

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
COORDENAÇÃO DE CONSTRUÇÃO CIVIL
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

DADOS PARA DIMENSIONAMENTO



CAMPO MOURÃO

2017

Sumário

1. INTRODUÇÃO	3
2. TRACÇÃO	3
2.1. Corpos de Prova	3
2.2. Resultados	3
3. COMPRESSÃO	5
3.1. Corpos de Prova	5
3.2. Resultados	7
4. RESUMO	12
5. DICAS.....	12

1. INTRODUÇÃO

As propriedades do papel que será utilizado para o dimensionamento das pontes foram determinados através de ensaios de tração e compressão realizados no Laboratório de Sistemas Estruturais da UTFPR.

Os resultados dos ensaios serão apresentados neste relatório e poderão servir como referência para o dimensionamento dos elementos das pontes na IV Competição de Pontes de Papel no ano de 2017.

As folhas de papel ensaiados são oriundas do mesmo “lote” que serão entregues no dia da montagem da ponte pela comissão organizadora, por isso a importância de serem utilizados somente estas folhas de papel.

Através de um paquímetro determinou-se que a espessura do papel é de 0,35 mm.

A partir dos resultados médios de ensaio devem ser utilizados coeficientes de segurança, a critério de cada equipe, para tentar suprir os erros de execução e não homogeneidade do material, assim, tentando obter o resultado mais preciso.

2. TRAÇÃO

2.1. Corpos de Prova

Para realização dos ensaios de tração foram utilizadas tiras de papel cortadas na direção longitudinal (na direção vertical com a folha em retrato) e transversal (na direção horizontal com a folha em retrato) com larguras de 5, e 10 mm. Foram ensaiados um total de doze corpos de prova para cada direção, divididos entre as duas larguras (Tabela 1).

Tabela 1: Divisão dos corpos de prova

Direção	Quantidade	Largura (mm)
Longitudinal	6	5
Longitudinal	6	10
Transversal	6	5
Transversal	6	10

2.2. Resultados

A partir do ensaio foi possível determinar a força máxima em newtons de cada C.P. (corpo de prova), com a seção transversal conhecida, através da Equação 1 foi calculada a tensão máxima de cada C.P.

$$\sigma_{m\acute{a}x} = \frac{N_{m\acute{a}x}}{A} \quad (MPa) \quad (1)$$

As Tabelas 2 e 3 mostram os resultados de força máxima obtidos em ensaio e suas respectivas tensões máximas calculadas pela Equação 1.

Tabela 2: Força máxima e Tensão máxima dos corpos de prova (Direção transversal)

C.P.	Área (mm ²)	Normal Máx (N)	Tensão Máx (MPa)
1	1,75	24	13,71
2	1,96	26	13,27
3	1,87	26	13,89
4	1,82	22	12,09
5	1,72	22	12,83
6	1,77	26	14,71
7	3,64	56	15,38
8	3,54	53	14,99
9	3,57	51	14,29
10	3,64	54	14,84
11	3,62	54	14,91
12	3,52	54	15,35

Tabela 3: Força máxima e Tensão máxima dos corpos de prova (Direção Longitudinal)

C.P.	Área (mm ²)	Normal Máx (N)	Tensão Max (MPa)
1	1,84	49	26,67
2	1,54	42	27,27
3	1,84	50	27,21
4	1,80	50	27,74
5	1,80	47	26,07
6	1,68	49	29,17
7	3,69	103	27,89
8	3,45	95	27,56
9	3,59	103	28,71
10	3,43	105	30,61
11	3,50	104	29,71
12	3,33	101	30,38

A média das tensões aferidas para a direção longitudinal foram de **28,25 MPa**. Para a direção transversal a tensão média foi de **14,19 MPa**, apresentando valores consideravelmente menores do que na direção longitudinal, sendo assim, aconselha-se que para **a construção das pontes usar preferencialmente a direção longitudinal**. O gráfico da Figura 1 apresenta os resultados obtidos e a Figura 2 a direção longitudinal que deve ser preferencialmente adotada.

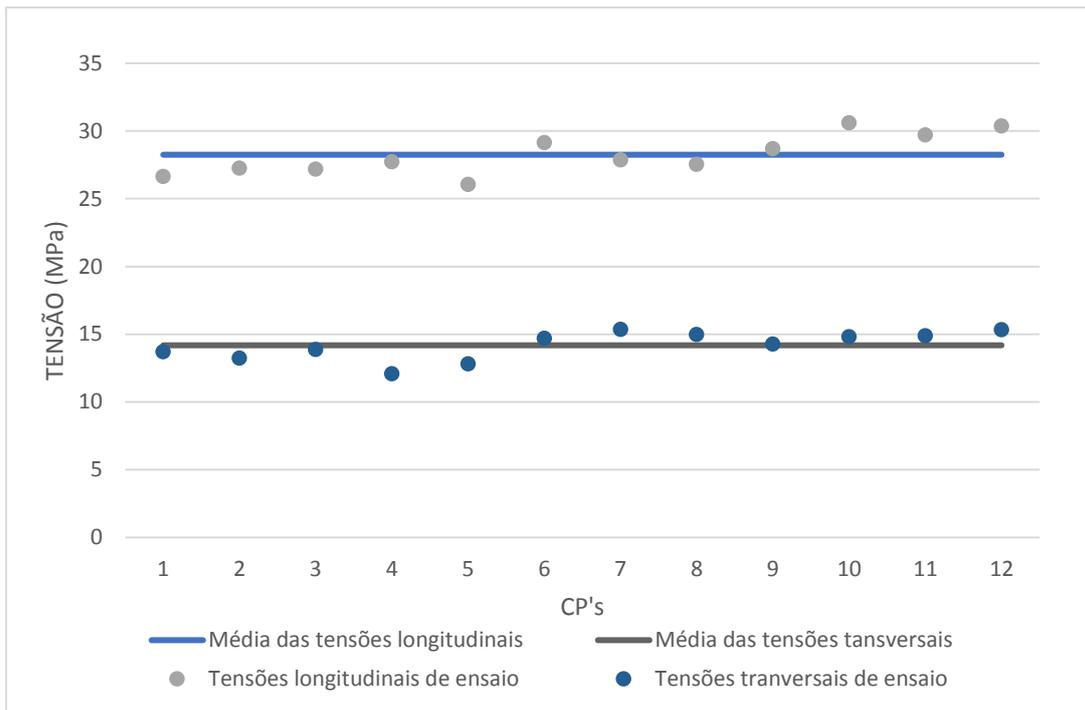


Figura 1: Tensões obtidas em cada corpo de prova e as tensões médias para cada direção.

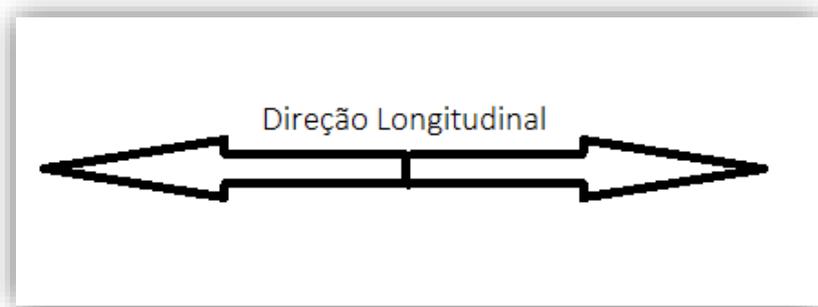


Figura 2: Definição da direção longitudinal em uma folha na posição paisagem.

3. COMPRESSÃO

3.1. Corpos de Prova

Os corpos de prova ensaiados para determinar a tensão máxima média de compressão foram construídos com seção transversal caixão. Com formato onde todos os lados são iguais, aproximadamente 10x10 mm.

Os corpos de prova foram feitos na direção longitudinal e transversal.

A Figura 3 mostra os corpos de prova na direção longitudinal e a Figura 4 mostra os corpos de prova na direção transversal, ambos antes do ensaio.

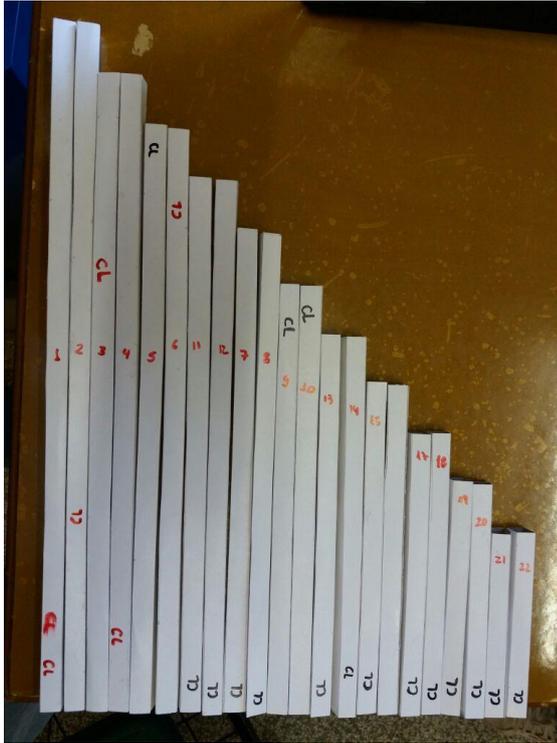


Figura 3: Corpos de prova à compressão longitudinal.



Figura 4: Corpos de prova à compressão transversal.

3.2. Resultados

As reais dimensões e a força de ruptura de ensaio de todos os corpos de prova são apresentadas nas Tabelas 4 e 5. As medidas L1 e L2 foram obtidas com paquímetro na parte externa do corpo de prova. Considerar a espessura nominal da folha de papel à 0,35mm.

Tabela 4: Características corpos de prova submetidos a compressão na direção longitudinal

C.P.	L1 (mm)	L2 (mm)	Comprimento (mm)	Força de Ruptura (N)
1	10,75	10,5	350	72,14
2	11,2	11,45	350	87,19
3	11,1	10,8	325	110,42
4	10,15	11,4	324	96,57
5	11	10,75	301	103,02
6	11	11	298	84,54
11	10,5	11,3	276	86,4
12	11,9	11	275	81,29
7	10,7	10,25	250	111,34
8	10,5	10,3	249	98,34
9	10,6	11,1	225	82,95
10	11,15	10,75	224	81,56
13	11,1	10,6	201	106,68
14	10,9	10,5	200	99,12
15	10,9	10,6	176	114,83
16	10,5	10,75	174	131,33
17	11	10,6	151	108,51
18	11,1	10,6	150	133,95
19	11,35	11,55	125	112,92
20	11	10,75	126	112,96
21	11	11	99	127,99
22	10,65	10,65	100,1	113,35

Tabela 5: Características corpos de prova submetidos a compressão na direção transversal.

C.P.	L1 (mm)	L2 (mm)	Comprimento (mm)	Força de Ruptura (N)
1	11,1	10	349	44,33
2	10,55	12,1	349	54,97
3	10,6	10,5	324,5	75,43
4	11	10,6	324	46,45
5	11,4	10,55	299	48,33
6	10,65	11	299,5	52,44
7	10,5	10,25	275	77,77
8	10,6	10,85	274	73,42
9	11,7	10,9	248	84,14
10	10,4	10,9	249	68,92
11	10,3	10,75	225	54,7
12	10,45	11,1	224	78,19
13	11,25	10,1	220,5	78,72
14	10,7	10,25	199	83,74
15	10,4	10,9	175	80,37
16	10,8	10,25	174	84,2
17	10,65	10,75	150,5	75,56
18	10,6	10,45	150	88,3
19	11,25	10,4	126	91,14
20	9,85	10,75	124	107,63
21	11,65	11	100,5	72,06
22	10,8	10,8	99	96

Para compressão o coeficiente de esbeltez deve ser considerado, pois quanto mais esbelta uma peça for, mais propícia à instabilidade ela estará. O coeficiente de esbeltez pode ser calculado de acordo com a Equação 2:

$$\lambda = \frac{L}{\sqrt{\frac{I_{min}}{A}}} \quad (2)$$

A Tabela 6 e 7 apresenta os coeficientes de esbeltez e a tensão máxima em cada um deles na direção longitudinal e transversal, respectivamente. A tensão máxima foi calculada de acordo com a Equação 1.

Tabela 6: Coeficientes de esbeltez e a tensão máxima na direção longitudinal.

C.P.	λ	Tensão Máxima (MPa)
1	161,54	5,01
2	151,55	5,67
3	146,05	7,44
4	158,49	6,62
5	135,73	6,99
6	130,59	5,67
11	129,08	5,85
12	123,03	5,23
7	118,76	7,85
8	116,99	6,99
9	103,50	5,64
10	101,37	5,50
13	92,46	7,26
14	92,64	6,84
15	80,57	7,89
16	80,31	9,13
17	69,29	7,42
18	69,00	9,11
19	53,36	7,27
20	56,82	7,67
21	43,38	8,58
22	45,28	7,86

Tabela 6: Coeficientes de esbeltez e a tensão máxima na direção transversal.

C.P.	λ	Tensão Máxima (MPa)
1	172,68	3,10
2	165,29	3,58
3	149,22	5,28
4	148,68	3,17
5	139,34	3,25
6	136,63	3,58
7	129,99	5,54
8	125,28	5,05
9	111,72	5,49
10	116,73	4,78
11	106,37	3,84
12	104,89	5,36
13	108,14	5,45
14	94,53	5,91
15	82,04	5,57
16	82,86	5,91
17	68,25	5,21
18	69,39	6,20
19	59,57	6,21
20	61,98	7,73
21	44,71	4,69
22	44,17	6,56

Para a compressão longitudinal, a tensão resistente deve ser calculada através da equação empírica (3) obtida através dos resultados do ensaio.

$$\sigma_{m\acute{a}x} = \frac{32,98}{\lambda^{0,383}} \quad (3)$$

O gráfico da Figura 5 representa a curva tensão x coeficiente de esbeltez para a compressão longitudinal.

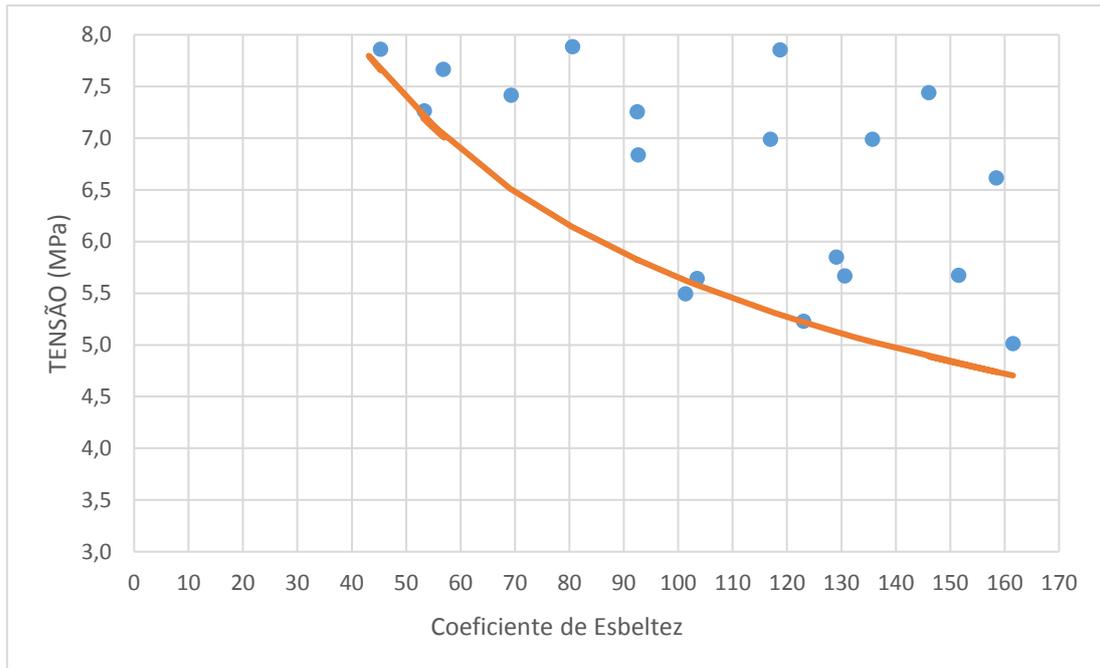


Figura 5: Curva tensão x coeficiente de esbeltez na direção longitudinal.

Para a compressão transversal, a tensão resistente deve ser calculada através da equação empírica (4) obtida através dos resultados do ensaio.

$$\sigma_{m\acute{a}x} = \frac{32,98}{\lambda^{0,453}} \quad (4)$$

O gráfico da Figura 6 representa a curva tensão x coeficiente de esbeltez para a compressão longitudinal.

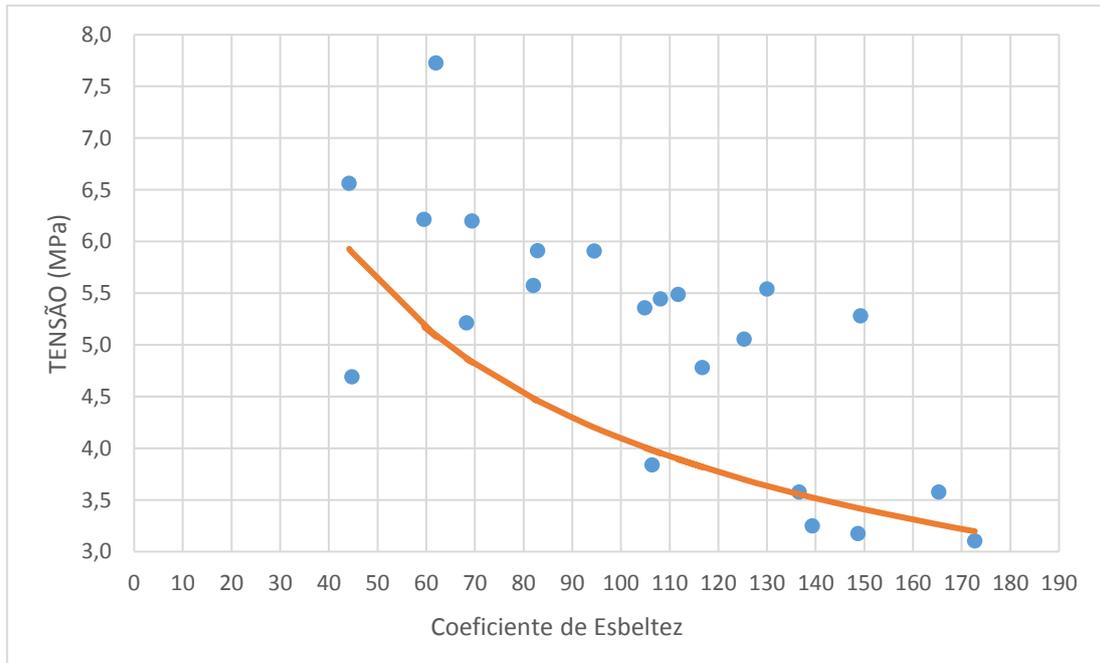


Figura 6: Curva tensão x coeficiente de esbeltez.

4. RESUMO

Tipo de solicitação	Tensão Máxima Resistente
Tração Longitudinal	28,25 MPa
Tração Transversal	14,16 MPa
Compressão Longitudinal	Usar equação 3
Compressão Transversal	Usar equação 4

5. DICAS

Para a estimativas das solicitações (cortante e momento) pode-se utilizar o software FTOOL. Para isso, existe um manual intitulado "Roteiro para criação de um modelo de ponte com carga permanente e móvel e visualização de resultados" do Prof. Luiz Fernando Martha - PUC-Rio que explica a aplicação de carregamento móvel para pontes no software FTOOL.

Segue o link do material:

https://drive.google.com/file/d/0B65mq_BDCEJMVmZISjF0T29YzA/view?usp=sharing