

# MANUAL DE BOAS PRÁTICAS *GUIA DE BOLSO*

*Armaduras de pilares, vigas e lajes*

*Jorge Nakajima  
Larissa Arakawa Martins  
Maurício Silveira Martins*

Realização



Colaboração





# MANUAL DE BOAS PRÁTICAS

## *GUIA DE BOLSO*

*Armaduras de pilares, vigas e lajes*

### **Conteúdo e edição**

Jorge Nakajima

Larissa Arakawa Martins

Maurício Silveira Martins

### **Colaboração**

Gerdau

Realização



Colaboração



Copyright © 2023 França e Associados Projetos Estruturais

Todos os direitos reservados. Este trabalho – ou qualquer parte dele – não pode ser reproduzido ou usado sem autorização expressa, por escrito, do autor ou do editor.

Primeira edição: 2023.

Citação recomendada: Nakajima, Jorge; Arakawa Martins, Larissa; Silveira Martins, Maurício. **Manual de Boas Práticas** - Guia de Bolso - Armaduras de pilares, vigas e lajes. São Paulo: França e Associados Projetos Estruturais, 2023.

06

## **INTRODUÇÃO**

*POR QUE UM GUIA DE BOLSO?*

08

## **CAPÍTULO 1**

*ESPAÇADORES*

12

## **CAPÍTULO 2**

*ARMADURAS DE PILARES*

16

## **CAPÍTULO 3**

*ARMADURAS DE VIGAS*

24

## **CAPÍTULO 4**

*ARMADURAS DE LAJES*

30

## **CAPÍTULO 5**

*CONSIDERAÇÕES PARA A  
DURABILIDADE DAS ARMADURAS*

# POR QUE UM GUIA DE BOLSO?

A França e Associados e a Gerdau acreditam que a documentação e as orientações fornecidas para a execução da obra deve ser não apenas tecnicamente precisa, mas também clara, de fácil compreensão e em constante aprimoramento conforme novas demandas do setor. Dessa forma, compreender e praticar procedimentos que valorizem a precisão nos pormenores e busquem a melhoria constante dos processos é de suma importância. Foi com essa finalidade que surgiu a série *"Boas Práticas - Montagem das Armaduras de Estruturas de Concreto Armado"*.

Estimular a adoção de boas práticas na montagem de armaduras em estruturas de concreto armado é fundamental para assegurar a longevidade e a segurança do sistema estrutural, ao mesmo tempo em que contribui para a redução de gastos e evita retrabalho durante a construção.

A série *"Boas Práticas"* também vem preencher uma lacuna identificada pela França e Associados ao longo de suas mais de quatro décadas de experiência: a carência de recursos voltados para o setor da construção civil que simplificassem a compreensão dos diversos detalhes estruturais por meio de elementos primordialmente gráficos.

No volume 1 do *"Manual de Boas Práticas - Montagem das Armaduras de Estruturas de Concreto Armado"*, lançado em 2021, com o apoio da Gerdau, o enfoque foi direcionado para a exploração dos três elementos estruturais fundamentais em um projeto convencional de concreto armado: pilares, vigas e lajes. Entre todos os componentes de uma edificação em concreto armado de médio e grande porte, esses elementos são, sem dúvida, uma das parcelas de maior volume total.

Este Guia de Bolso foi desenvolvido para maximizar o acesso às informações do volume 1 no canteiro de obras. Ele é uma síntese das informações-chave lá contidas, apresentando-as de forma ainda mais acessível e conveniente. Cada capítulo oferece uma visão concisa e precisa dos pontos críticos e das melhores práticas na montagem das armaduras da fundamental tríade lajes - vigas - pilares.

Do escritório diretamente para a palma das mãos, esperamos que este Guia, juntamente com seu volume original, possa encorajar, por meio de suas ilustrações, um olhar atento, no canteiro de obras, sobre os procedimentos utilizados hoje na cadeia produtiva da construção de edifícios.

# CONVENÇÕES PARA ESPAÇADORES

Para tornar o uso deste Guia o mais claro e simples possível, todas as imagens apresentadas foram elaboradas seguindo um padrão único de cores e formas. Desse modo, é possível identificar com clareza e precisão cada elemento estrutural representado.

Os espaçadores, em especial, sempre aparecerão representados da seguinte forma: o multiapoio, também chamado de centopeia, comumente utilizado na construção civil, estará representado

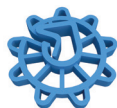
na cor azul quando usado em vigas e na cor branca quando usado em lajes. Outros tipos de espaçadores, como o circular ou o treliçado, também terão suas formas e cores próprias. As **imagens nesta página** mostram essas convenções. Lembramos que os tipos de espaçadores apresentados nesta página foram escolhidos para todas as imagens do Guia, pois são comumente utilizados em elementos de concreto armado. Ver o **capítulo 1** para outras opções possíveis de espaçadores.



**COBRIMENTO  
EM LAJE**



**COBRIMENTO  
EM VIGA OU PILAR**



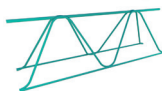
**ESPAÇADOR CIRCULAR  
EM VIGA OU PILAR**



**ESPAÇADOR CENTOPEIA  
EM LAJE**



**ESPAÇADOR CENTOPEIA  
EM VIGA OU PILAR**



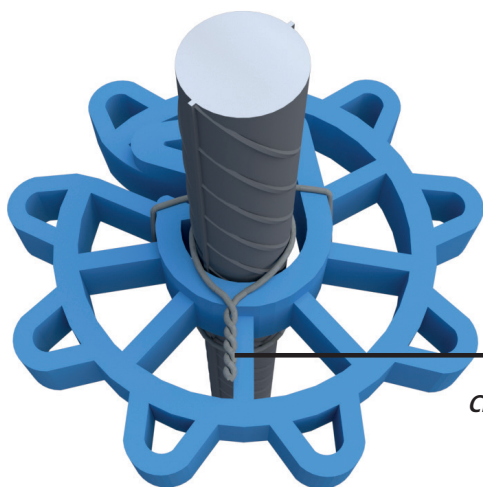
**ESPAÇADOR TRELIÇADO  
EM LAJE**

# ESPAÇADORES

De modo a respeitar os cobrimentos especificados nas normas e em projeto, é importante utilizar espaçadores de boa qualidade, posicionados em locais corretos e em distâncias adequadas entre si. Quando corretamente utilizados, os espaçadores asseguram aos elementos estruturais as seguintes características: proteção contra corrosão do vergalhão, maximizando a durabilidade; proteção térmica do vergalhão, para a situação de incêndio; e garantia do funcionamento eficiente do conjunto aço-concreto.

De acordo com o capítulo 8 da *ABNT NBR 14931*, espaçadores plásticos podem ser utilizados. É o caso do **espaçador circular**, normalmente usado em pilares e vigas.

É importante lembrar que amarrar o espaçador circular no vergalhão previne o desprendimento, o que, por sua vez, evita o retrabalho de reposicionamento (**Figura 1.1**).



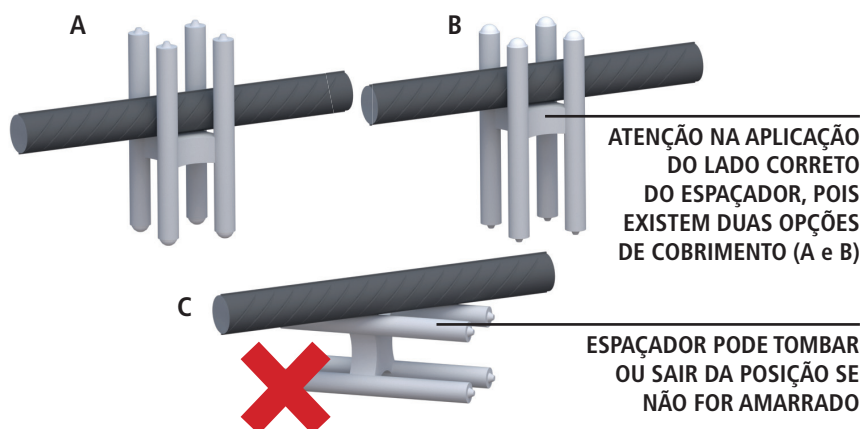
**AMARRAR O ESPAÇADOR  
CIRCULAR NO VERGALHÃO EVITA  
O DESPRENDIMENTO**

**Figura 1.1**  
*Espaçador circular*



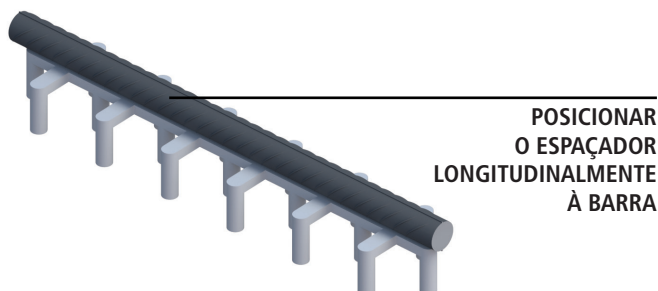
O **espaçador cadeirinha ou torre** é usado normalmente para posicionamento da armadura positiva da laje. Ele requer atenção redobrada: (1) na escolha correta da opção de cobrimento (ele possui duas opções), pois a escolha incorreta pode causar o desrespeito ao cobrimento de projeto (**Figuras 1.2A e 1.2B**) e (2) na amarração, pois, se não for amarrado, ele pode tombar ou sair da posição com facilidade (**Figura 1.2C**).

Já o **espaçador multiapoio ou centopeia** é usado em vigas, pilares e para o posicionamento da armadura positiva da laje. Recomenda-se posicionar o espaçador longitudinalmente à barra (**Figura 1.3**).



**Figura 1.2**

*Espaçador cadeirinha ou torre tombado por não estar amarrado*

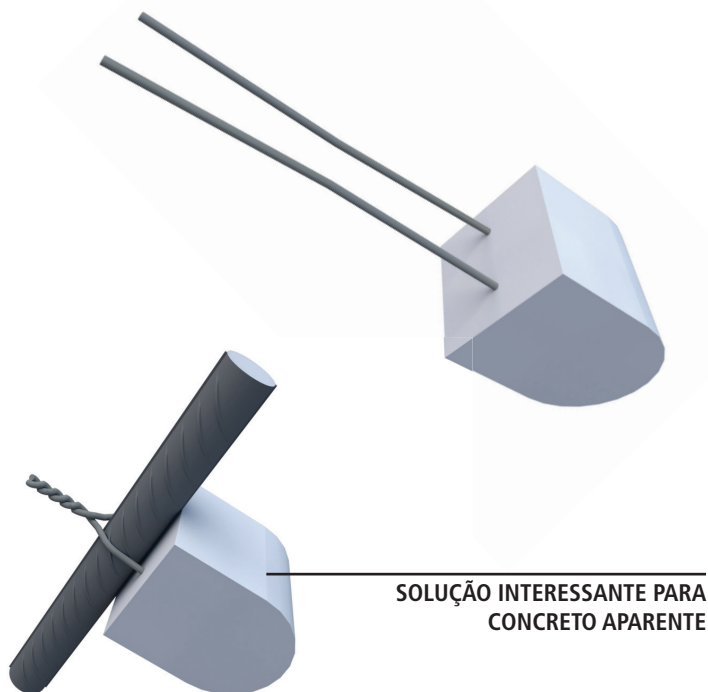


**Figura 1.3**

*Espaçador multiapoio ou centopeia longitudinal às barras*

De acordo com o capítulo 8 da *ABNT NBR 14931*, é permitido o uso de **espaçadores de concreto ou argamassa** desde que apresentem relação água/cimento menor ou igual ao de projeto. Por possuir dimensões consideráveis, recomendamos que este espaçador tenha, no mínimo, o mesmo  $f_{ck}$  de projeto, pois este pode trabalhar em conjunto com o concreto.

Em estruturas de concreto aparente, recomendamos o uso do espaçador de concreto ou argamassa para evitar marcas e as cores indesejáveis dos espaçadores plásticos na superfície do elemento estrutural (**Figura 1.4**).

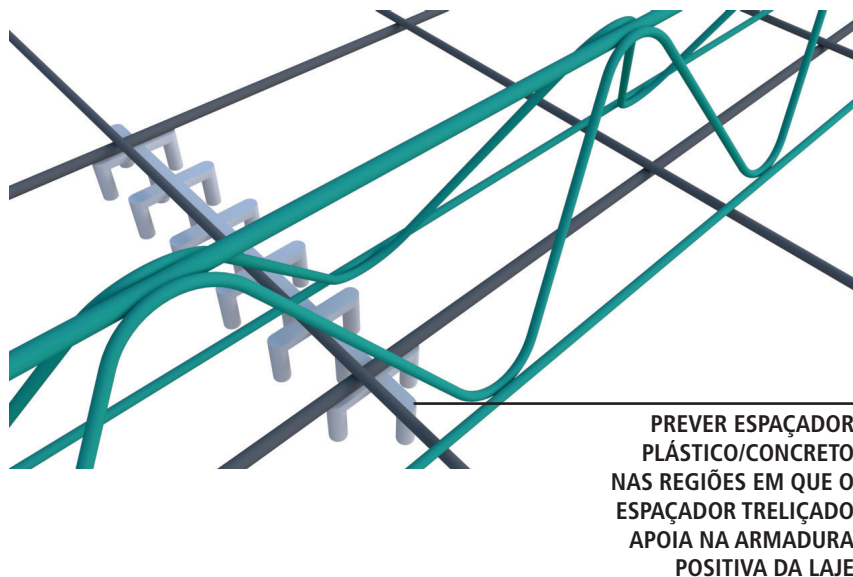


**Figura 1.4**  
*Espaçador de concreto ou argamassa*

O **espaçador treliçado** (Figura 1.5) é comumente utilizado nas obras para posicionamento da armadura negativa da laje. Durante a montagem da armadura ou durante a concretagem, é comum o deslocamento dos vergalhões ao se pisar na armadura negativa da laje. O peso acaba sendo distribuído na armadura positiva da laje pelo espaçador treliçado.

Assim, convém posicionar espaçadores plásticos ou de concreto nessas regiões para manter o cobrimento da armadura positiva.

Existem alguns espaçadores treliçados que quebram com extrema facilidade nas soldas. Constatado este problema, é importante solicitar a troca do produto.



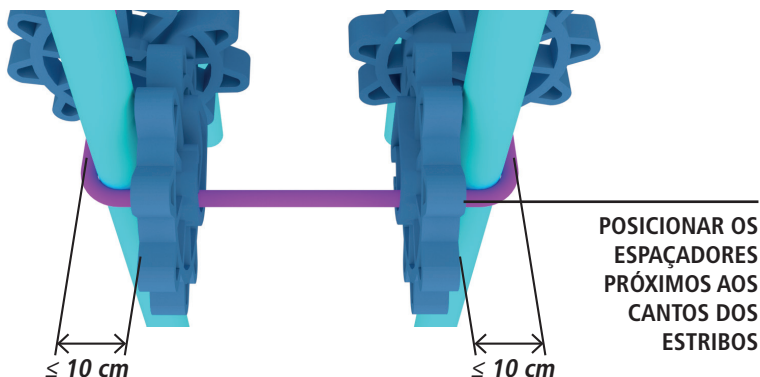
**Figura 1.5**  
*Espaçador treliçado*

# PILARES

## ESPAÇADORES EM PILARES

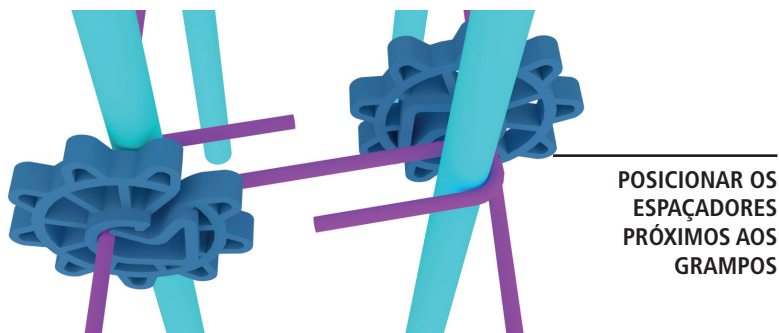
Cada obra deverá encontrar as distâncias entre os espaçadores que respeitem os cobrimentos definidos em projeto. É importante posicionar mais espaçadores no topo e na base dos pilares, pois são regiões que acabam sofrendo deslocamentos dos vergalhões devido

à inserção de outras armaduras (**Figura 2.3**). Posicionar os espaçadores nos cantos dos estribos (**Figura 2.1**) e do lado do grampo (**Figura 2.2**) permite que o cobrimento de projeto seja respeitado. Estas são regiões que contêm a dobra do estribo ou o arame de amarração do vergalhão com o grampo, deixando o estribo menos deslocável.



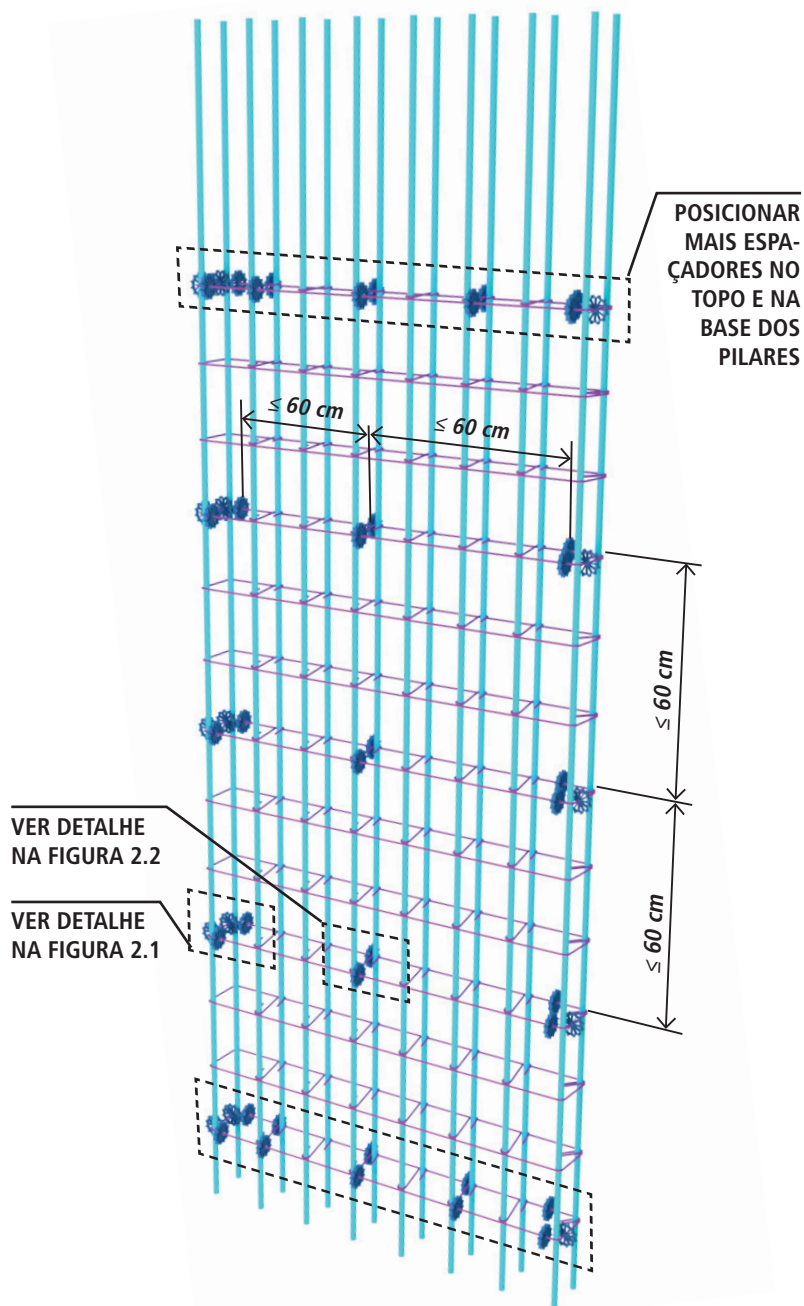
**Figura 2.1**

*Posição dos espaçadores próximos aos cantos dos estribos do pilar*



**Figura 2.2**

*Posição dos espaçadores próximos aos grampos do pilar*

**Figura 2.3**

*Sugestão de posicionamento dos espaçadores em pilares*

# ENGARRAFAMENTO

A redução de seção do pilar pode ser resolvida com o engarrafamento da armadura longitudinal. No entanto, deve ser feita somente de acordo com o detalhamento no projeto de armação (Figuras 2.4 e 2.5). Além disso, vale ressaltar que os estribos são obrigatórios na região pilar x viga.

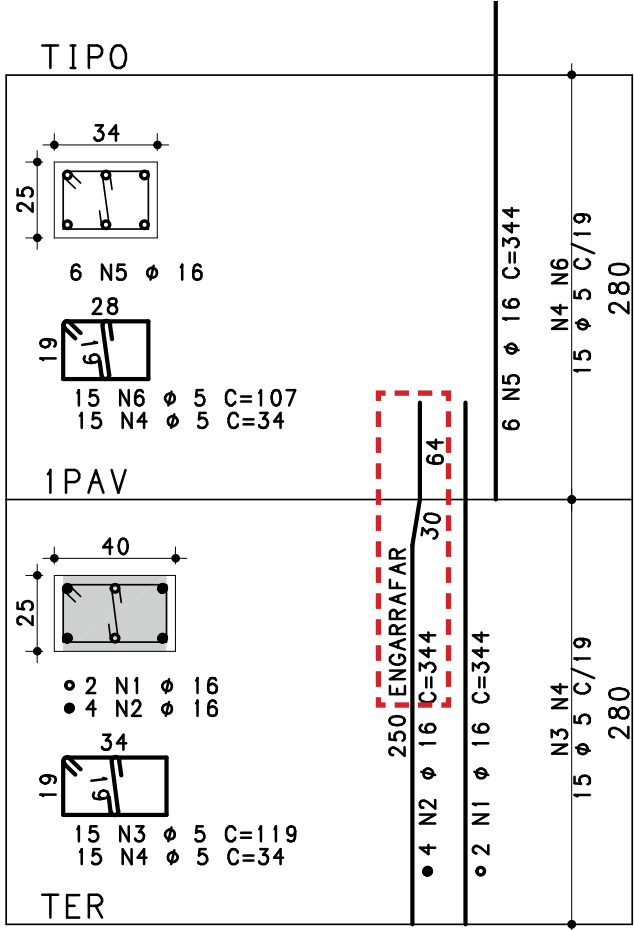
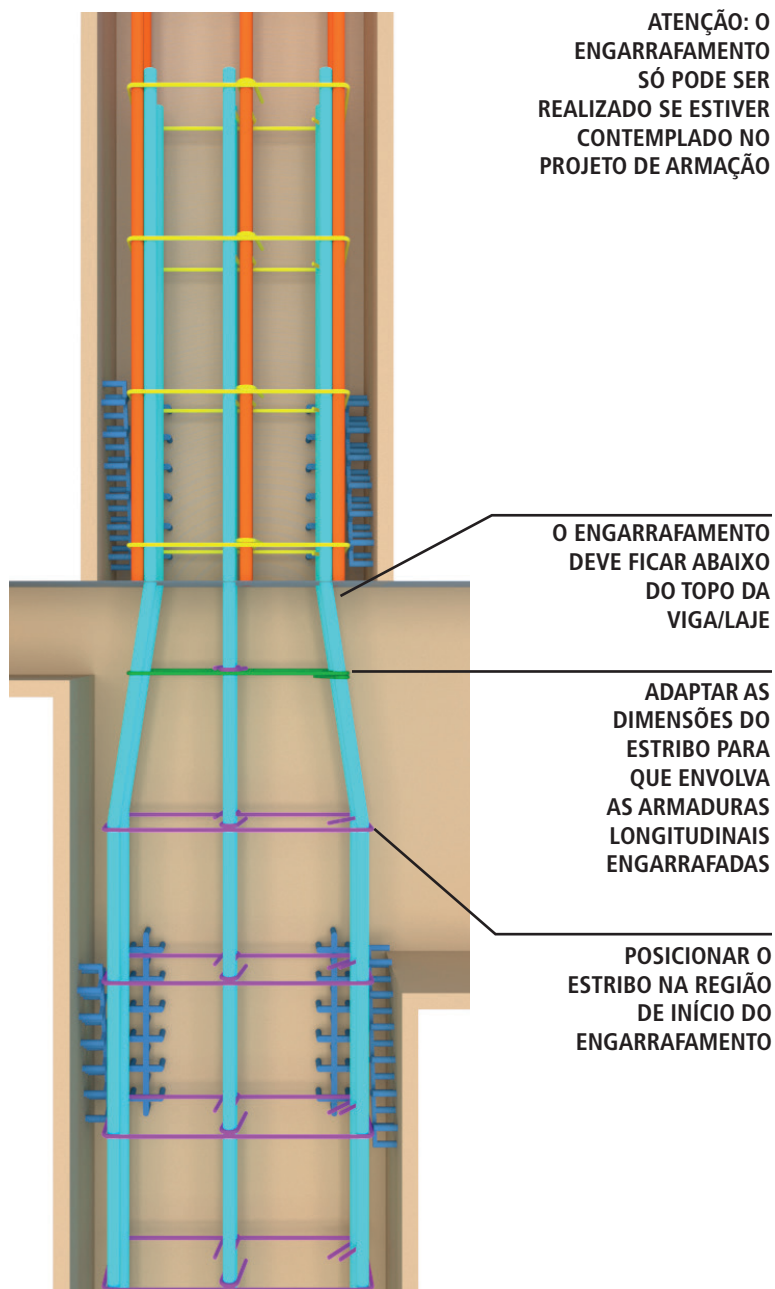


Figura 2.4  
Indicação do engarrafamento em projeto de armação

**Figura 2.5**

*Engarrafamento do pilar em vista*

# VIGAS

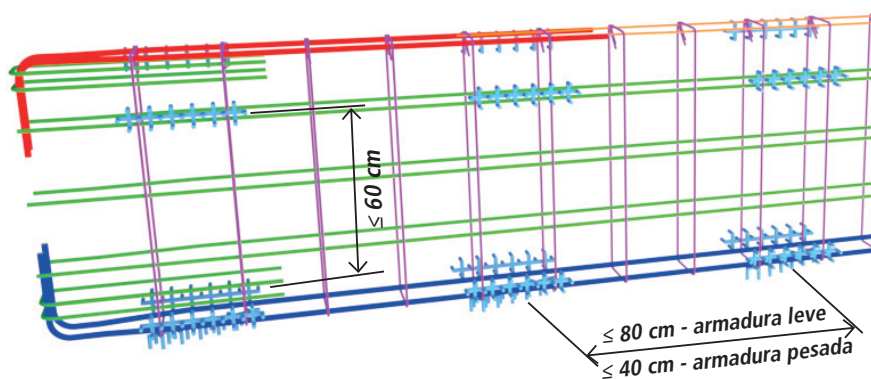
## ESPAÇADORES EM VIGAS

Cada obra deverá encontrar as distâncias entre os espaçadores que respeitem os cobrimentos definidos em projeto.

Em vigas altas, é recomendado o posicionamento de mais espaçadores na vertical para garantir a distância máxima de 60 cm entre eles. Em vigas densamente armadas, recomenda-se reduzir a distância entre os espaçadores (**Figura 3.1**). O contrário vale para armaduras leves.

Além disso, em vigas densamente armadas, pode ser necessária a utilização de espaçadores de argamassa ou concreto, caso os espaçadores plásticos não resistam ao peso da armadura.

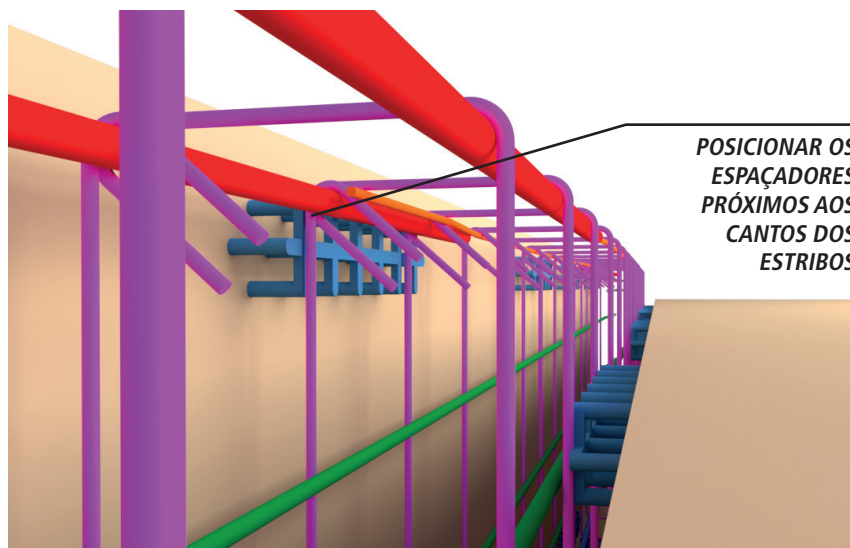
Recomenda-se também posicionar os espaçadores em regiões que possuem maior rigidez, como os cantos dos estribos (**Figuras 3.2 e 3.3**). Dessa forma, evitam-se os deslocamentos dos estribos e, consequentemente, atende-se aos cobrimentos de projeto.



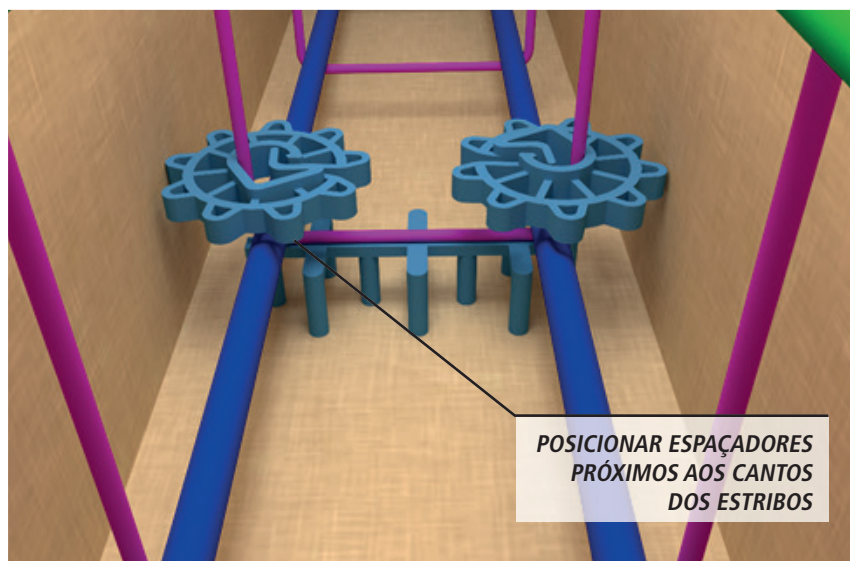
**Figura 3.1**

*Sugestão de posicionamento dos espaçadores em vigas*



**Figura 3.2**

*Vista lateral superior das armaduras das vigas*

**Figura 3.3**

*Vista lateral inferior das armaduras da viga*

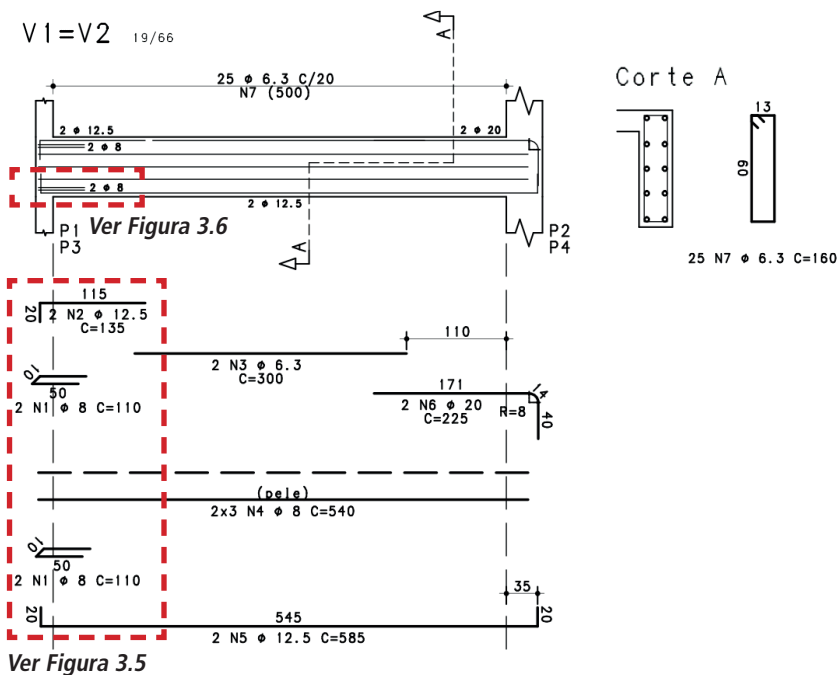
## POSICIONAMENTO DAS ARMADURAS DE VIGAS

A não conformidade do cobrimento é algo comum em muitos canteiros de obras, e é causada geralmente por imprudência ou por falta de conhecimento.

De maneira a sanar esses casos, mostramos aqui como devem ser posicionadas as armaduras de vigas de acordo com o desenho da armadura (**Figuras 3.4 a 3.6**).

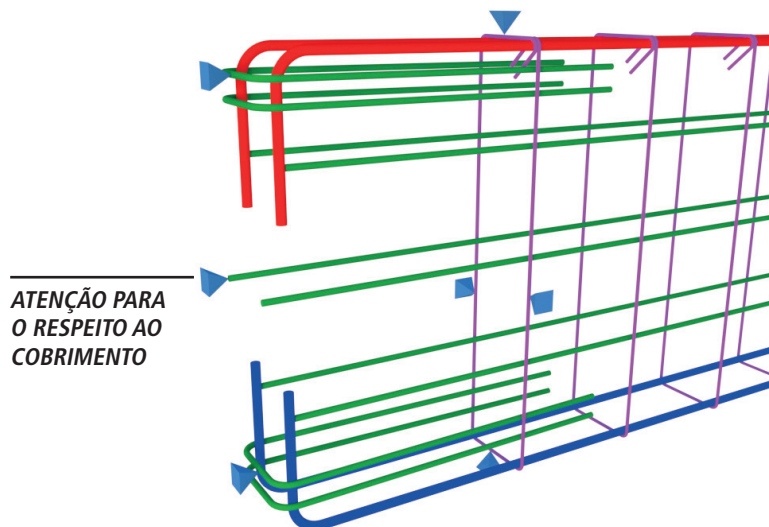
É importante lembrar também que, em apoios estreitos ou com esforços altos, onde a armadura longitudinal da viga não se ancora no apoio de forma efetiva, é realizado o dimensionamento do “grampo de ancoragem”.

A seguir, o detalhamento deste grampo é apresentado com as principais indicações e recomendações para seu posicionamento (**Figura 3.6**).



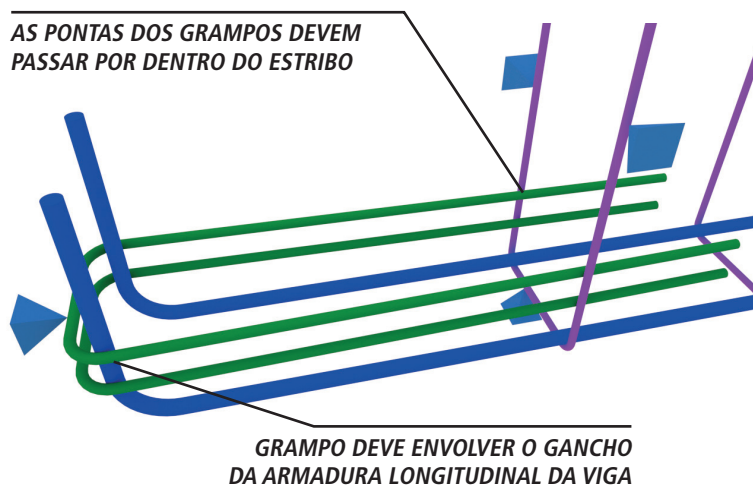
**Figura 3.4**

Elevação e corte de viga



**Figura 3.5**

*Posicionamento das armaduras - atenção ao cobrimento*



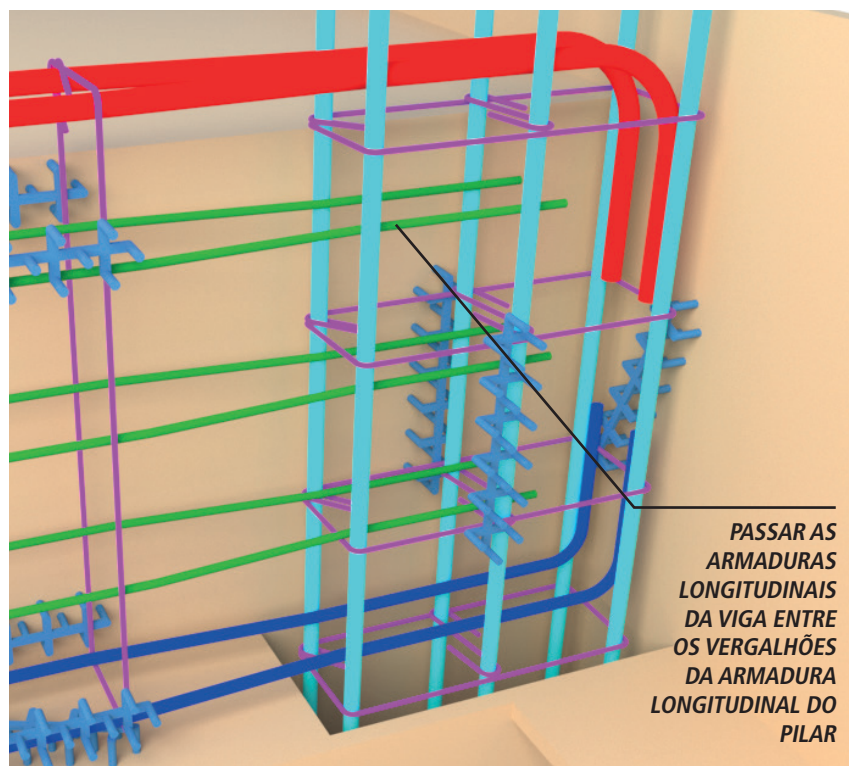
**Figura 3.6**

*Posicionamento do grampo*

## POSICIONAMENTO DAS ARMADURAS NO ENCONTRO VIGA x PILAR

O que fazer quando a viga que apoia em pilar possui a mesma largura do pilar? A resposta está ligada diretamente ao comportamento estrutural.

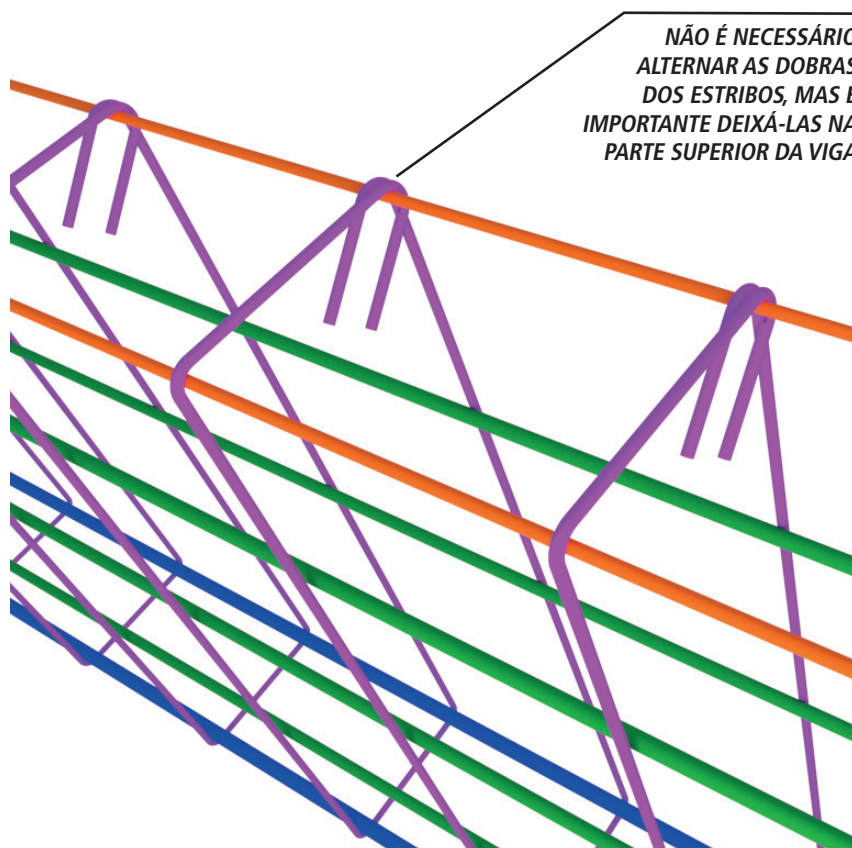
Em uma estrutura tradicional (reticulada), a laje apoia na viga, que apoia no pilar e que, por sua vez, apoia no elemento de fundação. Através desse comportamento, as armaduras longitudinais da viga devem entrar (apoiar) entre os vergalhões da armadura longitudinal do pilar (**Figura 3.7**).



**Figura 3.7**  
Encontro viga x pilar

## GANCHOS DOS ESTRIBOS

É importante lembrar que não há necessidade de alternar as dobras dos estribos, mas é sempre importante deixá-las na parte superior da viga (**Figura 3.8**).



**Figura 3.8**

*Detalhe das dobras dos estribos em vigas*

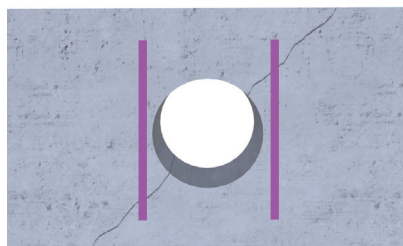
## REFORÇO DE FUROS

A *ABNT NBR 6118* preconiza que os elementos estruturais cujo projeto exige a presença de aberturas sejam detalhados e calculados considerando as tensões que se concentram em torno dessas aberturas. Este detalhamento deve prever tanto as armaduras para resistir às forças de tração quanto as armaduras complementares dispostas no contorno e nos cantos das aberturas.

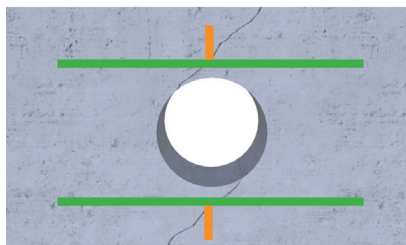
A *ABNT NBR 6118* considera, de maneira geral, que “furos” têm dimensões pequenas em relação ao elemento estrutural, enquanto “aberturas” têm dimensões relativas maiores. Além disso,

segundo a norma, um conjunto de furos muito próximos deve ser tratado como uma abertura. No entanto, neste Manual, aberturas são referidas como furos, pois este é o termo utilizado nos canteiros de obras.

O furo em viga representa uma região com rigidez reduzida, suscetível ao aparecimento de fissuras. Desse modo, para controlar essas fissuras, que podem atravessar o furo ou passar por cima ou por baixo, conforme a **Figura 3.9**, são colocadas armaduras para reforço. A **Figura 3.10** mostra mais detalhes desses reforços.



**ARMADURAS  
PARA FISSURAS  
PASSANDO PELO  
FURO**

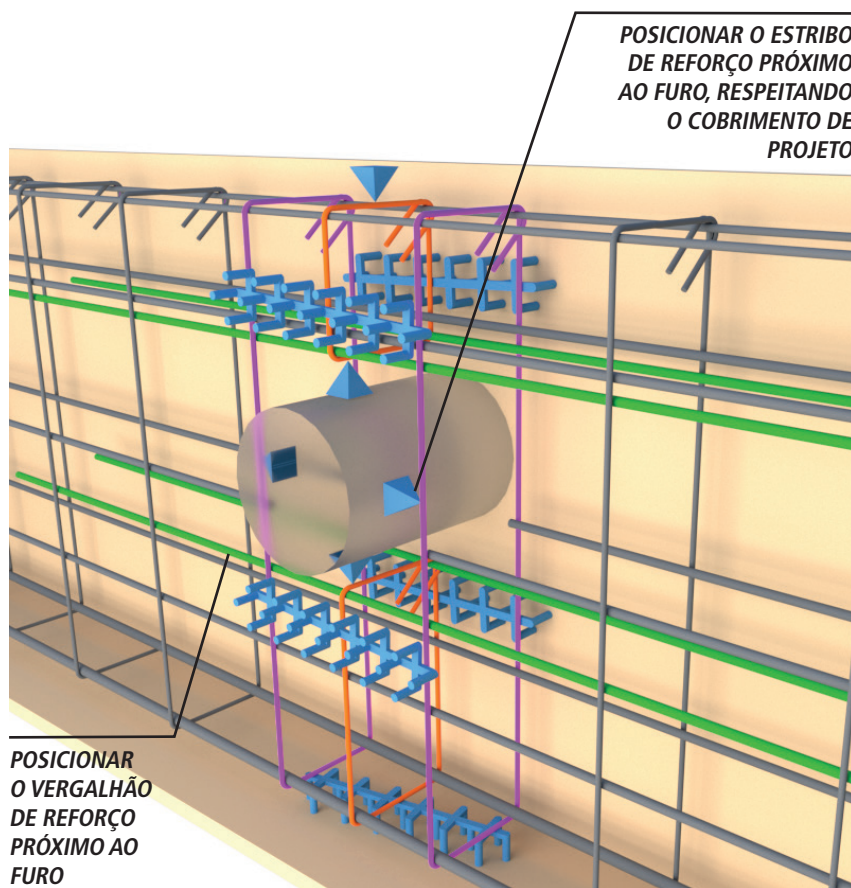


**ARMADURAS  
PARA FISSURAS  
ACIMA E ABAIXO  
DO FURO**

**Figura 3.9**

*Funções dos reforços de furos em vigas*



**Figura 3.10**

*Posicionamento dos reforços de furos em vigas*

# LAJES

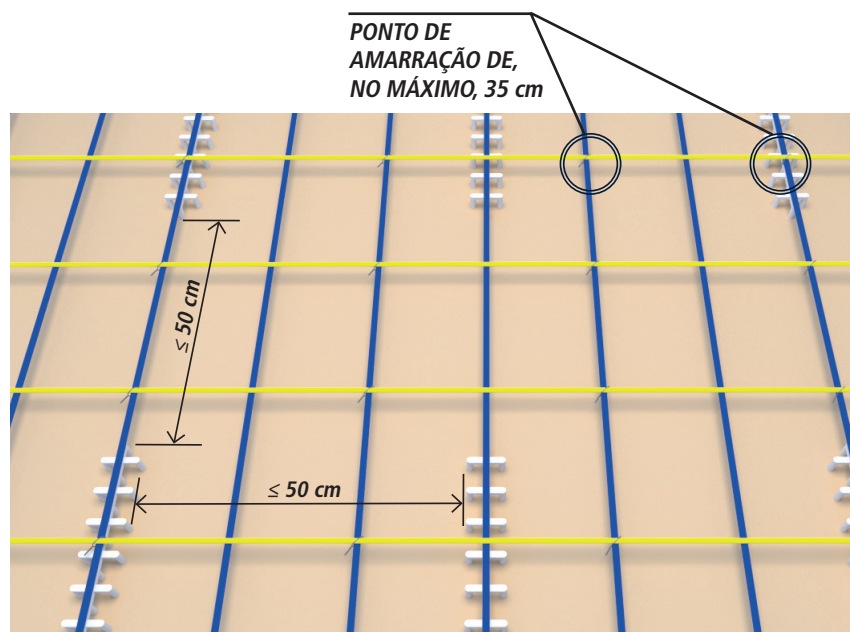
## ESPAÇADORES EM LAJES

Cada obra deverá encontrar o posicionamento e as distâncias entre os espaçadores que respeitem os cobrimentos definidos em projeto. Na **Figura 4.1**, é sugerida uma forma de posicionamento dos espaçadores.

Independentemente das distâncias entre os espaçadores, no capítulo 8 da *ABNT NBR 14931*, preconiza-se que a montagem da armadura seja feita por

amarração, utilizando arames. A distância entre pontos de amarração das barras das lajes deve assegurar o posicionamento da armadura durante a concretagem.

Caso a armadura seja muito densa (pesada) e os espaçadores tipo centopeia não permitam que o cobrimento nominal de projeto seja respeitado, sugerimos o uso de espaçadores de argamassa/concreto ou de espaçadores tipo centopeia combinado.



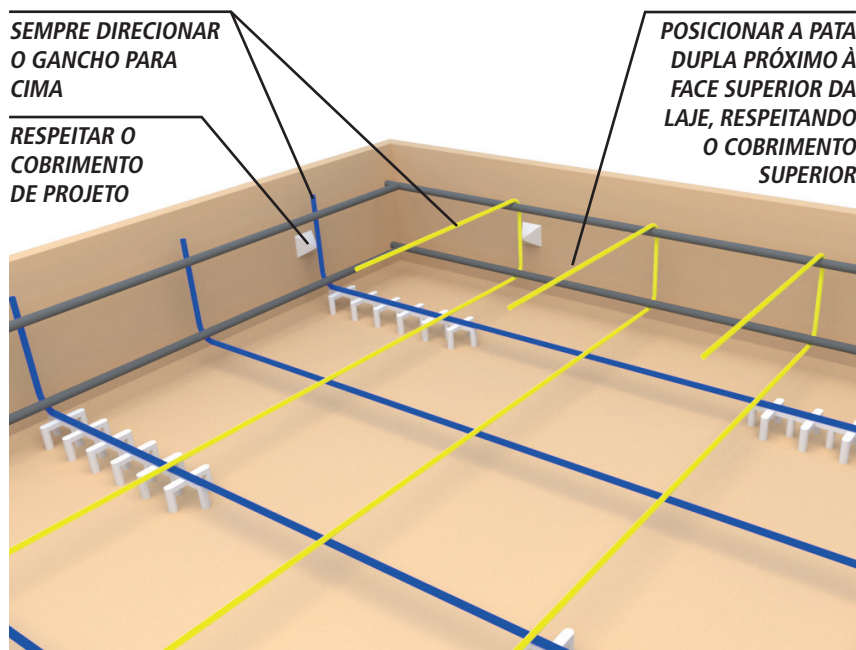
**Figura 4.1**

*Sugestão de posicionamento dos espaçadores em lajes - espaçadores longitudinais às barras*



## ARMADURAS POSITIVAS

Nas armaduras positivas de lajes, existem detalhes de posicionamento importantes para o correto funcionamento estrutural, como apontado pela **Figura 4.2**.

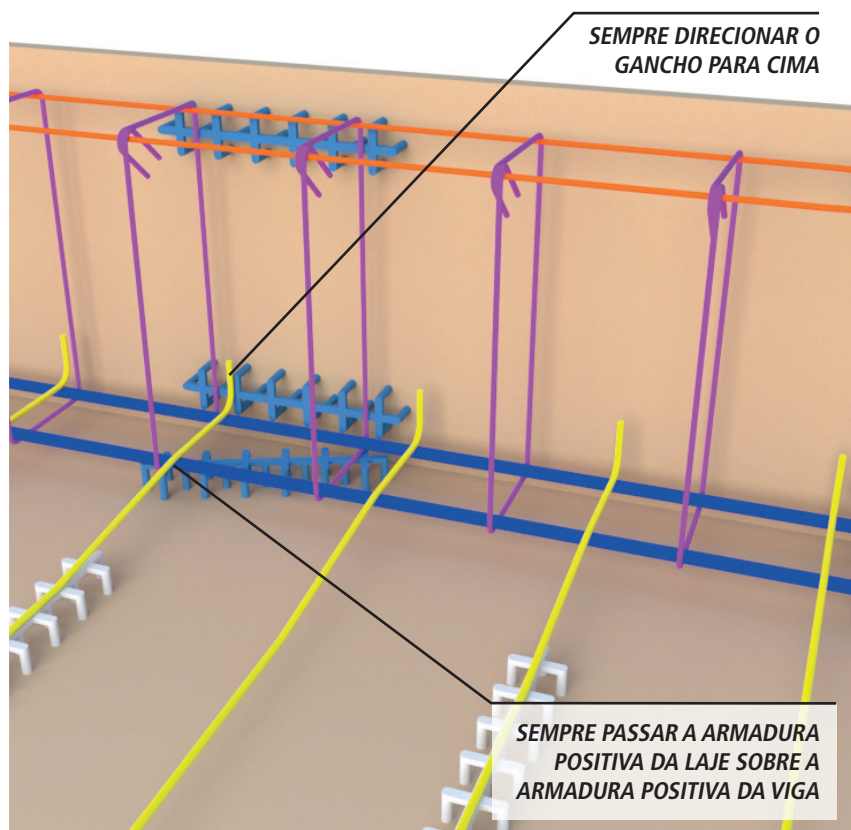


**Figura 4.2**

*Posicionamento da armadura positiva de laje*

## ARMADURAS POSITIVAS APOIANDO EM UMA VIGA INVERTIDA

Quando uma laje apoia sobre uma viga, deve-se garantir que a armadura positiva da laje estenda-se dentro da viga, apoiando-se sobre ela. No caso da viga invertida, é importante proceder da mesma forma (**Figura 4.3**).



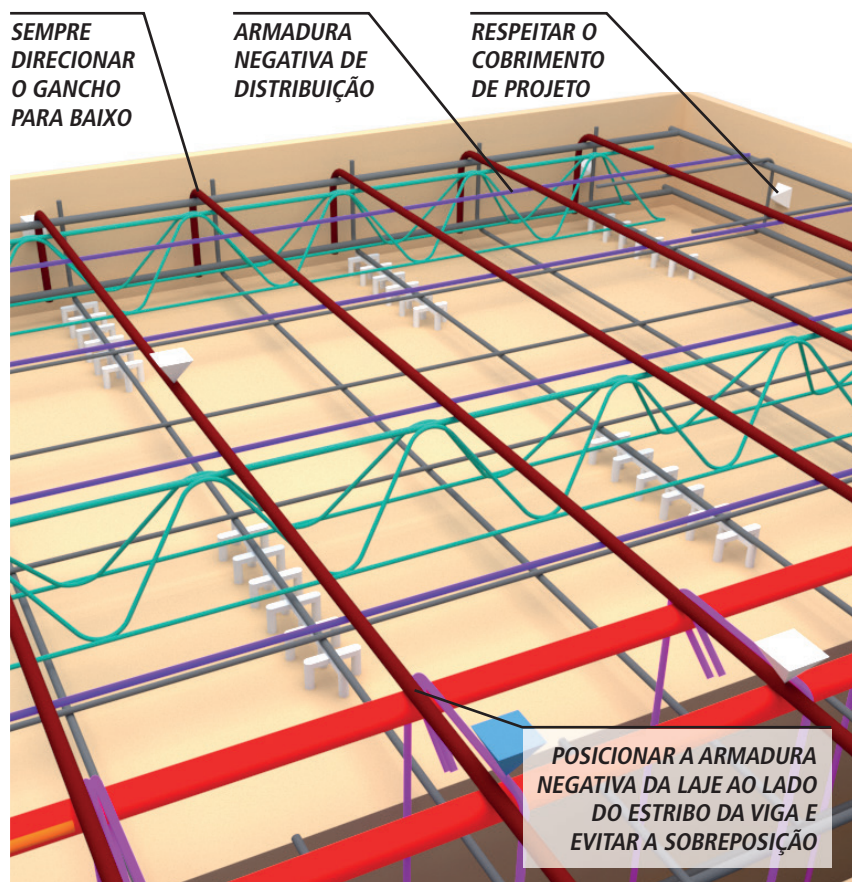
**Figura 4.3**

*Armadura positiva da laje apoiando na viga*

## ARMADURAS NEGATIVAS

A armadura negativa da laje deve ser posicionada sobre os espaçadores treliçados para que o cobrimento superior da laje seja respeitado. Para controlar as fissuras de retração do concreto e

para distribuir os esforços de momento fletor negativo nas armaduras negativas, recomenda-se o uso da armadura negativa de distribuição. A **Figura 4.4** mostra um exemplo detalhado do posicionamento das armaduras negativas de laje em balanço com continuidade.

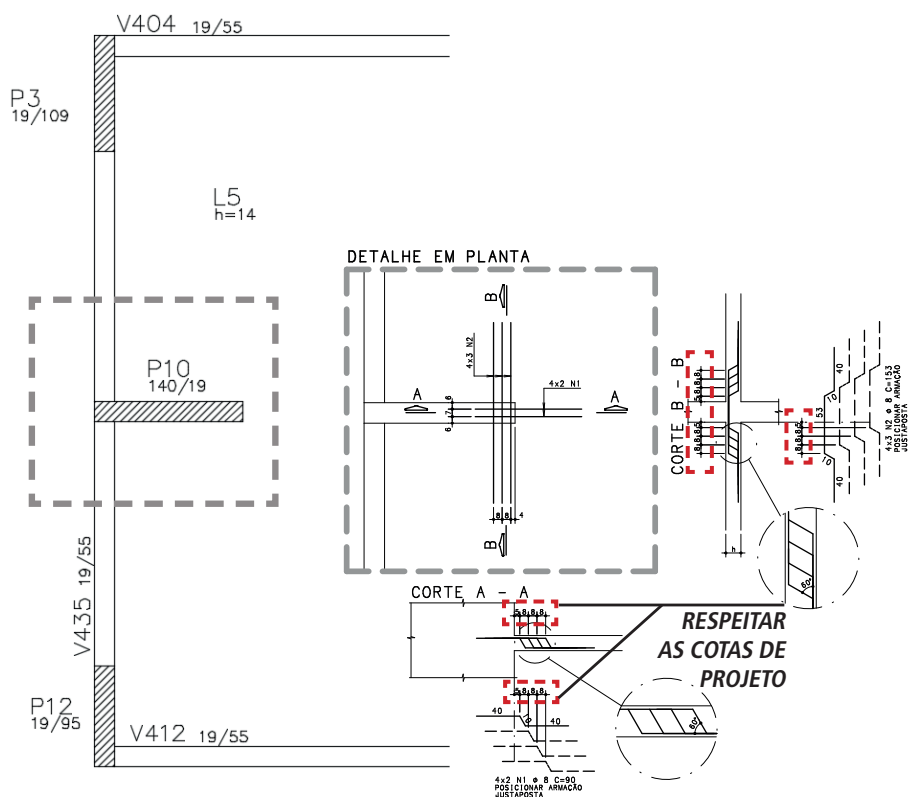


**Figura 4.4**

Posicionamento das armaduras negativas de laje em balanço com continuidade

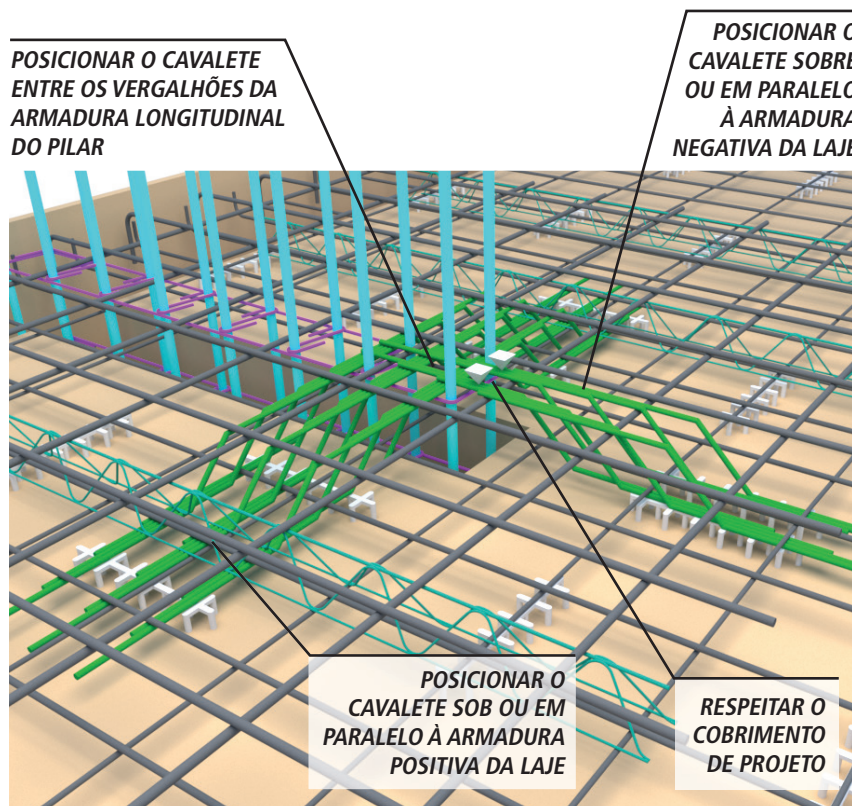
## ARMADURAS CONTRA FORÇA CORTANTE

Existem diversas formas de detalhar as armaduras para resistir às forças de tração oriundas da força cortante. Nas **Figuras 4.5 e 4.6**, exemplificamos o detalhamento com vergalhões em formato “cavelete”. Neste caso, studs ou gaiolas não são adequados por conta da dimensão da laje.



**Figura 4.5**

*Forma e armadura negativa de laje, com o detalhe da armadura contra força cortante*



**Figura 4.6**

Exemplo de armadura em "caveleto"

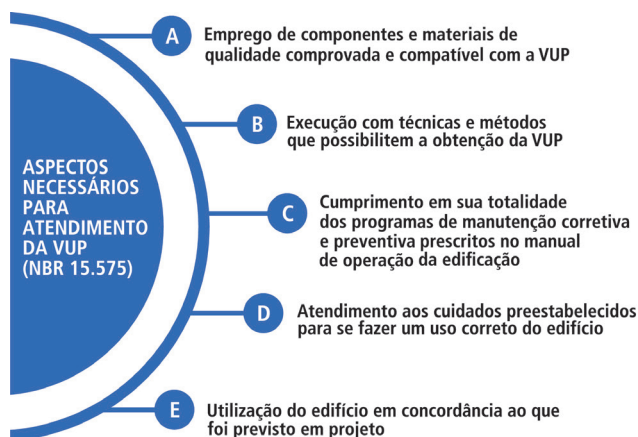
# DURABILIDADE

O conceito de durabilidade de estruturas de concreto armado está diretamente ligado à garantia da vida útil de projeto (VUP). Enquanto a VUP mínima para a maioria das estruturas é de 50 anos, obras de infraestrutura e obras especiais podem ter VUP mínima de 75 ou mais.

Dessa forma, fica evidente a necessidade de um projeto adequado e do emprego de materiais com elevada durabilidade para que, em conjunto com técnicas construtivas adequadas, seja possível garantir ao sistema estrutural a durabilidade especificada em projeto.

A norma de desempenho *ABNT NBR 15575* reforça que, para atingir a VUP mínima, é necessário atender, simultaneamente, aos cinco aspectos descritos na **Figura 5.1**. De forma prática, podemos entender a importância do projeto, da execução e da manutenção da edificação para atendimento dos 5 aspectos descritos na *norma*, em seis momentos, conforme a **Figura 5.2**.

Assim, mesmo utilizando materiais com tais características, é fundamental a adoção das boas práticas de montagem das armaduras das estruturas de concreto armado, para garantir a correta execução, o posicionamento dos elementos e o cobrimento das peças. Dessa forma, é possível entregar ao usuário uma edificação durável e segura.



**Figura 5.1**

*Aspectos necessários para atingir a VUP mínima*



**Figura 5.2**

6 momentos importantes no projeto, na execução e na manutenção da edificação

## BARRAS DE ESPERA

A proteção das barras de espera é obrigatória nas seguintes condições:

- Em ambiente urbano, proteger a barra para períodos maiores do que 12 meses;
- Em ambiente litorâneo, proteger a barra para períodos maiores do que 8 meses.

A proteção da barra de espera deve ser tanto do trecho exposto à atmosfera quanto na superfície do concreto da região de sua inserção.

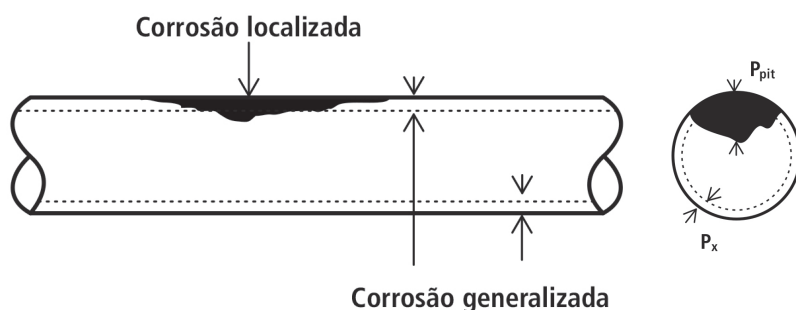
Esta proteção pode ser realizada com argamassa cimentícia industrializada, como Nafufill KMH (MC-Bauchemie), Eucorepair Ferroprotec (Viapol) ou MasterEmaco P122 (BASF).

Para demais orientações, consultar a norma *ABNT NBR 14931*.

## AÇO EXPOSTO, FICOU NA DÚVIDA SE PODE SER EMPREGADO?

Na prática, se o aço apresentar corrosão superficial (sem perda de seção), não há prejuízos quanto à passivação e aderência do aço aplicado (sem impurezas na superfície) no meio alcalino de concreto comum de qualidade. Neste caso, para o emprego das barras e fios de aço, basta apenas remover os produtos de corrosão não aderentes e sujidades, que pode ser feito com lavagem com água sob pressão (hidrojateamento).

Quando há incerteza da intensidade da corrosão do aço e de suas consequências, a remoção dos seus produtos de corrosão (óxidos depositados na superfície do aço) passa a ser importante para um exame



**Figura 5.3**

Desenho esquemático de representação de penetração de corrosão localizada ( $P_{pit}$ ) e de corrosão generalizada ( $P_x$ ) em barra de armadura (adaptado de LIFECON, 2003)



visual mais detalhado. Esse exame pode ser feito em alguns pontos das barras e fios, para verificar a preservação das características geométricas e dimensionais. A remoção da corrosão (superficial ou não) pode ser feita por limpeza manual com uso de escova de cerdas metálicas. Caso uma limpeza mecânica seja necessária, ela pode ser feita com uso de escova rotativa com cerdas metálicas ou com água sob pressão (processo de hidrojateamento).

O diâmetro da barra pode ser conferido com paquímetro, e caso se identifique perda de seção em torno de 15% ou mais, há necessidade de suplementação de barras e estribos nas áreas atingidas.

Atenção é necessária para identificar os locais de corrosão mais acentuada, seja generalizada ou uma corrosão por pite (localizada) (**Figura 5.3**).

Existem algumas alternativas para investigação do estado de conservação de estruturas de concreto armado, além da perda de seção da barra. Os itens da **Figura 5.4** servem como pontos de atenção quando fazemos uma inspeção ou investigação de corrosão.

Vale ressaltar que é essencial contar com um profissional técnico (engenheiro) na etapa de investigação da manifestação patológica e no tratamento, reparo ou mitigação do dano.



**Figura 5.4**

*Alternativas para investigação do estado de conservação de estruturas de concreto armado.*

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 6118:2023 - **Projeto de estruturas de concreto**. Rio de Janeiro, 2023.

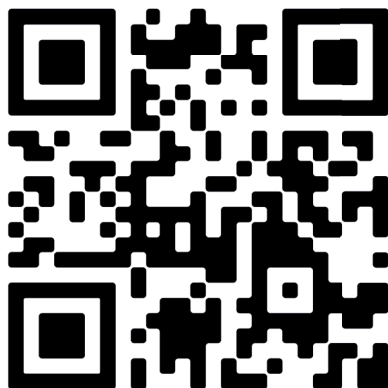
ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 14931:2023 - **Execução de estruturas de concreto - Procedimento**. Rio de Janeiro, 2023.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 15575-1:2013 - **Edificações habitacionais - Desempenho - Parte 1: Requisitos gerais**. Rio de Janeiro, 2013.

LIFECON. **Probabilistic service life models for reinforced concrete structures**. Final Report Deliverable D3.2, RDT Project, Center for Building Materials - Technical University of Munich, Munich, 2003. 169 p.

NAKAJIMA, Jorge; ARAKAWA MARTINS, Larissa. **Manual de Boas Práticas** - Montagem das Armaduras de Estruturas de Concreto Armado. Volume 1. São Paulo: França e Associados Projetos Estruturais, 2021.


**Manual de Boas Práticas**  
**Volumes 1, 2 e Guia de Bolso**  
Versões e-book



*Primeira Edição*  
*Papel*  
*Tipografia*

**Outubro, 2023**  
**Couché 115 g/m<sup>2</sup> e Couché 250 g/m<sup>2</sup>**  
**Família Frutiger**





Do escritório diretamente para a palma das mãos, este **Guia de Bolso**, juntamente com seu volume original, vem encorajar, por meio de suas ilustrações, um olhar atento, no canteiro de obras, sobre os procedimentos utilizados hoje na cadeia produtiva da construção de edifícios.