

AVALIAÇÃO EXPERIMENTAL DA INFLUÊNCIA DA TRELIÇA ELETROSOLDADA NA FLECHA DE VIGOTAS PRÉ-MOLDADAS

Siria Maria Da Silva Diniz (1), Alexandre Vargas (2)

UNESC – Universidade do Extremo Sul Catarinense

(1)siriadiniz@hotmail.com, (2)avargas@unesc.net

RESUMO

As vigotas das lajes treliçadas, diferente das convencionais que adotam apenas armadura longitudinal disposta na região tracionada, utilizam uma estrutura metálica prismática composta por fios de aço soldados formando um elemento rígido composto por duas treliças planas inclinadas unidas pelo vértice superior, o que, quando inserida numa vigota de concreto armado supostamente, pode lhe conferir um acréscimo de inércia. Nesse contexto, este trabalho tem como objetivo avaliar experimentalmente, a influência desse elemento, na flecha, ou seja, no deslocamento vertical e na capacidade portante de vigotas pré-fabricadas em concreto armado. Foram moldados três grupos de seis vigotas, sendo cada grupo composto por três vigotas sem treliça e três com. Para todos os grupos foram mantidas a mesma seção transversal alterando-se os comprimentos de cada grupo. Para a armadura longitudinal de combate a flexão das peças sem treliça, adotou-se a área de aço equivalente à armadura inferior das duas treliças planas somadas. Todas as mostras foram submetidas ao ensaio de flexão a quatro pontos. Os resultados para as carga de ruptura se mostraram estatisticamente iguais tanto para vigotas com treliça como para àquelas dotadas apenas de armadura longitudinal simples, independente do comprimento das amostras. Quanto às cargas no instante da flecha limite, somente no comprimento de 2,4m os resultados tiveram diferença da ordem de 9,77%. Para os demais comprimentos, não houve diferença significativa entre os valores das cargas.

Palavras-Chave: Treliza. Vigota treliçada. Laje pré-fabricada.

1. INTRODUÇÃO

A escolha do tipo de laje é, via de regra, o primeiro elemento estrutural na definição do sistema estrutural adotado em uma edificação. Diversos são os tipos disponíveis no mercado da construção civil na região sul de Santa Catarina. Dentre eles existem: as lajes maciças, nervuradas e pré-moldadas. Essas últimas tem seu uso bastante difundido na região e podem ser compostas por vigotas simples ou as

chamadas vigotas treliçadas, que tem incorporado no seu interior uma treliça eletrosoldada.

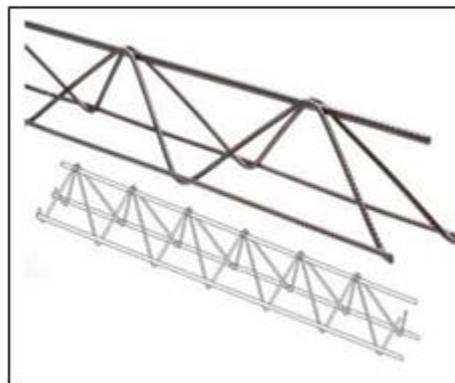
Como a sua fabricação é simples e não envolve equipamentos caros ou de difícil manutenção, estas vigotas se tornam uma opção bem acessível. São muitas as vantagens na sua utilização, dentre elas facilidade de manuseio e economia com fôrmas. (CUNHA, 2012, p.27).

Segundo Droppa Jr (1999, pg.26) as vigotas treliçadas são formadas por uma armadura treliçada de aço e por uma placa de concreto envolvendo as barras inferiores da treliça que irão compor a armadura da face tracionada da laje.

SILVA NETO et al. (2007, pg.2) afirma que treliças são estruturas reticuladas formadas por elementos retos, também chamados de elementos de barra, conectados a nós e submetidos somente a forças axiais. A modelagem das treliças é feita a partir de um elemento de barra.

"As treliças surgiram como um sistema estrutural mais econômico que as vigas para vencer vãos maiores ou suportar cargas mais pesadas" (SILVA, 2013, p.2). A inércia desses elementos é fator preponderante no combate aos deslocamentos verticais. Na Figura 1 observa-se o detalhe dessa estrutura.

Figura 1 – Treliça eletrosoldada.



Fonte: www.metallaje.com.br (Acessado em 12 de maio de 2017).

Conforme se constata nos escritórios de engenharia da região sul de Santa Catarina, os projetos tem utilizado vãos cada vez maiores objetivando otimizar as estruturas e viabilizar as vagas de garagem, que, cada vez são em maior número por unidade habitacional. Essa prática de vãos maiores implica num cuidado ainda maior com as deformações da estrutura de concreto armado. Nesse contexto e com

base nas citações anteriores, ganha espaço o uso de lajes pré-moldadas unidirecionais de concreto com uma treliça incorporada no seu interior, uma vez que, supostamente, possibilitam vencer vãos maiores, com menores deformações. A Figura 2 mostra o aspecto desse tipo de laje.

Figura 2 – Laje pré-moldada unidirecional treliçada.



Fonte: <http://www.solajepremoldados.com.br/todososprodutos/laje-trelicada> (Acesso em 12 de maio de 2017).

O sistema de lajes treliçadas, originário da Europa, foi implantado no Brasil buscando explorar e superar as limitações técnicas e econômicas dos sistemas de lajes nervuradas pré-moldadas utilizados até então, possibilitando diversas aplicações de maneira racional e competitiva além de proporcionar uma ótima relação custo-benefício.” (ARCELLORMITTAL, 2010, p.3).

Nessa perspectiva, esse trabalho tem por objetivo avaliar experimentalmente a influência das treliças eletrosoldadas nas vigotas das lajes pré-moldadas unidirecionais para avaliar a flecha, ou seja, o deslocamento vertical.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Para o experimento, foram moldados três conjuntos de vigotas, cada uma composta por seis vigotas, sendo três delas treliçadas (VCT) e três com apenas armadura de combate à flexão (VST). Para cada grupo foi alterada apenas o comprimento, sendo mantidas a seção transversal e armaduras. Para a definição dos comprimentos foi adotado o critério da somatório dos espaçamentos entre eixos dos nós da treliça (20 cm) aos cobrimentos nas extremidades (2 cm). Os comprimentos finais foram estabelecidos com base nos vãos usualmente adotados na região. Optou-se por três

diferentes comprimentos objetivando verificar se o resultado obtido no presente trabalho se manteria em comprimentos variados. A Tabela 1 apresenta as características dos grupos.

Tabela 1 – Composição do grupo de amostras.

GRUPO	QUANT.	SEÇÃO (cm)	COMPRIMENTO	
			(cm)	TRELIÇA
VST200	3	12x13	204	não
VCT200	3	12x13	204	sim
VCT240	3	12x13	244	não
VCT240	3	12x13	244	sim
VST280	3	12x13	284	não
VCT280	3	12x13	284	sim

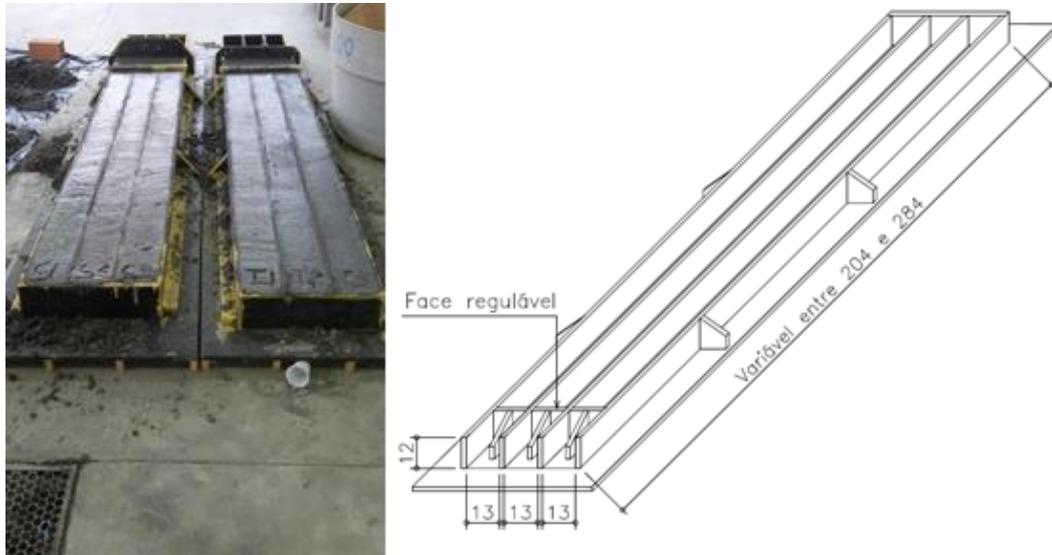
Fonte: Do autor (2017).

2.1 MATERIAIS

2.1.1 Fôrmas de madeira

Foram produzidos dois conjuntos de formas de madeira com o comprimento regulável, onde foi possível reutilizar as mesmas para todas as concretagens. Estas formas receberam sarrafos longitudinais que as dividiram em três partes, permitindo, assim a concretagem simultânea das peças. Para a utilização, as mesmas receberam uma pintura com tinta esmalte para vedar as faces de madeira expostas a fim de evitar infiltração e conseqüente dano ao aglomerado. Antes de cada concretagem, foi aplicada uma demão de desmoldante para facilitar na desforma das vigotas. Como havia 3 (três) dimensões de vigotas utilizadas, a cada concretagem era deslocada uma das extremidades de cada fôrma, e assim, obtêm-se a regulagem do comprimento para cada vigota. A Figura 3 apresenta as formas utilizadas.

Figura 3 – Aspecto das formas utilizadas para concretagem das vigotas.



Fonte: Do autor (2017).

2.1.2 Treliças

O modelo de treliça adotado foi o TB 8L da ArcelorMittal, com altura de 80 mm, com barras de aço CA60, sendo que o diâmetro do fio superior é de 6 mm e dos fios inferiores e diagonais de 4.2 mm. A distância entre os eixos dos nós é de 20 cm. Na Figura 4 é possível visualizar a treliça já com os espaçadores circulares de 2 mm.

Figura 4 – Treliça TB 8L com espaçadores.



Fonte: Do autor (2017).

2.1.3 Armadura de flexão sem treliça

Nas vigotas armadas apenas com armadura longitudinal, foram utilizadas 4 (quatro) barras de aço CA60 com diâmetro de 4.2mm, sendo duas juntas no lugar do fio superior da treliça e duas na camada inferior, formando um triângulo semelhante à treliça, para que a área de aço dos dois tipos de amostra fosse a mais próxima possível. Na Figura 5 é possível visualizar a armação da armadura longitudinal já com a colocação dos espaçadores circulares de 2 mm.

Figura 5 – Armadura longitudinal com espaçadores.



Fonte: Do autor (2017).

2.2 MÉTODOS

2.2.1 Vigotas de concreto

Depois de estabelecido a seção transversal e comprimentos das amostras, definiu-se o traço para concreto C20. O concreto utilizado atende às especificações das normas NBR 6118:2014, NBR 7212:2012, NBR 8953:2015, NBR 12654:2000 e NBR 12655:2006 grupo I das classes de resistência de concretos estruturais. O traço

utilizado foi 1:3,68:3,83:0,63 (cimento CP IV - 32, areia média, brita 1 (um), relação água cimento) em peso.

2.2.2 Concretagem vigotas

A montagem e colocação da treliça e das armaduras longitudinais nas fôrmas foram efetuadas no próprio local da concretagem, no LEE – Laboratório Experimental de Estruturas, localizado no IParque. Para garantir os espaçamentos inferiores e laterais, foram utilizados espaçadores circulares de 20 mm.

Para a produção do concreto foi utilizada uma betoneira de 400 litros. Como a mesma não suportava a quantidade toda uma única vez, o concreto foi produzido 3 (três) dias diferentes e em 2 (duas) etapas por dia, concretando 6 (seis) vigotas por etapa. Após a concretagem, permaneceram abrigadas, recebendo os procedimentos de cura do concreto. As vigotas foram desformadas 7 (sete) dias após a concretagem, para reaproveitamento das fôrmas. Essa desforma foi efetuada sem choques para evitar eventuais prejuízos ao concreto. A Figura 6 ilustra esse procedimento.

Figura 6 – Execução do concreto (a); Concretagem (b); Cura do concreto (c).



(a)

(b)

(c)

Fonte: Do autor (2017).

2.2.3 Controle tecnológico

Para o controle tecnológico do concreto houve a verificação da trabalhabilidade e da resistência à compressão. Para isto, antes de cada concretagem, foi realizado o ensaio de abatimento do tronco de cone, chamado teste de slump, e também foram moldados corpos de prova para cada concretagem que foram encaminhados para o ensaio de compressão axial simples aos 28 (vinte e oito) dias de idade.

2.2.4 Ensaio de flexão a quatro pontos

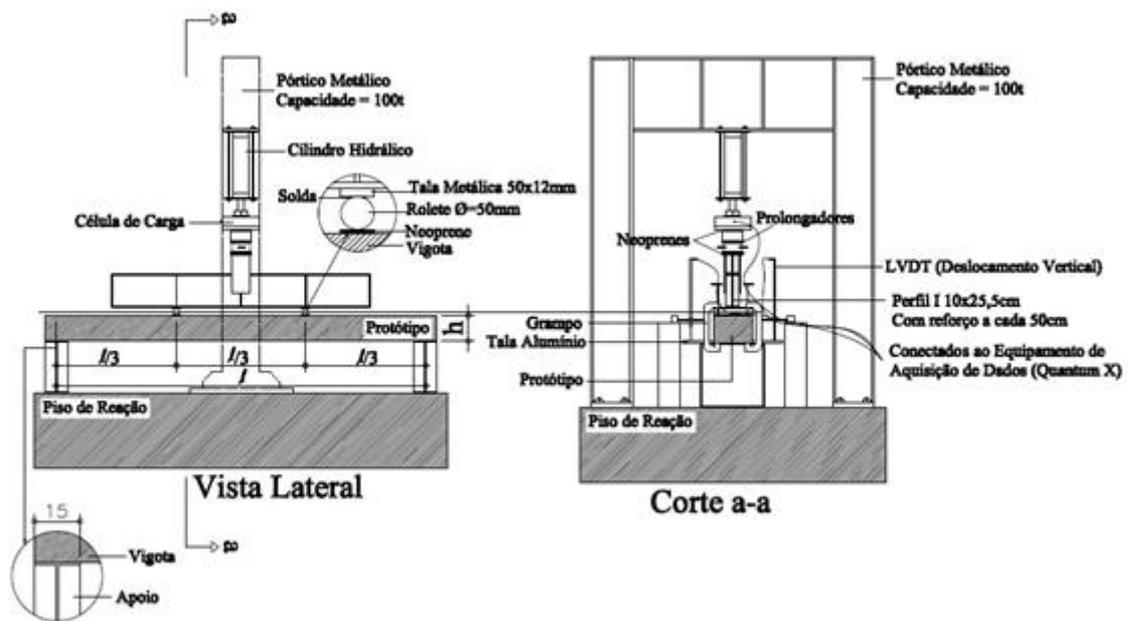
Após 28 (vinte e oito) dias da concretagem todas as amostras foram submetidas ao ensaio de flexão a 4 (quatro) pontos. Primeiramente verificou-se nível, prumo e distâncias do centro, dos apoios e da aplicação das cargas nas vigotas, nos terços médios da mesma. O objetivo foi de avaliar os resultados de carregamento obtidos no instante da flecha máxima estabelecida pela NBR 6118:2014, e no momento da ruptura. Foram colocados dispositivos na face superior das vigotas para distribuem a carga aplicada em dois pontos. Dois LVDTs (Linear Variable Differential Transformer ou Transformador Diferencial Variável Linear) estavam fixados nas faces das vigotas com extensão de 100 mm para medir o deslocamento das mesmas. Estes dispositivos são ligados ao sistema de aquisição de dados Quantum X®, que utiliza o software Catman Easy® da marca HBM®. Para a realização dos ensaios, foi utilizado um cilindro hidráulico com capacidade de 500 kN posicionado sob um pórtico metálico, tendo na sua extremidade acoplada uma cédula de carga.

Como medida de segurança, utilizaram-se cintas em torno dos perfis metálicos posicionados sobre as vigotas para a correta aplicação das cargas a fim de evitar qualquer tipo de acidente que pudesse vir a ocorrer. A Figura 7 mostra a instrumentação do ensaio.

Figura 7 – (a) Instrumentação do ensaio; Esquema dos elementos utilizados no ensaio.



(a)



(b)

Fonte: Do autor (2017).

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Após a conclusão dos ensaios, os valores obtidos foram compilados e avaliados. Nos itens seguintes estão descritos e discutidos esses resultados.

3.1 CONTROLE TECNOLÓGICO DO CONCRETO

Os valores obtidos tanto no ensaio de trabalhabilidade que obteve média de abatimento de 2 mm, quanto no de resistência à compressão simples, cuja média geral ficou em 23,62 Mpa, validam o traço utilizado, cuja resistência estimada inicial era de 20 MPa.

3.2 RESULTADOS DOS ENSAIOS DE FLEXÃO A QUATRO PONTOS

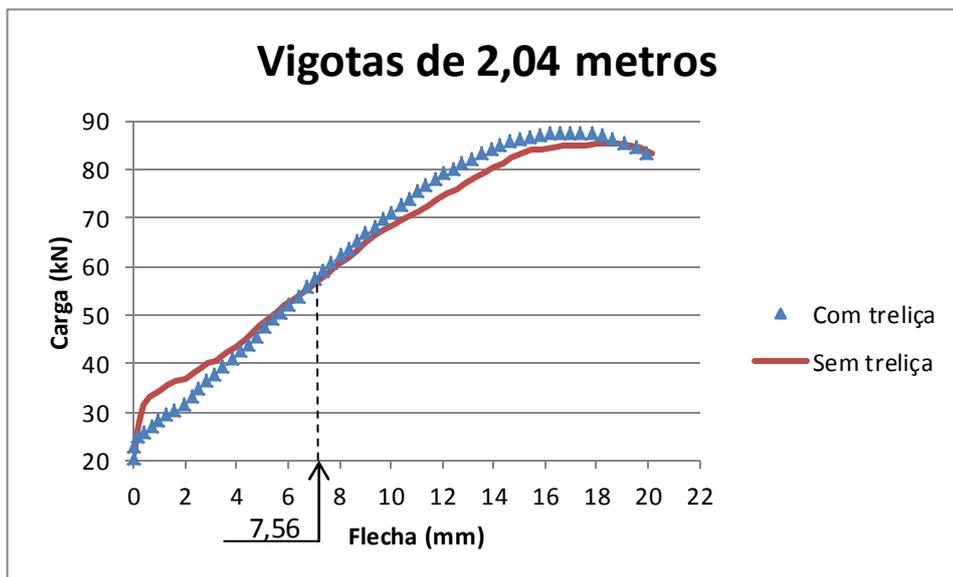
As cargas apresentadas nas Tabelas 2, 3 e 4, correspondem aos valores totais das cargas aplicadas para cada vigota no ensaio, incluindo o peso próprio, o peso da viga metálica e dos dispositivos que transferem as cargas para os pontos de aplicação. O primeiro valor é o que corresponde à carga no instante da flecha máxima de cada comprimento e o segundo é o valor da carga de ruptura. É possível verificar também a média e o desvio padrão desses valores. Em sequência estão representados os gráficos que expressam o comportamento das vigotas com e sem treliça durante o ensaio conforme mostram as Figuras 8, 9 e 10.

Tabela 2 – Resultados dos ensaios nas vigotas de 2,04 metros.

2,04 METROS									
COM TRELIÇA									
	2C1		2C2		2C3		Média das cargas (kN)	Desvio Padrão	Variância
	Carga (kN)	Flecha (mm)	Carga (kN)	Flecha (mm)	Carga (kN)	Flecha (mm)			
Flecha máxima	55,5206	7,56	57,6998	7,56	66,4238	7,56	59,8814	5,7697	33,2899
Ruptura	85,0230	17,24	83,9620	18,27	96,3070	21,05	88,4307	6,8417	46,8089
SEM TRELIÇA									
	2S1		2S2		2S3		Média das cargas (kN)	Desvio Padrão	Variância
	Carga (kN)	Flecha (mm)	Carga (kN)	Flecha (mm)	Carga (kN)	Flecha (mm)			
Flecha máxima	58,6951	7,56	60,9011	7,56	62,2558	7,56	60,6173	1,7973	3,2301
Ruptura	83,6160	18,03	85,2370	18,44	86,8890	17,51	85,2473	1,6365	2,6782

Fonte: Do autor (2017).

Figura 8 – Gráfico do ensaio nas vigotas de 2,04 metros (valores médios).



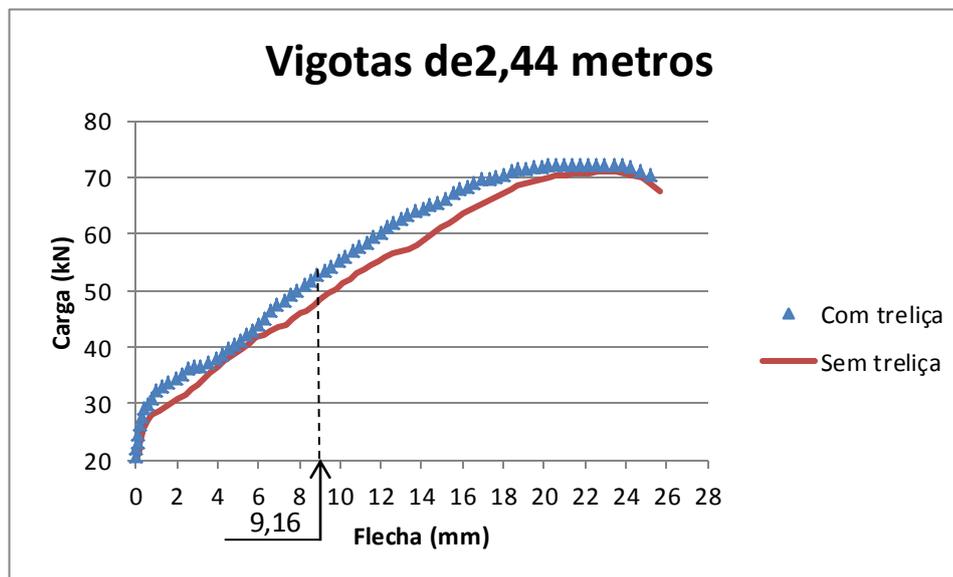
Fonte: Do autor (2017).

Tabela 3 – Resultados dos ensaios nas vigotas de 2,44 metros.

2,44 METROS									
COM TRELIÇA									
	2,4C1		2,4C2		2,4C3		Média das cargas (kN)	Desvio Padrão	Variância
	Carga (kN)	Flecha (mm)	Carga (kN)	Flecha (mm)	Carga (kN)	Flecha (mm)			
Flecha máxima	51,2756	9,16	52,1237	9,16	56,3271	9,16	53,2421	2,7051	7,3177
Ruptura	72,0570	22,24	72,2800	23,06	78,1260	21,25	74,1543	3,4414	11,8430
SEM TRELIÇA									
	2,4S1		2,4S2		2,4S3		Média das cargas (kN)	Desvio Padrão	Variância
	Carga (kN)	Flecha (mm)	Carga (kN)	Flecha (mm)	Carga (kN)	Flecha (mm)			
Flecha máxima	48,0124	9,16	48,4635	9,16	49,0402	9,16	48,5054	0,5152	0,2654
Ruptura	70,9990	23,85	72,6070	25,66	68,8810	23,89	70,8290	1,8688	3,4924

Fonte: Do autor (2017).

Figura 9 – Gráfico do ensaio nas vigotas de 2,44 metros (valores médios).



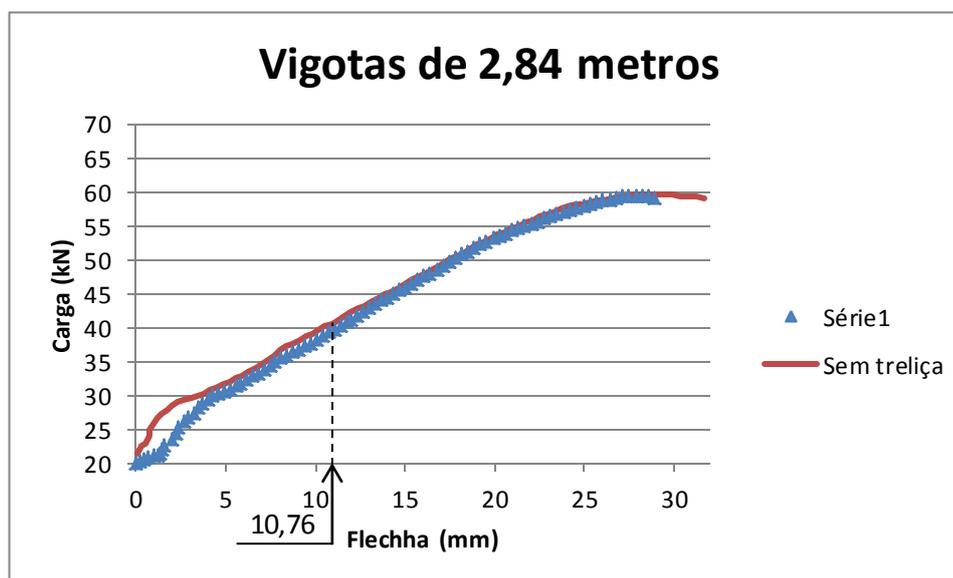
Fonte: Do autor (2017).

Tabela 4 – Resultados dos ensaios nas vigotas de 2,84 metros.

2,84 METROS									
COM TRELIÇA									
	2,8C1		2,8C2		2,8C3		Média das cargas (kN)	Desvio Padrão	Variância
	Carga (kN)	Flecha (mm)	Carga (kN)	Flecha (mm)	Carga (kN)	Flecha (mm)			
Flecha máxima	38,4145	10,76	35,6612	10,76	43,5657	10,76	39,2138	4,0124	16,0993
Ruptura	59,1410	31,99	59,5920	31,77	64,0250	30,06	60,9193	2,6990	7,2847
SEM TRELIÇA									
	2,8S1		2,8S2		2,8S3		Média das cargas (kN)	Desvio Padrão	Variância
	Carga (kN)	Flecha (mm)	Carga (kN)	Flecha (mm)	Carga (kN)	Flecha (mm)			
Flecha máxima	37,9575	10,76	41,213	10,76	42,2606	10,76	40,4771	2,2440	5,0353
Ruptura	55,0010	28,33	62,4720	34,51	65,1600	34,83	60,8777	5,2638	27,7077

Fonte: Do autor (2017).

Figura 10 – Gráfico do ensaio nas vigotas de 2,84 metros (valores médios).



Fonte: Do autor (2017).

3.3 ANÁLISE ESTATÍSTICA DOS RESULTADOS

Para a avaliação estatística dos resultados obtidos, foram analisados os valores das cargas no instante da flecha limite, estabelecida pela NBR 6118:2014 e no momento da ruptura. Foram elaboradas Análises de Variância (ANOVA) para cada comprimento de vigota levando em consideração esses valores. Para a aferição dos valores encontrados foi admitido o valor crítico de “p” menor ou igual a 0,05, onde se assume uma margem de segurança de 5% de chance de erro, ou 95% de chances de estar certo. Simultaneamente foi comparado o valor de “f” com o valor de “f crítico”. Nesse caso quando “f” for menor que “f crítico” indica que os resultantes são estatisticamente iguais para este número de amostras, enquanto que, quando “f” for maior ocorre uma diferença significativa. O resultado para cada comprimento individualizado, considerando o número de amostras utilizadas, apresentou valores não convergentes: Os comprimentos de 2 metros e 2,80 metros resultaram valores de “p” superiores a 0,05, e valores de “f” inferiores ao “f crítico”, significando que estatisticamente com ou sem treliça os resultados não diferem. Porém no comprimento de 2,40 metros o valor de “p” ficou abaixo de 0,05, e valor de “f” superior ao “f crítico”, apontando que existe uma diferença significativa de 9,77%

entre as cargas resultantes, apenas no momento da flecha limite, o que não aconteceu na ruptura. As Tabelas 5, 6 e 7 apresentam as Análise de variância individualizadas para cada comprimento.

Tabela 5 – Análise de variância analisando vigota de 2,04 metros.

Vigotas de 2,04 metros						
Análise das cargas na flecha máxima						
<i>Fonte da variação</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>valor-P</i>	<i>F crítico</i>
Entre grupos	0,8124	1	0,8124	0,0445	0,8433	7,7086
Dentro dos grupos	73,0401	4	18,2600			
Total	73,8525	5				
Análise das cargas na ruptura						
<i>Fonte da variação</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>valor-P</i>	<i>F crítico</i>
Entre grupos	15,2004	1	15,2004	0,6143	0,4770	7,7086
Dentro dos grupos	98,9742	4	24,7436			
Total	114,1746	5				

Fonte: Do autor (2017).

Tabela 6 – Análise de variância analisando vigota de 2,44 metros.

Vigotas de 2,44 metros						
Análise das cargas na flecha máxima						
<i>Fonte da variação</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>valor-P</i>	<i>F crítico</i>
Entre grupos	33,6555	1	33,6555	8,8764	0,0408	7,7086
Dentro dos grupos	15,1663	4	3,7916			
Total	48,8218	5				
Análise das cargas na ruptura						
<i>Fonte da variação</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>valor-P</i>	<i>F crítico</i>
Entre grupos	16,5868	1	16,5868	2,1632	0,2153	7,7086
Dentro dos grupos	30,6710	4	7,6677			
Total	47,2577	5				

Fonte: Do autor (2017).

Tabela 7 – Análise de variância analisando vigota de 2,84 metros.

Vigotas de 2,84 metros						
Análise das cargas na flecha máxima						
<i>Fonte da variação</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>valor-P</i>	<i>F crítico</i>
Entre grupos	2,3938	1	2,3938	0,2265	0,6589	7,7086
Dentro dos grupos	42,2693	4	10,5673			
Total	44,6631	5				
Análise das cargas na ruptura						
<i>Fonte da variação</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>valor-P</i>	<i>F crítico</i>
Entre grupos	0,0026	1	0,0026	0,0001	0,9909	7,7086
Dentro dos grupos	69,9849	4	17,4962			
Total	69,9875	5				

Fonte: Do autor (2017).

Para finalizar a análise estatística, foi montada uma Análise de variância considerando todos os resultados das cargas sem levar em conta o comprimento das vigotas. Nessa análise obteve-se um valor de “p” superior a 0,05, e valor de “f” inferior ao “f crítico”, significando que, para esse número de amostras, numa análise global, os resultados mostraram-se iguais com 95% de possibilidade de estar certo. A Tabela 8 apresenta a Análise de variância contemplando todos os valores de carga, tanto na flecha máxima quanto na ruptura.

Tabela 8 – Análise de variância analisando vigotas de todos os comprimentos.

Vigotas de todos os comprimentos analisados						
Análise das cargas na flecha máxima						
<i>Fonte da variação</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>valor-P</i>	<i>F crítico</i>
Entre grupos	3,7471	1	3,7471	0,0424	0,8395	4,4940
Dentro dos grupos	1415,2843	16	88,4553			
Total	1419,0314	17				
Análise das cargas na ruptura						
<i>Fonte da variação</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>valor-P</i>	<i>F crítico</i>
Entre grupos	21,4534	1	21,4534	0,1535	0,7004	4,4940
Dentro dos grupos	2236,2805	16	139,7675			
Total	2257,7340	17				

Fonte: Do autor (2017).

4 CONCLUSÕES

A partir da análise dos resultados dos ensaios das vigotas, constatou-se que:

- Com a quantidade de amostras utilizadas neste trabalho, os valores de carga na ruptura de cada comprimento, são estatisticamente iguais quando comparadas as vigotas com treliça com as somente com armadura longitudinal.
- Com a quantidade de amostras utilizadas neste trabalho os valores de carga na flecha máxima nas vigotas de 2 metros e de 2,80 metros são estatisticamente iguais quando comparado vigotas com treliça com as somente com armadura longitudinal.
- Porém, quando foi analisado os valores de carga na flecha máxima dessas amostras nas vigotas de 2,40 metros verificou-se que estes não seguem o mesmo padrão, ou seja, identificam-se diferenças entre os resultados quando comparado vigotas com treliça com as somente com armadura longitudinal.
- No entanto, uma análise globalizada dos valores das cargas, independente dos comprimentos das vigotas, mostrara-se estatisticamente iguais, contrariando o resultado esperado de melhor desempenho das vigotas com treliça.
- Uma possível explicação para os resultados diferentes dos esperados seria o diferente comportamento de uma laje pronta e o de uma vigota isolada. Para tanto, no próximo item, existem sugestões para a sequência desse estudo.

5 SUGESTÃO PARA TRABALHOS FUTUROS

Em relação a trabalhos futuros, sugere-se:

- Analisar uma quantia maior de amostras de vigotas com intuito de confirmar a tendência obtida no presente estudo;
- Avaliar as vigotas considerando a parcela da capa de compressão compondo uma sessão “T”;
- Estudar as lajes pré-moldadas treliçadas e com vigotas comuns prontas e não somente as vigotas isoladamente.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6118**: projeto de estruturas de concreto: procedimentos. Rio de Janeiro, 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8953**: concreto Para Fins Estruturais. Rio de Janeiro, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12654**: controle tecnológico de materiais componentes do concreto. Rio de Janeiro, 2000.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12655**: concreto de cimento Portland. Rio de Janeiro, 2006.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7212**: execução de concreto dosado em central - procedimento. Rio de Janeiro, 2012.

ARCELORMITTAL. **Manual Técnico de Lajes Treliçadas**. Manual Técnico de Lajes Treliçadas da empresa ArcelorMittal, Criciúma, 2010.

DROPPA JR, Alonso. **Análise estrutural de lajes formadas por elementos pré-moldados tipo vigota com armação treliçada**. 1999. 193 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Estruturas) – Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1999.

SILVA NETO, Gustavo Cunha da; LOPES, Rogério Coelho; LOPES, Arlindo Pires. **O método dos elementos finitos em treliças planas na disciplina de mecânica computacional**. 2007. 14 f. Trabalho apresentado no XXXV Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia, São Bernardo do Campo, 2007.

GUILHERME, Carlos Eduardo Marcos. **Otimização topológica de treliças e pórticos com restrições de flambagem e flexibilidade**. 2000. 91 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2000.

SILVA, Ramon Saleno Y. C. **Análise de Treliças Planas**. Material de aula apresentado no curso de Engenharia Civil da Universidade Paulista, Campus de Brasília, 2013.

CUNHA, Mateus Ortigosa. **Recomendações para projeto de lajes formadas por vigotas com armação treliçada**. 2012. 145 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Estruturas) – Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, São Carlos, 2012.

SOLAJE. **Laje Treliçada**. Disponível em:

<<http://www.solajepremoldados.com.br/todososprodutos/laje-trelicada>>. Acesso em 12 de maio de 2017.

METAL LAJE. **Treliças**. Disponível em: <<http://www.metallaje.com.br>>. Acesso em 12 de maio de 2017.