

# COMO CONSTRUIR

## Laje nervurada

A norma NBR 6118:2003 define lajes nervuradas como “lajes moldadas no local ou com nervuras pré-moldadas, cuja zona de tração é constituída por nervuras entre as quais pode ser colocado material inerte”. Ela é mais econômica que a laje maciça, pois elimina o concreto desnecessário na região tracionada da estrutura. A laje nervurada também reduz a quantidade de ferragem empregada, pois é mais alta que a laje maciça (altura da seção) com inércia semelhante.

Esse conjunto de vigas que se cru-

zam, solidarizadas por uma capa ou mesa de compressão, representa não apenas uma questão de economia, mas também de diminuição de peso. Os vãos criados pelas nervuras permitem uma diminuição considerável da tonelagem final, sem comprometer a solidez da estrutura. O que conta, e muito, na racionalização de grandes construções. A economia de concreto ainda ajuda a diminuir a emissão de CO<sub>2</sub>. Outro fator de economia é que os moldes podem ser reutilizados muitas vezes.



Laje nervurada em execução da fábrica da Natura, às margens da Rodovia Anhanguera, em São Paulo. Com 33 mil m<sup>2</sup>, o edifício tinha como desafio balanços de 8 m nas lajes. A opção pelo sistema de laje nervurada contribuiu para a entrega antecipada da obra, 60 dias antes do prazo previsto

Fontes: engenheiro Ângelo Carisio Nasciutti, gerente comercial da Atex  
Edição: Dagomir Marquezi  
Ilustrações: Amanda Favali

### TIPOS DIFERENTES DE LAJES NERVURADAS

#### ■ Lajes nervuradas apoiadas em vigas

a velocidade de instalação é maior e o assoalho é eliminado.

#### ■ Lajes nervuradas apoiadas em vigas faixas

(com a largura maior que a altura), e gera um único horizonte de fôrmas e escoramento.

#### ■ Laje cogumelo

com lajes nervuradas e capitéis (ou ábacos) apoiados diretamente nos pilares, sem utilização de vigas ou faixas. A economia é maior nesse caso: os maciços são colocados nas regiões de maior esforço e a nervurada na região de menos esforço.

#### ■ Laje protendida

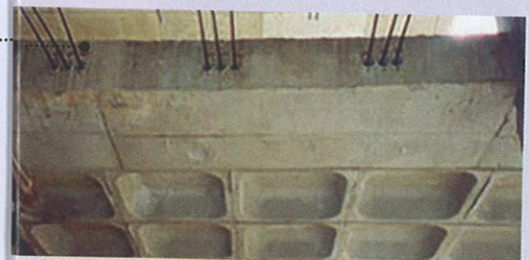
indicada para grandes vãos (ao redor de 20 m), a laje nervurada pode ser comprimida com a introdução de cabos pós-tensionados e ancorados. Ocorre nesse caso uma redução do peso próprio em torno de 30%.

#### ■ Laje com pré-moldado

para peças de peso menor. Os elementos de apoio são montados rapidamente e, com o molde no local, a estrutura fica mais rígida, com menos concreto e aço.

#### ■ Laje apoiada em estrutura metálica

também marcada pela economia. A estrutura nesse caso se apoia somente nas vigas principais, sem a necessidade das secundárias.



### A tecnologia

Ângelo Carisio Nasciutti, gerente comercial da Atex (empresa especialista em lajes nervuradas), explicou para a *Téchne* alguns detalhes da tecnologia: “Os principais critérios a serem considerados ao se pensar em uma estrutura em lajes nervuradas são a economia de concreto e aço e o vão entre os pilares. Essas duas características do sistema proporcionam em média 30% de economia de concreto e aço, e essa redução por sua vez, permite vencer vãos maiores e aliviar o restante da estrutura, ocasionando uma economia em cadeia nas vigas, pilares e fundações”.

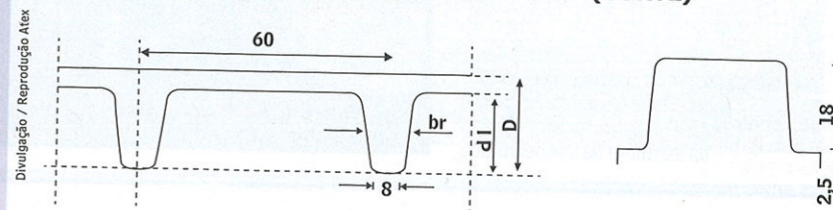
Antes de tudo, é preciso calcular as dimensões da laje. Elas são apoiadas em escoramentos a partir das fôrmas. Esse escoramento precisa ser nivelado com precisão e pode usar escoras intertravadas, longarinas e barrotes transversais. Em seguida, as fôrmas (geralmente de polipropileno) são encaixadas sem espaços livres entre elas. Quando estiverem em sua posição definitiva, as fôrmas recebem um líquido desmoldante. Armações são posicionadas seguindo o projeto prévio e, dependendo do caso, necessitam de espaçadores plásticos. As cubetas não poderão se apoiar umas nas outras, evitando assim o desalinhamento das nervuras e o vazamento do concreto.

Fixadas as fôrmas (sem pregos), chega o momento da concretagem. Ela é realizada com preenchimento inicial das nervuras, o que ajuda a verificar os espaços onde acontecerá a vibração. É importante nesse estágio que o concreto não esteja muito fluido. Concreto fluido costuma causar

fissuras na mesa superior. Ele precisa ser lançado já próximo à posição final da laje. Seu adensamento é feito apenas na região onde as quatro nervuras se encontram, e com um vibrador de imersão com diâmetro até 25 mm. O procedimento final acontece depois da secagem do concreto. Cunhas de madeira são usadas para a retirada das fôrmas. As quinas são as regiões mais frágeis, portanto o desmolde (sem usar a cunha do martelo com pé-de-cabra) deve ser realizado no mínimo 10 cm distante desses cantos. As rebarbas podem ser eliminadas com lixadeiras ou talhadeiras leves e finas. Já os rebaixos devem ser preenchidos com argamassa de rejunte ou assentamento de cerâmica.

A laje nervurada, claro, é uma das opções disponíveis numa construção. O que determina sua utilização? “Desde o início do projeto, ao se definir o sistema estrutural, o estruturista tende a procurar sistemas construtivos para laje nervurada que propiciem economia, velocidade, leveza e segurança para o empreendimento, a fim de garantir um bom resultado para a solução proposta”, diz o engenheiro Ângelo Carisio Nasciutti. “O sistema utilizado por nós é versátil por seu grande número de possibilidades dimensionais, por dispensar o assoalho, por racionalizar o método de montagem, pela segurança que gera em virtude da alta resistência das peças e também por permitir que seja aplicado com qualquer tipo de escoramento. Além das vantagens anteriormente apresentadas, estruturamos um quadro-resumo com os pontos fortes e fracos de cada um dos sistemas construtivos mais usuais”.

### EXEMPLO DE LAJE NERVURADA (CORTE)



## Case 1: Natura São Paulo

A sede da Natura em São Paulo (também conhecida como Nasp) está localizada numa área de 33.500 m<sup>2</sup> às margens da Rodovia Anhanguera. Ela se distribui em um edifício longitudinal pensado como uma "torre horizontal", com três outros edifícios já existentes como apoio. Uma passarela secundária liga a torre horizontal aos edifícios de apoio.

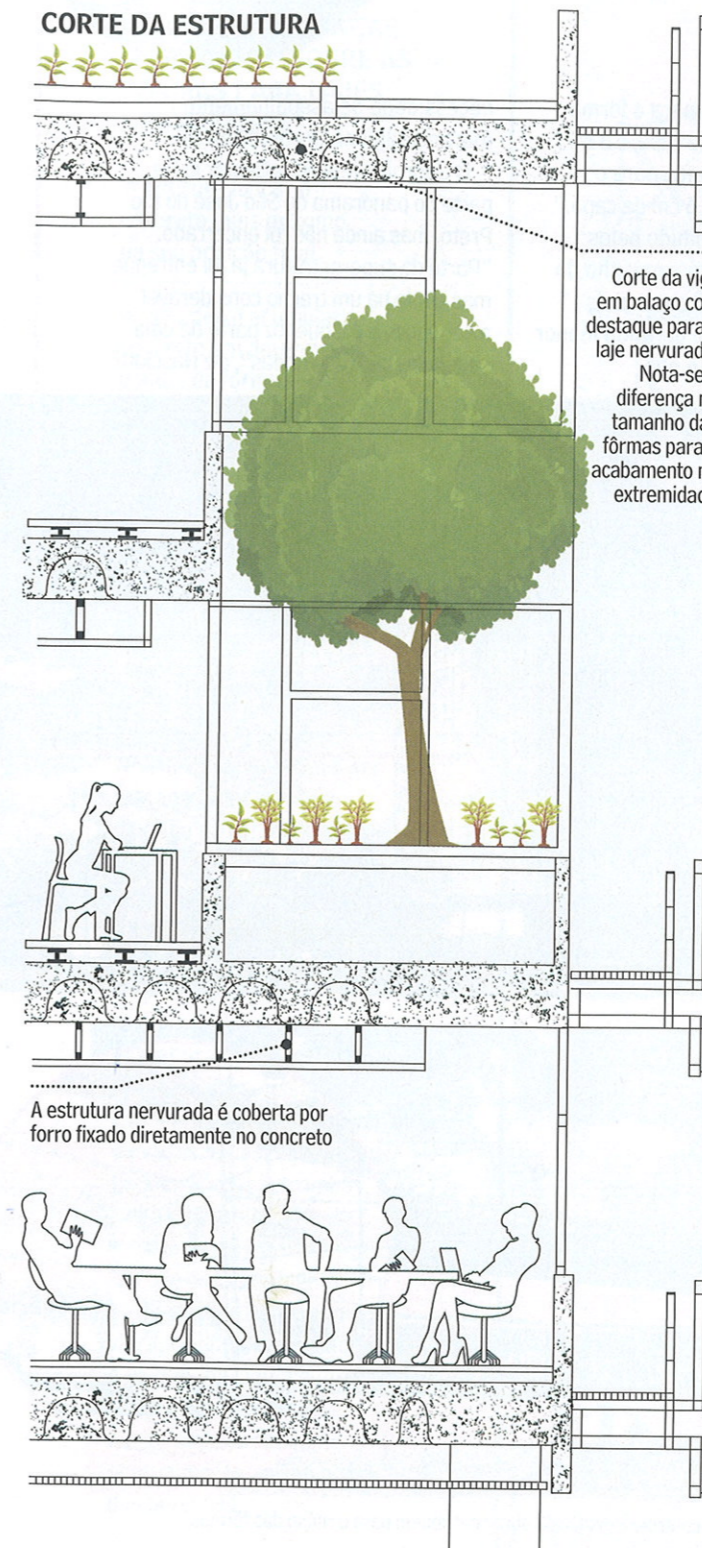
A Atex ficou encarregada do fornecimento de locação de fôrmas para lajes nervuradas. O maior desafio era o pé-direito de 13 m, com um balanço de 8 m. O objetivo era levantar a laje sem a necessidade de vigas. Contou também para essa opção pela laje nervurada o corte de custos. Se a opção fosse pelas lajes maciças, o consumo de concreto seria 20% maior e o de aço, 18% acima do que foi gasto.

A obra estava prevista para março de 2016, mas foi entregue em janeiro, com 60 dias de antecipação. Esse adiantamento foi possível em virtude do sistema de lajes nervuradas protendidas, pois permitiu a desforma no tempo previsto para o sistema, agilizando a reutilização do equipamento, bem como a antecipação da devolução.

O balanço de 8 m nas laterais da estrutura sobre pilotis (veja detalhe na foto à direita, acima) foi o grande desafio da estrutura de laje nervurada



### CORTE DA ESTRUTURA



Corte da viga em balanço com destaque para a laje nervurada. Nota-se a diferença no tamanho das fôrmas para o acabamento na extremidade

A estrutura nervurada é coberta por forro fixado diretamente no concreto



Detalhe da maquete eletrônica da torre abaixo.



## Case 2: Georgina Business Center

O projeto, quando finalizado, vai contar com 12 torres comerciais, duas residenciais, uma praça central aberta e um hotel da rede Hilton. Ele está sendo construído numa área de 133 mil m<sup>2</sup> no bairro de Jardim Vivendas, em São José do Rio Preto, interior de São Paulo.

Segundo Nasciutti, "este foi um projeto de grande porte, com longa duração. Não houve grandes dificuldades em termos técnicos. No entanto, a grande quantidade de fôrmas empregadas demandou atenção com a logística para que o cronograma fosse cumprido". O reúso das fôrmas depende do cuidado durante cada fase da fundição da laje. O ponto principal de atenção para que não sejam danificadas é no momento do desforme. Os fabricantes recomendam que não seja usada ferramenta de metal — do tipo pé-de-cabra — e jamais os esforços para que a fôrma se solte sejam feitos na região dos cantos.

E por que se optou neste caso do Georgina Business Center pelas lajes nervuradas? "Pelo desempenho do sistema construtivo, permitindo grandes vãos com economia de concreto e aço. Lajes maciças teriam um consumo bem maior de concreto e aço e pré-moldado, o que geraria um custo muito elevado." Quanto representou de economia essa escolha? "Neste projeto foram utilizados dois modelos de fôrma, 800 x 300 e 610 x 210. Fazendo uma comparação por equivalência de inércia, se essas lajes tivessem sido executadas com sistemas de lajes maciças, haveria um consumo maior de 30% de

concreto e 20% de aço para a fôrma 800 x 300 com 7,5 cm de capa, e 32% de concreto e 22% de aço para o modelo 610 x 210 com 6 cm de capa."

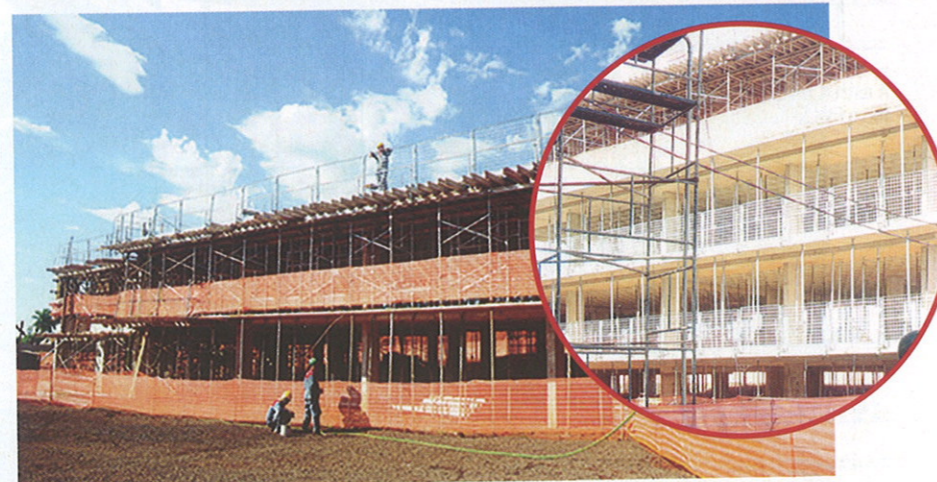
O sistema foi o escolhido pelos seguintes aspectos: desempenho do material (economia de concreto), resistência do produto gerando menor índice de indenização e não

necessidade de assoalamento (gerando agilidade construtiva).

O Georgina Business Center já faz parte do panorama de São José do Rio Preto, mas ainda não foi encerrado. "Parte da superestrutura já foi entregue, mas ainda há um trecho considerável a ser executado, que faz parte de uma segunda etapa de vendas", diz Nasciutti.



Modelo renderizado de uma das torres do complexo. O reaproveitamento de fôrmas é essencial em obras de grande porte. Mas o cuidado na hora do desmorte é fundamental



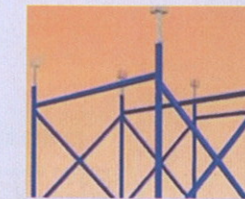
Cuidados na execução e controle logístico da obra contribuem para o reúso das fôrmas

### CUIDADOS AO LANÇAR O CONCRETO SOBRE AS FÔRMAS PARA LAJES NERVURADAS\*

- Procure lançar o concreto mais próximo da sua posição final.
- Não deixe acumular concreto em determinados pontos da fôrma.
- Evite a segregação e o acúmulo de água na superfície do concreto.
- Lance em camadas horizontais de 15 a 30 cm, a partir das extremidades em direção ao centro das fôrmas.
- A nova camada deve ser lançada antes do início de pega da camada inferior.
- Cuidado especial deve ser tomado para concretagem com temperatura ambiente inferior a 10° C e superior a 35° C.
- A altura de lançamento não deve ultrapassar 2 m. Para alturas de lançamento elevadas sem acesso lateral (janelas), utilizar trombas, calhas, funis etc.
- Para o adensamento do concreto, o diâmetro do vibrador não deve exceder a 25 mm (para qualquer tipo e altura de fôrma), e este deve ser aplicado pontualmente, no encontro das nervuras.

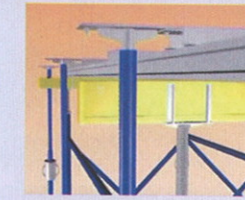
## OBRA ABERTA

### PASSO A PASSO DE USO DE FÔRMAS PARA LAJE NERVURADA



#### 1. Cimbramento

As fôrmas plásticas são apoiadas sobre escoramento rigorosamente nivelado, geralmente constituído de escoras intertravadas, vigas principais e barrotes. O escoramento deve ser nivelado corretamente.



#### 2. Fixação

As fôrmas devem ser dispostas de acordo com a planta. Os sistemas de polipropileno dispensam o uso de pregos ou fixadores. Isso permite que sejam reutilizadas em outras obras.



#### 3. Desmoldante

Sobre a superfície limpa das fôrmas, já na posição definitiva, deve ser aplicado líquido desmoldante com o auxílio de rolo ou por aspersão. Isso garante uma desmoldagem fácil, que não danifique a fôrma.



#### 4. Armadura

Fixada entre as fôrmas, a ferragem deve ser disposta conforme indicado no projeto. É indicado o uso de espaçadores plásticos para garantir a distância mínima entre as barras e os limites da fôrma.



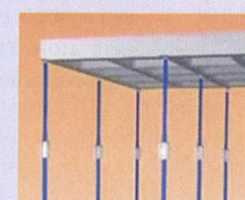
#### 5. Concretagem

O concreto não deve ser demasiadamente fluído de deve ser lançado o mais próximo possível da posição final. Isso evita fissuras na mesa superior da laje — para que as fôrmas plásticas resistam à pressão exercida sobre sua superfície.



#### 6. No cruzamento

No encontro das quatro nervuras, deve ser aplicado concreto adensado. Para isso, é usado um vibrador de imersão.



#### 7. Desmoldagem

Após a cura do concreto, com o auxílio de cunhas de madeira, as fôrmas podem ser retiradas. O desmolde deve ser feito a uma distância entre 10 cm e 15 cm da quina da fôrma.

\* Fonte: Atex Divulgação / Reprodução Atex