

ProUni

O ProUni é um software desenvolvido pelos Engs. Augusto Carlos Vasconcelos e Alio Kimura destinado à verificação de peças pré-moldadas protendidas, isto é, elementos pré-fabricados em pistas sob o sistema de pré-tração com aderência inicial.

Alguns exemplos de peças que podem ser verificadas no ProUni são: lajes alveolares, terças de coberturas, vigotas de lajes pré-moldadas, calhas etc.

O ProUni calcula esforços, flechas e tensões para diversas etapas construtivas, que podem ser definidas arbitrariamente pelo usuário. Admite seção composta (pré-moldada + moldada no local) com diferentes resistências e considera perdas progressivas de forma automática (retração, fluência e relaxação).

O uso do ProUni requer experiência no cálculo de peças pré-moldadas protendidas uma vez que nenhum tipo de dimensionamento ou verificação é realizada de forma automática. Porém, ele possui uma interface bastante amigável, o que permite a definição de dados e a avaliação de resultados de forma bastante eficiente.

O ProUni é um software comercializado desde 2000. Em sua versão mais recente (3.0), foram introduzidas diversas melhorias (template para criação de arquivos novos, ajuste automático de carga referente ao peso-próprio, definição de coeficiente para melhor análise em ELS etc.).

Exemplo de Aplicação

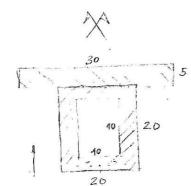
Junto com a instalação do ProUni, é copiado um arquivo que serve como exemplo de aplicação do software. Esse arquivo se chama EXUNI.UNI. Ao carregá-lo no ProUni, basta executar o processamento para visualizar os resultados.

Esse exemplo consiste num elemento pré-moldado hipotético com seção transversal vazada e capa moldada no local. A resolução manual desse exemplo se encontra a seguir:



- a) Definição dos dados do problema
- b) la laulo dos dados geometricos
- c) labado dos cabos resultantes
- d) váler (o vola vegao ideal.
- e) saludo dos esforços solicitantes
- f) dalculo was terroses
- g) déseuls des deslocamentes
- h) Verificação do ELU ia flexão

Teste de Nalidação 01



L=7m

$$\begin{cases}
f_{CK_{PRE}} = 30 \text{ MFa} \\
f_{CK_{PRE}} = 20 \text{ MFa}
\end{cases}
\begin{cases}
\delta_{C} = 34 \\
f_{CS_{PRE}} = 25 \text{ MFa}
\end{cases}$$

ca50 ; $S_s = 1,15$

Es = 210.000 MPa Ep = 200.000 MPa

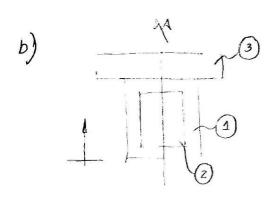
As = 38 1/2"; ys = 2,0cm Apa = 4,05mm; ypa = 2,5cm

Apz = 205mm ; ypz = 17,5 cm

Opi = 1400 MPa / rabo result ante q = 2,00 kN/m

Ø= 2,0

- I) Protensão
- II) PP. LOC (1 escoramente à 4/2)
- IV) Perdos progressivas
- I) Solucarga variant



$$A_1 = 400 \text{ cm}^2$$

 $A_2 = 400 \text{ cm}^2$
 $A_3 = 450 \text{ cm}^2$

$$I_1 = 13.333,33$$
 on_1^4
 $I_2 = 833,33 on_1^4$
 $I_3 = 312,5 on_1^4$

$$\frac{\text{Peqa} \ \text{Pre'}}{\text{YCG}_{1} = \frac{400 \times 10 - 100 \times 10}{400 - 100} = \frac{3000}{300} = 10 \text{ om} = \frac{3000}{300} = 10 \text{ om}$$

$$\begin{bmatrix}
A_{RE} & 300 \text{ cm}^2 \\
I = 13.33,33 - 833,33 = 12.500 \text{ cm}^4 \Rightarrow |I_{PRE} = 12.500|$$

(c) Labo Resultante 1
$$\begin{cases} Ap_1 = 0,785 \text{ cm}^2 \\ yp_1 = 2,5 \text{ cm} \end{cases}$$

$$\begin{cases} Vp_i = 1400 \text{ MPa} = 0 \text{ Fpi}_1 = 0,11 \text{ MN} \\ 100 \text{ kN} \end{cases}$$

Vabo Resultante 2
$$\begin{cases}
Ap2 = 0,393 \text{ cm}^2 \\
ypz = 17,5 \text{ cm} \\
Fpiz = 0,055 \text{ MN} \\
55 \text{ kN}
\end{cases}$$

$$\alpha_{PPRE} = \frac{Ep}{Ecpre} = 7,67$$

$$\alpha_{Pj} = \frac{Ep}{Ecj} = 8,40$$

$$\alpha_{PLOC} = \frac{Ep}{Ecloc} = 9,40$$

$$\alpha_{PLOC} = \frac{Ep}{Ecloc} = 9,40$$

$$\alpha s j = 8,82.$$

$$\alpha s_{LOC} = 9,86.$$

Sição homogenezada 1 | PRE (fcj) + Ap + As

YCG = (10 × 300 + 0,785 × 2,5 × 7,4 + 0,393 × 17,5 × 7,4 + 3,68 × 2 × 7,82)/(300 + 0,785 x 7,4 + 0,393 x 7,4 + 3,68 x 7,82) YCG = 9,25 cm

 $I = 12.500 + (10 - 9,25)^{2} \times 300 + (9,28 - 2,5)^{2} \times 0,785 \times (8,4 - 1)$ $+(9,25-17,5)^2$, 0,393, (8,4-1) $+(9,25-2)^2$, 3,68, (8,82-1)

TQS Informática - Rua dos Pinheiros 706 / casa 2 - 05422-001 - São Paulo/SP - Tel.:(011) 3883-2722 - Fax.:(011) 3883-2798

Page: 4 of 15

Secaro homogeneizada 2

YCG = (10.300 + 0,785 x 2,5 x 6.67 + 0,393 x 17,5 x 6,67 + 3,68 x 2 x 7,05) (300 + 0,785 × 6,67 + 0,393 × 6,67 + 3,68 × 7,05)

YCG = 9,32 m

A= 333, 82 cm2

 $I = 12.500 + (10 - 9.32)^2 \times 300 + (2.5 - 9.32)^2 \times 0.785 \times 6.67$ $+(17,5-9.32)^2 \times 0.393 \times 6.67 + (2-9.32)^2 \times 3.68 \times 7.05 =$

I = 14 448,81cm4

Jeção homogeneizada 3

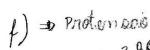
YCG = 0 --

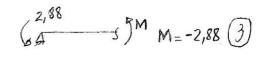
YC6 = 9,32 × 333,82 + 22,5 × 24,5 × 5 = 12,86 cm 333 82 + (24,5 x5) YCG = 12,86 cm

A = 456, 3. cm2

 $I = 14.448,81 + (12,86 - 9,32)^{2} \times 333,82 + (22,5 - 12,86)^{2} \times 24,5*3$

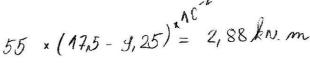
I = 30.270,94cm+

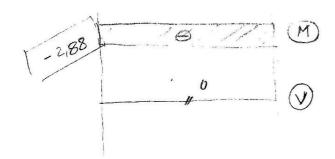




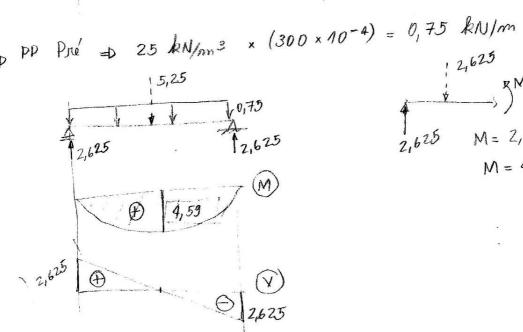
Protendos

$$M = 2,88$$
 $M = 2,88$
 $M = 2$

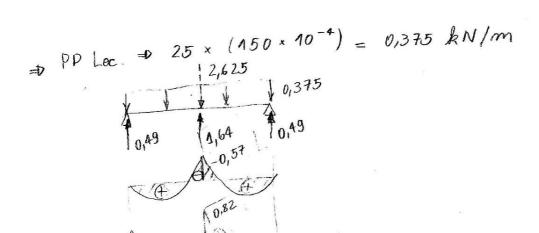


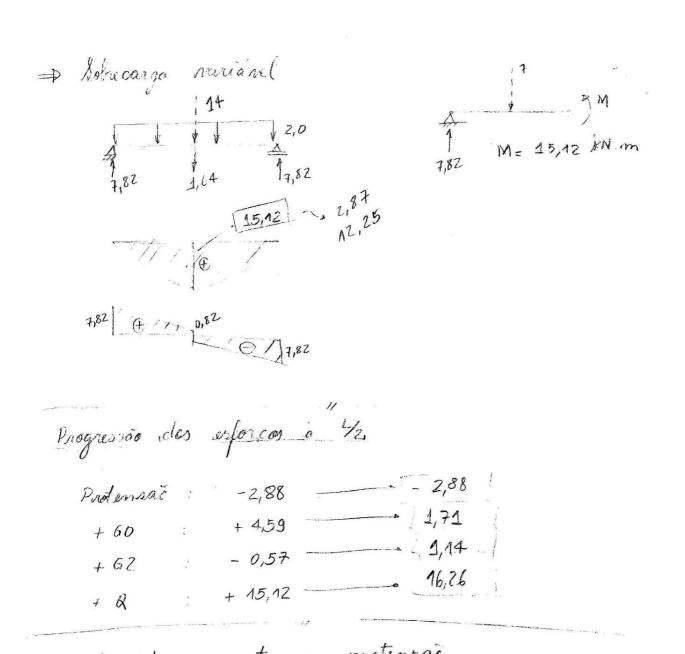


$$PP Pre = 0.75 kN/m^3 \times (300 \times 10^{-4}) = 0.75 kN/m$$



$$2,625$$
 $M = 2,625 - 2,625 \times 1,7$
 $M = 4,59 \text{ kN. m}$





$$f) = Devide convente a pretensale$$

$$f = 14.644,87 \text{ cm}^4$$

$$5.5,02 \text{ kN} \qquad f = 14.644,87 \text{ cm}^4$$

$$5 = 337,51 \text{ cm}^2$$

$$4.109,9 \text{ kN}$$

$$1.0925$$

$$1.0925$$

$$1.0933751 \qquad 1.099 \times 0.0675 - 0.05502 + 0.05502 \times 0.0825 \times 0.0925$$

$$1.0933751 \qquad 1.099 \times 0.0675 \times 0.033751 \qquad 1.099 \times 0.0925$$

$$1.0925$$

$$1.0925$$

$$1.0925$$

$$1.0925$$

$$1.0925$$

$$1.0925$$

$$1.0925$$

$$1.0925$$

$$1.0925$$

$$1.0925$$

$$1.0933751 \qquad 1.099$$

- Loncretagem local

$$I = 14.448,81 \text{ cm}^4$$

$$T_{PREI} = \frac{-0.57 \times 10^{-3}}{14.448,81 \times 10^{-6}} \times 0.0932 \Rightarrow T_{PREI} = -0.37 MPa$$

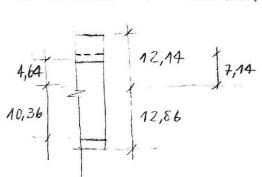
$$O_{PRES} = -\frac{0.57 \times 10^{-3}}{14.448.81 \times 10^{-8}} - 0.1668 \Rightarrow O_{PRES} = 0.42 MPa$$

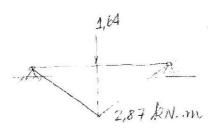
$$T_{CABA} = -\frac{0.57 \times 10^{-3}}{1448.81 \times 10^{-8}} \times 0.0682 \times 7.67 = 0$$

$$T_{CABA} = -2.06 MPa$$

$$\nabla_{CABS} = \frac{-0.57 \times 10^{-3}}{14.448,81 \times 10^{-8}} \times -0.0818 \times 7.67 = 0$$
 $\sqrt{CABS} = 2.48 MPa$

Retirada do saconamiento





$$\nabla_{PRE} i = 2.87 \times 10^{-3} \quad C.1286 = 1.22 \, \text{MPa}$$

$$3C 270.94 \times 10^{-8}$$

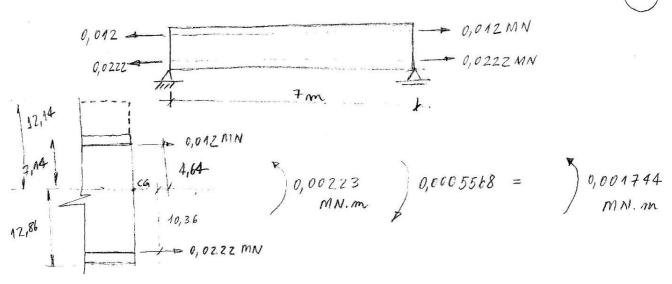
$$\nabla_{PRE} s = -2.87 \times 10^{-3} \times 0.0714 = -0.68 \, \text{MPa}$$

$$\nabla_{PRE} s = -0.68 \, \text{MPa}$$

$$VPRES = \frac{-2,87 \times 10^{-3}}{30.310.01 \times 10^{-8}} \times 0,0714 = -0,68 MPa$$

$$J_{CRE} = \frac{+2.8^{3} \times 10^{-3}}{30.770,94 \times 10^{-8}} \times 0.7036 \times 7.67 = 7.53 \quad | U_{CABI} = 7.53 MPa$$

$$V_{CHBS} = \frac{2.87 \cdot 10^{-8}}{30.770,94 \times 10^{-8}} \times -0.0414 \times 7.67 = -3.37 | V_{CHBS} = -3.37 MPa$$



$$V_{PRE}_{i} = \frac{0.0222}{456.3 \times 10^{-4}} + \frac{0.042}{456.3 \times 10^{-4}} + \frac{0.001744}{30.270.94 \times 10^{-8}} \times 0.1286 = 1.49 MPa$$

$$\overline{V_{PRE}}_{3} = \frac{0.0222 + 0.012}{456.3 \times 10^{-4}} + \frac{0.001744}{30.270,94 \times 10^{-8}} \times (-0.0714) = 0.34MPa$$

$$\nabla_{LOC} i = \begin{cases}
0,022.2 + 0,092 \\
456,3 \times 10^{-4}
\end{cases} + \begin{cases}
0,001744 \\
30.270,94 \times 10^{-8}
\end{cases} \times (-0,0714) = \begin{bmatrix}
0,28MR \\
26071,6
\end{cases}$$

$$OLOCS = \begin{cases} 0.0222 \times 0.042 \\ 456.3 \times 10^{-4} \end{cases} + \frac{0.001744}{30.270.94 \times 10^{-8}} \times (-0.1214) \times \frac{21287.4}{26071.6} = 0.04 \text{ m/b}.$$

$$\mathcal{O}_{CAB_{i}} = -282.8 + \left| \frac{c_{i}c_{2}\lambda_{2} + c_{i}o_{1}z_{1}}{456,3 \times 10^{-4}} + \frac{c_{i}c_{0}c_{1}744}{30.270,94 \times 40^{-8}} \times (0,1036) \right| \cdot 200000 = \left| -272,5000 \right|$$

$$\nabla_{CABS} = -303,96 + \left\langle \frac{0.0222 + 0.007}{456,3} + \frac{0.001744}{30.270,2408} \times (-0.0464) \right\rangle \frac{300.000}{360746} = \left[-300,270\right] = 0.000$$

$$\nabla_{PRES} = \frac{c_{1}o_{1}25}{30.270,94 \times 10^{-8}} \times c_{1}1286 = 5,20 \text{ MPa}$$

$$\nabla_{PRES} = 4c_{1}47 \times -0.0714 = -2.9 \text{ MPa}$$

$$V_{LOCI} = 40,47 \times -0,0714 \times \frac{E_{CLOC}}{E_{CPRE}} = -2,4 MPa$$

$$V_{iocs} = 40,47 \times -0,1214 \times \frac{E_{coc}}{E_{coe}} = 1 - 4,0009a$$

$$V_{cagi} = 40,47 \times 0,1036 \times \frac{Ep}{E_{coe}} = 32,2009a$$

$$V_{CABi} = 40,47 \times 0,1036 \times \frac{Ep}{E_{CARE}} = 32,2 MPa$$

$$V_{CABS} = 40,47 \times -0,0464 \times \frac{E_{f}}{E_{CRRE}} = -14,4 \text{ NiPa}$$

Territo (4/2) yournuladas

	PREI	PRES	Loci	LCCs	CABA	CAUS
Proterioes	Fid. 187	2,77 ,2,8	0 0	0 0	134789 13478	137262 13726
G 0	2,89 3,8	339 bil	0 0	0 0	1718 136516	21,72 1350,8
62.	1037 112	A CONTRACTOR OF THE PROPERTY O	0 0	0 0	2,06 13635	2,48 . 1253,3
katin. Esc.	1,22 ,30	10/08 10/dx	.055 Joh	2	153 13210	3,37 1350,0
Pendo)	1,49 -16 P	0,34 /612		0,04 20,0	2225 1098,6	-300,3 1049,7
Q	5,20 3,	29 89		4,0 49		

$$\nabla_{PRES} = \frac{0,0125}{30.270,94 \times 10^{-8}} \times 6,1256 = 5,20 \text{ MPa}$$

$$\nabla_{PRES} = 40,47 \times -0,0714 = -2,9 \text{ MPa}$$

$$V_{LOCI} = 40,47 \times -0,0714 \times \frac{E_{CLOC}}{E_{CPRE}} = -2,4 MPa$$

$$V_{CABi} = 40,47 \times -0,1214 \times \frac{E_{CDE}}{E_{CDE}} = 1 - 4,000$$

$$V_{CABi} = 40,47 \times 0,1036 \times \frac{Ep}{E_{CDE}} = 32,200$$

$$V_{CABS} = 40,47 \times -0,0464 \times \frac{E_{f}}{E_{CRRE}} = -14,4 \text{ NiPa}$$

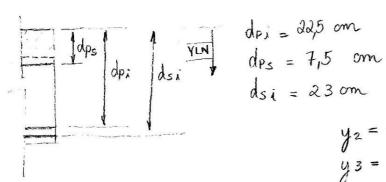
Territo (4/2) yournuladas

	PREI	PRES	Loci	LCCs	CABA	CAUS
Proterioes	Fid 187	2,77 ,2,8	0 0	0 0	134784 13478	137262 13726
G 0	2,89 3,8	337 Jul	0 0	0 0	1718 136516	21,72 1350,8
62.	1037 12	A CONTRACTOR OF THE PROPERTY O	0 0	0 0	2,06 13635	2,48 . 12,53,3
katin. Esc.	1,22 3,0	10/08 10/dx	,c,5 ⁵ _0,b	,0,94 ,09	153 13710	
Pendo)	فرد ومد	0,34 /612	0,28 ,03	0,04 -0,9	2225 1098,6	
R	5,20 3,3	29 89	24 26	A0 149		

- ELU (rg = 1,3; rg = 1,4) mão acumula o isostotico $M_{pol} = -4.88 \times 4.59 \times 1.3 - 0.57 \times 1.3 + 2.87 \times 1.3 + 12.25 \times 1.4$ (L/Z) (X=3.5m) | $M_{pol} = 26.11$ kN.m | [MRU]

$$\nabla p_{i,\infty} = 1400 - .272,5 = 1127,5 \text{ mPa}$$
 $\nabla p_{i,\infty} = 1400 - 300,27 = 1099,73 \text{ mPa}$

$$\mathcal{E}_{\text{psi}} = \frac{4127,5}{200.000} = \frac{0,005638}{5,64\%} = \frac{5,64\%}{600}$$
 $\mathcal{E}_{\text{psi}} = \frac{1099,73}{200.000} = \frac{0,005499}{600} = \frac{5,50\%}{600}$



$$dp_i = 22,5 \text{ om}$$

$$dp_s = 7,5 \text{ om}$$

$$ds_i = 23 \text{ om}$$

$$u_2 = 5$$

$$y_2 = 5,96 \text{ cm}$$
 $y_2 \langle y_1 \rangle \langle y_3 \rangle$
 $y_3 = 14,45 \text{ cm}$ Dominio

YLNEQUILIERIO = 11,23 cm

$$E = 0.0035 \times (01-11.23)$$

$$11,23$$

$$11,23$$

$$-+ Epi = 5,64\% = 9,15\% = 4,34\% = 4,34\% = 5,5\% = 5,5\% = 4,34\% = 5,5\% = 5,5\% = 4,34\% = 5,5\% = 5,5\% = 4,34\% = 5,5\% = 5,5\% = 4,34\% = 5,5\% = 5,5\% = 5,5\% = 4,34\% = 5,5\%$$

$$-+ Epii = 5,64\% = 9,15\%$$
 $-+ Epsi = 5,5\% = 4,34\%$

Deformaçõe mos colon