



CLIENTE

FUNDAÇÃO FLORESTAL

OBRA

**ELABORAÇÃO DE PROJETO EXECUTIVO DE RESTAURO – PESM – NÚCLEO ITUTINGA
PILÕES – CAMINHOS DO MAR**

LOCAL

Rodovia SP-148, Estrada Caminho do Mar, Km 51, Cubatão - SP

ASSUNTO

MEMORIAL DE PROJETO – EXECUTIVO DE ESTRUTURA – RUÍNA

REVISÃO	PROJETISTA	DATA	ETAPA	APROVAÇÃO
02	Rodrigo de Freitas	10/2019	PE	Luis Antonio Pupinski
01	Rodrigo de Freitas	08/10/2019	PE	Luis Antonio Pupinski
00	Rodrigo de Freitas	01/10/2019	PE	Luis Antonio Pupinski



Sumário

INFORMAÇÕES PRELIMINARES	3
1 ESTRUTURA METÁLICA - ANÁLISE	3
1.1 FECHAMENTO DA CAIXA EM ESTRUTURA METÁLICA	3
1.1.1 DESCRIÇÃO DA SOLUÇÃO	3
1.1.2 MEMORIA DE CÁLCULO	4
1.2 DESCRIÇÃO DA SOLUÇÃO	5
2 RAMPA DE MADEIRA - ANÁLISE	5
2.1 CRITÉRIOS	5
2.2 CARACTERÍSTICAS E COEFICIENTES	6
2.2.1 TIPO DE MADEIRA	6
2.2.2 TENSÃO RESISTENTE A TRAÇÃO	6
2.2.3 COEFICIENTES DE REDUÇÃO	6
2.2.4 MODULO DE ELASTICIDADE	7
2.2.5 RESISTÊNCIA Á COMPRESSÃO	7
2.2.6 TENSÃO ADMISSÍVEL DE FLEXÃO	7
2.3 IDENTIFICAÇÃO DAS PEÇAS PARA CÁLCULO	7
2.4 MEMÓRIA DE CÁLCULO	11



INFORMAÇÕES PRELIMINARES

O presente relatório tem como objetivo fornecer parecer e analisar da estrutura da edificação existente para o Projeto Estrutural executivo do monumento Ruína, parte integrante do Projeto Executivo de Restauro da PESM, Núcleo Itutinga Pilões – Caminhos do Mar, localizado na Rodovia SP-148, Estrada Caminho do Mar, Km 51, Cubatão – SP.

A vistoria foi realizada no dia 14/08/2019.

1 ESTRUTURA METÁLICA - ANÁLISE

1.1 FECHAMENTO DA CAIXA EM ESTRUTURA METÁLICA



As paredes estruturais da ruína (foto acima) estão em condições estáveis, podendo receber a estrutura metálica de fechamento.

Sugerimos executar fundações de concreto armado contornando internamente toda a caixa, para a estrutura metálica ser chumbada.

Deverá ser executado contraventamento interno a estrutura metálica da caixa de vidro, com intuito de estabilizar edificação anulando os esforços proveniente do vento.

1.1.1 DESCRIÇÃO DA SOLUÇÃO

Para implantação da caixa e vidro na área referenciada a solução escolhida foi estrutura metálica.



Agride menos a estrutura existente, rápida execução, estrutura leve, sem necessidade de fundação profunda, viabilidade de execução em áreas de pouco espaço e arquitetonicamente a solução mais indicada para revestimento com vidro.

1.1.2 MEMORIA DE CÁLCULO

CARREGAMENTOS:

Sobrecarga cobert. = 25 kg/m²

Peso próprio cobert. = 84 kg/m²

Utilitários = 17 kg/m²

VIGAS - PIOR CASO

Momento Fletor :

$$M_k = 599 \text{ kgf.m}$$

$$M_d = 599 \times 1,4 = 838,6 \text{ kgf.m}$$

$$M_d \leq M_{rd} = \frac{Z_x \cdot F_y}{1,1} \rightarrow Z_x \geq \frac{838,6 \cdot 1,1}{25,0} = 36,90 \text{ cm}^3$$

PERFIL ADOTADO	W 150x13
----------------	----------

Cortante :

$$V_k = 627,0 \text{ kgf}$$

$$V_d = 627,0 \times 1,4 = 877,8 \text{ kgf}$$

$A_u = 16,6 \text{ cm}^2$

$$V_d \leq V_{rd} = \frac{0,6 \cdot A_u \cdot F_y}{1,1} \rightarrow = \frac{0,6 \cdot A_u \cdot 0,8 \cdot 25}{1,1} = 1810,9 \text{ kgf} > 877,8 \text{ kgf}$$

Flecha :

$L = 4,96 \text{ m}$

$q = 186 \text{ kgf/m}$

$$\Delta = \frac{5 \cdot q \cdot l^4}{384 \cdot E I} = \frac{5 \cdot 1180 \cdot 7,5 \cdot 750^3}{384 \cdot 2,1 \cdot 10^6 \cdot 635} = 1,10 \text{ cm}$$

$$\Delta = \frac{L}{\quad} < \frac{L_{lim}}{\quad}$$



451

350

PILARES - PIOR CASO

$$N_k = 1,3 \text{ tf} \quad (\text{PIOR CASO})$$

$$N_{\text{máx}} = 1,3 \times 1,4 = 1,82 \text{ tf}$$

$$A_{\text{mín}} \geq \frac{N_{\text{máx}} \cdot 1,1}{0,5 \cdot F_y} \rightarrow A_{\text{mín}} \geq \frac{1,8 \cdot 1,1}{0,5 \cdot 3,45} = 1,16 \text{ cm}^2$$

PERFIL ADOTADO

W 150x13

1.2 DESCRIÇÃO DA SOLUÇÃO

Para implantação da caixa e vidro na área referenciada a solução escolhida foi estrutura metálica.

Agride menos a estrutura existente, rápida execução, estrutura leve, sem necessidade de fundação profunda, viabilidade de execução em áreas de pouco espaço e arquitetonicamente a solução mais indicada para revestimento com vidro.

2 RAMPA DE MADEIRA - ANÁLISE

Foi verificado no local terreno íngreme e de mata densa, no local onde será implantado a rampa de madeira, em eu haverá necessidade de pequenas contenções e pilares para estrutura da rampa.

Para execução da passarela, deverá ser previsto fundação profunda e de preferência manual, devido à dificuldade de acesso e execução.

A superestrutura da passarela poderá ser em madeira de forma a facilitar a execução com peças prontas.

2.1 CRITÉRIOS

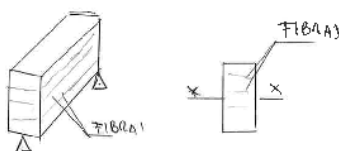
$$\text{Sobrecarga} = 300 \text{ kg/m}^2$$



Vento 100kg/m²

Chapas de aço para ligação das ASTM A36

Como é um projeto unifilar de estrutura de madeira, só foram colocados neste documento os cálculos principais das peças de madeira. Foi dispensado o cálculo das peças de ligação metálica, já que estão submetidas a esforços insignificantes. Estas peças foram definidas mais pela solução construtiva e de montagem que pelos esforços as quais estão submetidas todos os esforços da estrutura de madeira foram considerados atuando paralelas as fibras das peças, inclusive para as tabuas.



2.2 CARACTERÍSTICAS E COEFICIENTES

2.2.1 TIPO DE MADEIRA

Madeira Garapa, Garapa Roraima, Apoleia Lelocarda, Madeira Dicotiledônea.

Peso Próprio 892 kgf/M³

2.2.2 TENSÃO RESISTENTE A TRAÇÃO

$F_k/f_m = 0,7$ $F_t = 108 \text{ MPa}$

$F_{tk} = f_k/f_m \times f_t = 0,7 \times 108 \text{ Mpa} = 75,6 \text{ Mpa}$

2.2.3 COEFICIENTES DE REDUÇÃO

Sobrecarga de curta duração $\rightarrow K_{mod1} = 0,9$

Umidade relativa anual adot. 80.2 90% \rightarrow Classe de Umidade 3 e 4 $\rightarrow K_{mod2} = 0,9$

Madeira Dicotiledônea: 1² categoria $\rightarrow K_{mod3} = 1,0$

$K_{mod} = K_{mod1} \times K_{mod2} \times K_{mod3} = 0,9 \times 0,9 \times 1,0 = 0,81$



$$K_{mod} = 0,81$$

2.2.4 MODULO DE ELASTICIDADE

$$E_c = 18.359,0 \text{ Mpa}$$

$$E_c, ef = K_{mod} \times E_c = 0,8 \times 18.359,0 \text{ Mpa} = 14.870, 79 \text{ Mpa}$$

2.2.5 RESISTÊNCIA Á COMPRESSÃO

$$f_c = 78,4 \text{ MPa} \rightarrow \text{madeira classe C 60} \rightarrow f_{ck} = 60 \text{ Mpa}$$

$$f_{cd} = K_{mod} \times f_{ck} / 1,4 = 0,81 \times 60 / 1,4 = 34,71 \text{ Mpa}$$

2.2.6 TENSÃO ADMISSÍVEL DE FLEXÃO

TENSÃO ADMISSÍVEL DE FLEXÃO

$$\bar{\sigma}_f = 440 \text{ kgf/cm}^2 \text{ (MADEIRA VERDE)}$$

$$\bar{\sigma}_f = 1278 \text{ kgf/cm}^2 \text{ (MADEIRA A 15\% DE UMIDADE)}$$

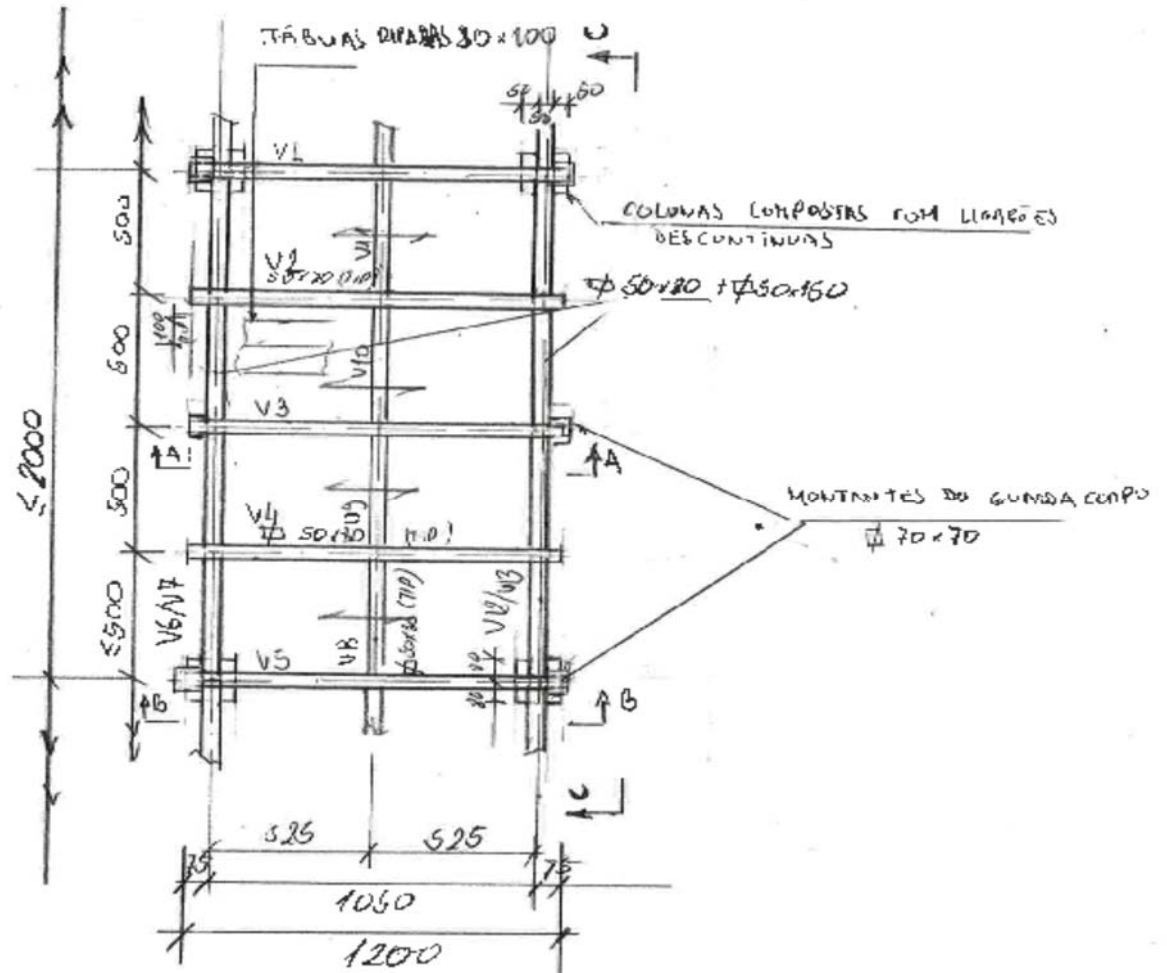
TENSÃO ADMISSÍVEL DE CISALHAMENTO

$$\bar{\tau} = 130 \text{ kgf/cm}^2$$

2.3 IDENTIFICAÇÃO DAS PEÇAS PARA CÁLCULO

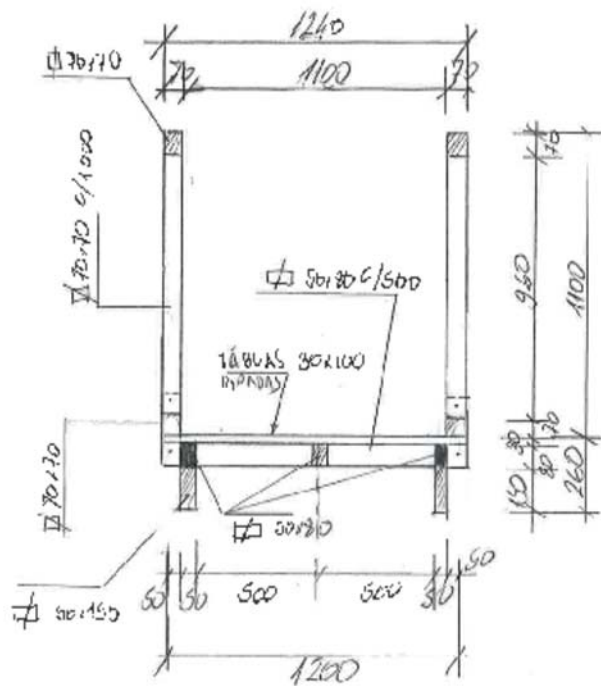


IDENTIFICAÇÃO DAS REÇAS PARA O CÁLCULO



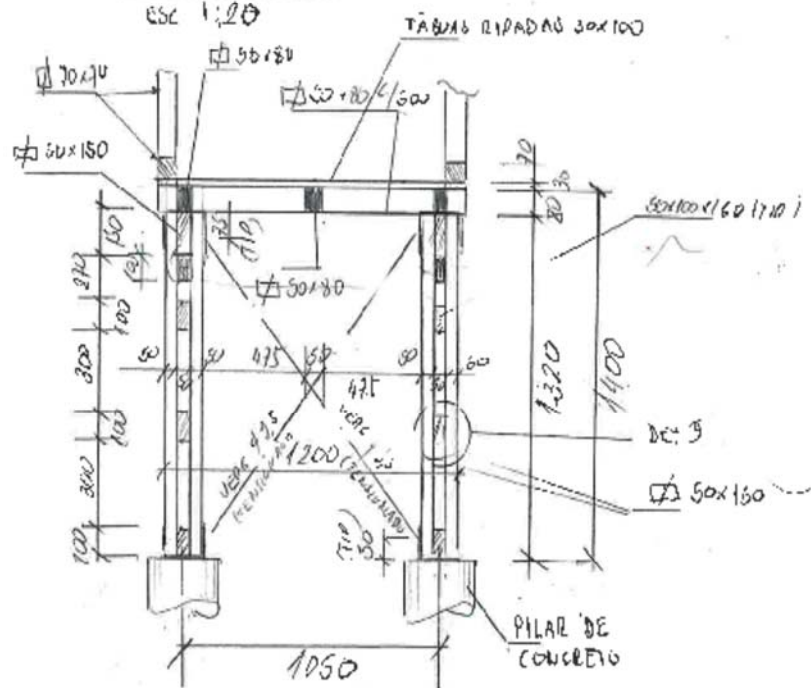
PLANTA TÍPICA

ESC 1:20



CORTE A-A

ESC 1:20



CORTE B-B

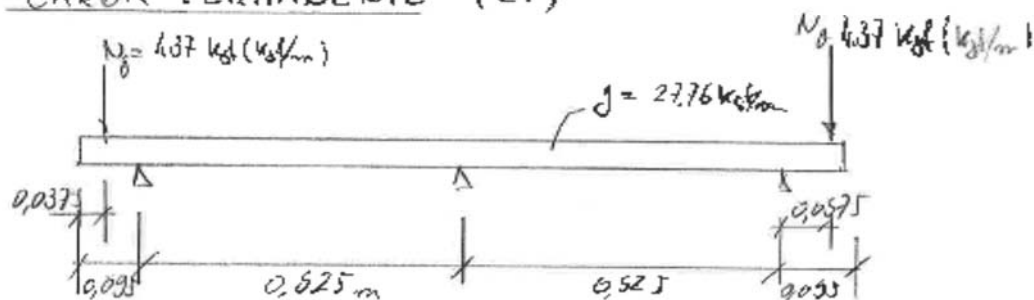
ESC 1:20



2.4 MEMÓRIA DE CÁLCULO

3

ESQUEMAS ESTÁTICOS E DE CARGAS - ESFORÇOS
(MADEIRA GARAPA (GARAPA RODAIVA) - ARVETIA LEICARDA
TÁBUAS DIPADAS DE 30x100

CARGA PERMANENTE (CP)

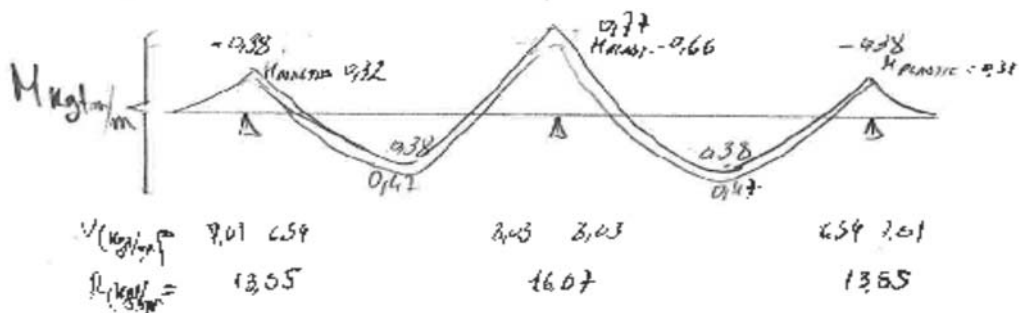
(CARREGAMENTO)

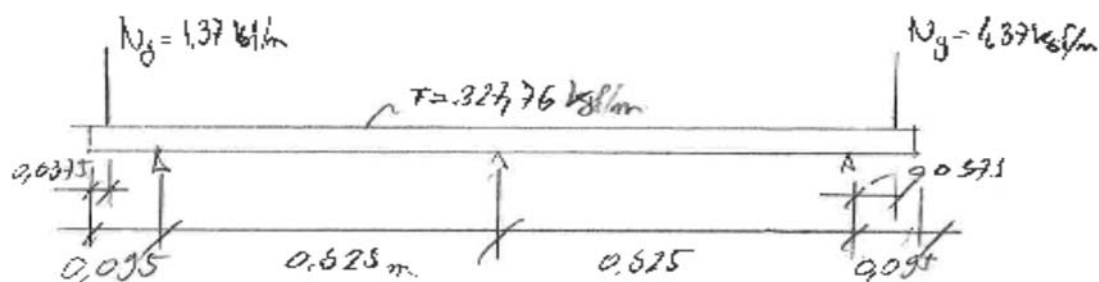
$$g = \text{PESO PRÓPRIO} \quad 832 \text{ kgf/m}^3 \times 0,03 \text{ m} = 26,76 \text{ kgf/m} (\Rightarrow \text{kgf/m/m})$$

"CARGA CONCENTRADA"

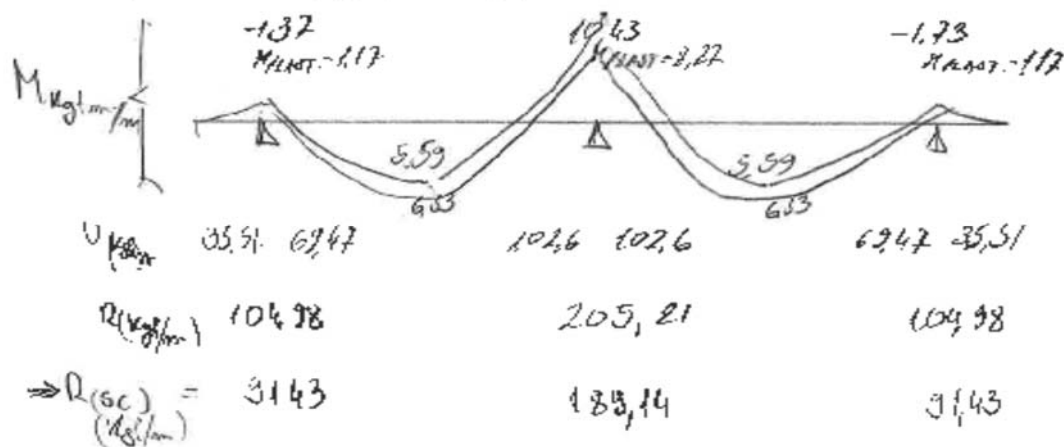
$$N_q = 832 \text{ kgf/m}^3 \times 1 \text{ m} - (0,03 \text{ m})^2 = 4,37 \text{ kgf/m}$$

(RESUMO DOS ESFORÇOS)



CARGA PERMANENTE + SOBRECARGA (CP+SC)(CARGAMENTO)

$$\begin{aligned} \text{CP} &= \text{PISO AC. PISO} \quad (81) \quad 21,76 \text{ kg/m} \\ \text{SOBRECARGA} &\quad (91) \quad 300,00 \text{ "} \\ F &= 327,76 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

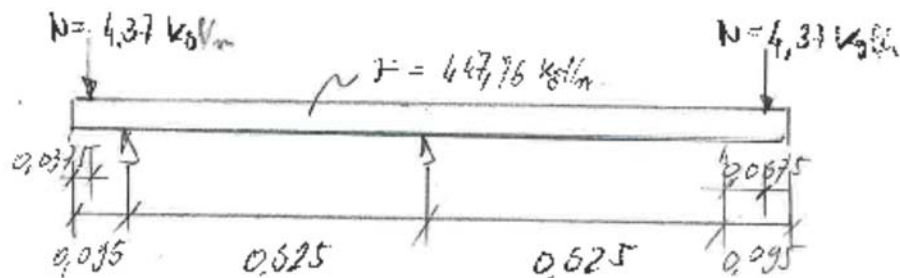
(RESUMO DOS ESTADOS)



CARGA PERMANENTE + SOBRECARGA (CONSIDERANDO COEFICIENTES DE MAJORAÇÃO DAS AÇÕES (ESTADOS P/ DIMENSIONAMENTO))

PARA CARGA PERMANENTE $\gamma_g = 1,0$

" " ACIDENTAL $\gamma_g = 1,4$



(CARGAMENTO)

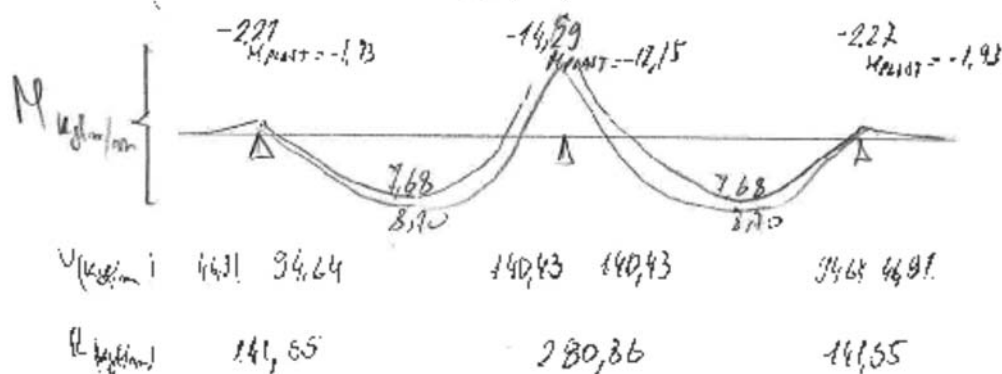
$$\text{peso próprio} = q \cdot \gamma_g = 26,76 \text{ kN/m} \cdot 1,0 = 26,76 \text{ kN/m}$$

$$\text{sobrecarga} = q \cdot \gamma_g = 300 \text{ kN/m} \cdot 1,4 = 420,0 \text{ kN/m}$$

$$F = 447,76 \text{ kN/m}$$

$$N_g = 4,37 \text{ kN/m} \cdot 1,0 = 4,37 \text{ kN}$$

(RESUMO DOS ESTADOS)



(MOMENTO POSITIVO MÁXIMO PARA O CÁLCULO DA FLECHA)

$$M_{sc} = N_{cp+sc} - M_{cp} = 6,53 - 0,47 = 6,06 \text{ kN/m}$$

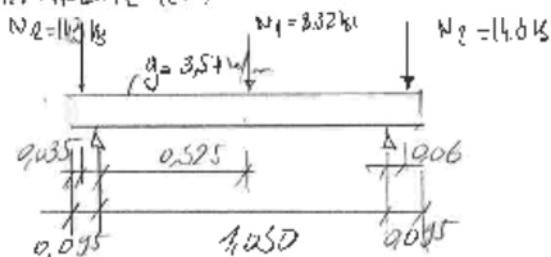
$$\Rightarrow M = M_{cp} + M_{sc} \cdot \psi_1 = 0,47 + 6,06 \cdot 0,3 = 2,29 \text{ kN/m (para o meio da viga)}$$

$$V1 = V3 = V5$$

SEÇÃO 50x80

ESQUEMA ESTATICO E DE CARGAS - ESFORÇOS

'CARGA PERMANENTE' (CP)



(CARGAMENTO)

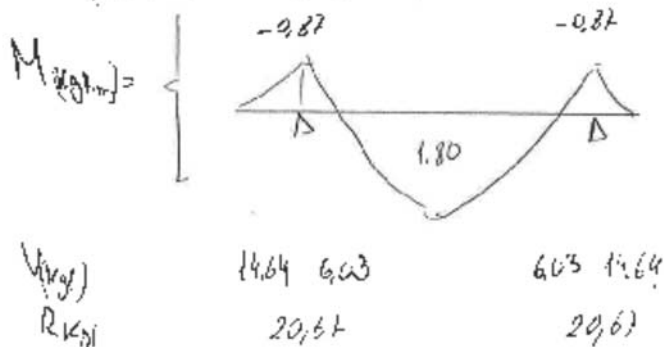
$$q = \text{peso próprio } 332 \text{ kgf/m}^3 \times 0,05 \text{ m} \times 0,08 \text{ m} = 3,57 \text{ kgf/m}$$

$$N_1 = 4,16 \text{ kg} \times 2 = 8,32 \text{ kgf}$$

 N_2

$$\begin{aligned} \text{MOMENTO} & 0,07 \text{ m} \times 0,07 \text{ m} \times 106 \text{ m} = 332 \text{ kgf/m}^3 = 4,64 \text{ kgf} \\ \text{LONGARINA} & 0,07 \times 0,07 \times 1 \text{ m} = 332 \text{ kgf/m} = 4,37 \text{ kgf} \\ \text{TUBO 4 30mm} & 254 \text{ kgf/m} \times 3 \text{ Tubos} \times 1 \text{ m} = 762 \text{ kgf} \\ & 14,3 \text{ kgf} \end{aligned}$$

(RESUMO DOS ESFORÇOS)

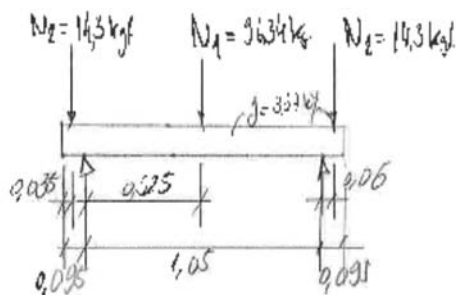




13

(V1-W=45)

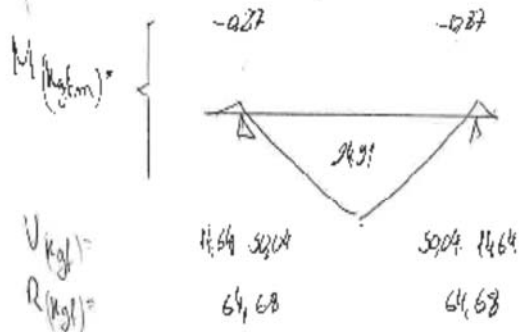
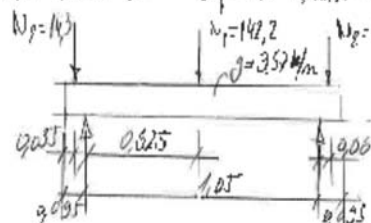
CARGA PERMANENTE + SOBRECARGA (C.P.+S.C.)



(CARGAMENTOS)

$$N_1 = 18,17 \text{ kgf} \cdot 2 \text{ vãos} = 96,34 \text{ kgf}$$

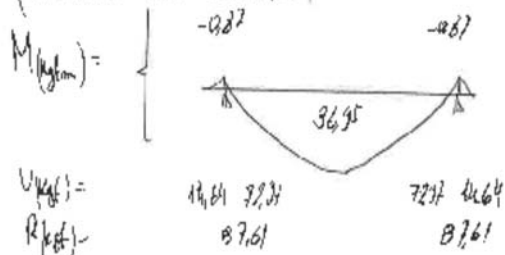
(RESUMO DOS ESFORÇOS)

CARGA PERMANENTE + SOBRECARGA CONSIDERANDO COMBINAÇÕES DE
MAJORAÇÃO DAS AÇÕES (ESTADOS P/DIMENSIONAMENTO)Obs: $\gamma_g = 1,0$ PARA C.P. $\gamma_q = 1,1$ PARA S.C.A.

(CARGAMENTOS)

$$N_1 = 71,11 \text{ kgf} \cdot 2 \text{ vãos} = 142,2 \text{ kgf}$$

(RESUMO DOS ESFORÇOS)

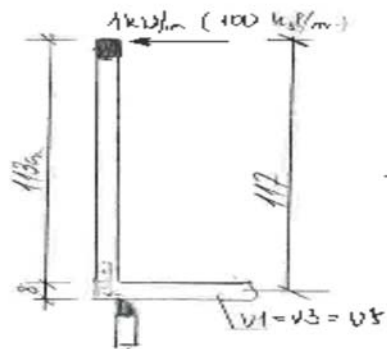




11

$$(v_1 = v_3 = v_5)$$

MOMENTO FLETOR PRODUZIDO PELO MONTEANTE DO GUARDA-CORPO



$$H = 100 \text{ kgf} \cdot 1,17 \text{ m} = 117 \text{ kgfm}$$
$$\Rightarrow M = 117 \text{ kgf} \cdot 1,4 = 163,8 \text{ kgfm}$$
$$V = 100 \text{ kgf}$$

$$\Rightarrow -M_{\text{MAX}} = 163,8 \text{ kgfm} + 0,31 \text{ kgfm} = 164,67 \text{ kgfm}$$

OBJ: ADOPTAR MOMENTO FLETOR PARA O CÁLCULO DA FLECHA
IGUAL A MOMENTO FLETOR PARA O CÁLCULO DA FLECHA
DAS VIGAS $v_2 = v_4$.



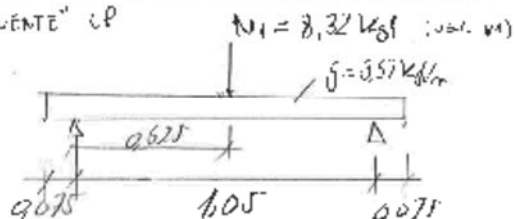
L1

$$U2 = U4$$

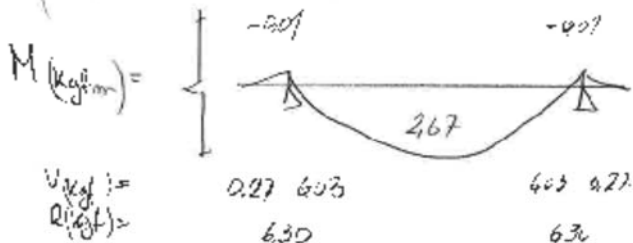
OLÇÃO 50180

ESQUEMA ESTATICO E DE CARGAS - ESFORÇOS

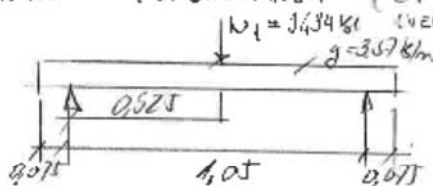
"CARGA PERMANENTE" CP



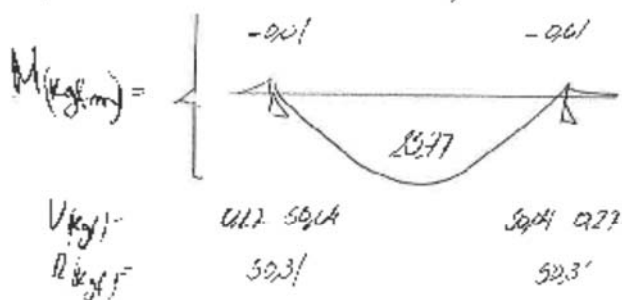
(RESUMO DOS ESFORÇOS)



"CARGA PERMANENTE + SOBRECARGA" (CP + SC) (P/BINCLAS DA NORMA ANTIGA)



(RESUMO DOS ESFORÇOS)

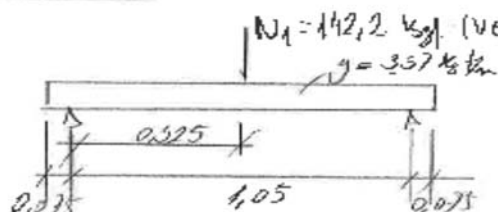




16

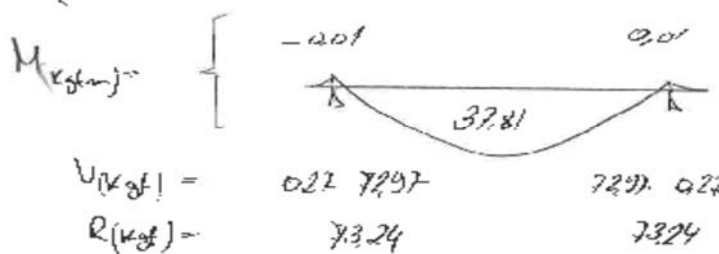
(V2-V4)

"CARGA PERMANENTE SOBRE CUNHA CONSIDERANDO COEFICIENTES DE
MAJORAÇÃO DAS AÇÕES LESFOLGOS PARA DIMENSIONAMENTO DE LULA NORMAL"



$\delta_1 = 1,0$ para CP
 $\delta_2 = 1,4$ para SL

(RESUMO DOS ESFORÇOS)



MOMENTO MÁXIMO PARA O CÁLCULO DA FLECHA.

$$M_{SC} = M_{CP+SC} - M_{CP} = 25,77 - 2,67 = 23,1 \text{ kgfm}$$

$$M = M_{CP} + M_{SC} \cdot \psi_2 = 2,67 + 23,1 \cdot 0,3 = 9,6 \text{ kgfm}$$

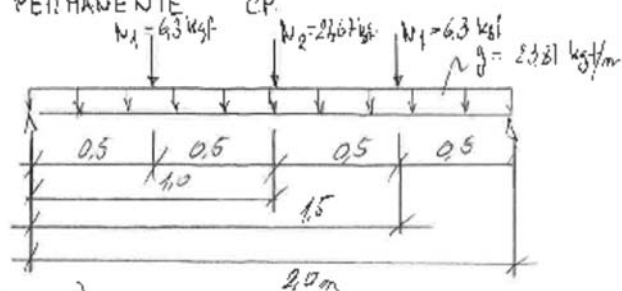


$$V_6 = V_{12}$$

SEÇÃO 50-150

ESQUEMA ESTATICO E DE CARGAS - ESFORÇOS

CARGA PERMANENTE



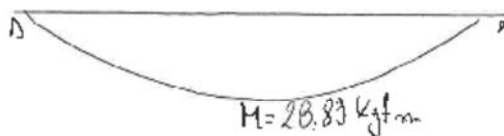
(CARGAMENTOS)

$$\begin{aligned} \text{PELO ALÇAPÃO} & 8,92 \text{ kgf/m} \cdot 0,05 \cdot 15 \text{ m} = 6,69 \text{ kgf/m} \\ \text{PELA SERRAVAL} & = 8,92 \text{ kgf/m} \cdot 0,05 \text{ m} = 0,45 \text{ kgf} \\ \text{12 BARRAS} & 11 \cdot 20 \text{ m} = 220 \text{ kgf} \end{aligned}$$
$$q = \frac{6,69}{11} = 0,61 \text{ kgf/m}$$
$$q = 2,381 \text{ kgf/m}$$

$$N_1 = V_1 = 6,3 \text{ kgf}$$

$$N_2 = V_2 = 20,67 \text{ kgf}$$

(RESUMO DOS ESFORÇOS)



$$V(\text{kgf}) = 4,3,95$$

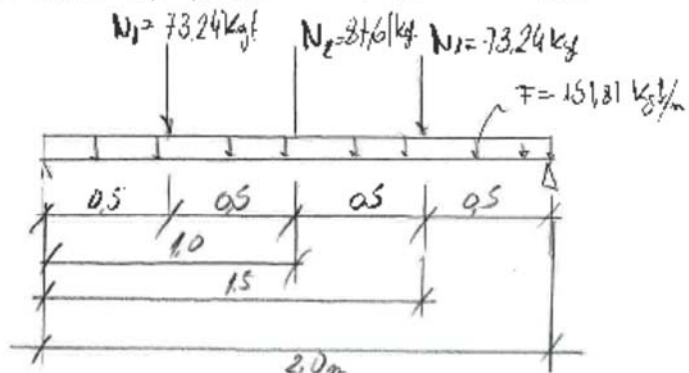
$$4,3,95$$



13

 $(U_6 = U_{12})$

"CARGA PERMANENTE + SOBRECARGA CONSIDERANDO COEFICIENTES DE MAJORAÇÃO DAS AÇÕES" (ESFORÇOS PARA DIMENSIONAMENTO)



OBS: $\gamma_g = 1.0$ PARA CP
 $\gamma_q = 1.4$ PARA CA

(CARREGAMENTOS)

$$\begin{array}{rcl} q & = & CP + PCA \text{ SU. 30} \\ \text{CARGA} & 32 \times 100 \text{ a. PARAS (PP+Q)} & 10,26 \text{ kgf/m} \\ & & \underline{144,35} \\ & & F = 15,81 \end{array}$$

$$N_1 = U_2 = 73,24$$

$$N_2 = U_3 = 87,61$$

(RESUMO DOS ESFORÇOS)



$$V_{(qgt)} = 268,31 \quad M = 156,33 \text{ kgf.m} \quad 268,31$$

MOMENTO FLETOR MÁXIMO PARA O CÁLCULO DA FLECHA

$$M_{sc} = M_{cp+sc} - M_{cp} = 108,35 - 28,89 = 79,46 \text{ kgf.m}$$

$$M = M_{cp} + M_{sc} \cdot \psi_i = 28,89 + 79,46 \times 0,3 = 52,73 \text{ kgf.m}$$

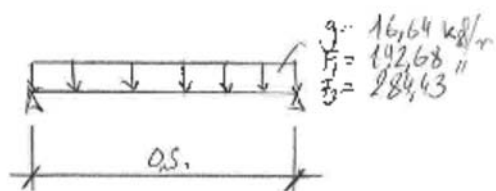


10

$$V_8 = V_9 = V_{10} = V_{11}$$

SEÇÃO 50x80

ESTRUTURA ESTÁTICA E DE CARGAS - ESTADOS



(CARGA PERMANENTE)

$$PP \quad 892 \text{ kg/m}^2 \cdot 0,25 \text{ m} \cdot 0,08 \text{ m} = 3,57 \text{ kg/m}$$

$$\text{REAÇÃO DAS FIBRAS DO PISO} = 16,64 \text{ kg/m}$$

(CARGA PERMANENTE + SOBRECARGA) $g = 19,64 \text{ N}$

$$PP = 3,57 \text{ kg/m}$$

$$\text{REAÇÃO DAS FIBRAS DO PISO} = 19,64 \text{ N}$$

$$F_1 = 192,68 \text{ N}$$

(CARGA PERMANENTE + SOBRECARGA CONSIDERANDO COEFICIENTES DE MAJORAÇÃO DAS AÇÕES - ESTADOS PRINCIPAIS)

$$\text{POSO PRÓPIO} \quad g \cdot \gamma_g = 3,57 \text{ kg/m} \cdot 1,0 = 3,57 \text{ kg/m}$$

$$\text{REAÇÃO DAS FIBRAS COM} \gamma_g = 1,4 \text{ PLACAS ACIDENTAIS} = 280,85 \text{ N}$$

$$F_2 = 284,43 \text{ N}$$

(ESTADOS PRINCIPAIS)

PARA CARGAS PERMANENTES

$$M_{cp} = \frac{16,64 \text{ kg/m} \cdot (0,5 \text{ m})^2}{8} = 0,52 \text{ kgf.m} \quad V = \frac{16,64 \text{ kg/m} \cdot 0,5 \text{ m}}{2} = 4,16 \text{ kg}$$

PARA CARGA PERMANENTE + SOBRECARGA

$$M_{crise} = \frac{19,64 \text{ kg/m} \cdot (0,5 \text{ m})^2}{8} = 0,62 \text{ kgf.m} \quad V = \frac{19,64 \text{ kg/m} \cdot 0,5 \text{ m}}{2} = 4,91 \text{ kg}$$

PARA $cp \cdot \gamma_g + sc \cdot \gamma_q$

$$M = \frac{284,43 \text{ kg/m} \cdot (0,5 \text{ m})^2}{8} = 8,89 \text{ kgf.m} \quad V = \frac{284,43 \text{ kg/m} \cdot 0,5 \text{ m}}{2} = 71,11 \text{ kg}$$

MOMENTO MÁXIMO PARA O CÁLCULO DA FLECHA

$$M_{sc} = M_{crise} - M_{cp} = 0,62 - 0,52 = 0,1 \text{ kgf.m} \geq M = M_{cp} + M_{sc} \cdot \gamma = 0,52 + 0,1 \cdot 0,3 = 0,57 \text{ kgf.m}$$



TÁBUAS RIPADAS DE 30x100

DIMENSIONAMENTO A FLEXÃO SIMPLES

OBS. ESTAS TÁBUAS FORAM DIMENSIONADAS PELA NORMA ANTIGA. UTILIZANDO OS CRITÉRIOS DO LIVRO ESTRUTURAS DE MADEIRA VOL 1 DE ANTONIO HOLYERANO (1976)

$i_1 = 0$ TÁBUAS RIPADAS \therefore ESTÃO TOTALMENTE TRAVADAS LATERALMENTE

$$b = 100 \text{ mm}$$

$$\lambda' = \frac{l_1}{b} = 0$$

$$\lambda'_0 = \frac{2,39 E_m}{K \cdot \bar{\sigma}_f}$$

$$\Rightarrow \lambda' < \lambda'_0 \Rightarrow \bar{\sigma}_{fADM} = \left[\frac{4}{3} \bar{\sigma}_f \left(1 - \frac{1}{2} \frac{\lambda'^2}{\lambda_0^2} \right) \right] \leq \bar{\sigma}_f$$

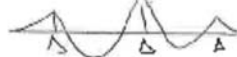
$$\therefore \bar{\sigma}_{fADM} = \frac{4}{3} \bar{\sigma}_f \leq \bar{\sigma}_f = 440 \text{ kg/cm}^2$$

$$\bar{\sigma}_{fADM} = \frac{4}{3} \cdot 440 = 586,7 > 440 \text{ kg/cm}^2$$

$$\therefore \bar{\sigma}_{fADM} = 440 \text{ kg/cm}^2$$

$$W = \frac{b \cdot h^3}{6} = \frac{100 \text{ mm} \cdot (130 \text{ mm})^3}{6} = 150 \text{ cm}^3$$

MOMENTO MÁXIMO DE CARGA:
 $M_d = H \cdot l = 14,29 \text{ kg/m}$



$$M_d = 14,29 \text{ kg/m} (\Rightarrow \text{kgf} \cdot \text{m}) = 14,29 \text{ kgf} \cdot \text{cm}$$

$$\bar{\sigma}_f = \frac{M_d}{W} = \frac{14,29 \text{ kgf} \cdot \text{cm}}{150 \text{ cm}^3} = 9,53 \text{ kgf/cm}^2 < \bar{\sigma}_{fADM} = 440 \text{ kgf/cm}^2 \text{ (OK)}$$



33

VERIFICAÇÃO AO CISCALHAMENTO

$$\bar{L} = \frac{3}{2} \cdot \frac{V}{b \cdot d} = \frac{3}{2} \cdot \frac{140,13 \text{ kN}}{100 \text{ cm} \cdot 3 \text{ cm}} = 0,7 \text{ kN/cm} < \bar{L} = 130 \text{ kN/cm (OK)}$$

FLECHA:

$$\delta_{ADM} = \frac{L}{200} = \frac{52,5 \text{ cm}}{200} = 0,263$$

$$I_x = \frac{100 \cdot 3^3}{12} = 225 \text{ cm}^4$$

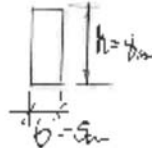
$$\delta = \frac{5}{48} \cdot \frac{M L^2}{E_c \cdot I_x} = \frac{5}{48} \cdot \frac{229 \text{ kNcm} \cdot (52,5 \text{ cm})^2}{1,035 \cdot 10^4 \text{ kN/cm}^2 \cdot 225 \text{ cm}^4} = 0,16 \text{ cm} < \delta_{ADM} = 0,263 \text{ (OK)}$$



24

DIMENSIONAMENTO DAS VIGAS V1 e V5 (VALE PARA V8 e V11)

SEÇÃO 50/80

ESFORÇOS APLICADOS
AS FIBRAS

FLEXÃO SIMPLES

$M_{01} = 16467 \text{ kgfcm}$ (MOMENTO NO APOIO PRODUZIDOS PELA GUARDA-CORPO)
 $M_{02} = 3781 \text{ kgfcm}$ (MOMENTO NO MEIO DO VÃO)
 MÓDULO DE RESISTÊNCIA:

$$W \geq W_c = W_T = W_{SUP} = W_{INF} = \frac{b \cdot h^2}{6} = \frac{5 \cdot 8^2}{6} = 53,33 \text{ cm}^3$$

TENSÃO DE COMPRESSÃO E TRAÇÃO

$$\sigma_{cd} = \sigma_{td} = \frac{M_d}{W} = \frac{16467 \text{ kgfcm}}{53,33 \text{ cm}^3} = 308,8 \text{ kgf/cm}^2 = 30,88 \text{ MPa}$$

TENSÃO RESISTENTE À TRAÇÃO

$$f_{tk} = 75,6 \text{ MPa} > \sigma_{td} = 30,88 \text{ MPa} \text{ (OK)}$$

TENSÃO RESISTENTE À COMPRESSÃO NO APOIO

$$f_{cd} = 34,71 \text{ MPa} > \sigma_{cd} = 30,88 \text{ MPa} \text{ (OK)}$$

TENSÃO RESISTENTE À COMPRESSÃO NO MEIO DO VÃO

$$\frac{h}{b} = \frac{8}{5} = 1,6 \Rightarrow \beta_H = 7,6$$

$$\left(\frac{E_{c,ef}}{\beta_H f_{cd}} \right) \cdot b = \left(\frac{14370,79 \text{ MPa}}{7,6 \cdot 34,71 \text{ MPa}} \right) \cdot 5 \text{ cm} = 281,86 \text{ cm}$$

$$l_1 = 525 \text{ cm} < 281,86 \text{ cm}$$

$$\Rightarrow f_{cd} = 34,71 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{cd} = \frac{M_d}{W_c} = \frac{3781 \text{ kgfcm}}{53,33 \text{ cm}^3} = 70,9 \text{ kgf/cm}^2 = 7,09 \text{ MPa} < f_{cd} = 34,71 \text{ MPa} \text{ (OK)}$$



(V1 = V5)

CISALHAMENTO

TENSÃO RESISTENTE DE PROJETO AO CISALHAMENTO PARALELO ÀS FIBRAS

$$f_{vd} = 0,10 f_{cd} = 0,10 \times 34,71 \text{ MPa} = 3,471 \text{ MPa} \text{ (PROTEÇÕES)} \quad (11 \text{ MONTESIMAS})$$

TENSÃO CORTANTE

$$\tau = \frac{3}{2} \frac{V_d}{b \cdot h} = \frac{3}{2} \cdot \frac{72,99 \text{ kN}}{0,3 \text{ m} \cdot 0,4 \text{ m}} = 2,74 \text{ kN/cm}^2 = 0,274 \text{ MPa} < f_{vd} = 3,471 \text{ MPa} \quad (\text{OK})$$

FLECHA

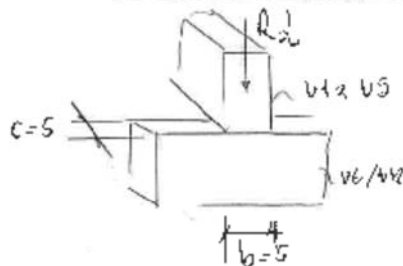
$$c s_{lim} = \frac{L}{200} = \frac{10,50 \text{ m}}{200} = 0,0525 \text{ m}$$

$$I_x = \frac{b \cdot h^3}{12} = \frac{0,3 \cdot 0,4^3}{12} = 213,33 \text{ cm}^4 \quad E_c = 18.839 \text{ MPa} = 18.839,9 \text{ kN/cm}^2$$

DEFORMAÇÃO ELÁSTICA

$$c f = \frac{5}{384} \frac{M \cdot L^2}{E_c \cdot I_x} = \frac{5}{384} \frac{960 \text{ kgf/cm} \cdot (10,50 \text{ m})^2}{18.839,9 \text{ kN/cm}^2 \cdot 213,33 \text{ cm}^4} = 0,343 \text{ cm}$$

$$c f = 0,343 \text{ cm} < c s_{lim} = 0,0525 \text{ m} \quad (\text{OK})$$

TENSÃO DE COMPRESSÃO NO APÓIO DAS VIGAS

$$b = 0,3 \Rightarrow \alpha_m = 1,3$$

$$f_{cmd} = 0,25 f_{cd} \cdot \alpha_m = 0,25 \cdot 34,71 \text{ MPa} \cdot 1,3 = 11,78 \text{ MPa}$$

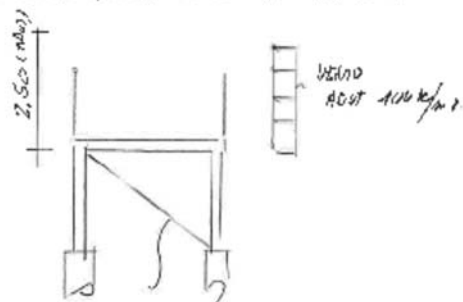
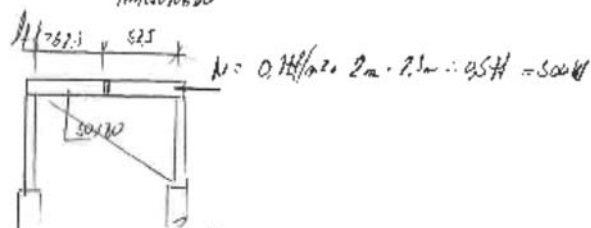
$$\sigma_{cmd} = \frac{R_d}{b \cdot c} = \frac{87,61 \text{ kN}}{0,3 \text{ m} \cdot 0,5 \text{ m}} = 5,84 \text{ MPa} < f_{cmd} = 11,78 \text{ MPa} \quad (\text{OK})$$



(U4, U5)

COMPRESSÃO

COMPRESSÃO PROVENIENTE DO VENTO:

NÃO HÁ DE QDO
TANGENCIAL

"TENSÃO DE COMPRESSÃO"

$$\sigma_{nd} = \frac{N}{A} = \frac{500 \text{ kg} \cdot 14}{5 \cdot 8} = 175 \text{ kg/cm}^2 = 175 \text{ MPa}$$

"TENSÃO LÍMITE DE COMPRESSÃO"

$$I_y = \frac{8 \cdot (5 \cdot 8)^3}{12} = 8333 \text{ cm}^4 \quad A = 5 \cdot 8 = 40 \text{ cm}^2$$

$$i_y = \sqrt{\frac{I_y}{A}} = 1445$$

$$l_{ef} = 0,75$$

$$\frac{l_{ef}}{i_y} = \frac{0,75}{1445} = 36,33 < 40 \Rightarrow f_{cd} = 34,71 \text{ MPa}$$

ONDE:

$$\sigma_{nd} = 175 \text{ MPa} < f_{cd} = 34,71 \text{ MPa} \quad (\text{OK})$$

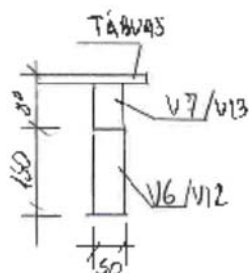
FLEXO COMPRESSÃO

$$\frac{\sigma_{nd}}{f_{cd}} + \frac{\sigma_{nd}}{f_{cd}} \leq 1,0 \Rightarrow \frac{175}{34,71} + \frac{7,03}{34,71} = 0,256 < 1,0 \quad (\text{OK})$$

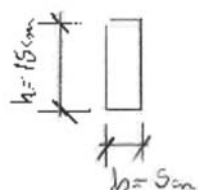


DIMENSIONAMENTO DAS VIGAS V6 e V12

OBS: AS VIGAS V7 e V13 SE APOIAM NAS VIGAS V6 e V12.
 \therefore DISPENSAMOS O DIMENSIONAMENTO DA V7 e V13



SEÇÃO DA V6 e V12



ESTRÉSSES PARALELOS
AS FIBRAS

FLEXÃO SIMPLES

$$M_{dL} = 156,33 \text{ kgf.m} = 156,33 \text{ kgf.m}$$

MÓDULO DE RESISTÊNCIA:

$$W = W_c = W_T = W_{sup} = W_{inf} = \frac{b \cdot h^2}{6} = \frac{5 \cdot 15^2}{6} = 187,5 \text{ cm}^3$$

TENSÃO DE COMPRESSÃO E TRAÇÃO

$$\sigma_{cd} = \sigma_{td} = \frac{M_{dL}}{W} = \frac{156,33 \text{ kgf.m}}{187,5} = 83,38 \text{ kgf/cm}^2 = 8,34 \text{ MPa}$$

TENSÃO RESISTENTE À TRAÇÃO

$$f_{tk} = 75,6 \text{ MPa} > \sigma_{td} = 8,34 \text{ MPa} \text{ (OK)}$$

TENSÃO RESISTENTE À COMPRESSÃO

$$\frac{h}{b} = \frac{15}{5} = 3 \Rightarrow \beta_H = 12,3 \quad f_{cd} = 34,71 \text{ MPa}$$

$$\left(\frac{\varepsilon_{c,cr}}{\beta_H \cdot f_{cd}} \right) \cdot b = \left(\frac{14870,75 \text{ MPa}}{12,3 \cdot 34,71 \text{ MPa}} \right) \cdot 5 \text{ cm} = 174,16 \text{ cm}$$

$$l_1 = 50 \text{ cm} < 174,16 \text{ cm} \Rightarrow f_{cd} = 34,71 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{cd} = \frac{M_{dL}}{W} = \frac{156,33 \text{ kgf.m}}{187,5} = 83,38 \text{ kgf/cm}^2 = 8,34 \text{ MPa} < f_{cd} = 34,71 \text{ MPa} \text{ (OK)}$$



28

 $(V_6 \text{ e } V_{12})$ CISALHAMENTO

TENSÃO RESISTENTE DE PROJETO AO CISALHAMENTO
PARALELO ÀS FIBRAS

$$f_{vd} = 0,10 f_{cd} = 0,10 \cdot 34,71 \text{ MPa} = 3,471 \text{ MPa} \quad (\text{NORMA DE PROJETO})$$

TENSÃO CISALHANTE

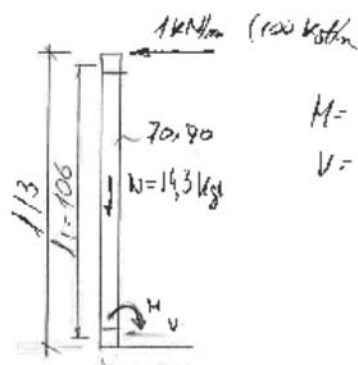
$$\tau = \frac{2}{3} \frac{V_d}{b \cdot h} = \frac{2}{3} \cdot \frac{268,81}{5 \cdot 15} = 2,39 \text{ kN/cm}^2 = 0,24 \text{ MPa} < f_{vd} = 3,47 \text{ MPa} \quad (\text{OK})$$



30

MONTANTE DO GUARDA-CORPO

PEÇA 70x70



$$M = 100 \text{ kgf} \cdot 1,13 \text{ m} = 113 \text{ kgf} \cdot \text{m}$$

$$V = 100 \text{ kgf}$$



OBS: DESPREZAMOS A COMPRESSÃO O MOMENTO FLETOR É O QUE DEFINE ESTA PEÇA

DIMENSIONAMENTO À FLEXÃO SIMPLES

MÓDULO RESISTENTE

$$W = W_c - W_T - W_{\text{sup}} - W_{\text{inf}} = \frac{b \cdot h^2}{6} \Rightarrow \frac{(70)^3}{6} = 57,167 \text{ cm}^3$$

TENSÃO DE COMPRESSÃO É INDICADA PROVENIENTE DO M₂₀ FLETOA

$$\sigma_{cd} = \sigma_{td} = \frac{M_d}{W} = \frac{11300 \text{ kgf} \cdot \text{cm}}{57,167 \text{ cm}^3} = 197,67 \text{ kgf/cm}^2 = 19,77 \text{ MPa}$$

TENSÃO RESISTENTE À TRACÇÃO

$$f_{tk} = 75,6 \text{ MPa} > \sigma_{td} = 19,77 \text{ MPa} \text{ (OK)}$$

TENSÃO RESISTENTE À COMPRESSÃO

$$\frac{h}{b} = \frac{7}{7} = 1,0 \Rightarrow \beta_H = 50 \quad f_{cd} = 34,71 \text{ MPa}$$

$$\left(\frac{f_{ctk}}{\beta_H \cdot f_{cd}} \right) \cdot b = \left(\frac{14870,79 \text{ MPa}}{50 \cdot 34,71 \text{ MPa}} \right) \cdot 5 \text{ cm} = 357,03 \text{ cm}$$

$$h_1 = 106 \text{ cm} < 357,03 \text{ cm} \Rightarrow f_{cd} = 34,71 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{cd} = \frac{M_d}{W} = \frac{11300 \text{ kgf} \cdot \text{cm}}{57,167 \text{ cm}^3} = 197,67 \text{ kgf/cm}^2 = 19,77 \text{ MPa} < f_{cd} = 34,71 \text{ MPa} \text{ (OK)}$$



31

(GUARDA-CORPO)

CISALHAMENTOTENSÃO RESISTENTE DE PROJETO AO CISALHAMENTO
PARALELO ÀS FIBRAS

$$f_{cd} = 0,10 f_{ctd} = 0,10 \cdot 34,71 \text{ MPa} = 3,471 \text{ MPa (P/MOTILIDADEAS)}$$

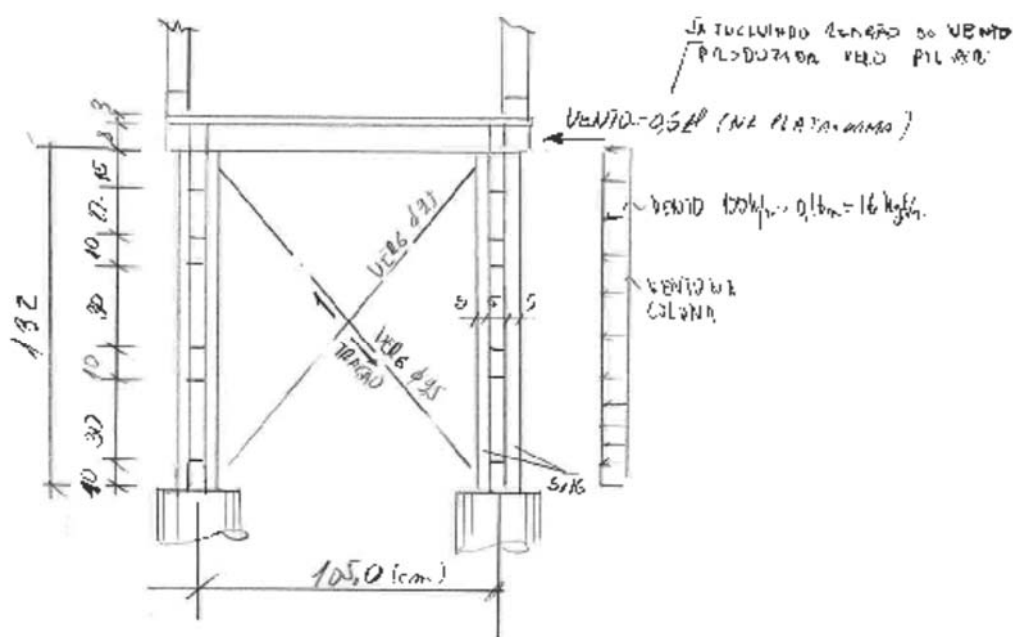
TENSÃO CIZANTE

$$Z = \frac{2}{3} \frac{V_{ed}}{b \cdot h} = \frac{2}{3} \cdot \frac{100 \text{ kN} \cdot 1,4}{70 \cdot 70} = 1,91 \text{ kN/cm} = 0,19 \text{ MPa}$$

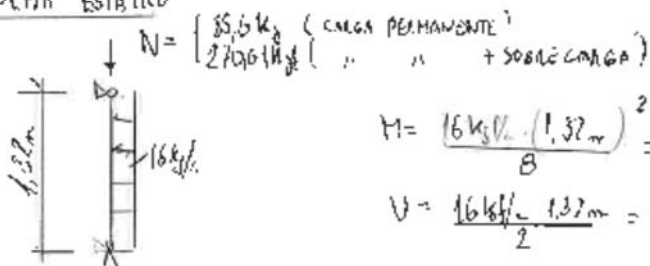
$$Z = 0,19 \text{ MPa} < f_{cd} = 3,471 \text{ MPa (OK)}$$



PILARES



ESQUEMA ESTÁTICO



$$N = \left[85,6 \text{ kg} \text{ (CARGA PERMANENTE)} + 270,01 \text{ kg} \text{ (SOBRE CARGA)} \right]$$

$$M = \frac{16 \text{ kg/m} \cdot (1,92 \text{ m})^2}{8} = 3,43 \text{ kgf.m} = 343 \text{ kgf.cm}$$

$$V = \frac{16 \text{ kg/m} \cdot 1,92 \text{ m}}{2} = 15,36 \text{ kg}$$

CARGA VERTICAL

(CARGA PERMANENTE)

DESO P/6 P/6 $[0,16 \text{ m} \cdot 0,16 \text{ m} \cdot 2 \times 1,92 \text{ m} \cdot 0,16 \cdot 0,25 \cdot 0,16 \cdot 3] = 832 \text{ kg/m}^3 - 20,98 \text{ kg}$

V1 $\frac{20,98}{43,35}$

V6 $\frac{20,98}{43,35}$

$\Rightarrow F = 85,6 \text{ kgf}$

(CARGA PERMANENTE + SOBRE CARGA)

DESO P/6 P/6 $20,98 \text{ kgf}$

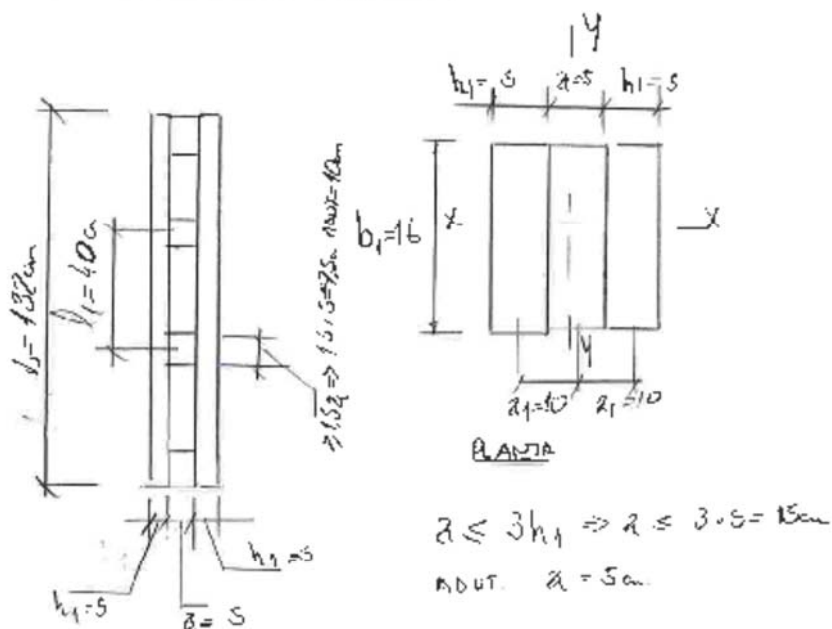
V1 $64,63 \text{ kgf}$

V6 $184,35 \text{ kgf}$

$\Rightarrow F = 270,01 \text{ kgf}$



GEOMETRIA DOS PILARES



ELEVADO

$$l_{f1} = l_1 = 132 \text{ cm}$$

$$l_1 \leq \frac{l_{f1}}{3} = \frac{132 \text{ cm}}{3} = 44 \text{ cm}$$

$$l_1 \leq 17.3 h_1 = 17.3 \cdot 5 \text{ cm} = 86.5 \text{ cm}$$

$$\text{ADOT. } l_1 = 40 \text{ cm}$$

CÁLCULO DA PEA COMPRIMIDA CONSIDERANDO A FLAMBAGEM EM TORNO DO EIXO Y-Y QUE FUNCIONA COMO COLUMNA COMPOSTA.

MOMENTO DE INÉRCIA REDUZIDO I_{y1}

$$m = \frac{l_{f1}}{l_1} = \frac{132}{40} = 3.3$$

$$A_y = b_1 \cdot h_1 = 16 \cdot 5 = 80 \text{ cm}^2$$



35

$$I_{ly} = \frac{b_1 \cdot h_1^3}{12} = \frac{16 \cdot 5^3}{12} = 166,667 \text{ cm}^4$$

$n = 2$ N° DE PEÇAS INDIVIDUAIS DA COLUNA EM CADA PLANO DE FLAMBAGEM

$$I_y = n I_{ly} + 2 A_1 \cdot z_1^2$$

$$I_y = 2 \cdot 166,667 + 2 \cdot 80 \cdot 10^2 = 16.333,334 \text{ cm}^4$$

$\alpha = 1,25$ PARA PLACAS INTERPOSTAS

$$W_{ly} = \frac{b_1 \cdot h_1^2}{6} = \frac{16 \cdot 5^2}{6} = 66,667 \text{ cm}^3$$

EQUAÇÃO DE INTERAÇÃO PARA VERIFICAÇÃO DA ESTABILIDADE

$$\frac{N_d}{A} + \frac{M_d}{W_{ly}} \cdot \frac{I_{ly}}{I_{yr}} + \frac{M_d}{2 A_1 \cdot A_1} \left(1 - n \frac{I_{ly}}{I_{yr}} \right) \leq f_{cd} = 34,71 \text{ MPa}$$

ONDE:

$$N_d \Rightarrow g \cdot g + q \cdot q = g \cdot 1,0 + q \cdot 1,4$$

$$\Rightarrow N_d: \begin{array}{r} \text{DADO} \\ V_1 \\ V_6 \end{array} \begin{array}{r} \text{PASSIVO} \\ \text{PASSIVO} \\ \text{PASSIVO} \end{array} \begin{array}{r} 22.384,1 \\ 87,6 \\ 268,81 \end{array}$$

$$M_d = 349 \text{ kg} \cdot 1,4 = 488,6 \text{ kg} \cdot \text{m}$$

$$N_d = 337,4 \text{ kg}$$

$$A = 2 A_1 = 80 \text{ cm} \cdot 2 = 160 \text{ cm}^2$$

$$I_{yr} = \frac{n^2 \cdot I_{ly}}{n^2 \cdot I_{ly} + \alpha \cdot I_y} \cdot I_y$$

$$I_{yr} = \frac{3,3^2 \cdot 166,667}{3,3^2 \cdot 166,667 + 1,25 \cdot 16.333,334} \times 16.333,334 = 15.333,458 \text{ cm}^4$$



36

$$\frac{N_d}{A} + \frac{M_d}{W_{ly}} \cdot \frac{I_{ly}}{I_{yr}} + \frac{M_d}{2A_1 \cdot A_1} \left(1 - n \frac{I_{ly}}{I_{yr}} \right)$$

$$\frac{377,4 \text{ kgf}}{160 \text{ cm}^2} + \frac{488,6 \text{ kgf} \cdot \text{cm}}{66,667 \text{ cm}^3} \cdot \frac{166,667 \text{ cm}^4}{133,458 \text{ cm}^4} + \frac{488,6 \text{ kgf} \cdot \text{cm}}{2 \times 10 \text{ cm} \times 80 \text{ cm}^2} \left(1 - 2 \cdot \frac{166,667 \text{ cm}^4}{133,458 \text{ cm}^4} \right) = 3,509$$

$$\therefore \frac{N_d}{A} + \frac{M_d}{W_{ly}} \cdot \frac{I_{ly}}{I_{yr}} + \frac{M_d}{2A_1 \cdot A_1} \left(1 - n \frac{I_{ly}}{I_{yr}} \right) = 3,504 \text{ kgf/cm}^2 = 0,35 \text{ MPa} < f_{cd} = 3,47 \text{ MPa} \quad (\text{OK})$$

ESBERTZ - DESPREZADA $h = 1,32 \text{ m}$

CICLAGEM DESPREZADA VALOR INSIGNIFICANTE

São Paulo, outubro de 2019.

OFFICEPLAN Planejamento e Gerenciamento

Arq. Luis Antonio Pupinski

CAU A31161-8

OFFICEPLAN Planejamento e Gerenciamento

Eng. Rodrigo de Freitas

CREA nº 5062133649