

## Lajes Treliçadas com Blocos EPS

### Características do Sistema

O emprego de lajes nervuradas nas estruturas de concreto armado ganhou grande impulso nos últimos anos graças às modernas técnicas construtivas e ao desenvolvimento dos programas de análise e projeto estrutural.

No primeiro caso foram desenvolvidos sistemas de fôrmas removíveis, metálicas ou plásticas, associados a sistemas eficientes de escoramentos, que possibilitaram a execução de grelhas de uma forma prática e simples.

No segundo caso a evolução dos programas computacionais passou a permitir, na análise estrutural, um grau de sofisticação jamais visto. Além da precisão da análise, a integração das informações permitiu passar da análise ao projeto (dimensionamento, detalhamento e desenho) de uma forma rápida e precisa. É importante destacar aqui a grande contribuição dos sistemas computacionais desenvolvidos pela TQS para o avanço da engenharia estrutural nesse campo. Graças a esses sistemas hoje é possível se fazer a análise do pavimento de um edifício permitindo tratar o conjunto de lajes nervuradas e vigas como uma única estrutura em grelha, eliminando-se assim as restrições decorrentes do uso de modelos simplificados para análise destas estruturas.

O sistema estrutural que se apresenta é mais uma alternativa para a execução de lajes nervuradas em estruturas de concreto armado. O sistema estrutural em si é o mesmo, mudando apenas a forma construtiva. Assim sendo as ferramentas de análise e projeto são as mesmas empregadas nas estruturas usuais de lajes nervuradas.

O sistema é caracterizado pela utilização de elementos pré-moldados, com armação treliçada em uma direção, e pelo preenchimento dos espaços entre nervuras com blocos de EPS (poliestireno expandido). Em relação aos sistemas convencionais de lajes nervuradas o sistema proposto apresenta as seguintes vantagens:

Eliminação completa de fôrmas.

Redução sensível da quantidade de escoramentos.

Obtenção de uma superfície inferior plana eliminando a necessidade de forro.

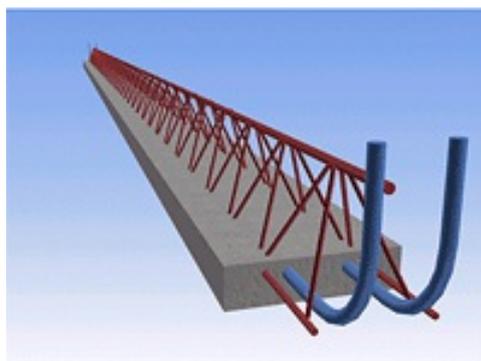
Utilização de elementos pré-moldados com armaduras pré-incorporadas em ambiente industrial.

Graças a essas vantagens o sistema tem tido uma grande aplicação na estrutura de lajes de edifícios residenciais, comerciais e industriais, independentemente do número de pavimentos.

### A Armação e os Elementos Treliçados

Os elementos que aqui se apresentam, e que facilitam a execução de lajes nervuradas, são a vigota treliçada e o bloco de EPS.

A vigota treliçada é um elemento estrutural, pré-moldado, obtido com a colocação de uma armação treliçada em uma sapata de concreto, adicionando ainda, se necessário, uma armação complementar (Figura 01).



A armação treliçada é a responsável, no elemento pré-moldado, pela sua resistência na fase de transporte e concretagem da laje. É ela quem determina a rigidez do elemento, que leva a definição do espaçamento entre as

linhas de escoramento. Essa armação é fabricada, a partir de bobinas de aços CA-60B, por um processo de eletrofusão. A armação lateral da treliça, também denominada de sinusóide, pode ser usada como armadura de cisalhamento para as nervuras da laje.

Além das vigotas treliçadas são produzidos ainda outros dois elementos estruturais denominados de mini-painéis e painéis treliçados. Esses elementos são úteis para uso de forma justaposta, sem a presença do elemento intermediário (EPS) entre eles. Nesse caso a laje fica com acabamento inferior de uma laje maciça. O uso de painéis ou mini painéis treliçados dependem exclusivamente da disponibilidade ou não de equipamento de transporte no canteiro de obras.

## Os Blocos de EPS

Os blocos de EPS possuem a função exclusiva de material de enchimento para as lajes, preenchendo os espaços vazios entre nervuras. Dessa forma acabam também por propiciar uma superfície inferior plana, sem as nervuras aparentes.

O EPS, ou poliestireno expandido, é um material plástico, derivado do petróleo, que após um processo de polimerização e expansão apresenta 98% de ar e 2% de matéria sólida. Seu peso específico é da ordem de 15 Kg/m<sup>3</sup>. Como se vê a leveza é um dos grandes atributos desse material, que executa a função de enchimento sem agregar peso à laje.

Além da leveza o EPS é um excelente isolante térmico o que torna sua aplicação em lajes ainda mais interessante no caso de coberturas de edifícios.

Os blocos de EPS para lajes são fornecidos de duas formas distintas: recortados e moldados. Os blocos recortados são produzidos a partir do corte de blocos matrizes de grandes dimensões: 1000mmX1200mmX4000mm. No projeto de lajes nervuradas onde se preveja o emprego desses blocos é importante se atentar para as suas dimensões de tal forma a não produzir grandes perdas no bloco matriz.

Os blocos moldados são produzidos a partir da injeção de EPS em moldes metálicos. Suas dimensões nesse caso são as padronizadas pela indústria. Embora tenham essa desvantagem de restrições de dimensões, os blocos moldados apresentam a vantagem de usarem menos matéria prima, pois são internamente estruturados. No Brasil já se encontram blocos moldados fabricados com EPS de alta resistência, aditivados com corantes que diminui a reflexão da luz solar por ocasião da montagem da laje, e aditivados também com produtos que os tornam retardantes à chama (Classe F).

## Sistemas de Lajes

Com a associação de vigotas treliçadas e blocos de EPS podem ser projetadas lajes nervuradas unidirecionais e bidirecionais. Além desses elementos emprega-se também concreto lançado in-loco para a formação da mesa de concreto sobre os blocos de EPS e para complemento das seções das nervuras.

As lajes unidirecionais apresentam nervuras em apenas uma direção. Essas nervuras são formadas com as próprias vigotas treliçadas. Os blocos de EPS, com formato de lajotas, possuem um desenho tal que permite o apoio sobre as vigotas (Figuras 2.a e 2.b).

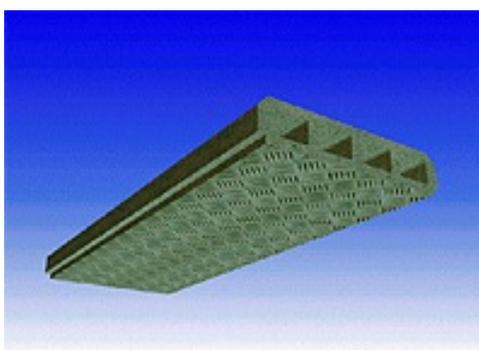


Figura 2.a

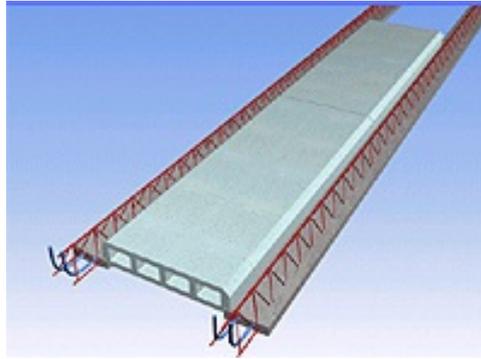


Figura 2.b

As lajes bidirecionais empregam um tipo de bloco de EPS especialmente desenhado para essa finalidade. Trata-se de um bloco de formato quadrado que em uma direção possui encaixe para apoio sobre as vigotas treliçadas e em outra direção possui abas para a formação de nervuras transversais às vigotas. A figura 03 apresenta um detalhe em perspectiva desse bloco.

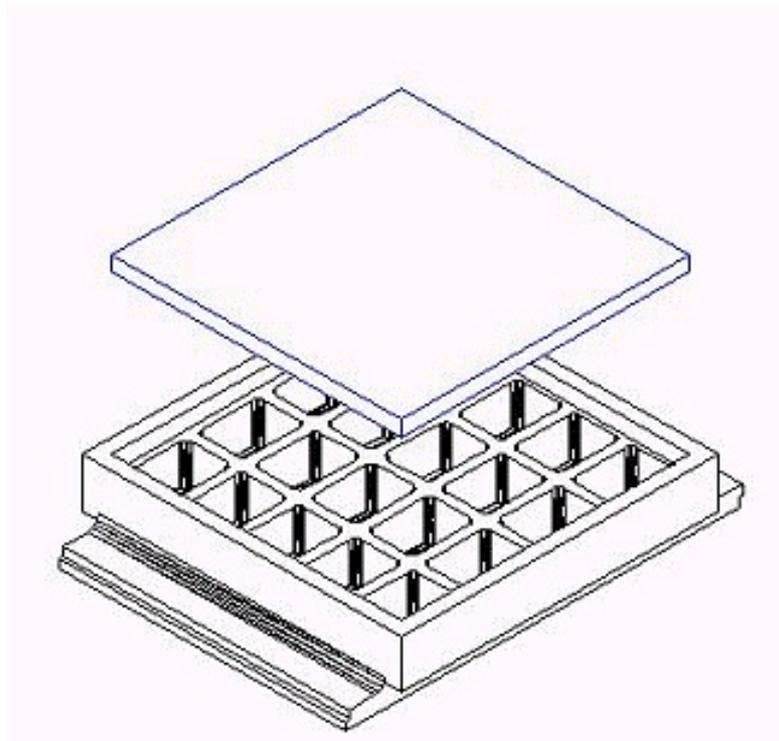


Figura 3

Com a montagem desses blocos sobre as vigotas, e posterior concretagem, forma-se uma laje com nervuras em duas direções (Figuras 4.a e 4.b).

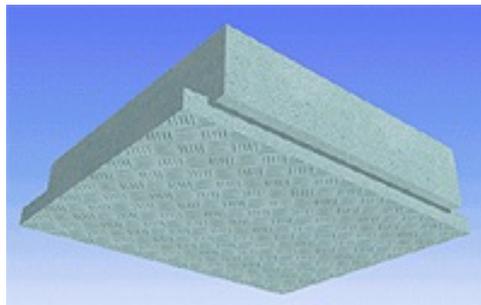


Figura 4.a

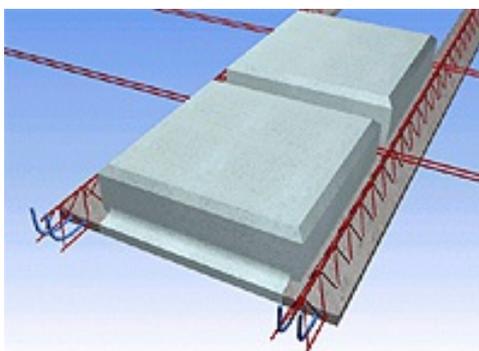


Figura 4.b

As vigotas treliçadas são colocadas, geralmente, nas direções de nervuras mais curtas para facilitar a montagem da laje. Elas são denominadas de nervuras principais. As nervuras na direção ortogonal, que não contém a armação treliçada, são denominadas de nervuras secundárias. Observa-se pelo desenho que as nervuras principais possuem altura maior do que as nervuras secundárias. A diferença geralmente é de 3 cm, e é dada pela altura da aba do bloco de EPS, que deve ser igual à altura da sapata de concreto da vigota treliçada.

A foto da figura 05 mostra o aspecto inferior de uma laje bidirecional, com nervuras treliçadas e blocos de EPS, após a remoção do material de enchimento.



Figura 5

As lajes unidirecionais são ideais para emprego em painéis de forma muito alongada, onde a relação entre os vãos é maior do que 2. Já as lajes bidirecionais são ideais para serem empregadas em painéis de lajes de formato aproximadamente quadrado.

Mesmo quando se emprega o sistema unidirecional, nervuras transversais às vigotas são dispostas com a finalidade de travamento ou distribuição de cargas concentradas e lineares (alvenarias). Nesses casos o tratamento do sistema como grelha, o que é possível com o sistema TQS, é altamente interessante.

As lajes bidirecionais, por serem mais rígidas, permitem vencer vãos maiores e apresentam grande facilidade de distribuição de cargas concentradas e lineares. Podem ser associadas também com capitéis sobre pilares, e faixas maciças, permitindo o projeto de tetos planos em edifícios.

## Especificações para a Análise e Dimensionamento

As lajes nervuradas executadas com armações treliçadas e blocos de EPS são, conceitualmente, idênticas às lajes nervuradas usuais. Portanto, qualquer programa para análise e dimensionamento de lajes nervuradas, usando modelo de grelha, pode ser empregado para análise e dimensionamento das lajes construídas nesse sistema.

Os programas da TQS, que constituem um sistema completo para essa finalidade, têm sido empregados com êxito nos projetos desses tipos de lajes. Alguns cuidados, no entanto, devem ser tomados pelo projetista no sentido de aproveitar bem as características do sistema estrutural e não cometer descuidos. Entre eles citamos:

**Análise de lajes nervuradas bidirecionais:** Na análise de lajes bidirecionais deve se cuidar para o fato de que as alturas das nervuras principais e secundárias são diferentes. Essa diferença de altura pode, para lajes de pequena altura, representar uma diferença significativa de rigidez influenciando muito na distribuição dos esforços e nas flechas da laje.  
**Dimensionamento de lajes nervuradas bidirecionais:** Pelo mesmo motivo anterior também no dimensionamento se deve levar em conta as diferenças de alturas entre as nervuras principais e secundárias.

Aproveitamento das armaduras laterais das treliças para dimensionamento ao cisalhamento das nervuras principais. Em lajes nervuradas com grandes cargas concentradas ou lineares, pode acontecer de se necessitar utilizar armaduras de cisalhamento em partes das nervuras. As nervuras principais, por serem mais rígidas e serem usualmente dispostas nas direções de vãos mais curtos (mais rígidos) acabam recebendo maior quinhão de carga e, eventualmente, passam a requerer armaduras especiais de cisalhamento. Nessa situação é desejável se utilizar a armadura lateral da treliça, "sinusóide", como armadura para cisalhamento, reduzindo, ou até eliminando a necessidade de estribos.

Utilização da armadura inferior da treliça como armadura de base para a laje: Aproveitando o conceito de armadura de base do sistema TQS, pode se considerar a armadura inferior da treliça como armadura de base para as nervuras principais. As armaduras adicionais são colocadas então somente nas nervuras, e nas regiões, que efetivamente as requererem.

## Conclusões

O sistema proposto, de lajes nervuradas com vigotas treliçadas e blocos de EPS, tem-se revelado altamente interessante para a construção de edifícios de qualquer tipo. O sistema permite vencer grandes vãos com economia de concreto e armaduras, eliminando completamente as fôrmas das lajes e reduzindo significativamente os seus escoramentos, além de propiciar uma face inferior plana para a laje nervurada.

Existem no mercado fornecedores de lajes e blocos de EPS com produtos de qualidade para essa finalidade.

Os sistemas computacionais da TQS são apropriados para análise e projeto desses tipos de lajes, bastando que o engenheiro projetista tome cuidado com as observações feitas no item 5.

Os problemas que podem ocorrer no campo com passagem de tubulações, aplicação de revestimentos, resistência a fogo, entre outros, já foram exaustivamente estudados pelos fornecedores e construtores existindo hoje no mercado várias soluções para os mesmos. (\*)Engenheiro Civil - Universidade Estadual de Londrina (UEL) - 1978

Mestre em Engenharia - Escola Politécnica da USP - 1981

Professor Adjunto do Departamento de Estruturas da UEL

Sócio Proprietário da ESTRUTURAL Projetos e Consultoria de Estruturas em Londrina (PR)

vitor@estrutural.eng.br