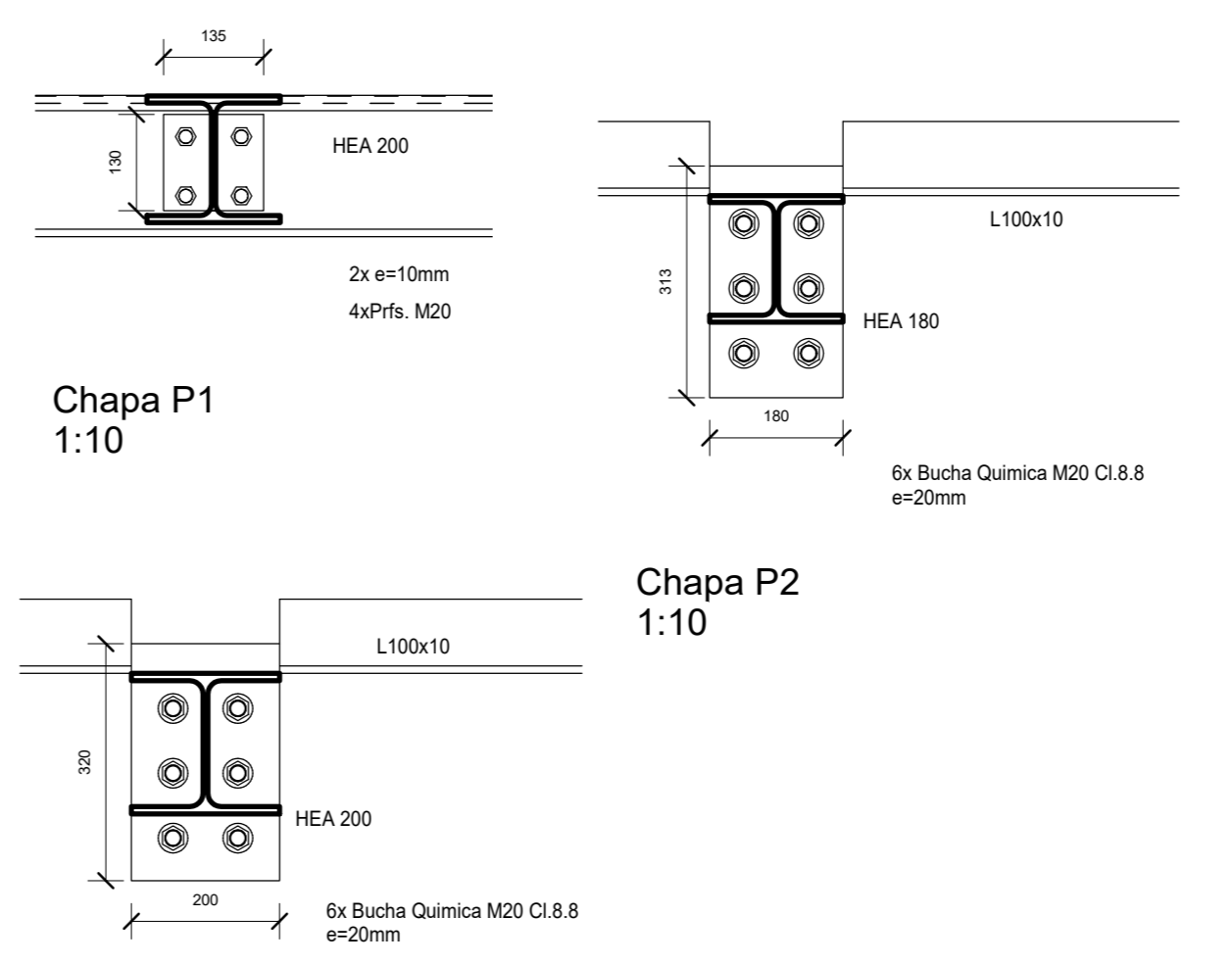
Chapa P3
1:10



SOLUÇÃO DE REFORÇO DAS LAJES 7,0x7,0 m
1:50



SOLUÇÃO DE REFORÇO DA LAJE 7.9
1:50



ESQUEMA DE PROTECÇÃO CONTRA INCÊNDIO:
- Em Vigas Metálicas
Esquema de Protecção Intumescente do Tipo CIN ou equivalente
- Em Pilares e Vigas de Beto Armado, 2x Placas de Silicato de Cálcio de 30mm garantindo REI 60min (cf. projecto de segurança contra incêndio).
(Nota: Aplicação cf. ficha Técnica de Fabricantes)

Este documento é propriedade da MKC - Market Consulting e, embora a sua utilização seja permitida, não garante a sua exactidão e não se responsabiliza por eventuais danos ou prejuízos decorrentes da sua utilização. Todos os dados apresentados neste documento são de carácter informativo e não devem ser utilizados sem a devida supervisão e aprovação dos responsáveis técnicos da empresa.

MKC PENSAMOS MERCADOS
MARKET CONSULTING WE THINK ABOUT MARKETS

Município de Leiria
Mercado Municipal de Leiria
Rua Mouzinho de Albuquerque

MIGUEL M. ARESTA BRANCO
58159
ANDRÉ MANUEL G. DUARTE
RENATO LOURENÇO S. JAVIER

ESTRUTURAS
ASSISTÊNCIA TÉCNICA

Planta do Piso 00 (Tecto do Piso -01)

Novembro 2020 SOL_REF_EST01