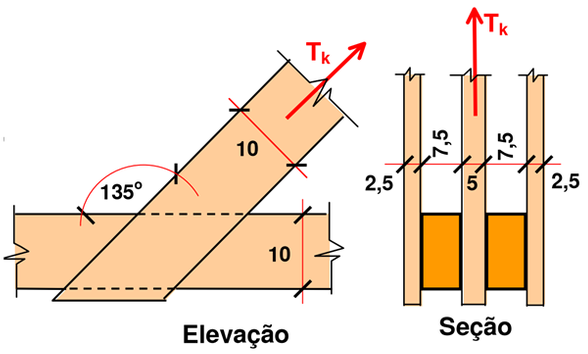
B2T5NA1116A

Projetar a ligação entre as peças de madeira indicadas nas figuras, considerando a solicitação de tração esquematizada, usando pregos 23x66 como meio ligante.



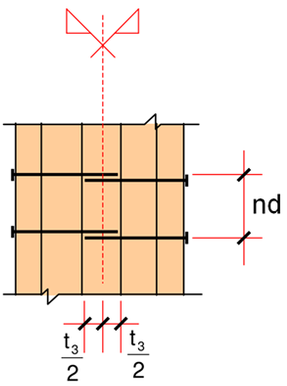
Considerar que os pregos serão cravados de topo (alinhados nas faces opostas porém desencontrados) conforme figura relativa ao detalhe da cravação.

Dados:
- ELU Combinação Normal;
- Madeira Dicotiledônea C-40;
- Ambiente Classe 1 de umidade, peças de 2ª categoria e carregamentos de longa duração;
- Dimensões em "cm";
- Esforços atuantes:

$T_{Gk} := 15\ kN$ (permanente)

$T_{Qk} := 20\ kN$ (variável)

DETALHE DA CRAVAÇÃO



Q01) Qual o valor do esforço resistente (RVd1) por plano de corte relativo as peças horizontais? [em kN]
Q02) Qual o valor do esforço resistente (RVd1) por plano de corte relativo as peças inclinadas? [em kN]
Q03) Qual a quantidade total de pregos necessária para a ligação (contando todos os pregos cravados em ambas as faces)? [número inteiro e adimensional]

Propriedades da Madeira:

* Buscar nas tabelas da norma as propriedades do Pinho do Paraná.

$fc0k := 40\ MPa$

$kmod1 := 0,7$ Carregamentos de longa duração
$kmod2 := 1,0$ Classe 1 de umidade
$kmod3 := 0,8$ Dicotiledônea de 2ª categoria

$kmod := kmod1 \cdot kmod2 \cdot kmod3 = 0,56$

$fc0d := kmod \cdot \frac{fc0k}{1,4} = 1,6\ \frac{kN}{cm^2}$

Combinações de Ações (ELU):

$\gamma g := 1,4 \qquad \gamma q := 1,4$

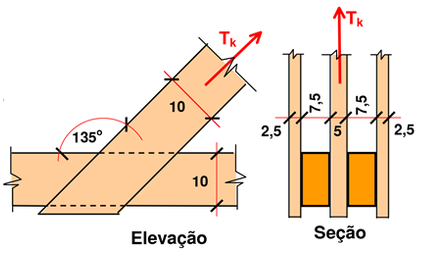
$Tsd := \gamma g \cdot T_{Gk} + \gamma q \cdot T_{Qk} = 49\ kN$

Determinação das Resistências de Embutimento:

Espessura das peças inclinadas externas: $t1 := 2,5\ cm$

Espessura das peças inclinadas interna: $t3 := 5\ cm$

Espessura das peças horizontais: $t2 := 7,5\ cm$



Espessura convencional das peças inclinadas externas:

$tc_externas := t1 = 2,5\ cm$

Espessura convencional da peça inclinada interna:

$tc_interna := \frac{t3}{2} = 2,5\ cm$

Espessura convencional das peças horizontais:

$tc_horizontais := \frac{t2}{2} = 3,75\ cm$

$d := 5,9\ mm$ $L := 152\ mm$

OBS: 4d = 2,36 cm < t = 2,5 cm ---> em tese o diâmetro do prego está respeita o limite de norma dado que a ligação é rotulada.

Verificação do comprimento cravado mínimo nencessário:

$Lnec1 := t1 + t2 + 12 \cdot d = 170,8\ mm$

$Lnec2 := t1 + t2 + t3 = 150\ mm$

* Para que a instalação do prego seja efetiva na última peça deve ocorrer uma penetração maior ou igual à 12d ou a mesma deve ser atravessada. Com 152mm de comprimento o prego escolhido atravessa a peça do meio o que garante a efetividade da ligação.

Resistência ao embutimento das peças externas (ângulo das fibras em relação a solicitação é 0°):

$$f_{e0d} = f_{c0d}$$

$fe0d := fc0d$

$fed_externas := fe0d = 1,6\ \frac{kN}{cm^2}$

Resistência ao embutimento das peças horizontais (ângulo das fibras em relação a solicitação é 45°):

$$f_{e90d} = 0,25 \cdot f_{c0d} \cdot \alpha_E$$

$fe45d$ ---> Fórmular Hankinson

$$f_{c\alpha} = \frac{f_{c0} \cdot f_{c90}}{f_{c0} \cdot sen^2\alpha + f_{c90} \cdot cos^2\alpha}$$

Tabela para determinação do αE:

d(cm)	≤0,62	0,95	1,25	1,6	1,9	2,2	2,5	3,1	3,8	4,4	5,0	≥7,5
α_E	2,5	1,95	1,68	1,52	1,41	1,33	1,27	1,19	1,14	1,1	1,07	1,0

Da tabela acima: $\alpha_E := 2,5$

$fe90d := 0,25 \cdot fc0d \cdot \alpha_E = 1,0000\ \frac{kN}{cm^2}$

Por Hankinson: $fe45d := \frac{fe0d \cdot fe90d}{fe0d \cdot \sin(45\ °)^2 + fe90d \cdot \cos(45\ °)^2} = 1,2308\ \frac{kN}{cm^2}$

$fed_horizontais := fe45d = 1,2308\ \frac{kN}{cm^2}$

Determinação da Resistência por Prego Instalado:

Esforço Resistente por Plano de Corte das Peças Externas "RVd1_externas":

$$\beta = \frac{t}{d} \qquad \beta_{lim} = 1,25\sqrt{\frac{f_{yd}}{f_{ed}}} \qquad f_{yd} = \frac{f_{yk}}{1,1}$$

$fyd := \frac{600\ MPa}{1,1} = 54,5455\ \frac{kN}{cm^2}$

$\beta_externas := \frac{tc_externas}{d} = 4,2373$ $\qquad \beta lim_externas := 1,25 \cdot \sqrt{\frac{fyd}{fed_externas}} = 7,2984$

Como β_externas < βlim_externas ---> Modo de Falha: EMBUTIMENTO DA MADEIRA

$$R_{Vd1} = 0,40.\frac{t^2}{\beta}.f_{ed}$$

$RVd1_externas := 0,40 \cdot \frac{tc_externas^{\,2}}{\beta_externas} \cdot fed_externas = 0,944\ kN$

$Q02 := RVd1_externas = 0,944\ kN$

Esforço Resistente por Plano de Corte das Peças Horizontais "RVd1_horizontal:

$$\beta = \frac{t}{d} \qquad \beta_{lim} = 1,25\sqrt{\frac{f_{yd}}{f_{ed}}} \qquad f_{yd} = \frac{f_{yk}}{1,1}$$

$\beta_horizontais := \frac{tc_horizontais}{d} = 6,3559$ $\qquad \beta lim_horizontais := 1,25 \cdot \sqrt{\frac{fyd}{fed_horizontais}} = 8,3215$

Como β_horizontais < βlim_horizontais ---> Modo de Falha: EMBUTIMENTO DA MADEIRA

$$R_{Vd1} = 0,40.\frac{t^2}{\beta}.f_{ed}$$

$RVd1_horizontais := 0,40 \cdot \frac{tc_horizontais^{\,2}}{\beta_horizontais} \cdot fed_horizontais = 1,0892\ kN$

$Q01 := RVd1_horizontais = 1,0892\ kN$

Esforço Resistente por Plano de Corte da Ligação (Valor Final):

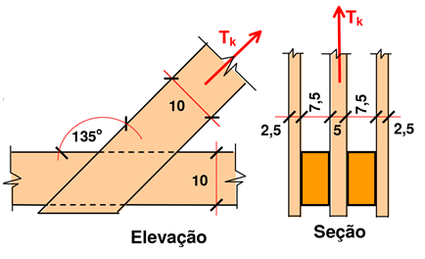
$RVd1 := \min([\ RVd1_externas\ \ RVd1_horizontais\ ]) = 0,944\ kN$

Esforço Resistente por Prego Cravado:

Os pregos (conforme detalhe de cravação) atravessam 3 peças cada um gerando portanto 2 planos de corte por prego.

$n_planos := 2$

$RVd_pregos := n_planos \cdot RVd1 = 1,888\ kN$



Cálculo da Quantidade de Pregos Necessários:

$N_pregos := \frac{Tsd}{RVd_pregos} = 25,9534$

Como não é possível instalar "frações de pregos" na ligação adota-se o próximo número inteiro superior ao calculado.

$Q03 := \lceil N_pregos \rceil = 26$

Respostas:

$Q01 = 1,0892\ kN$

$Q02 = 0,944\ kN$

$Q03 = 26$