

**Relatório de Cálculo do Sistema de Viga Mista Semi Continua**

# Introdução

O presente relatorio tem por proposito apresentar as premissas de calculo e um resumo da rotina de calculo realizado, apresentando os resultados obtidos.

O Relatorio apresentara primeiramente as considerações iniciais, assim como as propriedades adotadas na rotina de calculo.

Por fim apresentara um resumo dos resultados obtidos no final das rotinas de calculo.

# Considerações iniciais de Cálculo:

## Propriedades dos Materiais

Tabela com valores de resistência dos materiais utilizados na rotina de escoamento.Sendo fy a tensão de escoamento do aço do perfil metálico,fys a tensão de escoamento do aço das barras de armadura da laje e fck a resistência caracteristica do concreto.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| fy [kN/cm2] = | 34.5 | E [kN/m2] = | 200000000.0 |
| fs [kN/cm2] = | 50.0 | Es [kN/m2] = | 210000000.0 |
| fck [kN/cm2] = | 2.5 | G [kN/m2] = | 7700000000.0 |

## Propriedades das Ligações

Tabela com valores padrão para propriedades das ligações, utilizados nos calculos de verificações e vinculos semi-rigidos.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | Quantidade | Unidade |
| Espessura Cantoneira de alma | 6.35 | mm |
| Espessura Cantoneiras inferiores | 9.50 | mm |
| Resistência Aço das cantoneiras | 46.0 | kN/cm2 |
| Diâmetro dos parafusos | 19.05 | mm |
| Resistência Aço dos parafusos | 82.5 | kN/cm2 |
| Grau de interação | 0.75 | % |
| Resistência dos Conectores | 70.7 | kN |

## Carregamentos e Combinações Consideradas

Tabela apresentando os valores dos carregamentos considerados em calculo.Considerando um steel deck de espessura 0.8mm e laje com altura de 140.0mm.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | Quantidade | Unidade | Sigla |
| Carga Steel Deck | 2.9505 | kg/m2 | cpsd |
| Carga Permanente | 1.5 | kg/m2 | cp |
| Sobrecarga | 2.5 | kg/m2 | sc |
| Sobrecarga de Montagem | 100.0 | kg/m2 | scm |

## Combinações utilizadas

1. ML 1.0 \* sc + cp
2. MD' 1.2 \* (cpsd + pp) + 1.6 \* scm (Antes da Cura)
3. MD 1.2 \* (cpsd + pp) + 1.6 \* sc (Depois da Cura)
4. Longa cp + cpsd + pp
5. Curta sc

## Propriedades Geométricas

Tabela apresentando as dimensões geométricas dos perfis que compõe cada vão.

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Indice do Vão | 0.0 | 1.0 | 2.0 | 3.0 | 4.0 |
| Vão [m] | 7.5 | 7.5 | 7.5 | 7.5 | 7.5 |
| b inf [m] | 2.5 | 2.5 | 2.5 | 2.5 | 2.5 |
| alma [mm] | 300.0 | 300.0 | 300.0 | 300.0 | 300.0 |
| mesa [mm] | 140.0 | 140.0 | 140.0 | 140.0 | 140.0 |
| tw [mm] | 4.75 | 4.75 | 4.75 | 4.75 | 4.75 |
| tfs [mm] | 8.0 | 8.0 | 8.0 | 8.0 | 8.0 |
| tfi [mm] | 8.0 | 8.0 | 8.0 | 8.0 | 8.0 |
| As | 4.91 | 4.91 | 4.91 | 4.91 | 4.91 |

# Calculo das Ligações semi-rigidas

Esta parte do relatorio ira apresentar os calculos realizados, para cada tramo, para o calculo do vinculo semi-rigido e outras propriedades semi-rigidas.

## Tramo 0 apoio esquerdo

Parametros do Tramo em analise  
hdeck = 140.0 [mm]  
largura influencia = 2.5 [m]  
Asl = 4.90625 [cm2]  
bitola = 1.25 [cm]  
fck = 2.5 [kN/cm2];  
fy = 34.5 [kN/cm2];  
fys = 50.0 [kN/cm2];  
Ap = 35.89 [cm2];  
ia = 5681.491866666667 [cm4];  
wa = 379 [cm3];  
Es = 21000.0 [kN/cm2];  
E = 20000.0 [kN/cm2];  
vão = 750.0 [m];  
O comprimento de referencia (L) para levar em conta o efeito do concreto que envolve a armadura, podendo ser tomado igual a 200 mm sendo que a distancia do primeiro conector ate a face e ate o centro do elemento de apoio nao podem ser inferiores a 100 e 200mm, respectivamente. L = 200  
tc = (hdeck - 75mm) / 10 = 6.5  
ycg\_laje = 7.5 + (tc / 2) = 10.75  
ds = y\_laje = d / 2 + ycg\_laje = 25.75  
  
Parametros de definição para KI  
nl = 2; numero de linhas de parafusos  
db = 19.05; diametro dos parafusos - [mm]  
dm = 16; mm - diametro de referencia tomado 16mm NBR 8800  
S = 75; espaçamento entre parafusos na direção da força  
  
Parametros de definição para KCS  
Item O.2.4.1.2 da NBR8800-2008:  
tds = Asl \* fys / 1.15 = 213.32  
n = tds / Qrd = 2.0 (Calculo de numero de conectores)  
kr = 1000 (valor pre-definido)  
  
 Parametros de Definição para o KS  
Capacidade de deformação.  
Bt = 0.4;  
sigma0 = 0.8;  
fctm = 0.3 \* (fck[MPa]) ^ (2/3) = 0.26  
Ec = 4760 \* (fck[MPa]) ^ (1/2) = 2380.0  
RzE = E / Ec = 8.4  
  
Rigidez inicial das barras de amradura da laje de steel deck  
Conforme Item R.2.3.1 da NBR8800-2008  
ks = 2 \* Asl \* Es / ha = 13737.5;  
  
Na região de Momento Negativo.  
Conforme Item O.2.2.2.b NBR 8800-2008  
largura efetiva = menor valor entre:   
 (vão + vão adjacente)/4 \* 2/8 ;  
 largura de influência = 46.875  
Definição do centro de geometria da seção transformada, para capacidade de deformação  
largura transformada = largura efetiva / RzE = 5.58  
area transformada = largura transformada \* tc = 36.26  
Ay = area transformada \* y\_laje = 933.64  
yg = Ay / (Ap + area transformada) = 12.94  
y0 = d/2 - yg + ycg\_laje = 12.81  
  
Capacidade de deformação das barras da armadura  
Conforme Item R.2.3.3 da NBR8800-2008  
esm deformação da armadura envolvida pelo concreto  
dus - capacidade de alongamento das barras de armadura  
rho = Asl / (largura efetiva \* tc - Asl) = 0.016366  
desr = fctm \* kc / ( rho \* Es) = 0.000746  
teta\_srl = (fctm \* kc / rho) \* (1 + rho \* Es / Ec) = 17.9356  
esy = fys / Es = 0.002381  
esmu = esy - Bt\*desr + sigma0 \* (1 - teta\_srl/fys) \* (esu - esy) = 0.041903  
dus = L \* esmu = 8.3807  
  
Definiçao do KCS:  
Rd armaduras = tds = Asl \* fys / 1.15  
nqrd = n \* Qrd = 141.4  
ee = ia / (Asl \* (ds \*\* 2)) = 1.75  
vv = ((ee + 1)\* n \* kr \* 1 \* Ll\*(ds^2) / (ea\*ia)) ^ (1/2) = 2.33  
alpha = vv - (vv - 1)\*(d + ycg\_laje) / ((ds \* (ee + 1))) = 1.56  
kcs = n \* kr / alpha = 1920.83  
  
Capacidade de deformação dos conectores de cisalhamento  
sb - capacidade de escorregamento associada a deformação dos conectores  
Conforme Item R.2.4.3 da NBR8800-2008:  
sa = 0.7 \* 1.25 \* Qrd / kr = 0.0619  
fsb = fys \* Asl = 245.31  
fsa = kcs \* sa = 118.83  
sb = 2 \* sa \* fsb / fsa = 0.2554; em cm  
  
Rigidez inicial da ligação parafusada  
Conforme Item R.2.5.2 da NBR8800-2008:  
ks2 = Menor valor entre: (S / (4 \* db) + 0.375) ; (1.25) = 1.25  
kt1 = Menor valor entre: (1.5 \* tp1 / dm) ; (2.5) = 0.891  
kt2 = Menor valor entre: (1.5 \* tp2 / dm) ; (2.5) = 0.891  
kp1 = 24 \* ks2 \* kt1 \* db/10 \* fu1 = 2341.364  
kp2 = 24 \* ks2 \* kt2 \* db/10 \* fu2 = 2341.364  
kb = 16 \* fub \* (db/10) \*\* 2 / (dm/10) = 2993.946  
ki = nl / ( 1 / kp1 + 1 / kp2 + 1 / kb) = 1683.204  
C1 = h^2 / (1. / ks + 1. / kcs + 1. / ki = 1398359.8 kN/rad  
  
Capacidade de rotação, sem perda de resistencia na ligação.  
Para o calculo do tetau, os valores precisam estar em mm. Tetau é retornado em radianos  
dui - capacidade de desolcamento da ligação inferior  
Item R.2.5.2.2.3 da NBR8800/2008 - para ligação soldadas, capacidade dui = 0  
Item R.2.5.2.3.3 da NBR8800/2008 - limite deslocamento horizontal da extremidade da mesa inferior dui = 3mm  
tetau = ( dus + dui + sb \* 10) / ( h \* 10 ) \* 1.1  
tetau = 37.62; Em radianos  
afs = bfs \* tfs = 11.2  
afi = tfi \* bfi = 11.2  
hw = d - tfs - tfi = 28.4  
Posição da linha neutra plastica da Ligação, valor a partir da face inferior da viga:  
 ylnp = (h\*10) \* dui / ( dus + dui + sb\*10) = 87.73 ; valor em mm  
  
Calculo da linha neutra do perfil  
linha neutra = (afi \* fy / 1.1 - tds - afs \* fy / 1.1 + hw\*tw\*fy/1.1) / (2\*tw\*fy/1.1)  
linha neutra = 7.04 mm  
linha neutra na alma do perfil  
Conforme O.2.4.1.3 da NBR8800-2008  
Valores calculados para definição do momento negativo resistente:  
 d3 = 33.96; d4 = 5.9; d5 = 17.0; aat = 14.16; aac = 21.73  
mrd\_neg = tds \* d3 + aat\*fy/1.25\*d4 + aac\*fy\*d5/1.25 = 19744.37  
mrd\_neg\_k = tds \* d3 + aat\*fy/1\*d4 + aac\*fy\*d5/1 = 22869.46

## Tramo 0 apoio direito

Parametros do Tramo em analise  
hdeck = 140.0 [mm]  
largura influencia = 2.5 [m]  
Asl = 4.90625 [cm2]  
bitola = 1.25 [cm]  
fck = 2.5 [kN/cm2];  
fy = 34.5 [kN/cm2];  
fys = 50.0 [kN/cm2];  
Ap = 35.89 [cm2];  
ia = 5681.491866666667 [cm4];  
wa = 379 [cm3];  
Es = 21000.0 [kN/cm2];  
E = 20000.0 [kN/cm2];  
vão = 750.0 [m];  
O comprimento de referencia (L) para levar em conta o efeito do concreto que envolve a armadura, podendo ser tomado igual a 200 mm sendo que a distancia do primeiro conector ate a face e ate o centro do elemento de apoio nao podem ser inferiores a 100 e 200mm, respectivamente. L = 200  
tc = (hdeck - 75mm) / 10 = 6.5  
ycg\_laje = 7.5 + (tc / 2) = 10.75  
ds = y\_laje = d / 2 + ycg\_laje = 25.75  
  
Parametros de definição para KI  
nl = 2; numero de linhas de parafusos  
db = 19.05; diametro dos parafusos - [mm]  
dm = 16; mm - diametro de referencia tomado 16mm NBR 8800  
S = 75; espaçamento entre parafusos na direção da força  
  
Parametros de definição para KCS  
Item O.2.4.1.2 da NBR8800-2008:  
tds = Asl \* fys / 1.15 = 213.32  
n = tds / Qrd = 2.0 (Calculo de numero de conectores)  
kr = 1000 (valor pre-definido)  
  
 Parametros de Definição para o KS  
Capacidade de deformação.  
Bt = 0.4;  
sigma0 = 0.8;  
fctm = 0.3 \* (fck[MPa]) ^ (2/3) = 0.26  
Ec = 4760 \* (fck[MPa]) ^ (1/2) = 2380.0  
RzE = E / Ec = 8.4  
  
Rigidez inicial das barras de amradura da laje de steel deck  
Conforme Item R.2.3.1 da NBR8800-2008  
ks = 2 \* Asl \* Es / ha = 13737.5;  
  
Na região de Momento Negativo.  
Conforme Item O.2.2.2.b NBR 8800-2008  
largura efetiva = menor valor entre:   
 (vão + vão adjacente)/4 \* 2/8 ;  
 largura de influência = 93.75  
Definição do centro de geometria da seção transformada, para capacidade de deformação  
largura transformada = largura efetiva / RzE = 11.16  
area transformada = largura transformada \* tc = 72.52  
Ay = area transformada \* y\_laje = 1867.28  
yg = Ay / (Ap + area transformada) = 17.22  
y0 = d/2 - yg + ycg\_laje = 8.53  
  
Capacidade de deformação das barras da armadura  
Conforme Item R.2.3.3 da NBR8800-2008  
esm deformação da armadura envolvida pelo concreto  
dus - capacidade de alongamento das barras de armadura  
rho = Asl / (largura efetiva \* tc - Asl) = 0.008117  
desr = fctm \* kc / ( rho \* Es) = 0.001505  
teta\_srl = (fctm \* kc / rho) \* (1 + rho \* Es / Ec) = 33.8645  
esy = fys / Es = 0.002381  
esmu = esy - Bt\*desr + sigma0 \* (1 - teta\_srl/fys) \* (esu - esy) = 0.021818  
dus = L \* esmu = 4.3635  
  
Definiçao do KCS:  
Rd armaduras = tds = Asl \* fys / 1.15  
nqrd = n \* Qrd = 141.4  
ee = ia / (Asl \* (ds \*\* 2)) = 1.75  
vv = ((ee + 1)\* n \* kr \* 1 \* Ll\*(ds^2) / (ea\*ia)) ^ (1/2) = 2.33  
alpha = vv - (vv - 1)\*(d + ycg\_laje) / ((ds \* (ee + 1))) = 1.56  
kcs = n \* kr / alpha = 1920.83  
  
Capacidade de deformação dos conectores de cisalhamento  
sb - capacidade de escorregamento associada a deformação dos conectores  
Conforme Item R.2.4.3 da NBR8800-2008:  
sa = 0.7 \* 1.25 \* Qrd / kr = 0.0619  
fsb = fys \* Asl = 245.31  
fsa = kcs \* sa = 118.83  
sb = 2 \* sa \* fsb / fsa = 0.2554; em cm  
  
Rigidez inicial da ligação parafusada  
Conforme Item R.2.5.2 da NBR8800-2008:  
ks2 = Menor valor entre: (S / (4 \* db) + 0.375) ; (1.25) = 1.25  
kt1 = Menor valor entre: (1.5 \* tp1 / dm) ; (2.5) = 0.891  
kt2 = Menor valor entre: (1.5 \* tp2 / dm) ; (2.5) = 0.891  
kp1 = 24 \* ks2 \* kt1 \* db/10 \* fu1 = 2341.364  
kp2 = 24 \* ks2 \* kt2 \* db/10 \* fu2 = 2341.364  
kb = 16 \* fub \* (db/10) \*\* 2 / (dm/10) = 2993.946  
ki = nl / ( 1 / kp1 + 1 / kp2 + 1 / kb) = 1683.204  
C1 = h^2 / (1. / ks + 1. / kcs + 1. / ki = 1398359.8 kN/rad  
  
Capacidade de rotação, sem perda de resistencia na ligação.  
Para o calculo do tetau, os valores precisam estar em mm. Tetau é retornado em radianos  
dui - capacidade de desolcamento da ligação inferior  
Item R.2.5.2.2.3 da NBR8800/2008 - para ligação soldadas, capacidade dui = 0  
Item R.2.5.2.3.3 da NBR8800/2008 - limite deslocamento horizontal da extremidade da mesa inferior dui = 3mm  
tetau = ( dus + dui + sb \* 10) / ( h \* 10 ) \* 1.1  
tetau = 26.77; Em radianos  
afs = bfs \* tfs = 11.2  
afi = tfi \* bfi = 11.2  
hw = d - tfs - tfi = 28.4  
Posição da linha neutra plastica da Ligação, valor a partir da face inferior da viga:  
 ylnp = (h\*10) \* dui / ( dus + dui + sb\*10) = 123.26 ; valor em mm  
  
Calculo da linha neutra do perfil  
linha neutra = (afi \* fy / 1.1 - tds - afs \* fy / 1.1 + hw\*tw\*fy/1.1) / (2\*tw\*fy/1.1)  
linha neutra = 7.04 mm  
linha neutra na alma do perfil  
Conforme O.2.4.1.3 da NBR8800-2008  
Valores calculados para definição do momento negativo resistente:  
 d3 = 33.96; d4 = 5.9; d5 = 17.0; aat = 14.16; aac = 21.73  
mrd\_neg = tds \* d3 + aat\*fy/1.25\*d4 + aac\*fy\*d5/1.25 = 19744.37  
mrd\_neg\_k = tds \* d3 + aat\*fy/1\*d4 + aac\*fy\*d5/1 = 22869.46

## Tramo 1 apoio esquerdo

Parametros do Tramo em analise  
hdeck = 140.0 [mm]  
largura influencia = 2.5 [m]  
Asl = 4.90625 [cm2]  
bitola = 1.25 [cm]  
fck = 2.5 [kN/cm2];  
fy = 34.5 [kN/cm2];  
fys = 50.0 [kN/cm2];  
Ap = 35.89 [cm2];  
ia = 5681.491866666667 [cm4];  
wa = 379 [cm3];  
Es = 21000.0 [kN/cm2];  
E = 20000.0 [kN/cm2];  
vão = 750.0 [m];  
O comprimento de referencia (L) para levar em conta o efeito do concreto que envolve a armadura, podendo ser tomado igual a 200 mm sendo que a distancia do primeiro conector ate a face e ate o centro do elemento de apoio nao podem ser inferiores a 100 e 200mm, respectivamente. L = 200  
tc = (hdeck - 75mm) / 10 = 6.5  
ycg\_laje = 7.5 + (tc / 2) = 10.75  
ds = y\_laje = d / 2 + ycg\_laje = 25.75  
  
Parametros de definição para KI  
nl = 2; numero de linhas de parafusos  
db = 19.05; diametro dos parafusos - [mm]  
dm = 16; mm - diametro de referencia tomado 16mm NBR 8800  
S = 75; espaçamento entre parafusos na direção da força  
  
Parametros de definição para KCS  
Item O.2.4.1.2 da NBR8800-2008:  
tds = Asl \* fys / 1.15 = 213.32  
n = tds / Qrd = 2.0 (Calculo de numero de conectores)  
kr = 1000 (valor pre-definido)  
  
 Parametros de Definição para o KS  
Capacidade de deformação.  
Bt = 0.4;  
sigma0 = 0.8;  
fctm = 0.3 \* (fck[MPa]) ^ (2/3) = 0.26  
Ec = 4760 \* (fck[MPa]) ^ (1/2) = 2380.0  
RzE = E / Ec = 8.4  
  
Rigidez inicial das barras de amradura da laje de steel deck  
Conforme Item R.2.3.1 da NBR8800-2008  
ks = 2 \* Asl \* Es / ha = 13737.5;  
  
Na região de Momento Negativo.  
Conforme Item O.2.2.2.b NBR 8800-2008  
largura efetiva = menor valor entre:   
 (vão + vão adjacente)/4 \* 2/8 ;  
 largura de influência = 93.75  
Definição do centro de geometria da seção transformada, para capacidade de deformação  
largura transformada = largura efetiva / RzE = 11.16  
area transformada = largura transformada \* tc = 72.52  
Ay = area transformada \* y\_laje = 1867.28  
yg = Ay / (Ap + area transformada) = 17.22  
y0 = d/2 - yg + ycg\_laje = 8.53  
  
Capacidade de deformação das barras da armadura  
Conforme Item R.2.3.3 da NBR8800-2008  
esm deformação da armadura envolvida pelo concreto  
dus - capacidade de alongamento das barras de armadura  
rho = Asl / (largura efetiva \* tc - Asl) = 0.008117  
desr = fctm \* kc / ( rho \* Es) = 0.001505  
teta\_srl = (fctm \* kc / rho) \* (1 + rho \* Es / Ec) = 33.8645  
esy = fys / Es = 0.002381  
esmu = esy - Bt\*desr + sigma0 \* (1 - teta\_srl/fys) \* (esu - esy) = 0.021818  
dus = L \* esmu = 4.3635  
  
Definiçao do KCS:  
Rd armaduras = tds = Asl \* fys / 1.15  
nqrd = n \* Qrd = 141.4  
ee = ia / (Asl \* (ds \*\* 2)) = 1.75  
vv = ((ee + 1)\* n \* kr \* 1 \* Ll\*(ds^2) / (ea\*ia)) ^ (1/2) = 2.33  
alpha = vv - (vv - 1)\*(d + ycg\_laje) / ((ds \* (ee + 1))) = 1.56  
kcs = n \* kr / alpha = 1920.83  
  
Capacidade de deformação dos conectores de cisalhamento  
sb - capacidade de escorregamento associada a deformação dos conectores  
Conforme Item R.2.4.3 da NBR8800-2008:  
sa = 0.7 \* 1.25 \* Qrd / kr = 0.0619  
fsb = fys \* Asl = 245.31  
fsa = kcs \* sa = 118.83  
sb = 2 \* sa \* fsb / fsa = 0.2554; em cm  
  
Rigidez inicial da ligação parafusada  
Conforme Item R.2.5.2 da NBR8800-2008:  
ks2 = Menor valor entre: (S / (4 \* db) + 0.375) ; (1.25) = 1.25  
kt1 = Menor valor entre: (1.5 \* tp1 / dm) ; (2.5) = 0.891  
kt2 = Menor valor entre: (1.5 \* tp2 / dm) ; (2.5) = 0.891  
kp1 = 24 \* ks2 \* kt1 \* db/10 \* fu1 = 2341.364  
kp2 = 24 \* ks2 \* kt2 \* db/10 \* fu2 = 2341.364  
kb = 16 \* fub \* (db/10) \*\* 2 / (dm/10) = 2993.946  
ki = nl / ( 1 / kp1 + 1 / kp2 + 1 / kb) = 1683.204  
C1 = h^2 / (1. / ks + 1. / kcs + 1. / ki = 1398359.8 kN/rad  
  
Capacidade de rotação, sem perda de resistencia na ligação.  
Para o calculo do tetau, os valores precisam estar em mm. Tetau é retornado em radianos  
dui - capacidade de desolcamento da ligação inferior  
Item R.2.5.2.2.3 da NBR8800/2008 - para ligação soldadas, capacidade dui = 0  
Item R.2.5.2.3.3 da NBR8800/2008 - limite deslocamento horizontal da extremidade da mesa inferior dui = 3mm  
tetau = ( dus + dui + sb \* 10) / ( h \* 10 ) \* 1.1  
tetau = 26.77; Em radianos  
afs = bfs \* tfs = 11.2  
afi = tfi \* bfi = 11.2  
hw = d - tfs - tfi = 28.4  
Posição da linha neutra plastica da Ligação, valor a partir da face inferior da viga:  
 ylnp = (h\*10) \* dui / ( dus + dui + sb\*10) = 123.26 ; valor em mm  
  
Calculo da linha neutra do perfil  
linha neutra = (afi \* fy / 1.1 - tds - afs \* fy / 1.1 + hw\*tw\*fy/1.1) / (2\*tw\*fy/1.1)  
linha neutra = 7.04 mm  
linha neutra na alma do perfil  
Conforme O.2.4.1.3 da NBR8800-2008  
Valores calculados para definição do momento negativo resistente:  
 d3 = 33.96; d4 = 5.9; d5 = 17.0; aat = 14.16; aac = 21.73  
mrd\_neg = tds \* d3 + aat\*fy/1.25\*d4 + aac\*fy\*d5/1.25 = 19744.37  
mrd\_neg\_k = tds \* d3 + aat\*fy/1\*d4 + aac\*fy\*d5/1 = 22869.46

## Tramo 1 apoio direito

Parametros do Tramo em analise  
hdeck = 140.0 [mm]  
largura influencia = 2.5 [m]  
Asl = 4.90625 [cm2]  
bitola = 1.25 [cm]  
fck = 2.5 [kN/cm2];  
fy = 34.5 [kN/cm2];  
fys = 50.0 [kN/cm2];  
Ap = 35.89 [cm2];  
ia = 5681.491866666667 [cm4];  
wa = 379 [cm3];  
Es = 21000.0 [kN/cm2];  
E = 20000.0 [kN/cm2];  
vão = 750.0 [m];  
O comprimento de referencia (L) para levar em conta o efeito do concreto que envolve a armadura, podendo ser tomado igual a 200 mm sendo que a distancia do primeiro conector ate a face e ate o centro do elemento de apoio nao podem ser inferiores a 100 e 200mm, respectivamente. L = 200  
tc = (hdeck - 75mm) / 10 = 6.5  
ycg\_laje = 7.5 + (tc / 2) = 10.75  
ds = y\_laje = d / 2 + ycg\_laje = 25.75  
  
Parametros de definição para KI  
nl = 2; numero de linhas de parafusos  
db = 19.05; diametro dos parafusos - [mm]  
dm = 16; mm - diametro de referencia tomado 16mm NBR 8800  
S = 75; espaçamento entre parafusos na direção da força  
  
Parametros de definição para KCS  
Item O.2.4.1.2 da NBR8800-2008:  
tds = Asl \* fys / 1.15 = 213.32  
n = tds / Qrd = 2.0 (Calculo de numero de conectores)  
kr = 1000 (valor pre-definido)  
  
 Parametros de Definição para o KS  
Capacidade de deformação.  
Bt = 0.4;  
sigma0 = 0.8;  
fctm = 0.3 \* (fck[MPa]) ^ (2/3) = 0.26  
Ec = 4760 \* (fck[MPa]) ^ (1/2) = 2380.0  
RzE = E / Ec = 8.4  
  
Rigidez inicial das barras de amradura da laje de steel deck  
Conforme Item R.2.3.1 da NBR8800-2008  
ks = 2 \* Asl \* Es / ha = 13737.5;  
  
Na região de Momento Negativo.  
Conforme Item O.2.2.2.b NBR 8800-2008  
largura efetiva = menor valor entre:   
 (vão + vão adjacente)/4 \* 2/8 ;  
 largura de influência = 93.75  
Definição do centro de geometria da seção transformada, para capacidade de deformação  
largura transformada = largura efetiva / RzE = 11.16  
area transformada = largura transformada \* tc = 72.52  
Ay = area transformada \* y\_laje = 1867.28  
yg = Ay / (Ap + area transformada) = 17.22  
y0 = d/2 - yg + ycg\_laje = 8.53  
  
Capacidade de deformação das barras da armadura  
Conforme Item R.2.3.3 da NBR8800-2008  
esm deformação da armadura envolvida pelo concreto  
dus - capacidade de alongamento das barras de armadura  
rho = Asl / (largura efetiva \* tc - Asl) = 0.008117  
desr = fctm \* kc / ( rho \* Es) = 0.001505  
teta\_srl = (fctm \* kc / rho) \* (1 + rho \* Es / Ec) = 33.8645  
esy = fys / Es = 0.002381  
esmu = esy - Bt\*desr + sigma0 \* (1 - teta\_srl/fys) \* (esu - esy) = 0.021818  
dus = L \* esmu = 4.3635  
  
Definiçao do KCS:  
Rd armaduras = tds = Asl \* fys / 1.15  
nqrd = n \* Qrd = 141.4  
ee = ia / (Asl \* (ds \*\* 2)) = 1.75  
vv = ((ee + 1)\* n \* kr \* 1 \* Ll\*(ds^2) / (ea\*ia)) ^ (1/2) = 2.33  
alpha = vv - (vv - 1)\*(d + ycg\_laje) / ((ds \* (ee + 1))) = 1.56  
kcs = n \* kr / alpha = 1920.83  
  
Capacidade de deformação dos conectores de cisalhamento  
sb - capacidade de escorregamento associada a deformação dos conectores  
Conforme Item R.2.4.3 da NBR8800-2008:  
sa = 0.7 \* 1.25 \* Qrd / kr = 0.0619  
fsb = fys \* Asl = 245.31  
fsa = kcs \* sa = 118.83  
sb = 2 \* sa \* fsb / fsa = 0.2554; em cm  
  
Rigidez inicial da ligação parafusada  
Conforme Item R.2.5.2 da NBR8800-2008:  
ks2 = Menor valor entre: (S / (4 \* db) + 0.375) ; (1.25) = 1.25  
kt1 = Menor valor entre: (1.5 \* tp1 / dm) ; (2.5) = 0.891  
kt2 = Menor valor entre: (1.5 \* tp2 / dm) ; (2.5) = 0.891  
kp1 = 24 \* ks2 \* kt1 \* db/10 \* fu1 = 2341.364  
kp2 = 24 \* ks2 \* kt2 \* db/10 \* fu2 = 2341.364  
kb = 16 \* fub \* (db/10) \*\* 2 / (dm/10) = 2993.946  
ki = nl / ( 1 / kp1 + 1 / kp2 + 1 / kb) = 1683.204  
C1 = h^2 / (1. / ks + 1. / kcs + 1. / ki = 1398359.8 kN/rad  
  
Capacidade de rotação, sem perda de resistencia na ligação.  
Para o calculo do tetau, os valores precisam estar em mm. Tetau é retornado em radianos  
dui - capacidade de desolcamento da ligação inferior  
Item R.2.5.2.2.3 da NBR8800/2008 - para ligação soldadas, capacidade dui = 0  
Item R.2.5.2.3.3 da NBR8800/2008 - limite deslocamento horizontal da extremidade da mesa inferior dui = 3mm  
tetau = ( dus + dui + sb \* 10) / ( h \* 10 ) \* 1.1  
tetau = 26.77; Em radianos  
afs = bfs \* tfs = 11.2  
afi = tfi \* bfi = 11.2  
hw = d - tfs - tfi = 28.4  
Posição da linha neutra plastica da Ligação, valor a partir da face inferior da viga:  
 ylnp = (h\*10) \* dui / ( dus + dui + sb\*10) = 123.26 ; valor em mm  
  
Calculo da linha neutra do perfil  
linha neutra = (afi \* fy / 1.1 - tds - afs \* fy / 1.1 + hw\*tw\*fy/1.1) / (2\*tw\*fy/1.1)  
linha neutra = 7.04 mm  
linha neutra na alma do perfil  
Conforme O.2.4.1.3 da NBR8800-2008  
Valores calculados para definição do momento negativo resistente:  
 d3 = 33.96; d4 = 5.9; d5 = 17.0; aat = 14.16; aac = 21.73  
mrd\_neg = tds \* d3 + aat\*fy/1.25\*d4 + aac\*fy\*d5/1.25 = 19744.37  
mrd\_neg\_k = tds \* d3 + aat\*fy/1\*d4 + aac\*fy\*d5/1 = 22869.46

## Tramo 2 apoio esquerdo

Parametros do Tramo em analise  
hdeck = 140.0 [mm]  
largura influencia = 2.5 [m]  
Asl = 4.90625 [cm2]  
bitola = 1.25 [cm]  
fck = 2.5 [kN/cm2];  
fy = 34.5 [kN/cm2];  
fys = 50.0 [kN/cm2];  
Ap = 35.89 [cm2];  
ia = 5681.491866666667 [cm4];  
wa = 379 [cm3];  
Es = 21000.0 [kN/cm2];  
E = 20000.0 [kN/cm2];  
vão = 750.0 [m];  
O comprimento de referencia (L) para levar em conta o efeito do concreto que envolve a armadura, podendo ser tomado igual a 200 mm sendo que a distancia do primeiro conector ate a face e ate o centro do elemento de apoio nao podem ser inferiores a 100 e 200mm, respectivamente. L = 200  
tc = (hdeck - 75mm) / 10 = 6.5  
ycg\_laje = 7.5 + (tc / 2) = 10.75  
ds = y\_laje = d / 2 + ycg\_laje = 25.75  
  
Parametros de definição para KI  
nl = 2; numero de linhas de parafusos  
db = 19.05; diametro dos parafusos - [mm]  
dm = 16; mm - diametro de referencia tomado 16mm NBR 8800  
S = 75; espaçamento entre parafusos na direção da força  
  
Parametros de definição para KCS  
Item O.2.4.1.2 da NBR8800-2008:  
tds = Asl \* fys / 1.15 = 213.32  
n = tds / Qrd = 2.0 (Calculo de numero de conectores)  
kr = 1000 (valor pre-definido)  
  
 Parametros de Definição para o KS  
Capacidade de deformação.  
Bt = 0.4;  
sigma0 = 0.8;  
fctm = 0.3 \* (fck[MPa]) ^ (2/3) = 0.26  
Ec = 4760 \* (fck[MPa]) ^ (1/2) = 2380.0  
RzE = E / Ec = 8.4  
  
Rigidez inicial das barras de amradura da laje de steel deck  
Conforme Item R.2.3.1 da NBR8800-2008  
ks = 2 \* Asl \* Es / ha = 13737.5;  
  
Na região de Momento Negativo.  
Conforme Item O.2.2.2.b NBR 8800-2008  
largura efetiva = menor valor entre:   
 (vão + vão adjacente)/4 \* 2/8 ;  
 largura de influência = 93.75  
Definição do centro de geometria da seção transformada, para capacidade de deformação  
largura transformada = largura efetiva / RzE = 11.16  
area transformada = largura transformada \* tc = 72.52  
Ay = area transformada \* y\_laje = 1867.28  
yg = Ay / (Ap + area transformada) = 17.22  
y0 = d/2 - yg + ycg\_laje = 8.53  
  
Capacidade de deformação das barras da armadura  
Conforme Item R.2.3.3 da NBR8800-2008  
esm deformação da armadura envolvida pelo concreto  
dus - capacidade de alongamento das barras de armadura  
rho = Asl / (largura efetiva \* tc - Asl) = 0.008117  
desr = fctm \* kc / ( rho \* Es) = 0.001505  
teta\_srl = (fctm \* kc / rho) \* (1 + rho \* Es / Ec) = 33.8645  
esy = fys / Es = 0.002381  
esmu = esy - Bt\*desr + sigma0 \* (1 - teta\_srl/fys) \* (esu - esy) = 0.021818  
dus = L \* esmu = 4.3635  
  
Definiçao do KCS:  
Rd armaduras = tds = Asl \* fys / 1.15  
nqrd = n \* Qrd = 141.4  
ee = ia / (Asl \* (ds \*\* 2)) = 1.75  
vv = ((ee + 1)\* n \* kr \* 1 \* Ll\*(ds^2) / (ea\*ia)) ^ (1/2) = 2.33  
alpha = vv - (vv - 1)\*(d + ycg\_laje) / ((ds \* (ee + 1))) = 1.56  
kcs = n \* kr / alpha = 1920.83  
  
Capacidade de deformação dos conectores de cisalhamento  
sb - capacidade de escorregamento associada a deformação dos conectores  
Conforme Item R.2.4.3 da NBR8800-2008:  
sa = 0.7 \* 1.25 \* Qrd / kr = 0.0619  
fsb = fys \* Asl = 245.31  
fsa = kcs \* sa = 118.83  
sb = 2 \* sa \* fsb / fsa = 0.2554; em cm  
  
Rigidez inicial da ligação parafusada  
Conforme Item R.2.5.2 da NBR8800-2008:  
ks2 = Menor valor entre: (S / (4 \* db) + 0.375) ; (1.25) = 1.25  
kt1 = Menor valor entre: (1.5 \* tp1 / dm) ; (2.5) = 0.891  
kt2 = Menor valor entre: (1.5 \* tp2 / dm) ; (2.5) = 0.891  
kp1 = 24 \* ks2 \* kt1 \* db/10 \* fu1 = 2341.364  
kp2 = 24 \* ks2 \* kt2 \* db/10 \* fu2 = 2341.364  
kb = 16 \* fub \* (db/10) \*\* 2 / (dm/10) = 2993.946  
ki = nl / ( 1 / kp1 + 1 / kp2 + 1 / kb) = 1683.204  
C1 = h^2 / (1. / ks + 1. / kcs + 1. / ki = 1398359.8 kN/rad  
  
Capacidade de rotação, sem perda de resistencia na ligação.  
Para o calculo do tetau, os valores precisam estar em mm. Tetau é retornado em radianos  
dui - capacidade de desolcamento da ligação inferior  
Item R.2.5.2.2.3 da NBR8800/2008 - para ligação soldadas, capacidade dui = 0  
Item R.2.5.2.3.3 da NBR8800/2008 - limite deslocamento horizontal da extremidade da mesa inferior dui = 3mm  
tetau = ( dus + dui + sb \* 10) / ( h \* 10 ) \* 1.1  
tetau = 26.77; Em radianos  
afs = bfs \* tfs = 11.2  
afi = tfi \* bfi = 11.2  
hw = d - tfs - tfi = 28.4  
Posição da linha neutra plastica da Ligação, valor a partir da face inferior da viga:  
 ylnp = (h\*10) \* dui / ( dus + dui + sb\*10) = 123.26 ; valor em mm  
  
Calculo da linha neutra do perfil  
linha neutra = (afi \* fy / 1.1 - tds - afs \* fy / 1.1 + hw\*tw\*fy/1.1) / (2\*tw\*fy/1.1)  
linha neutra = 7.04 mm  
linha neutra na alma do perfil  
Conforme O.2.4.1.3 da NBR8800-2008  
Valores calculados para definição do momento negativo resistente:  
 d3 = 33.96; d4 = 5.9; d5 = 17.0; aat = 14.16; aac = 21.73  
mrd\_neg = tds \* d3 + aat\*fy/1.25\*d4 + aac\*fy\*d5/1.25 = 19744.37  
mrd\_neg\_k = tds \* d3 + aat\*fy/1\*d4 + aac\*fy\*d5/1 = 22869.46

## Tramo 2 apoio direito

Parametros do Tramo em analise  
hdeck = 140.0 [mm]  
largura influencia = 2.5 [m]  
Asl = 4.90625 [cm2]  
bitola = 1.25 [cm]  
fck = 2.5 [kN/cm2];  
fy = 34.5 [kN/cm2];  
fys = 50.0 [kN/cm2];  
Ap = 35.89 [cm2];  
ia = 5681.491866666667 [cm4];  
wa = 379 [cm3];  
Es = 21000.0 [kN/cm2];  
E = 20000.0 [kN/cm2];  
vão = 750.0 [m];  
O comprimento de referencia (L) para levar em conta o efeito do concreto que envolve a armadura, podendo ser tomado igual a 200 mm sendo que a distancia do primeiro conector ate a face e ate o centro do elemento de apoio nao podem ser inferiores a 100 e 200mm, respectivamente. L = 200  
tc = (hdeck - 75mm) / 10 = 6.5  
ycg\_laje = 7.5 + (tc / 2) = 10.75  
ds = y\_laje = d / 2 + ycg\_laje = 25.75  
  
Parametros de definição para KI  
nl = 2; numero de linhas de parafusos  
db = 19.05; diametro dos parafusos - [mm]  
dm = 16; mm - diametro de referencia tomado 16mm NBR 8800  
S = 75; espaçamento entre parafusos na direção da força  
  
Parametros de definição para KCS  
Item O.2.4.1.2 da NBR8800-2008:  
tds = Asl \* fys / 1.15 = 213.32  
n = tds / Qrd = 2.0 (Calculo de numero de conectores)  
kr = 1000 (valor pre-definido)  
  
 Parametros de Definição para o KS  
Capacidade de deformação.  
Bt = 0.4;  
sigma0 = 0.8;  
fctm = 0.3 \* (fck[MPa]) ^ (2/3) = 0.26  
Ec = 4760 \* (fck[MPa]) ^ (1/2) = 2380.0  
RzE = E / Ec = 8.4  
  
Rigidez inicial das barras de amradura da laje de steel deck  
Conforme Item R.2.3.1 da NBR8800-2008  
ks = 2 \* Asl \* Es / ha = 13737.5;  
  
Na região de Momento Negativo.  
Conforme Item O.2.2.2.b NBR 8800-2008  
largura efetiva = menor valor entre:   
 (vão + vão adjacente)/4 \* 2/8 ;  
 largura de influência = 93.75  
Definição do centro de geometria da seção transformada, para capacidade de deformação  
largura transformada = largura efetiva / RzE = 11.16  
area transformada = largura transformada \* tc = 72.52  
Ay = area transformada \* y\_laje = 1867.28  
yg = Ay / (Ap + area transformada) = 17.22  
y0 = d/2 - yg + ycg\_laje = 8.53  
  
Capacidade de deformação das barras da armadura  
Conforme Item R.2.3.3 da NBR8800-2008  
esm deformação da armadura envolvida pelo concreto  
dus - capacidade de alongamento das barras de armadura  
rho = Asl / (largura efetiva \* tc - Asl) = 0.008117  
desr = fctm \* kc / ( rho \* Es) = 0.001505  
teta\_srl = (fctm \* kc / rho) \* (1 + rho \* Es / Ec) = 33.8645  
esy = fys / Es = 0.002381  
esmu = esy - Bt\*desr + sigma0 \* (1 - teta\_srl/fys) \* (esu - esy) = 0.021818  
dus = L \* esmu = 4.3635  
  
Definiçao do KCS:  
Rd armaduras = tds = Asl \* fys / 1.15  
nqrd = n \* Qrd = 141.4  
ee = ia / (Asl \* (ds \*\* 2)) = 1.75  
vv = ((ee + 1)\* n \* kr \* 1 \* Ll\*(ds^2) / (ea\*ia)) ^ (1/2) = 2.33  
alpha = vv - (vv - 1)\*(d + ycg\_laje) / ((ds \* (ee + 1))) = 1.56  
kcs = n \* kr / alpha = 1920.83  
  
Capacidade de deformação dos conectores de cisalhamento  
sb - capacidade de escorregamento associada a deformação dos conectores  
Conforme Item R.2.4.3 da NBR8800-2008:  
sa = 0.7 \* 1.25 \* Qrd / kr = 0.0619  
fsb = fys \* Asl = 245.31  
fsa = kcs \* sa = 118.83  
sb = 2 \* sa \* fsb / fsa = 0.2554; em cm  
  
Rigidez inicial da ligação parafusada  
Conforme Item R.2.5.2 da NBR8800-2008:  
ks2 = Menor valor entre: (S / (4 \* db) + 0.375) ; (1.25) = 1.25  
kt1 = Menor valor entre: (1.5 \* tp1 / dm) ; (2.5) = 0.891  
kt2 = Menor valor entre: (1.5 \* tp2 / dm) ; (2.5) = 0.891  
kp1 = 24 \* ks2 \* kt1 \* db/10 \* fu1 = 2341.364  
kp2 = 24 \* ks2 \* kt2 \* db/10 \* fu2 = 2341.364  
kb = 16 \* fub \* (db/10) \*\* 2 / (dm/10) = 2993.946  
ki = nl / ( 1 / kp1 + 1 / kp2 + 1 / kb) = 1683.204  
C1 = h^2 / (1. / ks + 1. / kcs + 1. / ki = 1398359.8 kN/rad  
  
Capacidade de rotação, sem perda de resistencia na ligação.  
Para o calculo do tetau, os valores precisam estar em mm. Tetau é retornado em radianos  
dui - capacidade de desolcamento da ligação inferior  
Item R.2.5.2.2.3 da NBR8800/2008 - para ligação soldadas, capacidade dui = 0  
Item R.2.5.2.3.3 da NBR8800/2008 - limite deslocamento horizontal da extremidade da mesa inferior dui = 3mm  
tetau = ( dus + dui + sb \* 10) / ( h \* 10 ) \* 1.1  
tetau = 26.77; Em radianos  
afs = bfs \* tfs = 11.2  
afi = tfi \* bfi = 11.2  
hw = d - tfs - tfi = 28.4  
Posição da linha neutra plastica da Ligação, valor a partir da face inferior da viga:  
 ylnp = (h\*10) \* dui / ( dus + dui + sb\*10) = 123.26 ; valor em mm  
  
Calculo da linha neutra do perfil  
linha neutra = (afi \* fy / 1.1 - tds - afs \* fy / 1.1 + hw\*tw\*fy/1.1) / (2\*tw\*fy/1.1)  
linha neutra = 7.04 mm  
linha neutra na alma do perfil  
Conforme O.2.4.1.3 da NBR8800-2008  
Valores calculados para definição do momento negativo resistente:  
 d3 = 33.96; d4 = 5.9; d5 = 17.0; aat = 14.16; aac = 21.73  
mrd\_neg = tds \* d3 + aat\*fy/1.25\*d4 + aac\*fy\*d5/1.25 = 19744.37  
mrd\_neg\_k = tds \* d3 + aat\*fy/1\*d4 + aac\*fy\*d5/1 = 22869.46

## Tramo 3 apoio esquerdo

Parametros do Tramo em analise  
hdeck = 140.0 [mm]  
largura influencia = 2.5 [m]  
Asl = 4.90625 [cm2]  
bitola = 1.25 [cm]  
fck = 2.5 [kN/cm2];  
fy = 34.5 [kN/cm2];  
fys = 50.0 [kN/cm2];  
Ap = 35.89 [cm2];  
ia = 5681.491866666667 [cm4];  
wa = 379 [cm3];  
Es = 21000.0 [kN/cm2];  
E = 20000.0 [kN/cm2];  
vão = 750.0 [m];  
O comprimento de referencia (L) para levar em conta o efeito do concreto que envolve a armadura, podendo ser tomado igual a 200 mm sendo que a distancia do primeiro conector ate a face e ate o centro do elemento de apoio nao podem ser inferiores a 100 e 200mm, respectivamente. L = 200  
tc = (hdeck - 75mm) / 10 = 6.5  
ycg\_laje = 7.5 + (tc / 2) = 10.75  
ds = y\_laje = d / 2 + ycg\_laje = 25.75  
  
Parametros de definição para KI  
nl = 2; numero de linhas de parafusos  
db = 19.05; diametro dos parafusos - [mm]  
dm = 16; mm - diametro de referencia tomado 16mm NBR 8800  
S = 75; espaçamento entre parafusos na direção da força  
  
Parametros de definição para KCS  
Item O.2.4.1.2 da NBR8800-2008:  
tds = Asl \* fys / 1.15 = 213.32  
n = tds / Qrd = 2.0 (Calculo de numero de conectores)  
kr = 1000 (valor pre-definido)  
  
 Parametros de Definição para o KS  
Capacidade de deformação.  
Bt = 0.4;  
sigma0 = 0.8;  
fctm = 0.3 \* (fck[MPa]) ^ (2/3) = 0.26  
Ec = 4760 \* (fck[MPa]) ^ (1/2) = 2380.0  
RzE = E / Ec = 8.4  
  
Rigidez inicial das barras de amradura da laje de steel deck  
Conforme Item R.2.3.1 da NBR8800-2008  
ks = 2 \* Asl \* Es / ha = 13737.5;  
  
Na região de Momento Negativo.  
Conforme Item O.2.2.2.b NBR 8800-2008  
largura efetiva = menor valor entre:   
 (vão + vão adjacente)/4 \* 2/8 ;  
 largura de influência = 93.75  
Definição do centro de geometria da seção transformada, para capacidade de deformação  
largura transformada = largura efetiva / RzE = 11.16  
area transformada = largura transformada \* tc = 72.52  
Ay = area transformada \* y\_laje = 1867.28  
yg = Ay / (Ap + area transformada) = 17.22  
y0 = d/2 - yg + ycg\_laje = 8.53  
  
Capacidade de deformação das barras da armadura  
Conforme Item R.2.3.3 da NBR8800-2008  
esm deformação da armadura envolvida pelo concreto  
dus - capacidade de alongamento das barras de armadura  
rho = Asl / (largura efetiva \* tc - Asl) = 0.008117  
desr = fctm \* kc / ( rho \* Es) = 0.001505  
teta\_srl = (fctm \* kc / rho) \* (1 + rho \* Es / Ec) = 33.8645  
esy = fys / Es = 0.002381  
esmu = esy - Bt\*desr + sigma0 \* (1 - teta\_srl/fys) \* (esu - esy) = 0.021818  
dus = L \* esmu = 4.3635  
  
Definiçao do KCS:  
Rd armaduras = tds = Asl \* fys / 1.15  
nqrd = n \* Qrd = 141.4  
ee = ia / (Asl \* (ds \*\* 2)) = 1.75  
vv = ((ee + 1)\* n \* kr \* 1 \* Ll\*(ds^2) / (ea\*ia)) ^ (1/2) = 2.33  
alpha = vv - (vv - 1)\*(d + ycg\_laje) / ((ds \* (ee + 1))) = 1.56  
kcs = n \* kr / alpha = 1920.83  
  
Capacidade de deformação dos conectores de cisalhamento  
sb - capacidade de escorregamento associada a deformação dos conectores  
Conforme Item R.2.4.3 da NBR8800-2008:  
sa = 0.7 \* 1.25 \* Qrd / kr = 0.0619  
fsb = fys \* Asl = 245.31  
fsa = kcs \* sa = 118.83  
sb = 2 \* sa \* fsb / fsa = 0.2554; em cm  
  
Rigidez inicial da ligação parafusada  
Conforme Item R.2.5.2 da NBR8800-2008:  
ks2 = Menor valor entre: (S / (4 \* db) + 0.375) ; (1.25) = 1.25  
kt1 = Menor valor entre: (1.5 \* tp1 / dm) ; (2.5) = 0.891  
kt2 = Menor valor entre: (1.5 \* tp2 / dm) ; (2.5) = 0.891  
kp1 = 24 \* ks2 \* kt1 \* db/10 \* fu1 = 2341.364  
kp2 = 24 \* ks2 \* kt2 \* db/10 \* fu2 = 2341.364  
kb = 16 \* fub \* (db/10) \*\* 2 / (dm/10) = 2993.946  
ki = nl / ( 1 / kp1 + 1 / kp2 + 1 / kb) = 1683.204  
C1 = h^2 / (1. / ks + 1. / kcs + 1. / ki = 1398359.8 kN/rad  
  
Capacidade de rotação, sem perda de resistencia na ligação.  
Para o calculo do tetau, os valores precisam estar em mm. Tetau é retornado em radianos  
dui - capacidade de desolcamento da ligação inferior  
Item R.2.5.2.2.3 da NBR8800/2008 - para ligação soldadas, capacidade dui = 0  
Item R.2.5.2.3.3 da NBR8800/2008 - limite deslocamento horizontal da extremidade da mesa inferior dui = 3mm  
tetau = ( dus + dui + sb \* 10) / ( h \* 10 ) \* 1.1  
tetau = 26.77; Em radianos  
afs = bfs \* tfs = 11.2  
afi = tfi \* bfi = 11.2  
hw = d - tfs - tfi = 28.4  
Posição da linha neutra plastica da Ligação, valor a partir da face inferior da viga:  
 ylnp = (h\*10) \* dui / ( dus + dui + sb\*10) = 123.26 ; valor em mm  
  
Calculo da linha neutra do perfil  
linha neutra = (afi \* fy / 1.1 - tds - afs \* fy / 1.1 + hw\*tw\*fy/1.1) / (2\*tw\*fy/1.1)  
linha neutra = 7.04 mm  
linha neutra na alma do perfil  
Conforme O.2.4.1.3 da NBR8800-2008  
Valores calculados para definição do momento negativo resistente:  
 d3 = 33.96; d4 = 5.9; d5 = 17.0; aat = 14.16; aac = 21.73  
mrd\_neg = tds \* d3 + aat\*fy/1.25\*d4 + aac\*fy\*d5/1.25 = 19744.37  
mrd\_neg\_k = tds \* d3 + aat\*fy/1\*d4 + aac\*fy\*d5/1 = 22869.46

## Tramo 3 apoio direito

Parametros do Tramo em analise  
hdeck = 140.0 [mm]  
largura influencia = 2.5 [m]  
Asl = 4.90625 [cm2]  
bitola = 1.25 [cm]  
fck = 2.5 [kN/cm2];  
fy = 34.5 [kN/cm2];  
fys = 50.0 [kN/cm2];  
Ap = 35.89 [cm2];  
ia = 5681.491866666667 [cm4];  
wa = 379 [cm3];  
Es = 21000.0 [kN/cm2];  
E = 20000.0 [kN/cm2];  
vão = 750.0 [m];  
O comprimento de referencia (L) para levar em conta o efeito do concreto que envolve a armadura, podendo ser tomado igual a 200 mm sendo que a distancia do primeiro conector ate a face e ate o centro do elemento de apoio nao podem ser inferiores a 100 e 200mm, respectivamente. L = 200  
tc = (hdeck - 75mm) / 10 = 6.5  
ycg\_laje = 7.5 + (tc / 2) = 10.75  
ds = y\_laje = d / 2 + ycg\_laje = 25.75  
  
Parametros de definição para KI  
nl = 2; numero de linhas de parafusos  
db = 19.05; diametro dos parafusos - [mm]  
dm = 16; mm - diametro de referencia tomado 16mm NBR 8800  
S = 75; espaçamento entre parafusos na direção da força  
  
Parametros de definição para KCS  
Item O.2.4.1.2 da NBR8800-2008:  
tds = Asl \* fys / 1.15 = 213.32  
n = tds / Qrd = 2.0 (Calculo de numero de conectores)  
kr = 1000 (valor pre-definido)  
  
 Parametros de Definição para o KS  
Capacidade de deformação.  
Bt = 0.4;  
sigma0 = 0.8;  
fctm = 0.3 \* (fck[MPa]) ^ (2/3) = 0.26  
Ec = 4760 \* (fck[MPa]) ^ (1/2) = 2380.0  
RzE = E / Ec = 8.4  
  
Rigidez inicial das barras de amradura da laje de steel deck  
Conforme Item R.2.3.1 da NBR8800-2008  
ks = 2 \* Asl \* Es / ha = 13737.5;  
  
Na região de Momento Negativo.  
Conforme Item O.2.2.2.b NBR 8800-2008  
largura efetiva = menor valor entre:   
 (vão + vão adjacente)/4 \* 2/8 ;  
 largura de influência = 93.75  
Definição do centro de geometria da seção transformada, para capacidade de deformação  
largura transformada = largura efetiva / RzE = 11.16  
area transformada = largura transformada \* tc = 72.52  
Ay = area transformada \* y\_laje = 1867.28  
yg = Ay / (Ap + area transformada) = 17.22  
y0 = d/2 - yg + ycg\_laje = 8.53  
  
Capacidade de deformação das barras da armadura  
Conforme Item R.2.3.3 da NBR8800-2008  
esm deformação da armadura envolvida pelo concreto  
dus - capacidade de alongamento das barras de armadura  
rho = Asl / (largura efetiva \* tc - Asl) = 0.008117  
desr = fctm \* kc / ( rho \* Es) = 0.001505  
teta\_srl = (fctm \* kc / rho) \* (1 + rho \* Es / Ec) = 33.8645  
esy = fys / Es = 0.002381  
esmu = esy - Bt\*desr + sigma0 \* (1 - teta\_srl/fys) \* (esu - esy) = 0.021818  
dus = L \* esmu = 4.3635  
  
Definiçao do KCS:  
Rd armaduras = tds = Asl \* fys / 1.15  
nqrd = n \* Qrd = 141.4  
ee = ia / (Asl \* (ds \*\* 2)) = 1.75  
vv = ((ee + 1)\* n \* kr \* 1 \* Ll\*(ds^2) / (ea\*ia)) ^ (1/2) = 2.33  
alpha = vv - (vv - 1)\*(d + ycg\_laje) / ((ds \* (ee + 1))) = 1.56  
kcs = n \* kr / alpha = 1920.83  
  
Capacidade de deformação dos conectores de cisalhamento  
sb - capacidade de escorregamento associada a deformação dos conectores  
Conforme Item R.2.4.3 da NBR8800-2008:  
sa = 0.7 \* 1.25 \* Qrd / kr = 0.0619  
fsb = fys \* Asl = 245.31  
fsa = kcs \* sa = 118.83  
sb = 2 \* sa \* fsb / fsa = 0.2554; em cm  
  
Rigidez inicial da ligação parafusada  
Conforme Item R.2.5.2 da NBR8800-2008:  
ks2 = Menor valor entre: (S / (4 \* db) + 0.375) ; (1.25) = 1.25  
kt1 = Menor valor entre: (1.5 \* tp1 / dm) ; (2.5) = 0.891  
kt2 = Menor valor entre: (1.5 \* tp2 / dm) ; (2.5) = 0.891  
kp1 = 24 \* ks2 \* kt1 \* db/10 \* fu1 = 2341.364  
kp2 = 24 \* ks2 \* kt2 \* db/10 \* fu2 = 2341.364  
kb = 16 \* fub \* (db/10) \*\* 2 / (dm/10) = 2993.946  
ki = nl / ( 1 / kp1 + 1 / kp2 + 1 / kb) = 1683.204  
C1 = h^2 / (1. / ks + 1. / kcs + 1. / ki = 1398359.8 kN/rad  
  
Capacidade de rotação, sem perda de resistencia na ligação.  
Para o calculo do tetau, os valores precisam estar em mm. Tetau é retornado em radianos  
dui - capacidade de desolcamento da ligação inferior  
Item R.2.5.2.2.3 da NBR8800/2008 - para ligação soldadas, capacidade dui = 0  
Item R.2.5.2.3.3 da NBR8800/2008 - limite deslocamento horizontal da extremidade da mesa inferior dui = 3mm  
tetau = ( dus + dui + sb \* 10) / ( h \* 10 ) \* 1.1  
tetau = 26.77; Em radianos  
afs = bfs \* tfs = 11.2  
afi = tfi \* bfi = 11.2  
hw = d - tfs - tfi = 28.4  
Posição da linha neutra plastica da Ligação, valor a partir da face inferior da viga:  
 ylnp = (h\*10) \* dui / ( dus + dui + sb\*10) = 123.26 ; valor em mm  
  
Calculo da linha neutra do perfil  
linha neutra = (afi \* fy / 1.1 - tds - afs \* fy / 1.1 + hw\*tw\*fy/1.1) / (2\*tw\*fy/1.1)  
linha neutra = 7.04 mm  
linha neutra na alma do perfil  
Conforme O.2.4.1.3 da NBR8800-2008  
Valores calculados para definição do momento negativo resistente:  
 d3 = 33.96; d4 = 5.9; d5 = 17.0; aat = 14.16; aac = 21.73  
mrd\_neg = tds \* d3 + aat\*fy/1.25\*d4 + aac\*fy\*d5/1.25 = 19744.37  
mrd\_neg\_k = tds \* d3 + aat\*fy/1\*d4 + aac\*fy\*d5/1 = 22869.46

## Tramo 4 apoio esquerdo

Parametros do Tramo em analise  
hdeck = 140.0 [mm]  
largura influencia = 2.5 [m]  
Asl = 4.90625 [cm2]  
bitola = 1.25 [cm]  
fck = 2.5 [kN/cm2];  
fy = 34.5 [kN/cm2];  
fys = 50.0 [kN/cm2];  
Ap = 35.89 [cm2];  
ia = 5681.491866666667 [cm4];  
wa = 379 [cm3];  
Es = 21000.0 [kN/cm2];  
E = 20000.0 [kN/cm2];  
vão = 750.0 [m];  
O comprimento de referencia (L) para levar em conta o efeito do concreto que envolve a armadura, podendo ser tomado igual a 200 mm sendo que a distancia do primeiro conector ate a face e ate o centro do elemento de apoio nao podem ser inferiores a 100 e 200mm, respectivamente. L = 200  
tc = (hdeck - 75mm) / 10 = 6.5  
ycg\_laje = 7.5 + (tc / 2) = 10.75  
ds = y\_laje = d / 2 + ycg\_laje = 25.75  
  
Parametros de definição para KI  
nl = 2; numero de linhas de parafusos  
db = 19.05; diametro dos parafusos - [mm]  
dm = 16; mm - diametro de referencia tomado 16mm NBR 8800  
S = 75; espaçamento entre parafusos na direção da força  
  
Parametros de definição para KCS  
Item O.2.4.1.2 da NBR8800-2008:  
tds = Asl \* fys / 1.15 = 213.32  
n = tds / Qrd = 2.0 (Calculo de numero de conectores)  
kr = 1000 (valor pre-definido)  
  
 Parametros de Definição para o KS  
Capacidade de deformação.  
Bt = 0.4;  
sigma0 = 0.8;  
fctm = 0.3 \* (fck[MPa]) ^ (2/3) = 0.26  
Ec = 4760 \* (fck[MPa]) ^ (1/2) = 2380.0  
RzE = E / Ec = 8.4  
  
Rigidez inicial das barras de amradura da laje de steel deck  
Conforme Item R.2.3.1 da NBR8800-2008  
ks = 2 \* Asl \* Es / ha = 13737.5;  
  
Na região de Momento Negativo.  
Conforme Item O.2.2.2.b NBR 8800-2008  
largura efetiva = menor valor entre:   
 (vão + vão adjacente)/4 \* 2/8 ;  
 largura de influência = 93.75  
Definição do centro de geometria da seção transformada, para capacidade de deformação  
largura transformada = largura efetiva / RzE = 11.16  
area transformada = largura transformada \* tc = 72.52  
Ay = area transformada \* y\_laje = 1867.28  
yg = Ay / (Ap + area transformada) = 17.22  
y0 = d/2 - yg + ycg\_laje = 8.53  
  
Capacidade de deformação das barras da armadura  
Conforme Item R.2.3.3 da NBR8800-2008  
esm deformação da armadura envolvida pelo concreto  
dus - capacidade de alongamento das barras de armadura  
rho = Asl / (largura efetiva \* tc - Asl) = 0.008117  
desr = fctm \* kc / ( rho \* Es) = 0.001505  
teta\_srl = (fctm \* kc / rho) \* (1 + rho \* Es / Ec) = 33.8645  
esy = fys / Es = 0.002381  
esmu = esy - Bt\*desr + sigma0 \* (1 - teta\_srl/fys) \* (esu - esy) = 0.021818  
dus = L \* esmu = 4.3635  
  
Definiçao do KCS:  
Rd armaduras = tds = Asl \* fys / 1.15  
nqrd = n \* Qrd = 141.4  
ee = ia / (Asl \* (ds \*\* 2)) = 1.75  
vv = ((ee + 1)\* n \* kr \* 1 \* Ll\*(ds^2) / (ea\*ia)) ^ (1/2) = 2.33  
alpha = vv - (vv - 1)\*(d + ycg\_laje) / ((ds \* (ee + 1))) = 1.56  
kcs = n \* kr / alpha = 1920.83  
  
Capacidade de deformação dos conectores de cisalhamento  
sb - capacidade de escorregamento associada a deformação dos conectores  
Conforme Item R.2.4.3 da NBR8800-2008:  
sa = 0.7 \* 1.25 \* Qrd / kr = 0.0619  
fsb = fys \* Asl = 245.31  
fsa = kcs \* sa = 118.83  
sb = 2 \* sa \* fsb / fsa = 0.2554; em cm  
  
Rigidez inicial da ligação parafusada  
Conforme Item R.2.5.2 da NBR8800-2008:  
ks2 = Menor valor entre: (S / (4 \* db) + 0.375) ; (1.25) = 1.25  
kt1 = Menor valor entre: (1.5 \* tp1 / dm) ; (2.5) = 0.891  
kt2 = Menor valor entre: (1.5 \* tp2 / dm) ; (2.5) = 0.891  
kp1 = 24 \* ks2 \* kt1 \* db/10 \* fu1 = 2341.364  
kp2 = 24 \* ks2 \* kt2 \* db/10 \* fu2 = 2341.364  
kb = 16 \* fub \* (db/10) \*\* 2 / (dm/10) = 2993.946  
ki = nl / ( 1 / kp1 + 1 / kp2 + 1 / kb) = 1683.204  
C1 = h^2 / (1. / ks + 1. / kcs + 1. / ki = 1398359.8 kN/rad  
  
Capacidade de rotação, sem perda de resistencia na ligação.  
Para o calculo do tetau, os valores precisam estar em mm. Tetau é retornado em radianos  
dui - capacidade de desolcamento da ligação inferior  
Item R.2.5.2.2.3 da NBR8800/2008 - para ligação soldadas, capacidade dui = 0  
Item R.2.5.2.3.3 da NBR8800/2008 - limite deslocamento horizontal da extremidade da mesa inferior dui = 3mm  
tetau = ( dus + dui + sb \* 10) / ( h \* 10 ) \* 1.1  
tetau = 26.77; Em radianos  
afs = bfs \* tfs = 11.2  
afi = tfi \* bfi = 11.2  
hw = d - tfs - tfi = 28.4  
Posição da linha neutra plastica da Ligação, valor a partir da face inferior da viga:  
 ylnp = (h\*10) \* dui / ( dus + dui + sb\*10) = 123.26 ; valor em mm  
  
Calculo da linha neutra do perfil  
linha neutra = (afi \* fy / 1.1 - tds - afs \* fy / 1.1 + hw\*tw\*fy/1.1) / (2\*tw\*fy/1.1)  
linha neutra = 7.04 mm  
linha neutra na alma do perfil  
Conforme O.2.4.1.3 da NBR8800-2008  
Valores calculados para definição do momento negativo resistente:  
 d3 = 33.96; d4 = 5.9; d5 = 17.0; aat = 14.16; aac = 21.73  
mrd\_neg = tds \* d3 + aat\*fy/1.25\*d4 + aac\*fy\*d5/1.25 = 19744.37  
mrd\_neg\_k = tds \* d3 + aat\*fy/1\*d4 + aac\*fy\*d5/1 = 22869.46

## Tramo 4 apoio direito

Parametros do Tramo em analise  
hdeck = 140.0 [mm]  
largura influencia = 2.5 [m]  
Asl = 4.90625 [cm2]  
bitola = 1.25 [cm]  
fck = 2.5 [kN/cm2];  
fy = 34.5 [kN/cm2];  
fys = 50.0 [kN/cm2];  
Ap = 35.89 [cm2];  
ia = 5681.491866666667 [cm4];  
wa = 379 [cm3];  
Es = 21000.0 [kN/cm2];  
E = 20000.0 [kN/cm2];  
vão = 750.0 [m];  
O comprimento de referencia (L) para levar em conta o efeito do concreto que envolve a armadura, podendo ser tomado igual a 200 mm sendo que a distancia do primeiro conector ate a face e ate o centro do elemento de apoio nao podem ser inferiores a 100 e 200mm, respectivamente. L = 200  
tc = (hdeck - 75mm) / 10 = 6.5  
ycg\_laje = 7.5 + (tc / 2) = 10.75  
ds = y\_laje = d / 2 + ycg\_laje = 25.75  
  
Parametros de definição para KI  
nl = 2; numero de linhas de parafusos  
db = 19.05; diametro dos parafusos - [mm]  
dm = 16; mm - diametro de referencia tomado 16mm NBR 8800  
S = 75; espaçamento entre parafusos na direção da força  
  
Parametros de definição para KCS  
Item O.2.4.1.2 da NBR8800-2008:  
tds = Asl \* fys / 1.15 = 213.32  
n = tds / Qrd = 2.0 (Calculo de numero de conectores)  
kr = 1000 (valor pre-definido)  
  
 Parametros de Definição para o KS  
Capacidade de deformação.  
Bt = 0.4;  
sigma0 = 0.8;  
fctm = 0.3 \* (fck[MPa]) ^ (2/3) = 0.26  
Ec = 4760 \* (fck[MPa]) ^ (1/2) = 2380.0  
RzE = E / Ec = 8.4  
  
Rigidez inicial das barras de amradura da laje de steel deck  
Conforme Item R.2.3.1 da NBR8800-2008  
ks = 2 \* Asl \* Es / ha = 13737.5;  
  
Na região de Momento Negativo.  
Conforme Item O.2.2.2.b NBR 8800-2008  
largura efetiva = menor valor entre:   
 (vão + vão adjacente)/4 \* 2/8 ;  
 largura de influência = 46.875  
Definição do centro de geometria da seção transformada, para capacidade de deformação  
largura transformada = largura efetiva / RzE = 5.58  
area transformada = largura transformada \* tc = 36.26  
Ay = area transformada \* y\_laje = 933.64  
yg = Ay / (Ap + area transformada) = 12.94  
y0 = d/2 - yg + ycg\_laje = 12.81  
  
Capacidade de deformação das barras da armadura  
Conforme Item R.2.3.3 da NBR8800-2008  
esm deformação da armadura envolvida pelo concreto  
dus - capacidade de alongamento das barras de armadura  
rho = Asl / (largura efetiva \* tc - Asl) = 0.016366  
desr = fctm \* kc / ( rho \* Es) = 0.000746  
teta\_srl = (fctm \* kc / rho) \* (1 + rho \* Es / Ec) = 17.9356  
esy = fys / Es = 0.002381  
esmu = esy - Bt\*desr + sigma0 \* (1 - teta\_srl/fys) \* (esu - esy) = 0.041903  
dus = L \* esmu = 8.3807  
  
Definiçao do KCS:  
Rd armaduras = tds = Asl \* fys / 1.15  
nqrd = n \* Qrd = 141.4  
ee = ia / (Asl \* (ds \*\* 2)) = 1.75  
vv = ((ee + 1)\* n \* kr \* 1 \* Ll\*(ds^2) / (ea\*ia)) ^ (1/2) = 2.33  
alpha = vv - (vv - 1)\*(d + ycg\_laje) / ((ds \* (ee + 1))) = 1.56  
kcs = n \* kr / alpha = 1920.83  
  
Capacidade de deformação dos conectores de cisalhamento  
sb - capacidade de escorregamento associada a deformação dos conectores  
Conforme Item R.2.4.3 da NBR8800-2008:  
sa = 0.7 \* 1.25 \* Qrd / kr = 0.0619  
fsb = fys \* Asl = 245.31  
fsa = kcs \* sa = 118.83  
sb = 2 \* sa \* fsb / fsa = 0.2554; em cm  
  
Rigidez inicial da ligação parafusada  
Conforme Item R.2.5.2 da NBR8800-2008:  
ks2 = Menor valor entre: (S / (4 \* db) + 0.375) ; (1.25) = 1.25  
kt1 = Menor valor entre: (1.5 \* tp1 / dm) ; (2.5) = 0.891  
kt2 = Menor valor entre: (1.5 \* tp2 / dm) ; (2.5) = 0.891  
kp1 = 24 \* ks2 \* kt1 \* db/10 \* fu1 = 2341.364  
kp2 = 24 \* ks2 \* kt2 \* db/10 \* fu2 = 2341.364  
kb = 16 \* fub \* (db/10) \*\* 2 / (dm/10) = 2993.946  
ki = nl / ( 1 / kp1 + 1 / kp2 + 1 / kb) = 1683.204  
C1 = h^2 / (1. / ks + 1. / kcs + 1. / ki = 1398359.8 kN/rad  
  
Capacidade de rotação, sem perda de resistencia na ligação.  
Para o calculo do tetau, os valores precisam estar em mm. Tetau é retornado em radianos  
dui - capacidade de desolcamento da ligação inferior  
Item R.2.5.2.2.3 da NBR8800/2008 - para ligação soldadas, capacidade dui = 0  
Item R.2.5.2.3.3 da NBR8800/2008 - limite deslocamento horizontal da extremidade da mesa inferior dui = 3mm  
tetau = ( dus + dui + sb \* 10) / ( h \* 10 ) \* 1.1  
tetau = 37.62; Em radianos  
afs = bfs \* tfs = 11.2  
afi = tfi \* bfi = 11.2  
hw = d - tfs - tfi = 28.4  
Posição da linha neutra plastica da Ligação, valor a partir da face inferior da viga:  
 ylnp = (h\*10) \* dui / ( dus + dui + sb\*10) = 87.73 ; valor em mm  
  
Calculo da linha neutra do perfil  
linha neutra = (afi \* fy / 1.1 - tds - afs \* fy / 1.1 + hw\*tw\*fy/1.1) / (2\*tw\*fy/1.1)  
linha neutra = 7.04 mm  
linha neutra na alma do perfil  
Conforme O.2.4.1.3 da NBR8800-2008  
Valores calculados para definição do momento negativo resistente:  
 d3 = 33.96; d4 = 5.9; d5 = 17.0; aat = 14.16; aac = 21.73  
mrd\_neg = tds \* d3 + aat\*fy/1.25\*d4 + aac\*fy\*d5/1.25 = 19744.37  
mrd\_neg\_k = tds \* d3 + aat\*fy/1\*d4 + aac\*fy\*d5/1 = 22869.46

Propriedades Equivalentes de Curta Duração

# Calculo das Propriedades Equivalentes de Curta Duração

Esta parte do relatorio ira apresentar os calculos realizados, para o calculo das propriedades equivalentes de cada tramo, para o caso de carregamento de curta duração.

## Tramo 0

Parametros do Tramo em analise  
hdeck = 140.0 [mm] largura influencia = 2.5 [m]  
Asl = 4.90625 [cm2] bitola = 1.25 [cm]  
Ap = 35.89 [cm2] ; ia = 5681.491866666667 [cm4];  
wa = 379 [cm3]  
;Es = 21000.0 [kN/cm2]; E = 20000.0 [kN/cm2]  
vão = 7.5 [m]  
;tc = (hdeck - 75mm) / 10 = 6.5  
ycg\_laje = 7.5 + (tc / 2) = 10.75  
ds = y\_laje = d / 2 + ycg\_laje = 25.75  
Ec = 4760 \* (fck[MPa]) ^ (1/2) = 2380.0  
RzE = E / Ec = 8.4  
  
Regiao momento positivo - Curta Duração  
largura efetiva positiva = 150.0  
Definição do centro de geometria da seção transformada  
largura transformada = largura efetiva / RzE = 17.85  
area transformada = largura transformada \* tc = 116.02  
Ay = area transformada \* y\_laje = 2987.64  
Ay2 = area transformada \* y\_laje^2 = 76931.83  
fhrd = minimo entre:  
 (0.85 \* fck \* largura\_efetiva\_pos \* tc / 1.4)  
 (aa \* fy / 1.1)  
fhrd = 1125.64  
itneracao da ligação = 0.75  
cd = fhrd \* interacao / Qrd) \* Qrd = 848.4  
nn = cd / fhrd= 0.75 (Numero de conectores entre a seção de momento nulo e a seção de maior momento positivo)  
  
Grau de interação pela NBR 8800 O.2.3.1.1.2  
O.2.3.1.1.2.a  
 maior entre: 1 - (E / (578\*fy))\*(0.75 - 0.03 \* le) ; 0.4  
O.2.3.1.1.2.b  
 maior entre: 1 - (E / (578\*fy))\*(0.3 - 0.015 \* le) ; 0.4  
ni = 0.4   
  
Calculo do Momento Fletor Resistente  
Conforme Item O.2.3.c da NBR8800/2008  
hw = d - tfs - tfi = 28.4   
cad = 0.5 \* (aa\*fy/1.1 - cd) = 138.62   
tad = cd + cad = 987.02   
af = tfs\*bfs = 11.2   
aw = hw\*tw = 13.49   
  
Conforme Item O.2.3.1.1.1.b  
Caso cad <= (af\*fy/1.1) .: yp = (cad / (af \* fy / 1.1 ))\* tfs  
Caso cad > (af\*fy/1.1) .: yp = tfs + hw\*((cad-af\*fy/1.1) / (aw\*fy/1.1))  
yp = 0.32  
  
Linha neutra na mesa superior do perfil .: yp < tfs  
yc = 0.32  
  
Conforme Item O.2.3.1.1.1.c da NBR 8800/2008  
mrd\_pos = 0.95 \* (cad \* ( d - yt -yc) + cd \* (tc - a/2.+7.5+d-yt)) = 0.32  
wa = round(prop.wx(ia,d)) = 0.32  
areatotal\_pos = area\_transformada + aa = 151.91  
yg = ay\_pos / areatotal\_pos= 19.67  
inercia\_total\_pos = ia + inercia\_laje\_transformada = 6090.0  
itr = ay2\_pos + inercia\_total\_pos - areatotal\_pos \* (yg) ^ 2 = 24265.18  
ief\_pos\_curta = ia + (itr - ia) \* ((nn) ^ .5) = 21815.13  
wtr = itr / ((yg) + d/2.) = 699.96  
wef = wa + (wtr - wa) \* ((nn) ^ .5) = 657.64

## Tramo 1

Parametros do Tramo em analise  
hdeck = 140.0 [mm] largura influencia = 2.5 [m]  
Asl = 4.90625 [cm2] bitola = 1.25 [cm]  
Ap = 35.89 [cm2] ; ia = 5681.491866666667 [cm4];  
wa = 379 [cm3]  
;Es = 21000.0 [kN/cm2]; E = 20000.0 [kN/cm2]  
vão = 7.5 [m]  
;tc = (hdeck - 75mm) / 10 = 6.5  
ycg\_laje = 7.5 + (tc / 2) = 10.75  
ds = y\_laje = d / 2 + ycg\_laje = 25.75  
Ec = 4760 \* (fck[MPa]) ^ (1/2) = 2380.0  
RzE = E / Ec = 8.4  
  
Regiao momento positivo - Curta Duração  
largura efetiva positiva = 131.25  
Definição do centro de geometria da seção transformada  
largura transformada = largura efetiva / RzE = 15.62  
area transformada = largura transformada \* tc = 101.52  
Ay = area transformada \* y\_laje = 2614.19  
Ay2 = area transformada \* y\_laje^2 = 67315.35  
fhrd = minimo entre:  
 (0.85 \* fck \* largura\_efetiva\_pos \* tc / 1.4)  
 (aa \* fy / 1.1)  
fhrd = 1125.64  
itneracao da ligação = 0.75  
cd = fhrd \* interacao / Qrd) \* Qrd = 848.4  
nn = cd / fhrd= 0.75 (Numero de conectores entre a seção de momento nulo e a seção de maior momento positivo)  
  
Grau de interação pela NBR 8800 O.2.3.1.1.2  
O.2.3.1.1.2.a  
 maior entre: 1 - (E / (578\*fy))\*(0.75 - 0.03 \* le) ; 0.4  
O.2.3.1.1.2.b  
 maior entre: 1 - (E / (578\*fy))\*(0.3 - 0.015 \* le) ; 0.4  
ni = 0.4   
  
Calculo do Momento Fletor Resistente  
Conforme Item O.2.3.c da NBR8800/2008  
hw = d - tfs - tfi = 28.4   
cad = 0.5 \* (aa\*fy/1.1 - cd) = 138.62   
tad = cd + cad = 987.02   
af = tfs\*bfs = 11.2   
aw = hw\*tw = 13.49   
  
Conforme Item O.2.3.1.1.1.b  
Caso cad <= (af\*fy/1.1) .: yp = (cad / (af \* fy / 1.1 ))\* tfs  
Caso cad > (af\*fy/1.1) .: yp = tfs + hw\*((cad-af\*fy/1.1) / (aw\*fy/1.1))  
yp = 0.32  
  
Linha neutra na mesa superior do perfil .: yp < tfs  
yc = 0.32  
  
Conforme Item O.2.3.1.1.1.c da NBR 8800/2008  
mrd\_pos = 0.95 \* (cad \* ( d - yt -yc) + cd \* (tc - a/2.+7.5+d-yt)) = 0.32  
wa = round(prop.wx(ia,d)) = 0.32  
areatotal\_pos = area\_transformada + aa = 137.41  
yg = ay\_pos / areatotal\_pos= 19.02  
inercia\_total\_pos = ia + inercia\_laje\_transformada = 6038.93  
itr = ay2\_pos + inercia\_total\_pos - areatotal\_pos \* (yg) ^ 2 = 23620.73  
ief\_pos\_curta = ia + (itr - ia) \* ((nn) ^ .5) = 21255.64  
wtr = itr / ((yg) + d/2.) = 694.23  
wef = wa + (wtr - wa) \* ((nn) ^ .5) = 652.67

## Tramo 2

Parametros do Tramo em analise  
hdeck = 140.0 [mm] largura influencia = 2.5 [m]  
Asl = 4.90625 [cm2] bitola = 1.25 [cm]  
Ap = 35.89 [cm2] ; ia = 5681.491866666667 [cm4];  
wa = 379 [cm3]  
;Es = 21000.0 [kN/cm2]; E = 20000.0 [kN/cm2]  
vão = 7.5 [m]  
;tc = (hdeck - 75mm) / 10 = 6.5  
ycg\_laje = 7.5 + (tc / 2) = 10.75  
ds = y\_laje = d / 2 + ycg\_laje = 25.75  
Ec = 4760 \* (fck[MPa]) ^ (1/2) = 2380.0  
RzE = E / Ec = 8.4  
  
Regiao momento positivo - Curta Duração  
largura efetiva positiva = 131.25  
Definição do centro de geometria da seção transformada  
largura transformada = largura efetiva / RzE = 15.62  
area transformada = largura transformada \* tc = 101.52  
Ay = area transformada \* y\_laje = 2614.19  
Ay2 = area transformada \* y\_laje^2 = 67315.35  
fhrd = minimo entre:  
 (0.85 \* fck \* largura\_efetiva\_pos \* tc / 1.4)  
 (aa \* fy / 1.1)  
fhrd = 1125.64  
itneracao da ligação = 0.75  
cd = fhrd \* interacao / Qrd) \* Qrd = 848.4  
nn = cd / fhrd= 0.75 (Numero de conectores entre a seção de momento nulo e a seção de maior momento positivo)  
  
Grau de interação pela NBR 8800 O.2.3.1.1.2  
O.2.3.1.1.2.a  
 maior entre: 1 - (E / (578\*fy))\*(0.75 - 0.03 \* le) ; 0.4  
O.2.3.1.1.2.b  
 maior entre: 1 - (E / (578\*fy))\*(0.3 - 0.015 \* le) ; 0.4  
ni = 0.4   
  
Calculo do Momento Fletor Resistente  
Conforme Item O.2.3.c da NBR8800/2008  
hw = d - tfs - tfi = 28.4   
cad = 0.5 \* (aa\*fy/1.1 - cd) = 138.62   
tad = cd + cad = 987.02   
af = tfs\*bfs = 11.2   
aw = hw\*tw = 13.49   
  
Conforme Item O.2.3.1.1.1.b  
Caso cad <= (af\*fy/1.1) .: yp = (cad / (af \* fy / 1.1 ))\* tfs  
Caso cad > (af\*fy/1.1) .: yp = tfs + hw\*((cad-af\*fy/1.1) / (aw\*fy/1.1))  
yp = 0.32  
  
Linha neutra na mesa superior do perfil .: yp < tfs  
yc = 0.32  
  
Conforme Item O.2.3.1.1.1.c da NBR 8800/2008  
mrd\_pos = 0.95 \* (cad \* ( d - yt -yc) + cd \* (tc - a/2.+7.5+d-yt)) = 0.32  
wa = round(prop.wx(ia,d)) = 0.32  
areatotal\_pos = area\_transformada + aa = 137.41  
yg = ay\_pos / areatotal\_pos= 19.02  
inercia\_total\_pos = ia + inercia\_laje\_transformada = 6038.93  
itr = ay2\_pos + inercia\_total\_pos - areatotal\_pos \* (yg) ^ 2 = 23620.73  
ief\_pos\_curta = ia + (itr - ia) \* ((nn) ^ .5) = 21255.64  
wtr = itr / ((yg) + d/2.) = 694.23  
wef = wa + (wtr - wa) \* ((nn) ^ .5) = 652.67

## Tramo 3

Parametros do Tramo em analise  
hdeck = 140.0 [mm] largura influencia = 2.5 [m]  
Asl = 4.90625 [cm2] bitola = 1.25 [cm]  
Ap = 35.89 [cm2] ; ia = 5681.491866666667 [cm4];  
wa = 379 [cm3]  
;Es = 21000.0 [kN/cm2]; E = 20000.0 [kN/cm2]  
vão = 7.5 [m]  
;tc = (hdeck - 75mm) / 10 = 6.5  
ycg\_laje = 7.5 + (tc / 2) = 10.75  
ds = y\_laje = d / 2 + ycg\_laje = 25.75  
Ec = 4760 \* (fck[MPa]) ^ (1/2) = 2380.0  
RzE = E / Ec = 8.4  
  
Regiao momento positivo - Curta Duração  
largura efetiva positiva = 131.25  
Definição do centro de geometria da seção transformada  
largura transformada = largura efetiva / RzE = 15.62  
area transformada = largura transformada \* tc = 101.52  
Ay = area transformada \* y\_laje = 2614.19  
Ay2 = area transformada \* y\_laje^2 = 67315.35  
fhrd = minimo entre:  
 (0.85 \* fck \* largura\_efetiva\_pos \* tc / 1.4)  
 (aa \* fy / 1.1)  
fhrd = 1125.64  
itneracao da ligação = 0.75  
cd = fhrd \* interacao / Qrd) \* Qrd = 848.4  
nn = cd / fhrd= 0.75 (Numero de conectores entre a seção de momento nulo e a seção de maior momento positivo)  
  
Grau de interação pela NBR 8800 O.2.3.1.1.2  
O.2.3.1.1.2.a  
 maior entre: 1 - (E / (578\*fy))\*(0.75 - 0.03 \* le) ; 0.4  
O.2.3.1.1.2.b  
 maior entre: 1 - (E / (578\*fy))\*(0.3 - 0.015 \* le) ; 0.4  
ni = 0.4   
  
Calculo do Momento Fletor Resistente  
Conforme Item O.2.3.c da NBR8800/2008  
hw = d - tfs - tfi = 28.4   
cad = 0.5 \* (aa\*fy/1.1 - cd) = 138.62   
tad = cd + cad = 987.02   
af = tfs\*bfs = 11.2   
aw = hw\*tw = 13.49   
  
Conforme Item O.2.3.1.1.1.b  
Caso cad <= (af\*fy/1.1) .: yp = (cad / (af \* fy / 1.1 ))\* tfs  
Caso cad > (af\*fy/1.1) .: yp = tfs + hw\*((cad-af\*fy/1.1) / (aw\*fy/1.1))  
yp = 0.32  
  
Linha neutra na mesa superior do perfil .: yp < tfs  
yc = 0.32  
  
Conforme Item O.2.3.1.1.1.c da NBR 8800/2008  
mrd\_pos = 0.95 \* (cad \* ( d - yt -yc) + cd \* (tc - a/2.+7.5+d-yt)) = 0.32  
wa = round(prop.wx(ia,d)) = 0.32  
areatotal\_pos = area\_transformada + aa = 137.41  
yg = ay\_pos / areatotal\_pos= 19.02  
inercia\_total\_pos = ia + inercia\_laje\_transformada = 6038.93  
itr = ay2\_pos + inercia\_total\_pos - areatotal\_pos \* (yg) ^ 2 = 23620.73  
ief\_pos\_curta = ia + (itr - ia) \* ((nn) ^ .5) = 21255.64  
wtr = itr / ((yg) + d/2.) = 694.23  
wef = wa + (wtr - wa) \* ((nn) ^ .5) = 652.67

## Tramo 4

Parametros do Tramo em analise  
hdeck = 140.0 [mm] largura influencia = 2.5 [m]  
Asl = 4.90625 [cm2] bitola = 1.25 [cm]  
Ap = 35.89 [cm2] ; ia = 5681.491866666667 [cm4];  
wa = 379 [cm3]  
;Es = 21000.0 [kN/cm2]; E = 20000.0 [kN/cm2]  
vão = 7.5 [m]  
;tc = (hdeck - 75mm) / 10 = 6.5  
ycg\_laje = 7.5 + (tc / 2) = 10.75  
ds = y\_laje = d / 2 + ycg\_laje = 25.75  
Ec = 4760 \* (fck[MPa]) ^ (1/2) = 2380.0  
RzE = E / Ec = 8.4  
  
Regiao momento positivo - Curta Duração  
largura efetiva positiva = 150.0  
Definição do centro de geometria da seção transformada  
largura transformada = largura efetiva / RzE = 17.85  
area transformada = largura transformada \* tc = 116.02  
Ay = area transformada \* y\_laje = 2987.64  
Ay2 = area transformada \* y\_laje^2 = 76931.83  
fhrd = minimo entre:  
 (0.85 \* fck \* largura\_efetiva\_pos \* tc / 1.4)  
 (aa \* fy / 1.1)  
fhrd = 1125.64  
itneracao da ligação = 0.75  
cd = fhrd \* interacao / Qrd) \* Qrd = 848.4  
nn = cd / fhrd= 0.75 (Numero de conectores entre a seção de momento nulo e a seção de maior momento positivo)  
  
Grau de interação pela NBR 8800 O.2.3.1.1.2  
O.2.3.1.1.2.a  
 maior entre: 1 - (E / (578\*fy))\*(0.75 - 0.03 \* le) ; 0.4  
O.2.3.1.1.2.b  
 maior entre: 1 - (E / (578\*fy))\*(0.3 - 0.015 \* le) ; 0.4  
ni = 0.4   
  
Calculo do Momento Fletor Resistente  
Conforme Item O.2.3.c da NBR8800/2008  
hw = d - tfs - tfi = 28.4   
cad = 0.5 \* (aa\*fy/1.1 - cd) = 138.62   
tad = cd + cad = 987.02   
af = tfs\*bfs = 11.2   
aw = hw\*tw = 13.49   
  
Conforme Item O.2.3.1.1.1.b  
Caso cad <= (af\*fy/1.1) .: yp = (cad / (af \* fy / 1.1 ))\* tfs  
Caso cad > (af\*fy/1.1) .: yp = tfs + hw\*((cad-af\*fy/1.1) / (aw\*fy/1.1))  
yp = 0.32  
  
Linha neutra na mesa superior do perfil .: yp < tfs  
yc = 0.32  
  
Conforme Item O.2.3.1.1.1.c da NBR 8800/2008  
mrd\_pos = 0.95 \* (cad \* ( d - yt -yc) + cd \* (tc - a/2.+7.5+d-yt)) = 0.32  
wa = round(prop.wx(ia,d)) = 0.32  
areatotal\_pos = area\_transformada + aa = 151.91  
yg = ay\_pos / areatotal\_pos= 19.67  
inercia\_total\_pos = ia + inercia\_laje\_transformada = 6090.0  
itr = ay2\_pos + inercia\_total\_pos - areatotal\_pos \* (yg) ^ 2 = 24265.18  
ief\_pos\_curta = ia + (itr - ia) \* ((nn) ^ .5) = 21815.13  
wtr = itr / ((yg) + d/2.) = 699.96  
wef = wa + (wtr - wa) \* ((nn) ^ .5) = 657.64

Propriedades Equivalentes de Longa Duração

# Calculo das Propriedades Equivalentes de Longa Duração

Esta parte do relatorio ira apresentar os calculos realizados,para o calculo das propriedades equivalentes de cada tramo, para o caso de carregamento de longa duração.

## Tramo 0

Parametros do Tramo em analise  
hdeck = 140.0 [mm] largura influencia = 2.5 [m]  
Asl = 4.90625 [cm2] bitola = 1.25 [cm]  
Ap = 35.89 [cm2] ; ia = 5681.491866666667 [cm4];  
wa = 379 [cm3]  
;Es = 21000.0 [kN/cm2]; E = 20000.0 [kN/cm2]  
vão = 7.5 [m]  
;tc = (hdeck - 75mm) / 10 = 6.5  
ycg\_laje = 7.5 + (tc / 2) = 10.75  
ds = y\_laje = d / 2 + ycg\_laje = 25.75  
Ec = 4760 \* (fck[MPa]) ^ (1/2) = 2380.0  
RzE2 = E / (Ec/3) = 25.21  
  
Regiao momento positivo - Curta Duração  
largura efetiva positiva = 150.0  
Definição do centro de geometria da seção transformada  
largura transformada = largura efetiva / RzE2 = 5.95  
area transformada = largura transformada \* tc = 38.68  
Ay = area transformada \* y\_laje = 995.88  
Ay2 = area transformada \* y\_laje^2 = 25643.94  
fhrd = minimo entreo:  
 (0.85 \* fck \* largura\_efetiva\_pos \* tc / 1.4)  
 (aa \* fy / 1.1)  
fhrd = 1125.64  
cd = fhrd \* interacao / Qrd) \* Qrd = 848.4  
nn = cd / fhrd= 0.75  
  
Grau de interação pela NBR 8800 O.2.3.1.1.2  
O.2.3.1.1.2.a  
 maior entre: 1 - (E / (578\*fy))\*(0.75 - 0.03 \* le) ; 0.4  
O.2.3.1.1.2.b  
 maior entre: 1 - (E / (578\*fy))\*(0.3 - 0.015 \* le) ; 0.4  
ni = 0.4   
  
Conforme Item O.2.3.1.1.1.c da NBR 8800/2008  
wa = round(prop.wx(ia,d)) = 379  
areatotal\_pos = area\_transformada + aa = 74.56  
yg = ay\_pos / areatotal\_pos= 13.36  
inercia\_total\_pos = ia + inercia\_laje\_transformada = 5817.66  
itr = ay2\_pos + inercia\_total\_pos - areatotal\_pos \* (yg) ^ 2 = 18160.73  
ief\_pos\_longa = ia + (itr - ia) \* ((nn) ^ .5) = 16515.48  
wtr = itr / ((yg) + d/2.) = 640.46  
wef = wa + (wtr - wa) \* ((nn) ^ .5) = 605.99

## Tramo 1

Parametros do Tramo em analise  
hdeck = 140.0 [mm] largura influencia = 2.5 [m]  
Asl = 4.90625 [cm2] bitola = 1.25 [cm]  
Ap = 35.89 [cm2] ; ia = 5681.491866666667 [cm4];  
wa = 379 [cm3]  
;Es = 21000.0 [kN/cm2]; E = 20000.0 [kN/cm2]  
vão = 7.5 [m]  
;tc = (hdeck - 75mm) / 10 = 6.5  
ycg\_laje = 7.5 + (tc / 2) = 10.75  
ds = y\_laje = d / 2 + ycg\_laje = 25.75  
Ec = 4760 \* (fck[MPa]) ^ (1/2) = 2380.0  
RzE2 = E / (Ec/3) = 25.21  
  
Regiao momento positivo - Curta Duração  
largura efetiva positiva = 131.25  
Definição do centro de geometria da seção transformada  
largura transformada = largura efetiva / RzE2 = 5.21  
area transformada = largura transformada \* tc = 33.84  
Ay = area transformada \* y\_laje = 871.4  
Ay2 = area transformada \* y\_laje^2 = 22438.45  
fhrd = minimo entreo:  
 (0.85 \* fck \* largura\_efetiva\_pos \* tc / 1.4)  
 (aa \* fy / 1.1)  
fhrd = 1125.64  
cd = fhrd \* interacao / Qrd) \* Qrd = 848.4  
nn = cd / fhrd= 0.75  
  
Grau de interação pela NBR 8800 O.2.3.1.1.2  
O.2.3.1.1.2.a  
 maior entre: 1 - (E / (578\*fy))\*(0.75 - 0.03 \* le) ; 0.4  
O.2.3.1.1.2.b  
 maior entre: 1 - (E / (578\*fy))\*(0.3 - 0.015 \* le) ; 0.4  
ni = 0.4   
  
Conforme Item O.2.3.1.1.1.c da NBR 8800/2008  
wa = round(prop.wx(ia,d)) = 379  
areatotal\_pos = area\_transformada + aa = 69.73  
yg = ay\_pos / areatotal\_pos= 12.5  
inercia\_total\_pos = ia + inercia\_laje\_transformada = 5800.64  
itr = ay2\_pos + inercia\_total\_pos - areatotal\_pos \* (yg) ^ 2 = 17349.6  
ief\_pos\_longa = ia + (itr - ia) \* ((nn) ^ .5) = 15811.29  
wtr = itr / ((yg) + d/2.) = 630.97  
wef = wa + (wtr - wa) \* ((nn) ^ .5) = 597.75

## Tramo 2

Parametros do Tramo em analise  
hdeck = 140.0 [mm] largura influencia = 2.5 [m]  
Asl = 4.90625 [cm2] bitola = 1.25 [cm]  
Ap = 35.89 [cm2] ; ia = 5681.491866666667 [cm4];  
wa = 379 [cm3]  
;Es = 21000.0 [kN/cm2]; E = 20000.0 [kN/cm2]  
vão = 7.5 [m]  
;tc = (hdeck - 75mm) / 10 = 6.5  
ycg\_laje = 7.5 + (tc / 2) = 10.75  
ds = y\_laje = d / 2 + ycg\_laje = 25.75  
Ec = 4760 \* (fck[MPa]) ^ (1/2) = 2380.0  
RzE2 = E / (Ec/3) = 25.21  
  
Regiao momento positivo - Curta Duração  
largura efetiva positiva = 131.25  
Definição do centro de geometria da seção transformada  
largura transformada = largura efetiva / RzE2 = 5.21  
area transformada = largura transformada \* tc = 33.84  
Ay = area transformada \* y\_laje = 871.4  
Ay2 = area transformada \* y\_laje^2 = 22438.45  
fhrd = minimo entreo:  
 (0.85 \* fck \* largura\_efetiva\_pos \* tc / 1.4)  
 (aa \* fy / 1.1)  
fhrd = 1125.64  
cd = fhrd \* interacao / Qrd) \* Qrd = 848.4  
nn = cd / fhrd= 0.75  
  
Grau de interação pela NBR 8800 O.2.3.1.1.2  
O.2.3.1.1.2.a  
 maior entre: 1 - (E / (578\*fy))\*(0.75 - 0.03 \* le) ; 0.4  
O.2.3.1.1.2.b  
 maior entre: 1 - (E / (578\*fy))\*(0.3 - 0.015 \* le) ; 0.4  
ni = 0.4   
  
Conforme Item O.2.3.1.1.1.c da NBR 8800/2008  
wa = round(prop.wx(ia,d)) = 379  
areatotal\_pos = area\_transformada + aa = 69.73  
yg = ay\_pos / areatotal\_pos= 12.5  
inercia\_total\_pos = ia + inercia\_laje\_transformada = 5800.64  
itr = ay2\_pos + inercia\_total\_pos - areatotal\_pos \* (yg) ^ 2 = 17349.6  
ief\_pos\_longa = ia + (itr - ia) \* ((nn) ^ .5) = 15811.29  
wtr = itr / ((yg) + d/2.) = 630.97  
wef = wa + (wtr - wa) \* ((nn) ^ .5) = 597.75

## Tramo 3

Parametros do Tramo em analise  
hdeck = 140.0 [mm] largura influencia = 2.5 [m]  
Asl = 4.90625 [cm2] bitola = 1.25 [cm]  
Ap = 35.89 [cm2] ; ia = 5681.491866666667 [cm4];  
wa = 379 [cm3]  
;Es = 21000.0 [kN/cm2]; E = 20000.0 [kN/cm2]  
vão = 7.5 [m]  
;tc = (hdeck - 75mm) / 10 = 6.5  
ycg\_laje = 7.5 + (tc / 2) = 10.75  
ds = y\_laje = d / 2 + ycg\_laje = 25.75  
Ec = 4760 \* (fck[MPa]) ^ (1/2) = 2380.0  
RzE2 = E / (Ec/3) = 25.21  
  
Regiao momento positivo - Curta Duração  
largura efetiva positiva = 131.25  
Definição do centro de geometria da seção transformada  
largura transformada = largura efetiva / RzE2 = 5.21  
area transformada = largura transformada \* tc = 33.84  
Ay = area transformada \* y\_laje = 871.4  
Ay2 = area transformada \* y\_laje^2 = 22438.45  
fhrd = minimo entreo:  
 (0.85 \* fck \* largura\_efetiva\_pos \* tc / 1.4)  
 (aa \* fy / 1.1)  
fhrd = 1125.64  
cd = fhrd \* interacao / Qrd) \* Qrd = 848.4  
nn = cd / fhrd= 0.75  
  
Grau de interação pela NBR 8800 O.2.3.1.1.2  
O.2.3.1.1.2.a  
 maior entre: 1 - (E / (578\*fy))\*(0.75 - 0.03 \* le) ; 0.4  
O.2.3.1.1.2.b  
 maior entre: 1 - (E / (578\*fy))\*(0.3 - 0.015 \* le) ; 0.4  
ni = 0.4   
  
Conforme Item O.2.3.1.1.1.c da NBR 8800/2008  
wa = round(prop.wx(ia,d)) = 379  
areatotal\_pos = area\_transformada + aa = 69.73  
yg = ay\_pos / areatotal\_pos= 12.5  
inercia\_total\_pos = ia + inercia\_laje\_transformada = 5800.64  
itr = ay2\_pos + inercia\_total\_pos - areatotal\_pos \* (yg) ^ 2 = 17349.6  
ief\_pos\_longa = ia + (itr - ia) \* ((nn) ^ .5) = 15811.29  
wtr = itr / ((yg) + d/2.) = 630.97  
wef = wa + (wtr - wa) \* ((nn) ^ .5) = 597.75

## Tramo 4

Parametros do Tramo em analise  
hdeck = 140.0 [mm] largura influencia = 2.5 [m]  
Asl = 4.90625 [cm2] bitola = 1.25 [cm]  
Ap = 35.89 [cm2] ; ia = 5681.491866666667 [cm4];  
wa = 379 [cm3]  
;Es = 21000.0 [kN/cm2]; E = 20000.0 [kN/cm2]  
vão = 7.5 [m]  
;tc = (hdeck - 75mm) / 10 = 6.5  
ycg\_laje = 7.5 + (tc / 2) = 10.75  
ds = y\_laje = d / 2 + ycg\_laje = 25.75  
Ec = 4760 \* (fck[MPa]) ^ (1/2) = 2380.0  
RzE2 = E / (Ec/3) = 25.21  
  
Regiao momento positivo - Curta Duração  
largura efetiva positiva = 150.0  
Definição do centro de geometria da seção transformada  
largura transformada = largura efetiva / RzE2 = 5.95  
area transformada = largura transformada \* tc = 38.68  
Ay = area transformada \* y\_laje = 995.88  
Ay2 = area transformada \* y\_laje^2 = 25643.94  
fhrd = minimo entreo:  
 (0.85 \* fck \* largura\_efetiva\_pos \* tc / 1.4)  
 (aa \* fy / 1.1)  
fhrd = 1125.64  
cd = fhrd \* interacao / Qrd) \* Qrd = 848.4  
nn = cd / fhrd= 0.75  
  
Grau de interação pela NBR 8800 O.2.3.1.1.2  
O.2.3.1.1.2.a  
 maior entre: 1 - (E / (578\*fy))\*(0.75 - 0.03 \* le) ; 0.4  
O.2.3.1.1.2.b  
 maior entre: 1 - (E / (578\*fy))\*(0.3 - 0.015 \* le) ; 0.4  
ni = 0.4   
  
Conforme Item O.2.3.1.1.1.c da NBR 8800/2008  
wa = round(prop.wx(ia,d)) = 379  
areatotal\_pos = area\_transformada + aa = 74.56  
yg = ay\_pos / areatotal\_pos= 13.36  
inercia\_total\_pos = ia + inercia\_laje\_transformada = 5817.66  
itr = ay2\_pos + inercia\_total\_pos - areatotal\_pos \* (yg) ^ 2 = 18160.73  
ief\_pos\_longa = ia + (itr - ia) \* ((nn) ^ .5) = 16515.48  
wtr = itr / ((yg) + d/2.) = 640.46  
wef = wa + (wtr - wa) \* ((nn) ^ .5) = 605.99

Verificações

# Verificações Realizadas

Esta parte do relatorio ira apresentar os calculos realizados,para o calculo das verificações de dimensionamento, apresentadas a seguir:

Informações sobre as verificações realizadas:  
 - 1 Verificação: Cargas antes da cura  
 - 2 Verificação: Esbeltez da seção  
 (NBR8800/2008 O.1.1.2.d)  
 - 3 Verificação: Momento Positivo Reduzido  
 (NBR8800/2008 O.2.3)  
 - 4 Verificação: Cortante  
 (NBR8800/2008 O.3)  
 - 5 Verificação: Capacidade de Rotação x Rotação Necessária  
 (NBR8800/2008 Tabela R.3)  
 - 6 Verificação: Flambagem lateral com distorção da  
 Seção Transversal (NBR8800/2008 O.2.5)  
 - 7 Verificação: Numero de Conectores  
 (NBR8800/2008 O.2.4.3)  
 - 8 Verificação: Cisalhamento Longitudinal da Laje  
 (NBR8800/2008 O.1.3.4)  
 - 9 Verificação: Relação entre Momento Resistivo Negativo/Positivo  
 - 10 Verificação: Limitação das tensões de serviço  
 (combinação rara de ações)  
 - 11 Verificação: Flecha/Deslocamentos  
 - 12 Verificação: Estado Limite de Vibração Excessiva  
 - 13 Verificação: Fissuração do Concreto sobre os Apoios

# Calculo das Verificações

## Tramo 0

1 Verificação  
MD' = 92.73926109375  
Valor Limite Antes da Cura (lim) = 178.19218636363613  
FLM = 131.2852995  
MD' / lim = 0.5204451608472739 MD' / FLM = 0.706394862539427   
  
2 Verificação  
lambda\_mesa\_limite = 0.38\*(e/fy/10000)^.5 = 9.14932483451846  
lambda\_mesa\_perfil = bf / (2 \* tf) = 8.75  
lambda\_alma\_limite = 3.76\*(e/fy/10000)^.5 = 90.53016152049844  
lambda\_alma\_perfil = 2 \* hwc /tw = 89.93398230428326  
  
3Verificação - Verificação a Momento Positivo Reduzido  
Conforme manual de viga mista semi-continua.  
B.12.3 Plastificação da seção pelo momento fletor positivo.  
Mrd Ligação Esquerda = 0.0  
Mrd Ligação Direita = 197.44373123160577  
Msd = 76.64800160021818  
Msd / (0.85\*mrdPos) = 0.31497741970882476  
  
4 Verificação - Verificação a Cortante  
lambda = hw / tw  
lambda\_p = 1.10 \* (kv \* e / (fy\*10)) \*\* 0.5  
lambda\_r = 1.37 \* ( kv \* e) \*\* 0.5  
vpl = 0.6 \* aw \* fy  
Se lambda <= lambda\_p : cv = 1  
Se lambda <= lambda\_r : cv = lambda\_p / lambda  
Se lambda > lambda\_r : cv = 1.51\*e\*kv/lambda\_\*\*2/fyvrd = 0.9 \* vpl \* cv  
Vsd = [91.91970115] kN  
Vrd = 248.9334234446846 kN  
  
5Verificação - Capacidade de Rotação x Rotação necessaria  
Utilizando a Tabela R.3 NBR8800/2008  
Rotação necessaria = 23 mrad  
Rotação disponivel = 26.771932000000007 mrad  
mrdLig / (mrdPos\*100) = 0.30363159542796314  
  
 6 Verificação  
Verificação da flambagem lateral com distorção da seção transversal.  
mrd\_neg\_lig = 30. / porcent \* mrdNeg = 22781.968988262204   
alpha = 2  
a = largura influencia \* 100 = 250.0 cm  
Inercia = 8543.41 cm4  
Ei2 = 170868200.0 Kn/cm2 \* cm4  
k1 = alpha \* (ei2) / a = 1366945.6  
k2 = e\_cm \* 0.0001 \* tw ^ 3 / (4 \* ho \* (1 - v\_poisson ^ 2)) = 0.002016631698780671  
kr = k1 \* k2 / (k1 + k2) = 0.0020166316958055686   
iaf\_y = tfi \* (bfi\*\*3) / 12 = 182.93333333333337 cm4  
yc = d - ycg\_perfil + ycg\_laje = 23.690373363053777 cm  
ys = ycg\_perfil = 17.059626636946223 cm  
yf = ho \* iaf\_y / iay = 48.61351777696883 cm  
Se iaf\_y > iay/2: yj = 0.4 \* ho \* ( 2 \*iaf\_y/iay - 1)  
Caso contrario: yj = ys - 1  
yj = 27.21081422157506  
eee = (aa + Asl) \* ia / (aa\*yc\*(Asl)) = 55.56322605577772  
alpha\_g = (ho\*(ief\_neg\*100\*\*4)/ia) / ((((yf - ys)^2 + ((iax + iay)/aa)) / eee) + 2 \*(yf-yj)) = 0.6900783697112546  
msd\_neg = 72.84215552836758  
psi1 = mrdNeg / mrdPos = 0.7  
alpha\_g \* (c\_dist / (vao\*100)) \* ((7700\*(j\_perfil) + kr\*((vao\*100)^2)/(3.14^2))\*(e\_cm)\*(iaf\_y))^(1/2) = 0.6900783697112546  
Mesa superior e inferior iguais.  
l\_dist = 5 \*(1 + (tw \* ho)/(4\*bfs\*tfs)) \* (((fy / (e/10000\*c\_dist))\*\*2) \* ((ho/tw)\*\*3) \* (tfs/bfs))\*\*0.25 = 0.4472550448255714  
Se l\_dist < 1.5 e l\_dist >= 0.4:   
x\_dist = 0.658\*\*(l\_dist\*\*2) = 0.9196835942957985  
l\_dist excede o valor de 0.4 - não atende Item R.2.5.1 NBR8800mrd\_dist = x\_dist \* mrdNeg = 181.5857604102568  
Msd(-) lado esquerdo = 0  
Msd(-) lado direito = -72.84215552836758  
v6 = Msd(-) / mrd\_dist = 0.4011446457243964  
  
7 Verificação  
Item O.2.4 da NBR 8800/2008  
Quantidade de conectores no trecho de momento positivo = 24 (e=27.7cm)  
Quantidade de conectores no trecho de momento negativo direito = 0.0 (e=27.7cm)  
Quantidade de conectores no trecho de momento negativo esquerdo = 2 (e=27.7cm)  
verificação dos conectores do trecho negativo  
Qrd = 70.7 kN  
e\_qrd = (n\_conectores) \* Qrd = 212.10000000000002 kN  
v7 = tds / e\_qrd = 1.0057294549330709  
  
8 Verificação - Cisalhamento longitudinal da Laje  
Item O.1.3.4 da NBR 8800/2008  
Considerando somatorio de forças resistentes dos conectores, da regiao positiva: 1696.8000000000002 kN  
Distancia entre seções na região de momento positivo: 3.34 cm  
Considerando somatorio de forças resistentes dos conectores, da regiao negativa esquerda: 212.10000000000002 kN  
Distancia entre seções na região de momento negativo esquerdo: 0.0 cm  
Considerando somatorio de forças resistentes dos conectores, da regiao negativa direita: 212.10000000000002 kN  
Distancia entre seções na região de momento negativo direito: 0.8200000000000003 cm  
fctk = 0.3868244888344162   
acv = 650.0 cm2/m   
Espessura do Steel Deck 0.8  
Area da forma de aço: 0 cm2/mArea da armadura transversal: 4.90625 cm2  
Para a região de momento positivo da viga.  
vsd = 247.38451668092392 kN  
Para a região de momento negativo, lado esquerdo da viga.  
vsd = 0 kN  
Para a região de momento negativo, lado direito da viga.  
vsd = -40.50304878048777 kN  
Considera-se vigas que não são de borda, ou seja, resultando na relação b1/(b1+b2) = 0.5  
vsd utilizado = 123.69225834046196 kN/m   
vrd = 321.07346785232033 <= 232.14285714285717   
vsd\_plano / vrd = 0.5328281897742976  
  
9 Verificação - Relação entre Momento Fletor Resistente da Ligação x Momento Fletros Resistente Positivo da Viga.  
A NBR8800 estabeleze que o meomento resistente da ligação mista seja igual ou superior a 30% do momento fletor positivo resistente da viga mista.  
Mrd Ligação esquerda = 0.0   
Mrd Ligação direita = 197.44373123160577   
Mrd Momento Positivo = 286.2875682105349   
Mrd ligação / Mrd Positivo = 0.0  
  
10 verificação - Limitação das tensões de serviço  
verificaciones verificaciones verificaciones

## Tramo 1

1 Verificação  
MD' = 92.73926109375  
Valor Limite Antes da Cura (lim) = 178.19218636363613  
FLM = 131.2852995  
MD' / lim = 0.5204451608472739 MD' / FLM = 0.706394862539427   
  
2 Verificação  
lambda\_mesa\_limite = 0.38\*(e/fy/10000)^.5 = 9.14932483451846  
lambda\_mesa\_perfil = bf / (2 \* tf) = 8.75  
lambda\_alma\_limite = 3.76\*(e/fy/10000)^.5 = 90.53016152049844  
lambda\_alma\_perfil = 2 \* hwc /tw = 89.93398230428326  
  
3Verificação - Verificação a Momento Positivo Reduzido  
Conforme manual de viga mista semi-continua.  
B.12.3 Plastificação da seção pelo momento fletor positivo.  
Mrd Ligação Esquerda = 197.44373123160577  
Mrd Ligação Direita = 197.44373123160577  
Msd = 68.8796020441423  
Msd / (0.85\*mrdPos) = 0.28519096333879335  
  
4 Verificação - Verificação a Cortante  
lambda = hw / tw  
lambda\_p = 1.10 \* (kv \* e / (fy\*10)) \*\* 0.5  
lambda\_r = 1.37 \* ( kv \* e) \*\* 0.5  
vpl = 0.6 \* aw \* fy  
Se lambda <= lambda\_p : cv = 1  
Se lambda <= lambda\_r : cv = lambda\_p / lambda  
Se lambda > lambda\_r : cv = 1.51\*e\*kv/lambda\_\*\*2/fyvrd = 0.9 \* vpl \* cv  
Vsd = [91.91970115] kN  
Vrd = 248.9334234446846 kN  
  
5Verificação - Capacidade de Rotação x Rotação necessaria  
Utilizando a Tabela R.3 NBR8800/2008  
Rotação necessaria = 23 mrad  
Rotação disponivel = 26.771932000000007 mrad  
mrdLig / (mrdPos\*100) = 0.3059239708830095  
  
 6 Verificação  
Verificação da flambagem lateral com distorção da seção transversal.  
mrd\_neg\_lig = 30. / porcent \* mrdNeg = 22781.968988262204   
alpha = 4  
a = largura influencia \* 100 = 250.0 cm  
Inercia = 8543.41 cm4  
Ei2 = 170868200.0 Kn/cm2 \* cm4  
k1 = alpha \* (ei2) / a = 2733891.2  
k2 = e\_cm \* 0.0001 \* tw ^ 3 / (4 \* ho \* (1 - v\_poisson ^ 2)) = 0.002016631698780671  
kr = k1 \* k2 / (k1 + k2) = 0.0020166316972931196   
iaf\_y = tfi \* (bfi\*\*3) / 12 = 182.93333333333337 cm4  
yc = d - ycg\_perfil + ycg\_laje = 23.690373363053777 cm  
ys = ycg\_perfil = 17.059626636946223 cm  
yf = ho \* iaf\_y / iay = 48.61351777696883 cm  
Se iaf\_y > iay/2: yj = 0.4 \* ho \* ( 2 \*iaf\_y/iay - 1)  
Caso contrario: yj = ys - 1  
yj = 27.21081422157506  
eee = (aa + Asl) \* ia / (aa\*yc\*(Asl)) = 55.56322605577772  
alpha\_g = (ho\*(ief\_neg\*100\*\*4)/ia) / ((((yf - ys)^2 + ((iax + iay)/aa)) / eee) + 2 \*(yf-yj)) = 0.6900783697112546  
msd\_neg = 72.84215552836758  
psi1 = mrdNeg / mrdPos = 0.7  
alpha\_g \* (c\_dist / (vao\*100)) \* ((7700\*(j\_perfil) + kr\*((vao\*100)^2)/(3.14^2))\*(e\_cm)\*(iaf\_y))^(1/2) = 0.6900783697112546  
Mesa superior e inferior iguais.  
l\_dist = 5 \*(1 + (tw \* ho)/(4\*bfs\*tfs)) \* (((fy / (e/10000\*c\_dist))\*\*2) \* ((ho/tw)\*\*3) \* (tfs/bfs))\*\*0.25 = 0.564942720247657  
Se l\_dist < 1.5 e l\_dist >= 0.4:   
x\_dist = 0.658\*\*(l\_dist\*\*2) = 0.8749534054436823  
l\_dist excede o valor de 0.4 - não atende Item R.2.5.1 NBR8800mrd\_dist = x\_dist \* mrdNeg = 172.7540650246006  
Msd(-) lado esquerdo = -72.84215552836758  
Msd(-) lado direito = -65.17563352279967  
v6 = Msd(-) / mrd\_dist = 0.42165233864681956  
  
7 Verificação  
Item O.2.4 da NBR 8800/2008  
Quantidade de conectores no trecho de momento positivo = 20 (e=27.7cm)  
Quantidade de conectores no trecho de momento negativo direito = 3 (e=27.7cm)  
Quantidade de conectores no trecho de momento negativo esquerdo = 3 (e=27.7cm)  
verificação dos conectores do trecho negativo  
Qrd = 70.7 kN  
e\_qrd = (n\_conectores) \* Qrd = 282.8 kN  
v7 = tds / e\_qrd = 0.7542970911998033  
  
8 Verificação - Cisalhamento longitudinal da Laje  
Item O.1.3.4 da NBR 8800/2008  
Considerando somatorio de forças resistentes dos conectores, da regiao positiva: 1414.0 kN  
Distancia entre seções na região de momento positivo: 2.87 cm  
Considerando somatorio de forças resistentes dos conectores, da regiao negativa esquerda: 282.8 kN  
Distancia entre seções na região de momento negativo esquerdo: 0.9199999999999999 cm  
Considerando somatorio de forças resistentes dos conectores, da regiao negativa direita: 282.8 kN  
Distancia entre seções na região de momento negativo direito: 0.8399999999999999 cm  
fctk = 0.3868244888344162   
acv = 650.0 cm2/m   
Espessura do Steel Deck 0.8  
Area da forma de aço: 0 cm2/mArea da armadura transversal: 4.90625 cm2  
Para a região de momento positivo da viga.  
vsd = 227.2756968641115 kN  
Para a região de momento negativo, lado esquerdo da viga.  
vsd = 40.74728260869567 kN  
Para a região de momento negativo, lado direito da viga.  
vsd = 44.62797619047621 kN  
Considera-se vigas que não são de borda, ou seja, resultando na relação b1/(b1+b2) = 0.5  
vsd utilizado = 113.63784843205575 kN/m   
vrd = 321.07346785232033 <= 232.14285714285717   
vsd\_plano / vrd = 0.48951688555347084  
  
9 Verificação - Relação entre Momento Fletor Resistente da Ligação x Momento Fletros Resistente Positivo da Viga.  
A NBR8800 estabeleze que o meomento resistente da ligação mista seja igual ou superior a 30% do momento fletor positivo resistente da viga mista.  
Mrd Ligação esquerda = 197.44373123160577   
Mrd Ligação direita = 197.44373123160577   
Mrd Momento Positivo = 284.14233391406424   
Mrd ligação / Mrd Positivo = 0.6948761506665194  
  
10 verificação - Limitação das tensões de serviço  
verificaciones verificaciones verificaciones

## Tramo 2

1 Verificação  
MD' = 92.73926109375  
Valor Limite Antes da Cura (lim) = 178.19218636363613  
FLM = 131.2852995  
MD' / lim = 0.5204451608472739 MD' / FLM = 0.706394862539427   
  
2 Verificação  
lambda\_mesa\_limite = 0.38\*(e/fy/10000)^.5 = 9.14932483451846  
lambda\_mesa\_perfil = bf / (2 \* tf) = 8.75  
lambda\_alma\_limite = 3.76\*(e/fy/10000)^.5 = 90.53016152049844  
lambda\_alma\_perfil = 2 \* hwc /tw = 89.93398230428326  
  
3Verificação - Verificação a Momento Positivo Reduzido  
Conforme manual de viga mista semi-continua.  
B.12.3 Plastificação da seção pelo momento fletor positivo.  
Mrd Ligação Esquerda = 197.44373123160577  
Mrd Ligação Direita = 197.44373123160577  
Msd = 67.84552047794712  
Msd / (0.85\*mrdPos) = 0.28090942411263614  
  
4 Verificação - Verificação a Cortante  
lambda = hw / tw  
lambda\_p = 1.10 \* (kv \* e / (fy\*10)) \*\* 0.5  
lambda\_r = 1.37 \* ( kv \* e) \*\* 0.5  
vpl = 0.6 \* aw \* fy  
Se lambda <= lambda\_p : cv = 1  
Se lambda <= lambda\_r : cv = lambda\_p / lambda  
Se lambda > lambda\_r : cv = 1.51\*e\*kv/lambda\_\*\*2/fyvrd = 0.9 \* vpl \* cv  
Vsd = [82.86067912] kN  
Vrd = 248.9334234446846 kN  
  
5Verificação - Capacidade de Rotação x Rotação necessaria  
Utilizando a Tabela R.3 NBR8800/2008  
Rotação necessaria = 23 mrad  
Rotação disponivel = 26.771932000000007 mrad  
mrdLig / (mrdPos\*100) = 0.3059239708830095  
  
 6 Verificação  
Verificação da flambagem lateral com distorção da seção transversal.  
mrd\_neg\_lig = 30. / porcent \* mrdNeg = 22781.968988262204   
alpha = 4  
a = largura influencia \* 100 = 250.0 cm  
Inercia = 8543.41 cm4  
Ei2 = 170868200.0 Kn/cm2 \* cm4  
k1 = alpha \* (ei2) / a = 2733891.2  
k2 = e\_cm \* 0.0001 \* tw ^ 3 / (4 \* ho \* (1 - v\_poisson ^ 2)) = 0.002016631698780671  
kr = k1 \* k2 / (k1 + k2) = 0.0020166316972931196   
iaf\_y = tfi \* (bfi\*\*3) / 12 = 182.93333333333337 cm4  
yc = d - ycg\_perfil + ycg\_laje = 23.690373363053777 cm  
ys = ycg\_perfil = 17.059626636946223 cm  
yf = ho \* iaf\_y / iay = 48.61351777696883 cm  
Se iaf\_y > iay/2: yj = 0.4 \* ho \* ( 2 \*iaf\_y/iay - 1)  
Caso contrario: yj = ys - 1  
yj = 27.21081422157506  
eee = (aa + Asl) \* ia / (aa\*yc\*(Asl)) = 55.56322605577772  
alpha\_g = (ho\*(ief\_neg\*100\*\*4)/ia) / ((((yf - ys)^2 + ((iax + iay)/aa)) / eee) + 2 \*(yf-yj)) = 0.6900783697112546  
msd\_neg = 65.17563352279967  
psi1 = mrdNeg / mrdPos = 0.7  
alpha\_g \* (c\_dist / (vao\*100)) \* ((7700\*(j\_perfil) + kr\*((vao\*100)^2)/(3.14^2))\*(e\_cm)\*(iaf\_y))^(1/2) = 0.6900783697112546  
Mesa superior e inferior iguais.  
l\_dist = 5 \*(1 + (tw \* ho)/(4\*bfs\*tfs)) \* (((fy / (e/10000\*c\_dist))\*\*2) \* ((ho/tw)\*\*3) \* (tfs/bfs))\*\*0.25 = 0.564942720247657  
Se l\_dist < 1.5 e l\_dist >= 0.4:   
x\_dist = 0.658\*\*(l\_dist\*\*2) = 0.8749534054436823  
l\_dist excede o valor de 0.4 - não atende Item R.2.5.1 NBR8800mrd\_dist = x\_dist \* mrdNeg = 172.7540650246006  
Msd(-) lado esquerdo = -65.17563352279967  
Msd(-) lado direito = -65.1756335174332  
v6 = Msd(-) / mrd\_dist = 0.37727409490201286  
  
7 Verificação  
Item O.2.4 da NBR 8800/2008  
Quantidade de conectores no trecho de momento positivo = 21 (e=27.7cm)  
Quantidade de conectores no trecho de momento negativo direito = 2 (e=27.7cm)  
Quantidade de conectores no trecho de momento negativo esquerdo = 2 (e=27.7cm)  
verificação dos conectores do trecho negativo  
Qrd = 70.7 kN  
e\_qrd = (n\_conectores) \* Qrd = 212.10000000000002 kN  
v7 = tds / e\_qrd = 1.0057294549330709  
  
8 Verificação - Cisalhamento longitudinal da Laje  
Item O.1.3.4 da NBR 8800/2008  
Considerando somatorio de forças resistentes dos conectores, da regiao positiva: 1484.7 kN  
Distancia entre seções na região de momento positivo: 2.9299999999999997 cm  
Considerando somatorio de forças resistentes dos conectores, da regiao negativa esquerda: 212.10000000000002 kN  
Distancia entre seções na região de momento negativo esquerdo: 0.8200000000000003 cm  
Considerando somatorio de forças resistentes dos conectores, da regiao negativa direita: 212.10000000000002 kN  
Distancia entre seções na região de momento negativo direito: 0.8200000000000003 cm  
fctk = 0.3868244888344162   
acv = 650.0 cm2/m   
Espessura do Steel Deck 0.8  
Area da forma de aço: 0 cm2/mArea da armadura transversal: 4.90625 cm2  
Para a região de momento positivo da viga.  
vsd = 246.75127986348127 kN  
Para a região de momento negativo, lado esquerdo da viga.  
vsd = -40.50304878048777 kN  
Para a região de momento negativo, lado direito da viga.  
vsd = -40.50304878048777 kN  
Considera-se vigas que não são de borda, ou seja, resultando na relação b1/(b1+b2) = 0.5  
vsd utilizado = 123.37563993174064 kN/m   
vrd = 321.07346785232033 <= 232.14285714285717   
vsd\_plano / vrd = 0.531464295090575  
  
9 Verificação - Relação entre Momento Fletor Resistente da Ligação x Momento Fletros Resistente Positivo da Viga.  
A NBR8800 estabeleze que o meomento resistente da ligação mista seja igual ou superior a 30% do momento fletor positivo resistente da viga mista.  
Mrd Ligação esquerda = 197.44373123160577   
Mrd Ligação direita = 197.44373123160577   
Mrd Momento Positivo = 284.14233391406424   
Mrd ligação / Mrd Positivo = 0.6948761506665194  
  
10 verificação - Limitação das tensões de serviço  
verificaciones verificaciones verificaciones

## Tramo 3

1 Verificação  
MD' = 92.73926109375  
Valor Limite Antes da Cura (lim) = 178.19218636363613  
FLM = 131.2852995  
MD' / lim = 0.5204451608472739 MD' / FLM = 0.706394862539427   
  
2 Verificação  
lambda\_mesa\_limite = 0.38\*(e/fy/10000)^.5 = 9.14932483451846  
lambda\_mesa\_perfil = bf / (2 \* tf) = 8.75  
lambda\_alma\_limite = 3.76\*(e/fy/10000)^.5 = 90.53016152049844  
lambda\_alma\_perfil = 2 \* hwc /tw = 89.93398230428326  
  
3Verificação - Verificação a Momento Positivo Reduzido  
Conforme manual de viga mista semi-continua.  
B.12.3 Plastificação da seção pelo momento fletor positivo.  
Mrd Ligação Esquerda = 197.44373123160577  
Mrd Ligação Direita = 197.44373123160577  
Msd = 68.87960204414233  
Msd / (0.85\*mrdPos) = 0.28519096333879346  
  
4 Verificação - Verificação a Cortante  
lambda = hw / tw  
lambda\_p = 1.10 \* (kv \* e / (fy\*10)) \*\* 0.5  
lambda\_r = 1.37 \* ( kv \* e) \*\* 0.5  
vpl = 0.6 \* aw \* fy  
Se lambda <= lambda\_p : cv = 1  
Se lambda <= lambda\_r : cv = lambda\_p / lambda  
Se lambda > lambda\_r : cv = 1.51\*e\*kv/lambda\_\*\*2/fyvrd = 0.9 \* vpl \* cv  
Vsd = [89.71008304] kN  
Vrd = 248.9334234446846 kN  
  
5Verificação - Capacidade de Rotação x Rotação necessaria  
Utilizando a Tabela R.3 NBR8800/2008  
Rotação necessaria = 23 mrad  
Rotação disponivel = 26.771932000000007 mrad  
mrdLig / (mrdPos\*100) = 0.3059239708830095  
  
 6 Verificação  
Verificação da flambagem lateral com distorção da seção transversal.  
mrd\_neg\_lig = 30. / porcent \* mrdNeg = 22781.968988262204   
alpha = 4  
a = largura influencia \* 100 = 250.0 cm  
Inercia = 8543.41 cm4  
Ei2 = 170868200.0 Kn/cm2 \* cm4  
k1 = alpha \* (ei2) / a = 2733891.2  
k2 = e\_cm \* 0.0001 \* tw ^ 3 / (4 \* ho \* (1 - v\_poisson ^ 2)) = 0.002016631698780671  
kr = k1 \* k2 / (k1 + k2) = 0.0020166316972931196   
iaf\_y = tfi \* (bfi\*\*3) / 12 = 182.93333333333337 cm4  
yc = d - ycg\_perfil + ycg\_laje = 23.690373363053777 cm  
ys = ycg\_perfil = 17.059626636946223 cm  
yf = ho \* iaf\_y / iay = 48.61351777696883 cm  
Se iaf\_y > iay/2: yj = 0.4 \* ho \* ( 2 \*iaf\_y/iay - 1)  
Caso contrario: yj = ys - 1  
yj = 27.21081422157506  
eee = (aa + Asl) \* ia / (aa\*yc\*(Asl)) = 55.56322605577772  
alpha\_g = (ho\*(ief\_neg\*100\*\*4)/ia) / ((((yf - ys)^2 + ((iax + iay)/aa)) / eee) + 2 \*(yf-yj)) = 0.6900783697112546  
msd\_neg = 72.84215556651361  
psi1 = mrdNeg / mrdPos = 0.7  
alpha\_g \* (c\_dist / (vao\*100)) \* ((7700\*(j\_perfil) + kr\*((vao\*100)^2)/(3.14^2))\*(e\_cm)\*(iaf\_y))^(1/2) = 0.6900783697112546  
Mesa superior e inferior iguais.  
l\_dist = 5 \*(1 + (tw \* ho)/(4\*bfs\*tfs)) \* (((fy / (e/10000\*c\_dist))\*\*2) \* ((ho/tw)\*\*3) \* (tfs/bfs))\*\*0.25 = 0.564942720247657  
Se l\_dist < 1.5 e l\_dist >= 0.4:   
x\_dist = 0.658\*\*(l\_dist\*\*2) = 0.8749534054436823  
l\_dist excede o valor de 0.4 - não atende Item R.2.5.1 NBR8800mrd\_dist = x\_dist \* mrdNeg = 172.7540650246006  
Msd(-) lado esquerdo = -65.1756335174332  
Msd(-) lado direito = -72.84215556651361  
v6 = Msd(-) / mrd\_dist = 0.42165233886763076  
  
7 Verificação  
Item O.2.4 da NBR 8800/2008  
Quantidade de conectores no trecho de momento positivo = 20 (e=27.7cm)  
Quantidade de conectores no trecho de momento negativo direito = 3 (e=27.7cm)  
Quantidade de conectores no trecho de momento negativo esquerdo = 3 (e=27.7cm)  
verificação dos conectores do trecho negativo  
Qrd = 70.7 kN  
e\_qrd = (n\_conectores) \* Qrd = 282.8 kN  
v7 = tds / e\_qrd = 0.7542970911998033  
  
8 Verificação - Cisalhamento longitudinal da Laje  
Item O.1.3.4 da NBR 8800/2008  
Considerando somatorio de forças resistentes dos conectores, da regiao positiva: 1414.0 kN  
Distancia entre seções na região de momento positivo: 2.869999999999999 cm  
Considerando somatorio de forças resistentes dos conectores, da regiao negativa esquerda: 282.8 kN  
Distancia entre seções na região de momento negativo esquerdo: 0.8399999999999999 cm  
Considerando somatorio de forças resistentes dos conectores, da regiao negativa direita: 282.8 kN  
Distancia entre seções na região de momento negativo direito: 0.9200000000000017 cm  
fctk = 0.3868244888344162   
acv = 650.0 cm2/m   
Espessura do Steel Deck 0.8  
Area da forma de aço: 0 cm2/mArea da armadura transversal: 4.90625 cm2  
Para a região de momento positivo da viga.  
vsd = 227.27569686411155 kN  
Para a região de momento negativo, lado esquerdo da viga.  
vsd = 44.62797619047621 kN  
Para a região de momento negativo, lado direito da viga.  
vsd = 40.74728260869559 kN  
Considera-se vigas que não são de borda, ou seja, resultando na relação b1/(b1+b2) = 0.5  
vsd utilizado = 113.63784843205578 kN/m   
vrd = 321.07346785232033 <= 232.14285714285717   
vsd\_plano / vrd = 0.489516885553471  
  
9 Verificação - Relação entre Momento Fletor Resistente da Ligação x Momento Fletros Resistente Positivo da Viga.  
A NBR8800 estabeleze que o meomento resistente da ligação mista seja igual ou superior a 30% do momento fletor positivo resistente da viga mista.  
Mrd Ligação esquerda = 197.44373123160577   
Mrd Ligação direita = 197.44373123160577   
Mrd Momento Positivo = 284.14233391406424   
Mrd ligação / Mrd Positivo = 0.6948761506665194  
  
10 verificação - Limitação das tensões de serviço  
verificaciones verificaciones verificaciones

## Tramo 4

1 Verificação  
MD' = 92.73926109375  
Valor Limite Antes da Cura (lim) = 178.19218636363613  
FLM = 131.2852995  
MD' / lim = 0.5204451608472739 MD' / FLM = 0.706394862539427   
  
2 Verificação  
lambda\_mesa\_limite = 0.38\*(e/fy/10000)^.5 = 9.14932483451846  
lambda\_mesa\_perfil = bf / (2 \* tf) = 8.75  
lambda\_alma\_limite = 3.76\*(e/fy/10000)^.5 = 90.53016152049844  
lambda\_alma\_perfil = 2 \* hwc /tw = 89.93398230428326  
  
3Verificação - Verificação a Momento Positivo Reduzido  
Conforme manual de viga mista semi-continua.  
B.12.3 Plastificação da seção pelo momento fletor positivo.  
Mrd Ligação Esquerda = 197.44373123160577  
Mrd Ligação Direita = 0.0  
Msd = 76.6480016002182  
Msd / (0.85\*mrdPos) = 0.3149774197088248  
  
4 Verificação - Verificação a Cortante  
lambda = hw / tw  
lambda\_p = 1.10 \* (kv \* e / (fy\*10)) \*\* 0.5  
lambda\_r = 1.37 \* ( kv \* e) \*\* 0.5  
vpl = 0.6 \* aw \* fy  
Se lambda <= lambda\_p : cv = 1  
Se lambda <= lambda\_r : cv = lambda\_p / lambda  
Se lambda > lambda\_r : cv = 1.51\*e\*kv/lambda\_\*\*2/fyvrd = 0.9 \* vpl \* cv  
Vsd = [89.71008304] kN  
Vrd = 248.9334234446846 kN  
  
5Verificação - Capacidade de Rotação x Rotação necessaria  
Utilizando a Tabela R.3 NBR8800/2008  
Rotação necessaria = 23 mrad  
Rotação disponivel = 26.771932000000007 mrad  
mrdLig / (mrdPos\*100) = 0.30363159542796314  
  
 6 Verificação  
Verificação da flambagem lateral com distorção da seção transversal.  
mrd\_neg\_lig = 30. / porcent \* mrdNeg = 22781.968988262204   
alpha = 2  
a = largura influencia \* 100 = 250.0 cm  
Inercia = 8543.41 cm4  
Ei2 = 170868200.0 Kn/cm2 \* cm4  
k1 = alpha \* (ei2) / a = 1366945.6  
k2 = e\_cm \* 0.0001 \* tw ^ 3 / (4 \* ho \* (1 - v\_poisson ^ 2)) = 0.002016631698780671  
kr = k1 \* k2 / (k1 + k2) = 0.0020166316958055686   
iaf\_y = tfi \* (bfi\*\*3) / 12 = 182.93333333333337 cm4  
yc = d - ycg\_perfil + ycg\_laje = 23.690373363053777 cm  
ys = ycg\_perfil = 17.059626636946223 cm  
yf = ho \* iaf\_y / iay = 48.61351777696883 cm  
Se iaf\_y > iay/2: yj = 0.4 \* ho \* ( 2 \*iaf\_y/iay - 1)  
Caso contrario: yj = ys - 1  
yj = 27.21081422157506  
eee = (aa + Asl) \* ia / (aa\*yc\*(Asl)) = 55.56322605577772  
alpha\_g = (ho\*(ief\_neg\*100\*\*4)/ia) / ((((yf - ys)^2 + ((iax + iay)/aa)) / eee) + 2 \*(yf-yj)) = 0.6900783697112546  
msd\_neg = 72.84215556651361  
psi1 = mrdNeg / mrdPos = 0.7  
alpha\_g \* (c\_dist / (vao\*100)) \* ((7700\*(j\_perfil) + kr\*((vao\*100)^2)/(3.14^2))\*(e\_cm)\*(iaf\_y))^(1/2) = 0.6900783697112546  
Mesa superior e inferior iguais.  
l\_dist = 5 \*(1 + (tw \* ho)/(4\*bfs\*tfs)) \* (((fy / (e/10000\*c\_dist))\*\*2) \* ((ho/tw)\*\*3) \* (tfs/bfs))\*\*0.25 = 0.4472550448255714  
Se l\_dist < 1.5 e l\_dist >= 0.4:   
x\_dist = 0.658\*\*(l\_dist\*\*2) = 0.9196835942957985  
l\_dist excede o valor de 0.4 - não atende Item R.2.5.1 NBR8800mrd\_dist = x\_dist \* mrdNeg = 181.5857604102568  
Msd(-) lado esquerdo = -72.84215556651361  
Msd(-) lado direito = 0  
v6 = Msd(-) / mrd\_dist = 0.4011446459344681  
  
7 Verificação  
Item O.2.4 da NBR 8800/2008  
Quantidade de conectores no trecho de momento positivo = 24 (e=27.7cm)  
Quantidade de conectores no trecho de momento negativo direito = 2 (e=27.7cm)  
Quantidade de conectores no trecho de momento negativo esquerdo = 0.0 (e=27.7cm)  
verificação dos conectores do trecho negativo  
Qrd = 70.7 kN  
e\_qrd = (n\_conectores) \* Qrd = 212.10000000000002 kN  
v7 = tds / e\_qrd = 1.0057294549330709  
  
8 Verificação - Cisalhamento longitudinal da Laje  
Item O.1.3.4 da NBR 8800/2008  
Considerando somatorio de forças resistentes dos conectores, da regiao positiva: 1696.8000000000002 kN  
Distancia entre seções na região de momento positivo: 3.34 cm  
Considerando somatorio de forças resistentes dos conectores, da regiao negativa esquerda: 212.10000000000002 kN  
Distancia entre seções na região de momento negativo esquerdo: 0.8200000000000003 cm  
Considerando somatorio de forças resistentes dos conectores, da regiao negativa direita: 212.10000000000002 kN  
Distancia entre seções na região de momento negativo direito: 0.0 cm  
fctk = 0.3868244888344162   
acv = 650.0 cm2/m   
Espessura do Steel Deck 0.8  
Area da forma de aço: 0 cm2/mArea da armadura transversal: 4.90625 cm2  
Para a região de momento positivo da viga.  
vsd = 247.38451668092392 kN  
Para a região de momento negativo, lado esquerdo da viga.  
vsd = -40.50304878048777 kN  
Para a região de momento negativo, lado direito da viga.  
vsd = 0 kN  
Considera-se vigas que não são de borda, ou seja, resultando na relação b1/(b1+b2) = 0.5  
vsd utilizado = 123.69225834046196 kN/m   
vrd = 321.07346785232033 <= 232.14285714285717   
vsd\_plano / vrd = 0.5328281897742976  
  
9 Verificação - Relação entre Momento Fletor Resistente da Ligação x Momento Fletros Resistente Positivo da Viga.  
A NBR8800 estabeleze que o meomento resistente da ligação mista seja igual ou superior a 30% do momento fletor positivo resistente da viga mista.  
Mrd Ligação esquerda = 197.44373123160577   
Mrd Ligação direita = 0.0   
Mrd Momento Positivo = 286.2875682105349   
Mrd ligação / Mrd Positivo = 0.0  
  
10 verificação - Limitação das tensões de serviço  
verificaciones verificaciones verificaciones