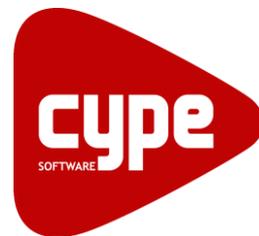


Verificação de punçoamento

Manual do utilizador



Software para
Arquitetura,
Engenharia
e Construção

IMPORTANTE: ESTE TEXTO REQUER A SUA ATENÇÃO E A SUA LEITURA

A informação contida neste documento é propriedade da CYPE Ingenieros, S.A. e nenhuma parte dela pode ser reproduzida ou transferida sob nenhum conceito, de nenhuma forma e por nenhum meio, quer seja electrónico ou mecânico, sem a prévia autorização escrita da CYPE Ingenieros, S.A.

Este documento e a informação nele contida são parte integrante da documentação que acompanha a Licença de Utilização dos programas informáticos da CYPE Ingenieros, S.A. e da qual são inseparáveis. Por conseguinte, está protegida pelas mesmas condições e deveres. Não esqueça que deverá ler, compreender e aceitar o Contrato de Licença de Utilização do *software*, do qual esta documentação é parte, antes de utilizar qualquer componente do produto. Se NÃO aceitar os termos do Contrato de Licença de Utilização, devolva imediatamente o *software* e todos os elementos que o acompanham ao local onde o adquiriu, para obter um reembolso total.

Este manual corresponde à versão do *software* denominada pela CYPE Ingenieros, S.A. como Verificação de Punçoamento. A informação contida neste documento descreve substancialmente as características e métodos de manuseamento do programa ou programas que acompanha. O *software* que este documento acompanha pode ser submetido a modificações sem prévio aviso.

Para seu interesse, a CYPE Ingenieros, S.A. dispõe de outros serviços, entre os quais se encontra o de Actualizações, que lhe permitirá adquirir as últimas versões do *software* e a documentação que o acompanha. Se tiver dúvidas relativamente a este texto ou ao Contrato de Licença de Utilização do *software*, pode dirigir-se ao seu Distribuidor Autorizado Top-Informática, Lda., na direcção:

Rua Comendador Santos da Cunha, 304
4700-026 Braga
Tel: 00 351 253 20 94 30
<http://www.topinformatica.pt>

Traduzido e adaptado pela Top-Informática, Lda para a
© CYPE Ingenieros, S.A.
Agosto de 2014

Windows® é marca registada de Microsoft Corporation®

Índice

1. Ajudas	6
1.1. Ajudas no ecrã	6
1.2. Documentação	6
1.3. Perguntas e respostas	6
2. Definição de punçoamento	7
3. Esforços de cálculo	8
4. Descrição do programa	10

Nota prévia

Devido à implementação de novas funcionalidades e melhorias no Verificação de punçoamento, é possível que pontualmente surjam imagens ou textos que não correspondam à versão atual. Em caso de dúvida consulte a Assistência Técnica em <https://www.topinformatica.pt/>.

Apresentação

O software Verificação de punçoamento permite efectuar a verificação ao punçoamento em lajes de betão armado, apoiadas sobre pilares também de betão armado ou metálicos.

Permite modelar vários pilares na mesma obra e definir condições particulares para cada um dos pilares. Permite a definição de pilares centrais, de canto, ou de face livre, com dimensões correntes ou alongados. Permite a introdução de aberturas que possam afectar o dimensionamento.

O perímetro crítico é calculado de acordo com a posição do pilar, a geometria do pilar e da laje, e eventual proximidade de aberturas.

Após o cálculo e dimensionamento, o software proporciona as peças escritas e desenhadas dos elementos estruturais.

Este manual tem como objectivo descrever o programa e o fenómeno da ocorrência do punçoamento.

1. Ajudas

1.1. Ajudas no ecrã

Os programas da CYPE dispõem de ajudas no ecrã, através das quais o utilizador pode obter diretamente informação sobre os comandos e funções.

1.2. Documentação

Pode-se consultar e imprimir a documentação do programa, na barra de ferramentas através da opção **Ajuda** .

Na página <http://www.topinformatica.pt>, em [FORMAÇÃO WEBINAR > MANUAIS DO UTILIZADOR](#), encontra-se o manual do utilizador do programa.

1.3. Perguntas e respostas

Na página <http://www.topinformatica.pt>, em [SUPORTE ÁREA TÉCNICA > FAQ](#), encontram-se esclarecimentos adicionais resultantes de consultas prestadas pela Assistência Técnica.

2. Definição de punçoamento

Diz-se que uma laje punçoa quando se produz uma ruptura na mesma, à volta do pilar no qual se apoia, de forma tronco-piramidal ou tronco-cónica, consoante o suporte seja rectangular ou circular.

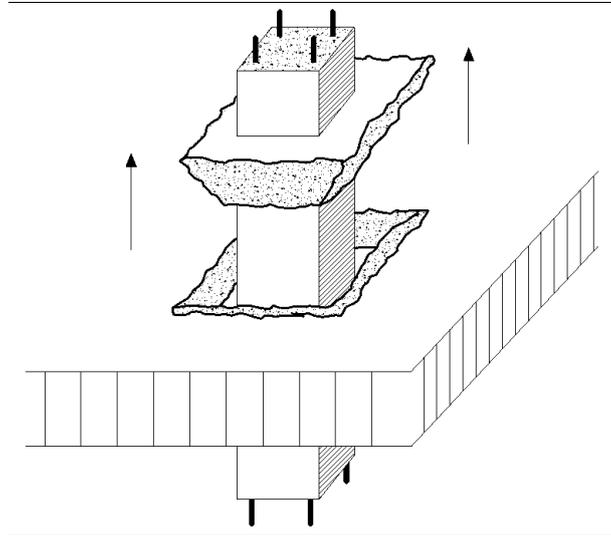


Fig. 2.1

Este fenómeno produz-se por esgotamento à tracção do betão, devido às tensões tangenciais geradas ao longo da “superfície crítica”, pelas cargas transmitidas pela laje ao pilar.

Também se pode produzir pela actuação localizada de uma carga concentrada sobre uma superfície reduzida ou por um pilar apoiado que arranque na própria laje, sendo que nestes casos a ruptura ou o ângulo de inclinação dos planos de ruptura seriam inversos.

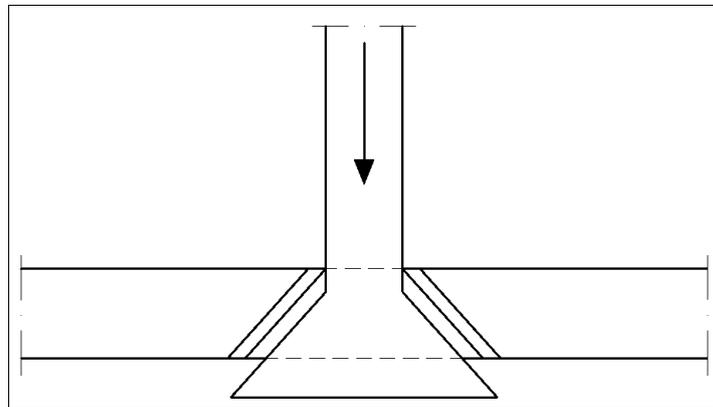


Fig. 2.2

Por conseguinte, o problema da verificação ao punçoamento centra-se, de forma simplificada, nos pontos seguintes:

- Traçado da superfície crítica de punçoamento mais desfavorável à volta do pilar, definida pelo seu perímetro crítico.
- Obtenção dos esforços por acção (sem majorar) transmitidos pela laje ao pilar ao longo da superfície de punçoamento, desprezando as cargas compreendidas entre o perímetro crítico e o pilar.
- Cálculo das tensões ao longo do perímetro crítico comparando-as com as tensões resistentes do betão e, dependendo do caso, obter o reforço transversal necessário.
- Verificação do cumprimento das disposições de armadura segundo a norma seleccionada.

3. Esforços de cálculo

No que diz respeito às lajes, e dependente do método de análise que se utilizar, obter-se-ão os esforços transmitidos pela laje ao pilar, seja esta maciça ou aligeirada com zonas maciças à volta do pilar.

É evidente que num nó de uma estrutura deve existir equilíbrio de forças e momentos. Se efectuar-se um corte entre duas plantas de um pórtico qualquer, observará os diagramas de esforços de um pórtico virtual com dois vãos de um edifício no nível j .

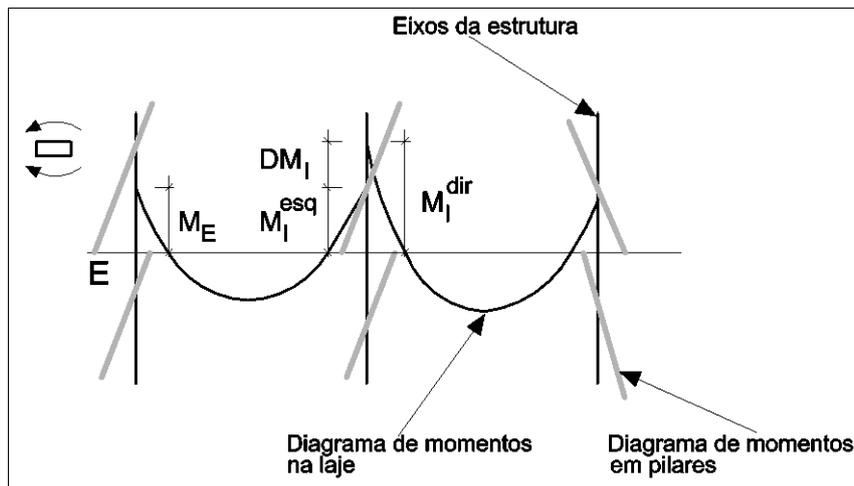


Fig. 3.1

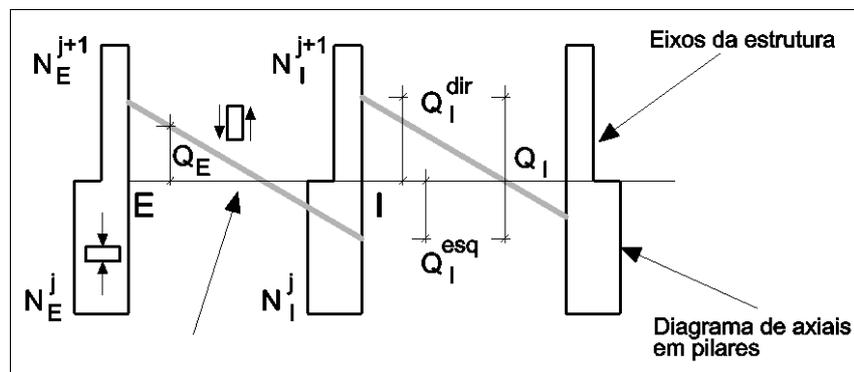


Fig. 3.2

Se analisar-se o equilíbrio de um nó extremo E e um nó interior I:

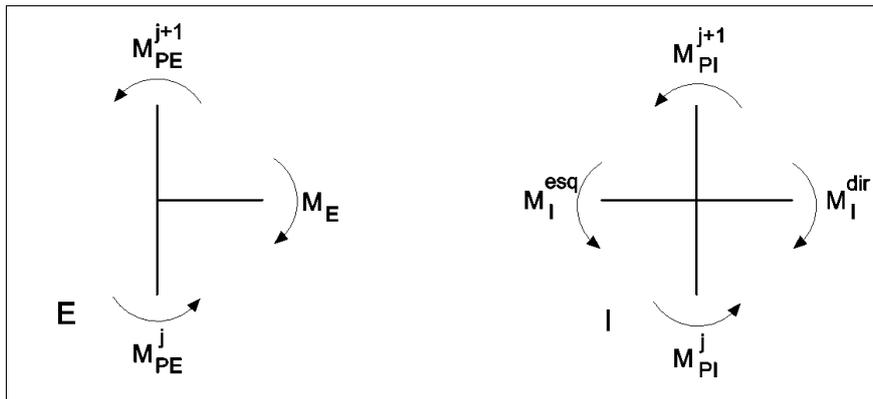


Fig. 3.3

Momento desequilibrado no nó extremo E, trabalhando com o seu sinal:

$$M_E = M_{PE}^j - M_{PE}^{j+1}$$

Momento desequilibrado no nó interior I, trabalhando com o seu sinal:

$$\Delta M_I = M_I^{dir} - M_I^{esq} = M_{PI}^j - M_{PI}^{j+1}$$

Assim, o momento desequilibrado no tramo em cada direcção (ME em apoio extremo e ΔM_i em vão interior) é o valor do momento transmitido ao pilar e é igual, pela mesma razão, à diferença, com o seu sinal, dos momentos no topo do tramo inferior e na base do tramo superior do pilar.

Uma fracção α deste momento provoca tensões tangenciais na superfície crítica (αM_E ou $\alpha \Delta M_i$).

Analogamente, se analisar-se o equilíbrio de esforços transversos e axiais, obtém-se o seguinte:

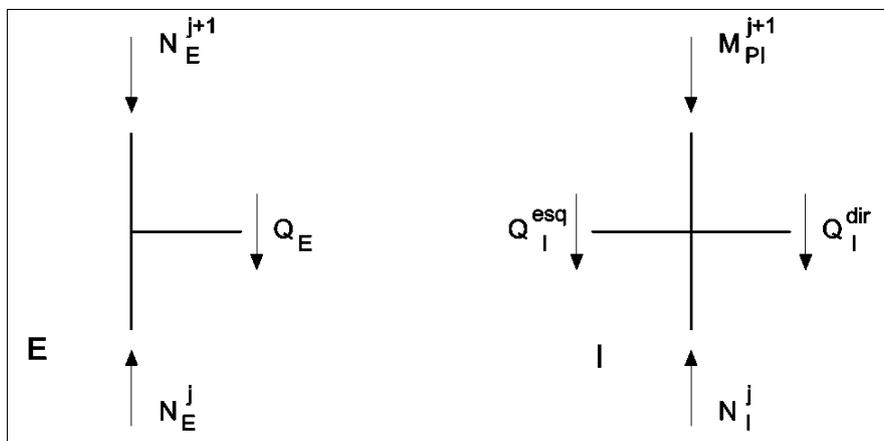


Fig. 3.4

Pode observar que a carga transmitida pela laje ou pelos tramos do pilar é igual ao valor do transverso Q_E , ou à soma dos transversos:

$$Q_I = Q_I^{esq} + Q_I^{dir}$$

Estes valores coincidem com a diferença, com o seu sinal, dos axiais entre o topo do tramo inferior e a base do tramo superior do pilar.

$$Q_E = N_E^j - N_E^{j+1}$$

$$Q_I = Q_I^{esq} + Q_I^{dir} = N_I^j - N_I^{j+1}$$

Assim, conhecidos os esforços nos pilares de um pórtico plano ou espacial (em duas direcções), podem-se obter de forma rápida e simples os valores dos esforços transmitidos pela laje ao pilar e que são determinantes para a análise de tensões tangenciais na verificação ao punçoamento.

Como já se comentou anteriormente, se existirem cargas próximas do pilar, dentro do perímetro crítico, estará a sobrestimar essas mesmas cargas que, em teoria, não teria de considerar. Na prática habitual, esse erro será muito pequeno e, geralmente estará sempre do lado da segurança.

4. Descrição do programa

Trata-se de um programa que verifica o punçoamento em laje maciça, ou aligeirada com zonas maciças, apoiadas em pilares rectangulares ou circulares, que podem ser interiores, de face livre ou de canto.

Tem-se que seleccionar os **materiais**, dados para as **combinações** e as **acções de carga**, e categoria de utilização.

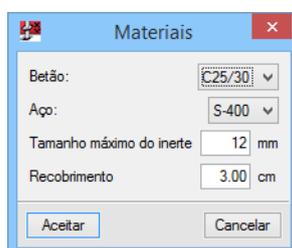


Fig. 4.1

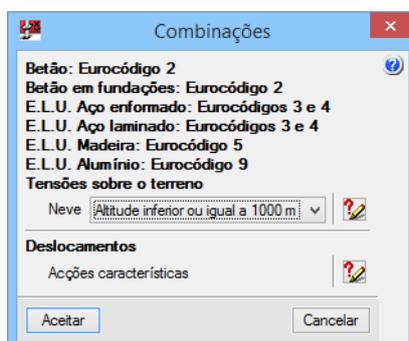


Fig. 4.2

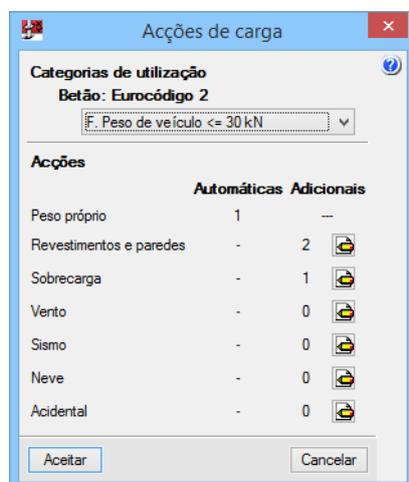


Fig. 4.3

Os dados que são necessários para a definição dos pilares são o **tipo** (rectangular ou circular), as suas **dimensões** e **disposição**, podendo ser interior, de face livre ou de canto. No caso de pilares de face livre ou de canto, pode-se indicar uma **reentrância** ou distância ao bordo da laje.

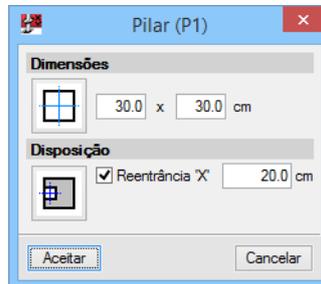


Fig. 4.4

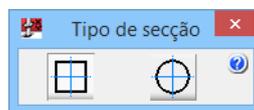


Fig. 4.5



Fig. 4.6

Os dados que são necessários para a definição da laje são a **espessura**, a **tensão axial média** de compressão no perímetro crítico, que pode vir de um pré-esforço por exemplo, obtida como valor médio das duas direcções ortogonais. Também permite introduzir **aberturas** rectangulares ou circulares, indicando as suas dimensões e coordenadas do eixo da abertura relativamente ao eixo do pilar.

Por outro lado, é necessário indicar a **armadura traccionada** da laje na direcção X e Y. Esta pode ser introduzida por **disposição de varões**, indicando a **armadura base** e os distintos **reforços** com a sua posição relativamente ao eixo do pilar, ou directamente introduzindo a **área total** de armadura em cada direcção, segundo a norma seleccionada. Devem-se apenas introduzir as armaduras de reforço traccionadas que estão devidamente amarradas e que não estão interrompidas por aberturas.

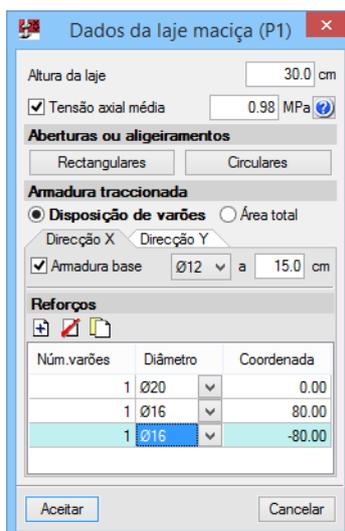


Fig. 4.7

É necessário indicar os **esforços transmitidos pela laje ao pilar por acção**, seguindo o critério de eixos e sinal que aparecem na janela da entrada de dados. Desta forma, é mais rápido e simples do que obter os esforços em volta do perímetro crítico da laje. O programa gera de forma automática as combinações de esforços segundo a norma seleccionada.



Fig. 4.8

Podem-se verificar **lajes com ou sem armadura transversal de punção**. No caso de possuir armadura, a tipologia de armadura pode ser executada com **armaduras inclinadas a 45°** ou com **vigas estribadas de bordo ou cruzadas**.

A tipologia com armaduras inclinadas a 45° podem ser amarradas no pilar ou contínuas. É necessário especificar a distância entre o pilar e o primeiro reforço, a separação entre varões ou perímetros, o número de varões ou perímetros de armadura, o número de reforços na direcção perimetral e a largura do reforço, na direcção X e Y.

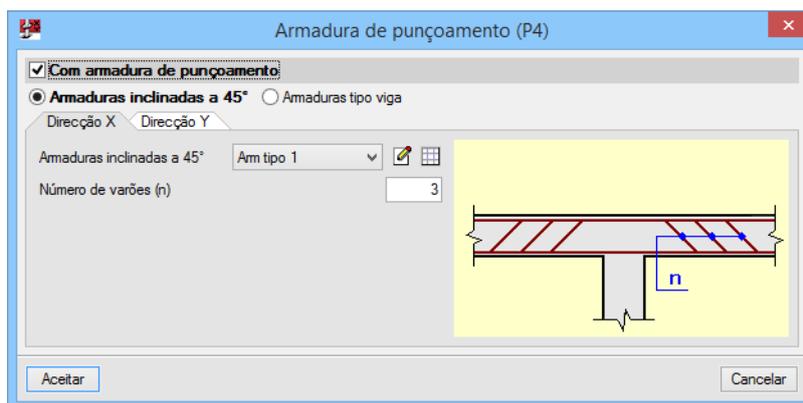


Fig. 4.9

A tipologia com vigas de bordo ou vigas cruzadas é necessário especificar a largura da viga, comprimento desde o pilar e o número de vigas, por outro lado é preciso indicar o número de varões longitudinais e desenhar a armadura transversal, em termos de estribo e ramos, bem como o seu espaçamento.

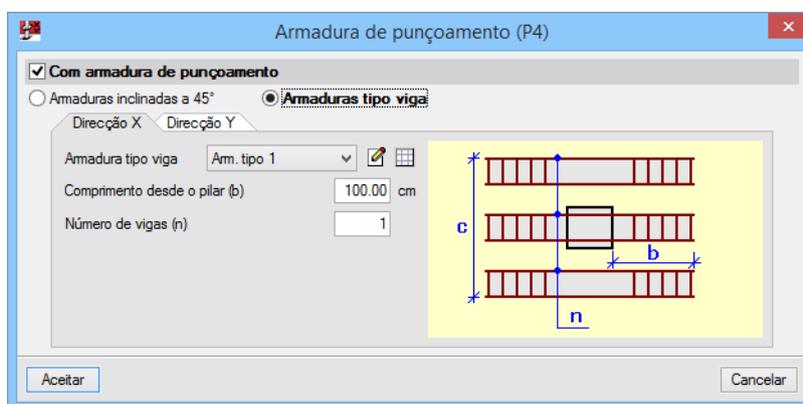


Fig. 4.10

Para ambas as tipologias, também se pode indicar se deseja que um bordo perpendicular ao eixo X e ou Y tenha armadura ao longo do bordo da laje em pilares de face livre ou de canto.

Estas tipologias podem ser geridas em **bibliotecas**, para além disso, podem-se alterar diâmetros das armaduras de reforço e montagem, e **rodar a armadura de reforço em 90º** para adaptá-la a outros tipos de pilares.

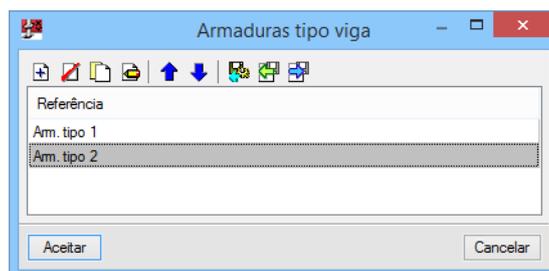


Fig. 4.11

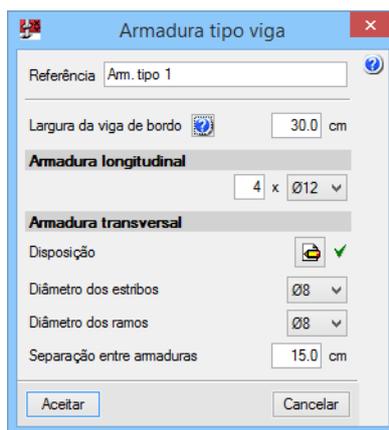


Fig. 4.12

Quando se verifica um pilar, mostra-se em planta e em listagem o **perímetro crítico de verificação** (cor vermelha) e o **perímetro adjacente do pilar** (cor azul), e no caso de ser necessária armadura de reforço ao punçoamento, também se mostra o **perímetro exterior da armadura** (cor magenta). Estes perímetros incluem o seu centro de gravidade, com a sua cor correspondente.

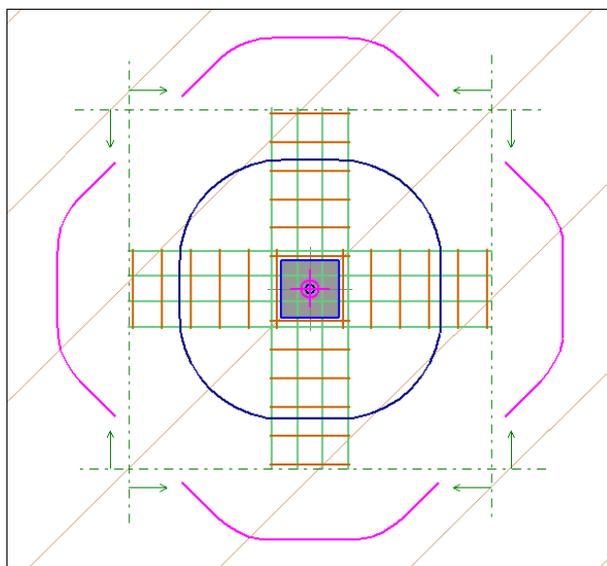


Fig. 4.13

As listagens de verificação verificam todas as especificações geométricas, resistentes e de disposições de armadura, segundo a norma seleccionada.

Verificação

Vista preliminar Configuração Imprimir Procurar Partilhar Exportar Encerrar

DESCRIÇÃO

Cálculo dos perímetros de punçamento

Perímetro do pilar (P1)	
u_0 :	1200 mm
Perímetro de controlo	
u_1 :	4514 mm
X_G :	0 mm
Y_G :	0 mm
W_{1x} :	20606.2 cm ²
W_{1y} :	20606.2 cm ²
Perímetro da armadura de reforço	
$u_{out,ef}$:	6198 mm
X_G :	0 mm
Y_G :	0 mm
$W_{out,ef,x}$:	49241.7 cm ²
$W_{out,ef,y}$:	49241.7 cm ²

VERIFICAÇÕES

1.- Zona adjacente ao pilar ou carga (Combinações fundamentais)

Os esforços actuantes de cálculo desfavoráveis produzem-se para a combinação de acções 1.35·PP+1.35·RP1+1.5·SOBRE.1.
Deve satisfazer:

$$v_{Ed} \leq v_{Rd,max}$$

Em que:

v_{Ed} : Valor de cálculo da tensão tangencial ao longo da secção crítica considerada. **v_{Ed} : 1.86 MPa**

$v_{Rd,max}$: Valor de cálculo da resistência a punção máxima ao longo da secção crítica considerada. **$v_{Rd,max}$: 4.50 MPa**

O valor de cálculo da tensão tangencial ao longo da secção crítica considerada obtém-se da seguinte expressão (NP EN 1992-1-1:2010/NA:2010, 6.4.5):

Fig. 4.14

Os desenhos mostram o detalhe do tipo de armadura de reforço seleccionada, a sua pormenorização e medição.

Elemento	Pos.	Diâm.	Q.	Esquema (cm)	Comp. (cm)	Total (cm)	S-400 (kg)
P1	1	Ø10	16	190	190	3040	18.7
	2	Ø8	24		146	3504	13.8
	3	Ø8	24		90	2160	8.5
						Total:	41.0
						Ø8:	22.3
						Ø10:	18.7
						Total:	41.0

Obra: Pequeno exemplo
Norma de betão: Eurocódigo 2
Betão: C25/30
Aço: S-400
Recobrimento: 3.00 cm
Tamanho máximo do inerte: 12.0 mm
Escala: 1: 50

Resumo Aço	Comp. total (m)	Peso (kg)	Total
S-400 Ø8	56.6	22	41
Ø10	30.4	19	

Fig. 4.15