

RELATÓRIO TÉCNICO PRELIMINAR

LUCIANO MÓDENA
(Engº Civil)

PRÉ-ENSAIO DE LAJES PRÉ-MOLDADAS E MOLDADAS IN-LOCO COM ARMAÇÃO
TRELIÇADA

São Paulo
2008

RESUMO

Nenhum sistema construtivo pode ser apontado como a única solução para atender as necessidades das obras na construção civil nem tão pouco ser indicado como soberano nas questões de praticidade, rapidez, economia, custos, durabilidade e segurança.

O sistema de lajes pré-moldadas com armação treliçada conquistou um considerável espaço na construção civil por possuir um ótimo custo-benefício aliando rapidez e facilidade na produção das vigotas treliçadas, na montagem das obras e ao baixo custo dos materiais e mão de obra empregados.

Recentemente foi desenvolvido um sistema alternativo de lajes treliçadas que consiste na substituição da base de concreto das vigotas por um polímero para atender a mesma finalidade que é a de atuar como forma durante a concretagem das lajes.

Este sistema encontra-se atualmente em fase de concepção e o presente estudo tem a intenção de apresentar um pré-ensaio para se obter uma avaliação preliminar do funcionamento das lajes nesse sistema em comparação com as lajes pré-moldadas com armação treliçadas no sistema convencional.

O presente relatório técnico preliminar servirá como análise de viabilidade para constituição de uma proposta de programa de ensaio que deverá ser realizado em laboratório especializado objetivando a criação de um relatório técnico definitivo que validará a introdução deste sistema no mercado da construção civil.

SUMÁRIO

1	CONCEPÇÃO DO MODELO	04
2	ANÁLISE DOS CARREGAMENTOS.....	06
3	EXECUÇÃO DOS PRÉ-ENSAIOS.....	09
4	RESULTADOS.....	21
5	CONCLUSÕES.....	22

1 CONCEPÇÃO DO MODELO

Para pré-avaliar o funcionamento das lajes treliçadas utilizando uma base de polímero em suas vigotas foram executados três pré-ensaios moldando-se três modelos de lajes com vãos e geometria que estão detalhados nas Figuras 01 e 02. O primeiro modelo de laje ensaiado foi executado considerando uma base de concreto com a finalidade de simular uma laje convencional, no segundo modelo foi utilizado um polímero com a inserção da treliça na vigota e no terceiro modelo foi utilizado um polímero com nicho para permitir a incorporação do concreto nos fios inferiores da treliça.

Os três modelos foram concretados sobre o apoio detalhado na Figura 01.

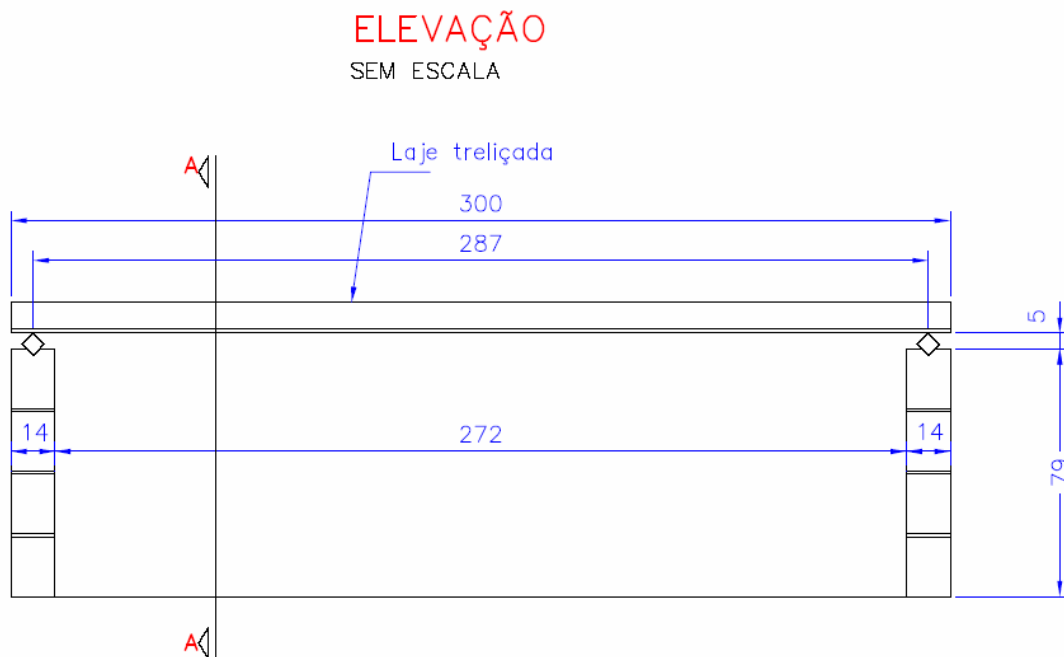


Figura 01

Foram definidos geometria, vão livre e fixado a armadura positiva constituída pelos fios inferiores da armação treliçada conforme a Figura 02 abaixo, sem a introdução de barras adicionais.

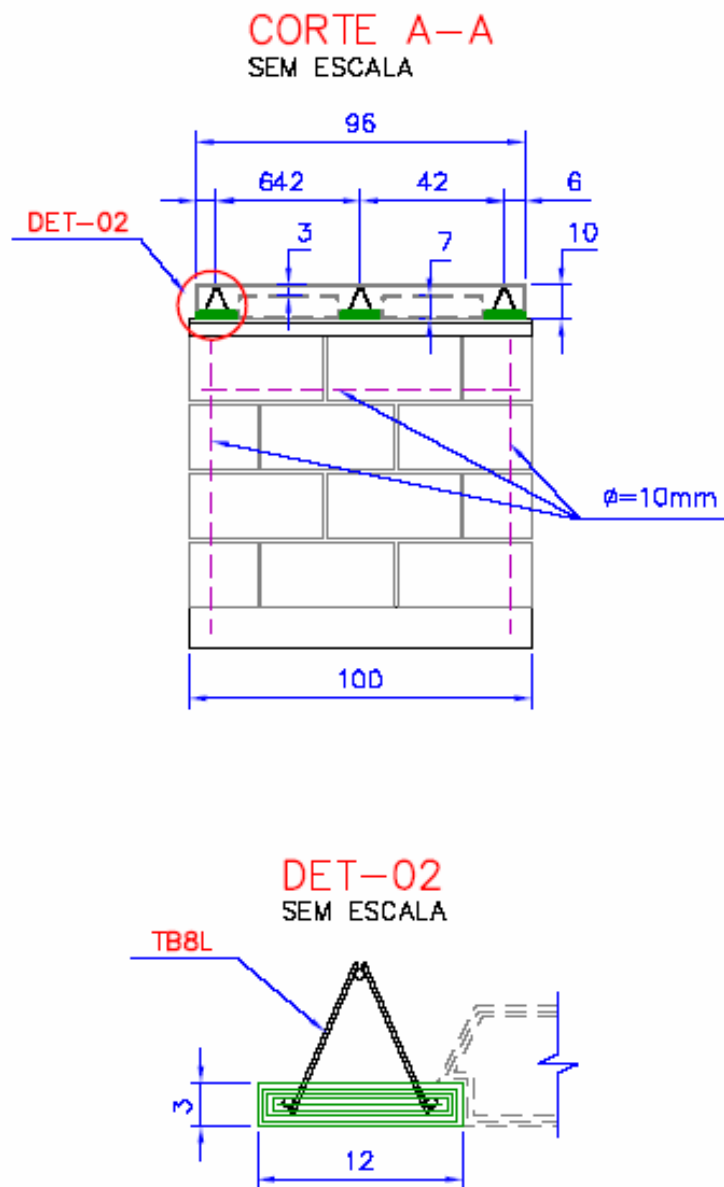


Figura 02

2 ANÁLISE DOS CARREGAMENTOS

Foram analisados¹ três casos de carregamentos e gerado os diagramas de força cortante e momento fletor conforme mostrado nas Figuras de 03 a 08.

- CASO 1 - Dividido igual nas três vigotas = $15 \times 50 / 3 = 250 \text{ Kg} = 0,25 \text{ tf}$. Neste caso a ruptura ocorre com 11 sacos de cimento.

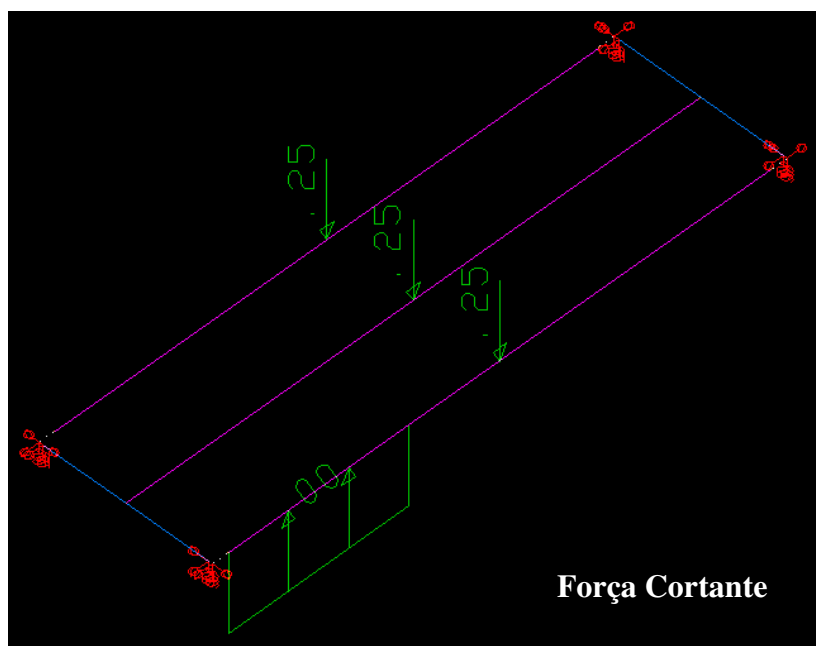


Figura 03

¹ Análise estrutural desenvolvida pelo Engenheiro Mestre Alonso Droppa Junior.

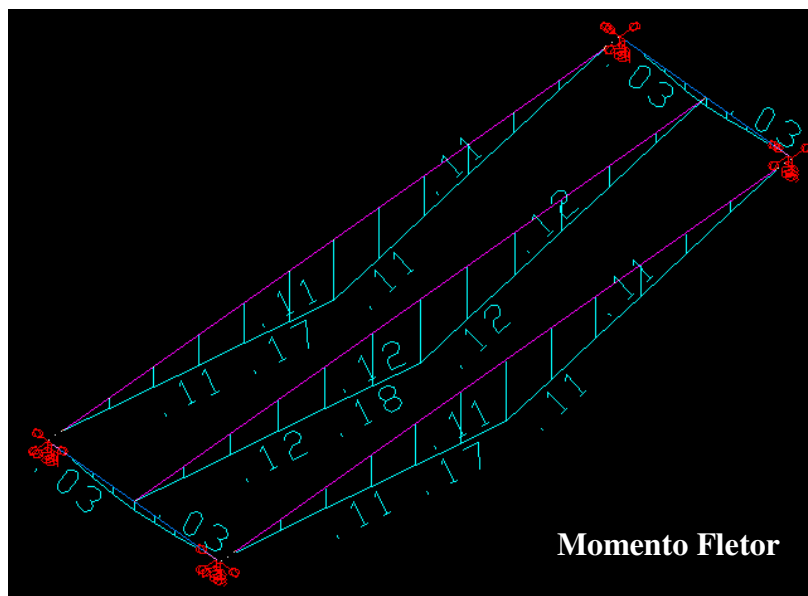


Figura 04

- CASO 2 - 50% na vigota central e o restante nas extremidades = 0,38 tf (central) e 0,19 tf (extremidade). Neste caso a ruptura ocorre com 13 sacos de cimento.

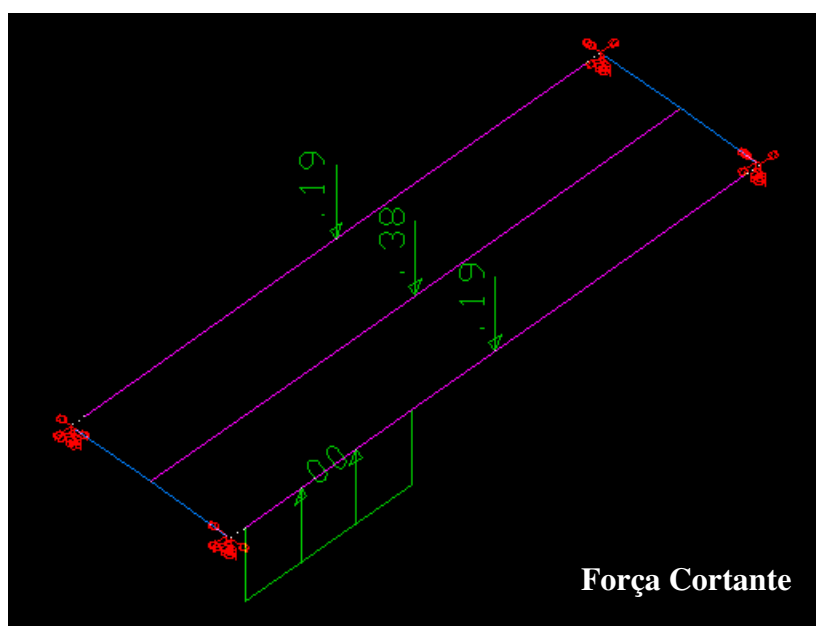


Figura 05

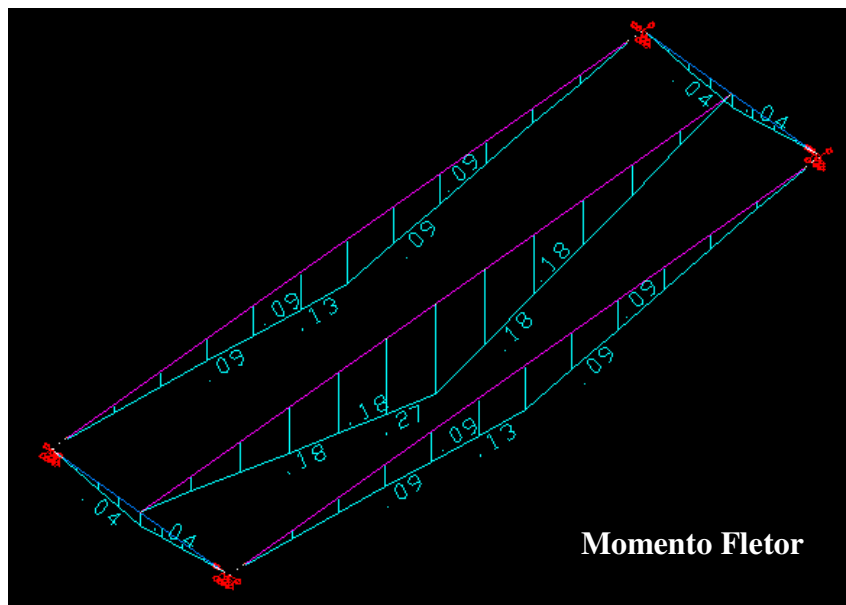


Figura 06

- Caso 3 - 100% da carga na vigota central = 0,75 tf. Neste caso a ruptura ocorre com 12 sacos de cimento.

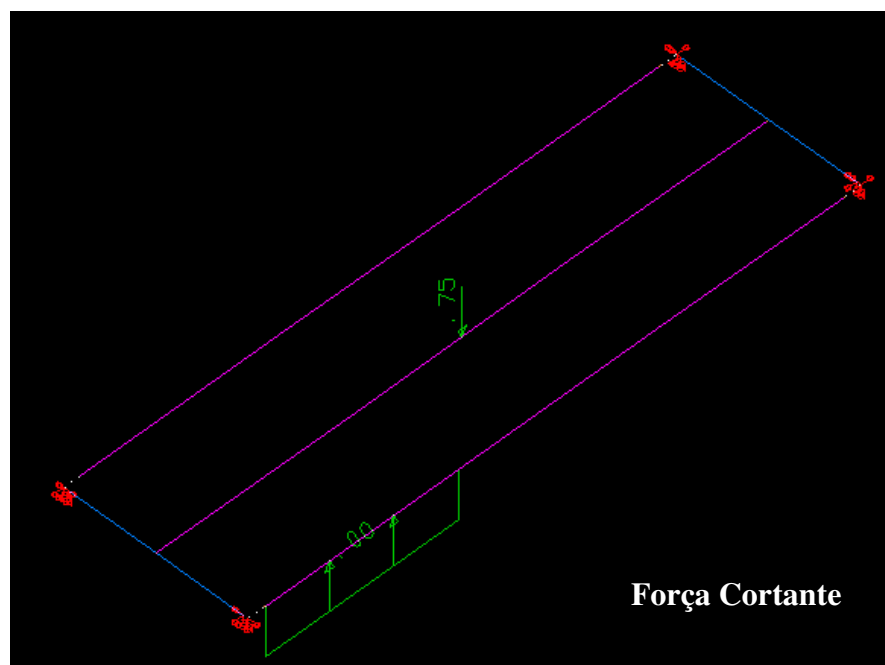


Figura 07

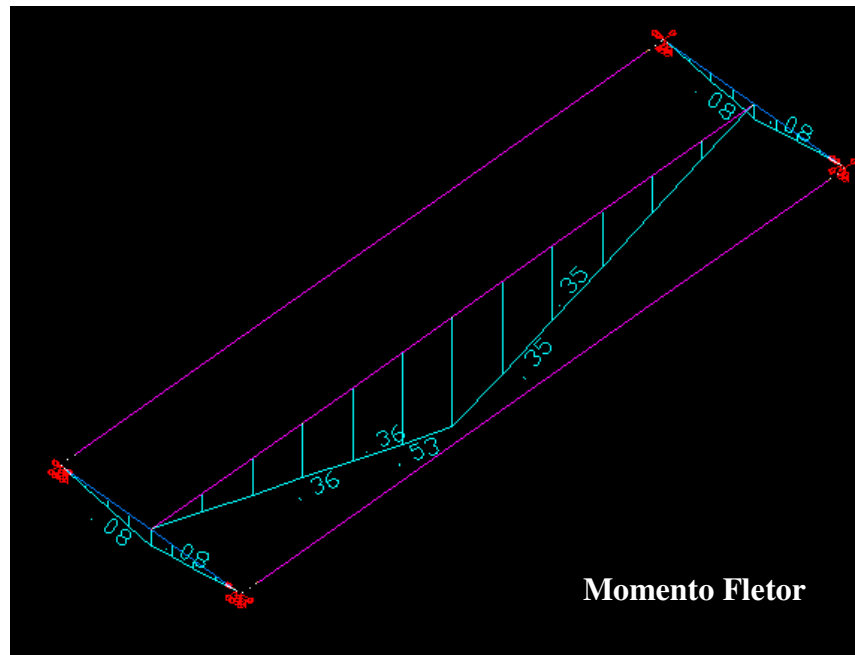


Figura 08

3 EXECUÇÃO DOS PRÉ-ENSAIOS

Foi executado a desforma das lajes sempre após os 28 dias após a concretagem dos três modelos. Foi feito a leitura da distância entre a base das vigotas e o piso acabado onde se assentam os apoios. Em seguida foram submetidos os modelos à ação de carregamentos utilizando-se sacos de cimento com 40kg por saco para simulação das cargas em serviço.

Para cada carregamento foi feito a leitura da distância entre a base da vigota até o piso acabado na região central do vão dos modelos (ver Figura 12).

Os três modelos de lajes foram submetidos ao carregamento máximo de 18 sacos de cimentos o que equivale a uma carga total de 720 kg distribuídos no terço central do vão.

- MODELO 01 – LAJE CONVENCIONAL COM BASE DE CONCRETO

O modelo com base de concreto foi montado conforme o projeto das Figuras 01 e 02 e após a retirada dos escoramentos foi feito a leitura da medida entre o fundo da laje e o piso acabado sob o apoio dos modelos. Ver a condição de apoio adotado para as duas extremidades nas Figuras 09 e 10.



Figura 09



Figura 10

A Figura 11 mostra a laje pré-moldada com armação treliçada convencional (Base de concreto armado) imediatamente após a retirada das escoras. O concreto atingiu a resistência de 32 Mpa aos 28 dias.



Figura 11

A Figura 12 ilustra a medida entre o fundo da laje e o piso de apoio. A distância da medida foi de 84,5 cm.

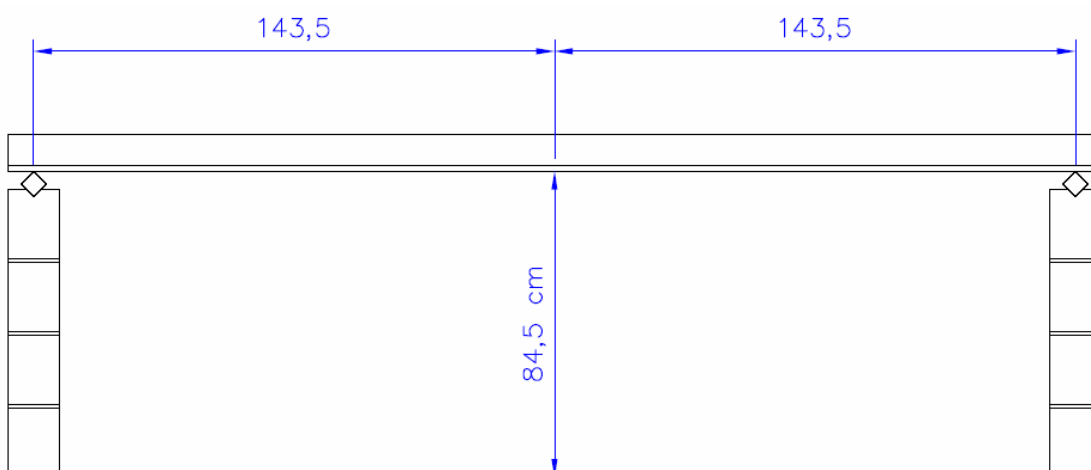


Figura 12

A Figura 13 mostra a colocação dos sacos de cimento concentrados no terço central do vão.



Figura 13

A Figura 14 mostra o comportamento da laje com 10 sacos de cimento (400 kgf). A distância medida foi de 83,7 cm ← Flecha = 0,80 cm.



Figura 14

A Figura 15 mostra o comportamento da laje com 12 sacos de cimento (480 kgf). A distância medida foi de 82,8 cm ← Flecha = 1,70 cm.



Figura 15

A Figura 16 mostra o comportamento da laje com 16 sacos de cimento (640 kgf). A distância medida foi de 81,3 cm ← Flecha = 3,20 cm.



Figura 16

A Figura 17 mostra o comportamento da laje com 18 sacos de cimento (720 kgf). A distância medida foi de 80,5 cm ← Flecha = 4,00 cm.



Figura 17

QUADRO DE FISSURAÇÃO

A Figura 18 mostra a fissuração a 1,0 m do apoio:

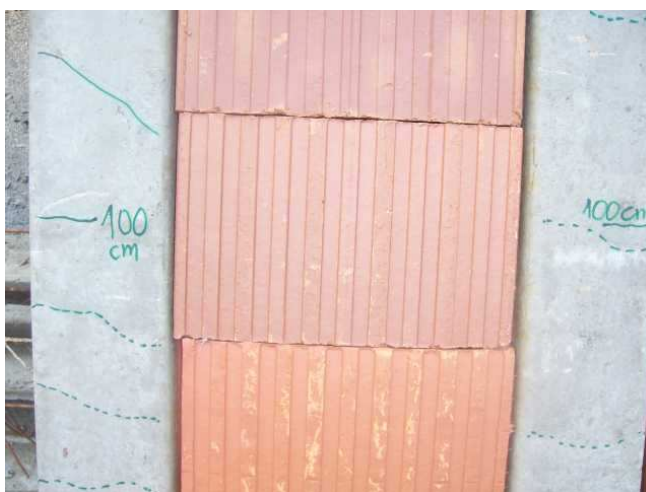


Figura 18

A Figura 19 mostra a fissuração a 1,5 m do apoio:



Figura 19

A Figura 20 mostra a fissuração a 2,0 m do apoio:



Figura 20

FLECHA RESIDUAL

Após a retirada dos 18 sacos de cimento foi medida a distância de 81,8 □ Flecha residual de 2,7 cm (ver Figura 21).



Figura 21

- MODELO 02 – LAJE COM BASE DE POLÍMERO COM INSERÇÃO DA TRELIÇA

A Figura 22 mostra a laje com armação treliçada inserida em base polimérica imediatamente após a retirada das escoras. O concreto atingiu a resistência de 31 Mpa aos 28 dias. A Figura 23 ilustra a medida entre o fundo da laje e o piso de apoio. A distância da medida foi de 84 cm.



Figura 22

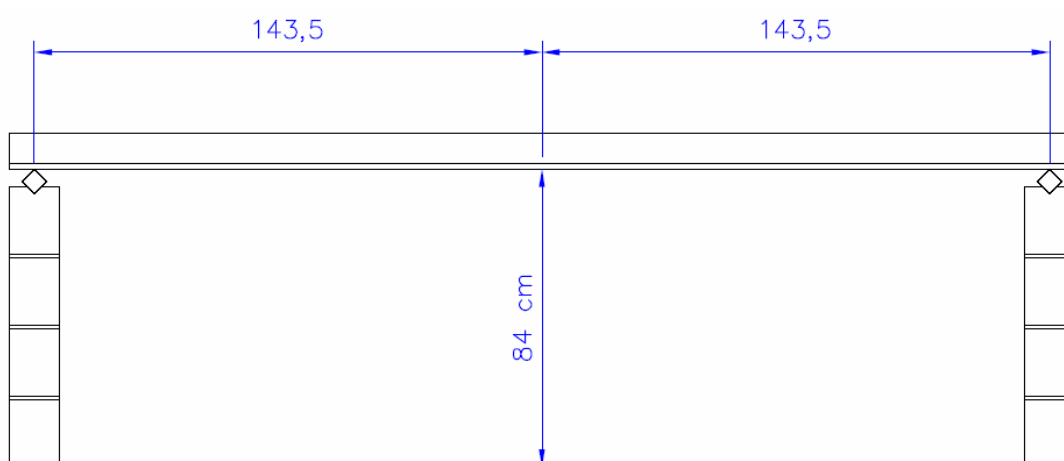


Figura 23

A Figura 24 mostra o comportamento da laje com 10 sacos de cimento (400 kgf). A distância medida foi de 82,4 cm ← Flecha = 1,6 cm.



Figura 24

A Figura 25 mostra o comportamento da laje com 16 sacos de cimento (640 kgf). A distância medida foi de 81,5 cm ← Flecha = 2,5 cm.



Figura 25

FLECHA RESIDUAL

No comportamento da laje com 18 sacos de cimento (720 kgf) a distância medida foi de 81,0 cm ← Flecha = 3 cm. Não ocorreu nenhum quadro de fissuração nas vigotas devido ao polímero.

A Figura 26 mostra a laje após a retirada dos 18 sacos de cimento e em seguida a leitura da distância obtida foi de 82,8 cm ← Flecha residual de 1,2 cm.



Figura 26

- **MODELO 03 – LAJE COM BASE DE POLÍMERO COM NICHOS**

A Figura 27 mostra a laje com armação treliçada com a base polimérica moldada com um nicho², imediatamente após a retirada das escoras. O concreto atingiu a resistência de 30 Mpa aos 28 dias. A medida entre o fundo da laje e o piso de apoio foi de 84 cm.

No comportamento da laje com 12 sacos de cimento (480 kgf) a distância medida foi de 82,7 cm ← Flecha = 1,3 cm.

² No modelo de laje 03 foi criado um nicho na superfície superior da base do polímero de maneira a deixar expostos os fios inferiores da treliça permitindo assim a incorporação dos mesmos pelo concreto da laje.



Figura 27

A Figura 28 mostra o comportamento da laje com 18 sacos de cimento (720 kgf). A distância medida foi de 81,8 cm ← Flecha = 2,2 cm.



Figura 28

FLECHA RESIDUAL

Não ocorreu nenhum quadro de fissuração nas vigotas devido ao polímero.

A Figura 29 mostra a laje após a retirada dos 18 sacos de cimento e em seguida a leitura da distância obtida foi de 83,2 cm ← Flecha residual de 0,8 cm.



Figura 29

4 RESULTADOS

Nº DE SACOS	CARGAS (Kgf)	FLECHA (cm) MODELO 01	FLECHA (cm) MODELO 02	FLECHA (cm) MODELO 03
01	40	0,10	0,00	0,00
02	80	0,20	0,00	0,00
03	120	0,30	0,00	0,00
04	160	0,50	0,60	0,00
05	200	0,50	0,60	0,30
06	240	0,50	1,10	0,30
07	280	0,60	1,30	0,50
08	320	0,60	1,30	0,50
09	360	0,70	1,60	1,00
10	400	0,80	1,60	1,00
11	440	1,60	2,10	1,30
12	480	1,70	2,10	1,30
13	520	2,20	2,30	1,60
14	560	2,30	2,30	1,60

Tabela 01
(Continua na próxima folha)

Nº DE SACOS	CARGAS (Kgf)	FLECHA (cm) MODELO 01	FLECHA (cm) MODELO 02	FLECHA (cm) MODELO 03
15	600	2,60	2,50	1,80
16	640	3,20	2,50	1,80
17	680	4,00	3,00	2,20
18	720	4,00	3,00	2,20

Tabela 01
(Continuação da folha anterior)

FLECHA RESIDUAL				
Nº DE SACOS	CARGAS (Kgf)	FLECHA (cm) MODELO 01	FLECHA (cm) MODELO 02	FLECHA (cm) MODELO 03
0	0	2,70	1,20	0,80

Tabela 02

5 CONCLUSÕES

As deformações dos três modelos para o mesmo carregamento foram diferentes nos três casos. No modelo 01 verificou-se a maior deformação para o carregamento máximo bem como a deformação residual. Para os modelos 02 e 03 as deformações foram menores.

As Tabelas 03 a 05 mostram um comparativo das deformações devido aos carregamentos máximos e as deformações residuais. A análise das deformações será feita comparando os modelos dois a dois.

MODELO 01	MODELO 02	VARIAÇÃO
Flecha Final (720 Kgf) – (cm)	Flecha Final (720 Kgf) – (cm)	(%)
4,00	3,00	25
Flecha Residual – (cm)	Flecha Residual – (cm)	(%)
2,70	1,20	55

Tabela 03

MODELO 01	MODELO 03	VARIAÇÃO
Flecha Final (720 Kgf) – (cm)	Flecha Final (720 Kgf) – (cm)	(%)
4,00	2,20	45
Flecha Residual – (cm)	Flecha Residual – (cm)	(%)
2,70	0,80	70

Tabela 04

MODELO 02	MODELO 03	VARIAÇÃO
Flecha Final (720 Kgf) – (cm)	Flecha Final (720 Kgf) – (cm)	(%)
3,00	2,20	27
Flecha Residual – (cm)	Flecha Residual – (cm)	(%)
1,20	0,80	33

Tabela 05

Há uma pequena diferença no peso próprio por metro quadrado entre o modelo 01 onde as vigotas possuem a base de concreto e os modelos 02 e 03 onde a base das vigotas é de polímero. Esta diferença é no máximo de 9 kgf/m² pois a base de concreto possui 3 cm de altura e a base de polímero com 1,5 cm de altura. O peso específico deste polímero é de 800 kgf/m³.

Uma causa para as diferenças entre as deformações dos modelos 01, 02 e 03, pode ser atribuída a variação no valor do peso próprio entre as lajes devido os diferentes materiais utilizados nas bases. Uma outra parcela pode ser atribuída as fissuras do concreto que devem ter provocado uma concentração de tensão nos fios de aço. Já nas bases poliméricas a inexistência de fissuras pode ter implicado em uma melhor distribuição de tensões nos fios inferiores das treliças.

As deformações residuais na base de concreto foram maiores. Este fato pode ser atribuído às fissuras na região tracionada. Quando ocorre a abertura de fissura surge dentro dela o deslocamento de agregados provocando um tipo de encunhamento o que pode dificultar um melhor retorno do fechamento dessas fissuras quando a laje sofre o alívio dos carregamentos.

Nas vigotas com o polímero as deformações residuais foram menores devido à inexistência de fissuras e também pelo fato do material apresentar memória da forma inicial.

O resultado deste pré-ensaio demonstra vantagens na utilização de lajes treliçadas com base de polímero, no entanto será necessário submeter este novo sistema a um programa de ensaio mais completo e com os rigores determinados pelas instituições e autoridades acadêmicas.