

# Colaboração da armadura transversal na região de traspasse

RAFAEL DA ROCHA BERBEL - ENG - (raroachaberbel@hotmail.com) - <https://orcid.org/0009-0004-9570-4592> ;  
MATHEUS MARQUESI - ENG. — HMNC Engenharia

## RESUMO

**A** ANÁLISE DOS CRITÉRIOS DE CÁLCULO DO COMPRIMENTO DE ANCORAGEM E DAS EMENDAS POR TRASPASSE EM ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO É APRESENTADA COM BASE NAS NORMAS ABNT NBR 6118:2026, ACI 318-25 E EUROCODE 2:2023. O ESTUDO ENFATIZA A CONTRIBUIÇÃO DA ARMADURA TRANSVERSAL NA REGIÃO DE TRASPASSE, ESPECIALMENTE QUANTO AOS EFEITOS DE CONFINAMENTO E AO CONTROLE DO FENDILHAMENTO. POR MEIO DE REVISÃO BIBLIOGRÁFICA E ANÁLISES, VERIFICAM-SE DIFERENÇAS ENTRE OS MODELOS NORMATIVOS, DESTACANDO-SE A CONSIDERAÇÃO MAIS EXPLÍCITA DA ARMADURA TRANSVERSAL NAS NORMAS INTERNACIONAIS. OS RESULTADOS MOSTRAM QUE A NBR 6118:2026 RESULTA NOS MAIORES COMPRIMENTOS DE TRASPASSE POR NÃO INCORPORAR O EFEITO DO CONFINAMENTO, ENQUANTO O ACI 318-25 E O EUROCODE 2:2023 APRESENTAM REDUÇÕES PROGRESSIVAS COM O AUMENTO DA ARMADURA TRANSVERSAL. CONCLUI-SE QUE A CONSIDERAÇÃO EXPLÍCITA DO CONFINAMENTO CONSTITUI MECANISMO EFICAZ PARA REDUZIR OS COMPRIMENTOS DE TRASPASSE SEM COMPROMETER A SEGURANÇA ESTRUTURAL, EVIDENCIANDO POTENCIAL DE APRIMORAMENTO DA NBR 6118 NESSE ASPECTO.

**PALAVRAS-CHAVE:** EMENDA POR TRASPASSE, ARMADURA TRANSVERSAL, CONCRETO ARMADO, ADERÊNCIA, ANCORAGEM.

## 1. INTRODUÇÃO

O concreto armado é amplamente empregado na engenharia civil devido à sua versatilidade, resistência e viabilidade econômica, sendo o desempenho estrutural diretamente condicionado à adequada interação entre o aço e o concreto. Nesse contexto, a transferência de esforços por aderência assume papel fundamental, especialmente nas regiões de ancoragem e emendas por traspasse das barras de armadura. O comportamento inadequado nessas regiões pode levar ao surgimento

de fissuras excessivas, perda de capacidade resistente e comprometimento da segurança estrutural.

A aderência entre aço e concreto resulta da combinação de mecanismos físicos distintos, incluindo adesão, atrito e engrenamento mecânico, sendo influenciada por fatores como resistência do concreto, geometria das barras, condições de execução e nível de confinamento proporcionado pela armadura transversal.

A contribuição da armadura transversal tem sido reconhecida como um dos principais fatores de aumento da resistência de aderência. Estudos experimentais conduzidos por Giuriani *et al.* (1998) evidenciam uma relação aproximadamente linear entre a área de armadura transversal que intercepta o plano de fendilhamento e o aumento da capacidade resistente da ancoragem. Esses resultados fundamentaram o desenvolvimento de modelos baseados em parâmetros de confinamento, os quais foram incorporados às normas internacionais.

O efeito de confinamento tem sido progressivamente incorporado às normas internacionais, como o ACI 318 e o Eurocode 2, que consideram de forma mais direta a influência da armadura transversal no dimensionamento dos comprimentos de ancoragem e de traspasse.

No cenário brasileiro, a norma ABNT NBR 6118:2026 estabelece critérios consolidados para o dimensionamento dessas regiões, porém com abordagem ainda simplificada quanto à consideração dos efeitos de confinamento. Essa limitação pode conduzir a soluções excessivamente conservadoras, caracterizadas pela adoção de comprimentos de traspasse superiores aos efetivamente necessários, impactando o consumo de materiais e a eficiência global dos projetos estruturais.

A análise comparativa entre diferentes abordagens normativas permite identificar lacunas e oportunidades de aprimoramento nos procedimentos de dimensionamento adotados no país. Nesse sentido, a investigação da contribuição da armadura transversal na região de traspasse mostra-se relevante para o desenvolvimento de modelos mais representativos do comportamento estrutural, capazes de conciliar segurança e racionalização de recursos.

A incorporação mais precisa desses efeitos pode resultar em benefícios importantes sob múltiplos aspectos. Do ponto de vista técnico, contribui para o aperfeiçoamento dos critérios de projeto e para maior aderência entre modelo teórico e comportamento real. Sob o aspecto econômico, possibilita a redução do consumo de aço e a otimização das soluções estruturais. Adicionalmente, promove o avanço do conhecimento e o fortalecimento das práticas de engenharia, ampliando a capacidade de inovação e desenvolvimento no contexto nacional.

## 2. DESENVOLVIMENTO

### 2.1 Influência do confinamento nos modelos normativos

A influência do confinamento promovido pela armadura transversal no comportamento da aderência aço-concreto reflete-se diretamente nos modelos de cálculo dos comprimentos de ancoragem e de traspasse adotados por diferentes normas. Os diferentes códigos de projeto adotam abordagens distintas para representar esses fenômenos, variando desde formulações mais simplificadas, baseadas em coeficientes globais, até modelos que incorporam explicitamente parâmetros associados ao confinamento e ao controle

do fendilhamento. Tais diferenças refletem não apenas a evolução do conhecimento técnico, mas também distintos critérios de segurança e calibração normativa.

Nesse contexto, a análise dos modelos de cálculo torna-se fundamental para compreender como cada norma considera, de forma explícita ou implícita, a contribuição da armadura transversal na região de traspasse. Nos subcapítulos que seguem, são apresentados os critérios adotados pelas normas ABNT NBR 6118:2026, ACI 318-25 e Eurocode 2:2023, com ênfase nos parâmetros relacionados ao confinamento e suas implicações no dimensionamento estrutural.

## 2.1.1 NBR 6118:2026

Na NBR 6118:2026, o comprimento de ancoragem básico é definido a partir da resistência de aderência de cálculo, sem a inclusão explícita de parâmetros que representem o confinamento pela armadura transversal. De forma geral, tem-se segundo a equação 1:

$$[1] \quad l_b = \frac{\varphi \cdot f_{yd}}{4 \cdot f_{bd}} \geq 25\varnothing$$

Onde:

$\varnothing$  é o diâmetro da barra;

$f_{yd}$  é a resistência de cálculo ao escoamento do aço, e é obtido a partir de coeficientes que consideram condições de aderência, posição da barra e resistência a tração do concreto.

O valor de  $l_b$  é definido pela NBR 6118 como “comprimento de ancoragem básico”, isto é, o comprimento reto necessário para uma barra de armadura passiva ancorar a força limite  $A_s \times f_{yd}$ , admitindo, ao longo desse comprimento, resistência de aderência uniforme e igual a  $f_{bd}$ .

A norma define o “comprimento de ancoragem necessário” ( $l_{b,nec}$ ), que leva em consideração a existência ou não de gancho e a relação entre a armadura calculada ( $A_{s,calc}$ ) e a armadura efetivamente disposta ( $A_{s,ef}$ ), cujo segundo a equação 2, o valor é:

$$[2] \quad l_{b,nec} = a \cdot l_b \frac{A_{s,calc}}{A_{s,ef}} \geq l_{b,min}$$

Onde:

$a$  vale 0,7 para barras com gancho e 1,0 para barras sem gancho.

Observa-se que, nessas formulações, o confinamento obtido pela armadura transversal não é considerado. Porém, para o cálculo de emenda por traspasse, a norma brasileira conta com um coeficiente majorador do comprimento ( $\alpha_{ot}$ ), que varia de acordo com a quantidade de barras emendadas na mesma seção, conforme a equação 3:

$$[3] \quad l_{ot} = \alpha_{ot} \cdot l_{b,nec} \geq l_{ot,min}$$

Para seções onde há mais de 50% das barras emendadas, esse coeficiente vale 2, independente de outros fatores como o próprio confinamento devido à armadura transversal. Inclusive, vale para elementos tanto com alguma armadura transversal na região de traspasse quanto em elementos que geralmente não utilizam armadura transversal, como lajes, por exemplo.

Dessa forma, os efeitos do confinamento são considerados apenas de maneira indireta, por meio de coeficientes globais.

## 2.1.2 ACI 318-25

No ACI 318-25, o comprimento de desenvolvimento em tração incorpora diretamente parâmetros relacionados ao confinamento, conforme equação 4:

$$[4] \quad l_d = \left( \frac{3}{40} \cdot \frac{f_y}{\lambda \sqrt{f_c'}} \cdot \frac{\psi_t \psi_e \psi_s \psi_g}{\left( \frac{c_b + K_{tr}}{d_b} \right)} \right) d_b$$

Onde:

$f_y$  é o limite de escoamento especificado para armadura;

os parâmetros  $\lambda$  e  $\psi$  são obtidos a partir da tabela 25.4.2.5 do ACI 318-25;

a raiz do  $f_c'$  é a resistência a tração do concreto;

e  $K_{tr}$  representa a contribuição da armadura transversal, sendo função da área, espaçamento e disposição dos estribos. O termo  $(c_b + K_{tr})/d_b$  expressa diretamente o efeito combinado do cobrimento e do confinamento, evidenciando que o aumento da armadura transversal reduz o comprimento necessário para o desenvolvimento da aderência.

A variável “ $c_b$ ” é um fator que representa o mínimo entre os valores de distância entre o eixo da armadura longitudinal e a face lateral do concreto, distância entre o eixo da armadura longitudinal e a face inferior do concreto, ou metade do espaçamento entre centro das barras, conforme imagem da Figura 1.

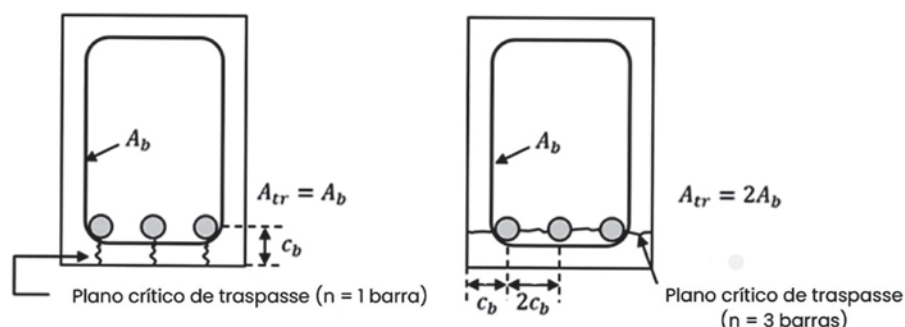
A Figura 1 relaciona o plano de ruptura de traspasse com a armadura transversal, o qual pode ocorrer horizontalmente ou verticalmente dependendo de qual plano tem o menor cobrimento. A armadura transversal é a variável  $A_{tr}$ , que é utilizada para o cálculo do fator  $K_{tr}$ .

O fator “ $K_{tr}$ ” representa a contribuição da armadura transversal, e é calculado conforme apresenta a equação 5:

$$[5] \quad K_{tr} = \frac{40 A_{tr}}{s n}$$

Onde:

“ $s$ ” é o espaçamento das barras longitudinais centro-centro, que, no caso, é obtido pelo detalhamento da seção transversal. A variável “ $n$ ” não é automaticamente o total de barras traspassadas, e sim o número de barras que o plano crítico de



**FIGURA 1**

DESENHO ESQUEMÁTICO EXPLICATIVO SOBRE O CB E ATR

FONTE: AUTOR (2026)

traspasse passa. Por exemplo, se o plano crítico de traspasse for vertical,  $n$  será igual a 1, porém se for horizontal,  $n$  será o total de barras presentes na mesma camada.

Já o " $A_{tr}$ " é definido pelo ACI 318-25 como a área total de armadura transversal efetiva que envolve o plano de ruptura ou plano crítico de traspasse de uma seção transversal. Seu valor influencia diretamente o termo  $e$ , e, portanto, o comprimento de ancoragem ou de traspasse necessário segundo o ACI 318-25. Quanto maior o  $e$ , maior é o confinamento e menor será o comprimento de ancoragem exigido.

Antes o ACI 318 incluía no cálculo do  $K_{tr}$  a resistência de escoamento da armadura transversal, e atualmente a equação inclui apenas a área de aço, o espaçamento das armaduras transversais, e o número de barras traspassadas ou ancoradas dentro do mesmo estribo. Isso ocorre porque ensaios experimentais demonstram que a armadura transversal raramente atinge o escoamento durante uma falha de ancoragem. (AZIZINAMINI *et al.*, 1999).

Do ponto de vista prático, o aumento do  $K_{tr}$  reduz o comprimento de ancoragem necessário ( $l_{d,g}$ ), já que o confinamento adicional proporciona maior resistência ao arrancamento. Esse efeito torna-se mais pronunciado em regiões com elevada densidade de armadura transversal próximas à armadura longitudinal. Por outro lado, quando o confinamento é insuficiente, por exemplo, em regiões de pouca armadura transversal, o valor de  $K_{tr}$  tende a zero, e o comprimento de ancoragem necessário aumenta.

### 2.1.3 EUROCODE 2:2023

O Eurocode 2:2023 define o comprimento de ancoragem básico com base na resistência de aderência de cálculo, segundo a equação 6:

$$[6] \quad l_{bd,rqd} = \frac{\varphi \cdot \sigma_{sd}}{4 \cdot f_{bd}}$$

Onde:

$\varphi$  é o diâmetro da barra,

$\sigma_{sd}$  é a tensão de escoamento da barra;

e  $f_{bd}$  leva em consideração as condições de aderência e o diâmetro da barra. Embora a formulação básica seja semelhante à da NBR 6118, o Eurocode permite ajustes mais refinados para o cálculo do comprimento

**TABELA 1**

VALORES DOS COEFICIENTES  $\alpha_1$ ,  $\alpha_2$ ,  $\alpha_3$ ,  $\alpha_4$ , E  $\alpha_5$  (TABELA 8.2 EUROCODE 2:2023)

| Fator de influência                         | Tipo de ancoragem | Em tração                                                                   | Em compressão    |
|---------------------------------------------|-------------------|-----------------------------------------------------------------------------|------------------|
| Formato da barra                            | Reta              | $\alpha_1 = 1$                                                              | $\alpha_1 = 1$   |
|                                             | Outras            | $\alpha_1 = 0,7$                                                            | $\alpha_1 = 1$   |
| Cobrimento                                  | Reta              | $\alpha_2 = 1 - 0,15 (cd - \emptyset) / \emptyset$<br>$> = 0,7$<br>$< = 1$  | $\alpha_2 = 1$   |
|                                             | Outras            | $\alpha_2 = 1 - 0,15 (cd - 3\emptyset) / \emptyset$<br>$> = 0,7$<br>$< = 1$ |                  |
| Confinada por barra transversal não soldada | Todos os tipos    | $\alpha_3 = 1 - K\lambda$<br>$> = 0,7$<br>$< = 1$                           | $\alpha_3 = 1$   |
| Confinada por barra transversal soldada     | Todos os tipos    | $\alpha_4 = 0,7$                                                            | $\alpha_4 = 0,7$ |
| Confinada por pressão transversal           | Todos os tipos    | $\alpha_5 = 1 - 0,04p$<br>$> = 0,7$<br>$< = 1$                              | —                |

FONTE: EUROCODE 2:2023

de ancoragem necessário, conforme a equação 7.

$$[7] \quad l_{bd} = \alpha_1 \alpha_2 \alpha_3 \alpha_4 \alpha_5 l_b, r_{qd} \geq l_b, \min$$

Onde:

os coeficientes  $\alpha$  são obtidos através de parâmetros da tabela Tabela 8.2 do Eurocode 2:2023, sendo o  $\alpha_3$  o fator que considera o confinamento por meio de barra transversal. Conforme Tabela 1.

O fator  $\lambda$  presente na Tabela 1 é calculado pela equação 8:

$$[8] \quad \lambda = \frac{\Sigma A_{st} - \Sigma A_{st, \min}}{A_s}$$

Onde:

$A_{st}$  é a área de aço da armadura transversal ao longo do comprimento de ancoragem; e  $A_{st, \min}$  é a área de aço da armadura mínima transversal, a qual é igual a  $0,25 \times A_s$  ( $A_s$  é a área de aço de uma das barras ancoradas) para vigas e igual a 0 para lajes.

O fator  $K$  representa a posição da barra em relação a armadura transversal, é apresentado na Figura 2.

Para o cálculo do comprimento necessário de traspasse o Eurocode utiliza o coeficiente  $\alpha_6$  e não utiliza o  $\alpha_4$ ,

portanto, sendo calculado de acordo com a equação 9:

$$[9] \quad l_0 = \alpha_1 \alpha_2 \alpha_3 \alpha_5 \alpha_6 l_b, r_{qd} \geq l_0, \min$$

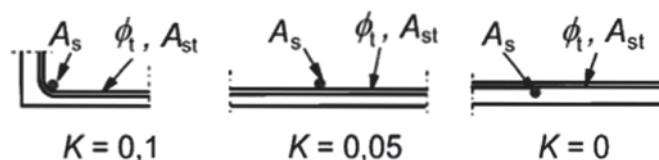
Onde:

o coeficiente  $\alpha_6$  leva em consideração a porcentagem de barras traspassadas na mesma seção.

### 2.2 Comparação dos modelos

A análise comparativa evidencia diferenças significativas entre os comprimentos de traspasse obtidos pelas três normas investigadas. Nos estudos desenvolvidos, o Eurocode 2 apresentou o menor comprimento de emenda, seguido pelo ACI 318 e, por último, pela NBR 6118. Essa hierarquização decorre de abordagens distintas adotadas por cada documento normativo.

O Eurocode tem resultados de resistência de aderência equivalente ao da



**FIGURA 2**

VALORES PARA O FATOR  $K$  PARA VIGAS E LAJES

FONTE: EUROCODE 2:2023

**TABELA 2**

ANÁLISE DOS RESULTADOS

| Aspecto analisado                                       | Eurocode 2:2023                                                                                  | ACI 318-25                                                                                                                          | NBR 6118:2026                                                                                               |
|---------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Formulação                                              | $l_0 = \alpha_1 \alpha_2 \alpha_3 \alpha_5 \alpha_6 l_b, \text{reqd} \geq l_0, \text{min}$       | $l_d = \left( \frac{3}{40} \cdot \frac{f_y}{\lambda \sqrt{f_c}} \cdot \frac{\psi_t \psi_e \psi_s \psi_g}{(cb + K_{tr})} \right) db$ | $l_0 t = \alpha_0 t \cdot l_b, \text{nec} \geq l_0 t, \text{min}$                                           |
| Consideração do confinamento por estribos               | Implícita, via coeficiente $\alpha_3$ e parâmetros de posição das barras.                        | Explícita pelo parâmetro $K_{tr}$ , que reduz o $l_d$ quando há armadura transversal eficiente.                                     | Não possui redutor equivalente.                                                                             |
| Consideração do cobrimento das barras na região         | Implícita, via coeficiente $\alpha_2$ .                                                          | Explícita pelo parâmetro $cb$ , que reduz o $l_d$ quando há um grande cobrimento na região.                                         | Não possui redutor equivalente.                                                                             |
| Penalização por grandes percentuais de barras emendadas | Moderada; permite até 100% em uma camada com 50% de acréscimo no comprimento.                    | Baixa; depende da classe de traspasse, sendo no máximo 30% de acréscimo.                                                            | Alta; uso do coeficiente $\alpha_{dt}$ aumenta em 100% o $l_0$ quando mais de 50% das barras são emendadas. |
| Valores mínimos prescritos                              | Moderados; geralmente inferiores aos da NBR devido ao $\alpha_6$ ser inferior ao $\alpha_{dt}$ . | Intermediários; vale sempre 30 cm                                                                                                   | Elevados, frequentemente determinados pelo uso do coeficiente $\alpha_{dt}$ .                               |

FONTE: AUTOR (2026)

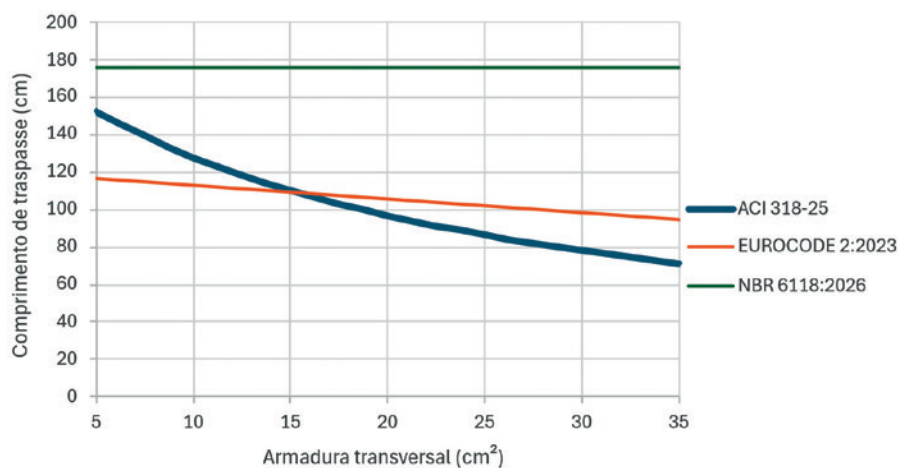
NBR 6118:2026, porém elas se diferem a partir da formulação final do comprimento de traspasse, onde o Eurocode possui sua formulação baseada em coeficientes  $\alpha$ , onde o coeficiente que leva em consideração a porcentagem de barras emendadas na mesma seção ( $\alpha_6$ ) é 25% menor em relação ao coeficiente similar utilizado na NBR 6118:2026, o coeficiente  $\alpha_{dt}$ .

Além disso, possui um coeficiente ( $\alpha_2$ ) que considera o cobrimento na região de traspasse, bem como o coeficiente  $\alpha_3$ , responsável por representar o efeito de confinamento promovido pela armadura transversal. Esses mecanismos não são contemplados explicitamente pela NBR 6118:2026, resultando em comprimentos de traspasse significativamente superiores.

O ACI 318, embora mais conservador que o Eurocode, incorpora explicitamente o efeito do confinamento por meio do parâmetro “ $K_{tr}$ ”, e do cobrimento na região de traspasse por meio do parâmetro “ $cb$ ”, o que reduz o comprimento necessário quando há estribos efetivos ao longo da região da emenda, e cobrimentos generosos, conduzindo a valores intermediários.

Já a NBR 6118 apresenta os maiores comprimentos devido à combinação de fatores mais restritivos, como o coeficiente  $\alpha_{dt}$  aplicado quando as barras

são emendadas em uma mesma seção e a ausência de um redutor de confinamento equivalente ao  $K_{tr}$  do ACI, ou o  $\alpha_2$  e  $\alpha_3$  do Eurocode. Além de possuir valores mínimos normativos mais elevados. Dessa forma, os comprimentos de traspasse calculados refletem diretamente o nível de conservadorismo e a filosofia de segurança adotados por cada código.



**FIGURA 3**

GRÁFICO ARMADURA TRANSVERSAL X COMPRIMENTO DE TRASPASSE

FONTE: AUTOR (2026)

A Tabela 2 compara de forma direta as diferenças principais entre cada modelo normativo.

## 2.2.1 ARMADURA TRANSVERSAL X COMPRIMENTO DE TRASPASSE

O gráfico apresentado na Figura 3 foi elaborado com base nas expressões de cálculo de comprimento de traspasse do ACI 318-25, Eurocode 2:2023 e NBR 6118:2026, considerando uma barra de diâmetro nominal de 32 mm, concreto com resistência característica à compressão, aço de alta aderência com tensão de escoamento, estribos de diâmetro 12,5 mm e espaçamento das barras longitudinais de 10 cm, envolvendo 17 barras longitudinais no mesmo plano de ruptura.

Do ponto de vista teórico, o aumento da quantidade de ramos nos estribos ou o aumento do diâmetro de sua bitola poderiam alterar o arranjo geométrico da armadura (conforme representado na Figura 1), considerando que a distância entre o eixo da armadura longitudinal e a face lateral do concreto seria metade do espaçamento entre as barras longitudinais. Porém, para realizar uma comparação simplificada, foi considerado que esses parâmetros não mudariam, dessa forma é possível realizar um gráfico que se aproxima do que aconteceria na prática.

O gráfico da Figura 3 evidencia a relação inversamente proporcional entre a área de armadura transversal efetiva e o

comprimento de traspasse para as normas ACI 318-25 e Eurocode 2:2023. O gráfico também evidencia que a NBR 6118:2026 não considera explicitamente o efeito do confinamento na região de traspasse, sendo mais conservador nesse quesito.

Para as normas ACI 318-25 e Eurocode 2:2023, à medida que o valor da área de armadura transversal aumenta, o confinamento do concreto também cresce, resultando em uma redução do comprimento necessário para o desenvolvimento completo da força de aderência.

Essa tendência demonstra o papel fundamental da armadura transversal no controle do fendilhamento e na melhoria da transferência de esforços entre o aço e o concreto, sobretudo em regiões de altas tensões de ancoragem.

Fisicamente, o aumento da área de armadura transversal restringe a abertura das fissuras de tração que se formam paralelamente ao plano crítico de traspasse, eleva a resistência à fissuração e permite uma maior mobilização da resistência de aderência do concreto. Assim, o concreto confinado pelo estribo passa a se comportar de maneira mais dúctil, mantendo a integridade mesmo sob tensões elevadas de tração nas barras.

Observa-se no gráfico da Figura 3 que, para o ACI 318-25, quando há valores baixos de área, de armadura transversal, o comprimento de traspasse cresce de forma expressiva, uma vez que o confinamento é

insuficiente para limitar o fendilhamento. À medida que este aumenta, a curva tende a se estabilizar, indicando que há um ponto de saturação do confinamento, no qual aumentos adicionais de armadura transversal geram ganhos marginais na redução do comprimento de ancoragem. Esse comportamento não linear é coerente, pois o ganho de eficiência do confinamento é mais acentuado nas primeiras adições de armadura transversal.

Já para o Eurocode 2:2023, esse comportamento é linear e limitado, já que o coeficiente  $a_3$  está compreendido entre 0,7 e 1.

Sendo assim, o gráfico permite compreender a importância do detalhamento adequado das armaduras transversais nas regiões de emenda e ancoragem, já que o emprego de um confinamento eficiente possibilita reduzir significativamente os comprimentos de traspasse, consequentemente reduzindo a interferência entre emendas, otimizando o arranjo das armaduras e diminuindo os custos.

O comportamento apresentado no gráfico da Figura 3 é consistente com resultados experimentais realizados por Plizzari, Deldossi e Massimo (1998), pois demonstraram que o aumento da armadura transversal promove incremento da resistência de aderência e da capacidade de ancoragem das barras, em decorrência do maior confinamento do concreto e do controle da propagação das fissuras de fendilhamento. Os autores observaram ain-

da que esse ganho tende a apresentar uma estabilização para elevados níveis de confinamento, indicando a existência de um limite a partir do qual acréscimos adicionais de armadura transversal produzem benefícios marginais. Resultados semelhantes foram posteriormente discutidos por Giuriani *et al.* (1998), que verificaram boa correlação entre a capacidade resistente observada experimentalmente e parâmetros de confinamento baseados na armadura transversal. Dessa forma, as tendências observadas nas curvas obtidas a partir das formulações normativas são compatíveis com o comportamento experimental previamente reportado na literatura.

## 2.2.2 NÚMERO DE BARRAS CONFINADAS X COMPRIMENTO DE TRASPASSE

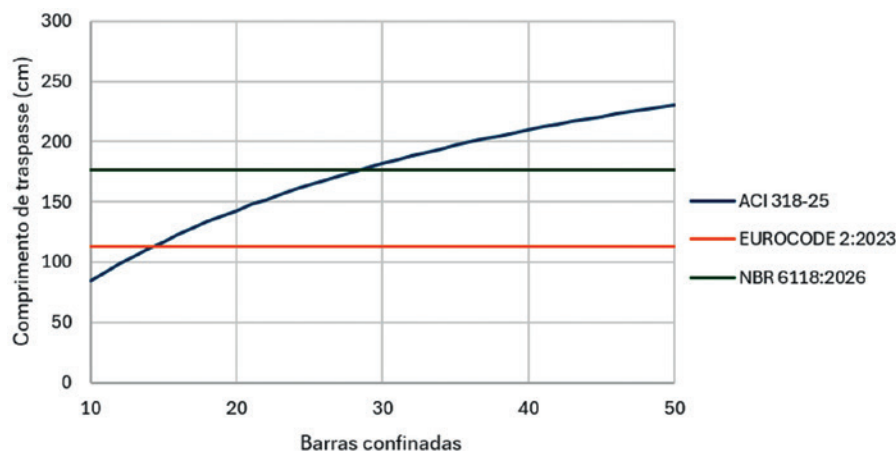
Além da área de armadura transversal efetiva, outro parâmetro que exerce influência no comprimento de traspasse das barras é o número de barras confinadas por cada estribo ou elemento transversal. Esse parâmetro está diretamente relacionado à distribuição do efeito de confinamento promovido pela armadura transversal entre as barras longitudinais que compartilham o mesmo estribo.

De acordo com o ACI 318-25, o coeficiente de confinamento é calculado pela equação 10:

$$[10] \quad K_{tr} = \frac{40A_{tr}}{s \cdot n}$$

Observa-se que o número de barras confinadas aparece no denominador da expressão, indicando que quanto maior o número de barras confinadas por um mesmo estribo, menor será o confinamento efetivo por barra, e, portanto, maior o comprimento de traspasse necessário.

No gráfico apresentado na Figura 4, apresenta-se a variação do comprimento de traspasse em função do número de barras confinadas ( $n$ ), mantendo constantes os demais parâmetros: diâmetro da barra de 32 mm, concreto com  $f_{ck} = 40$  MPa, aço com  $f_y = 500$  MPa, armadura transversal de 8 ramos  $\varnothing 12,5$  mm (fixo) e espaçamento das barras longitudinais é variável, pois conforme aumenta-se o “ $n$ ”, diminuiu o espaçamento. Assim como o “ $cb$ ”, também foi considerado variável, pois conforme



**FIGURA 4**

GRÁFICO COMPRIMENTO DE TRASPASSE X NÚMERO DE BARRAS CONFINADAS

FONTE: AUTOR (2026)

diminui o espaçamento entre as barras, também se diminui o cobrimento, já que nos casos utilizados para a realização do gráfico, o "cb" utilizado foi a metade do espaçamento entre as barras longitudinais.

Então a análise foi realizada com base nas expressões de ancoragem do ACI 318-25, variando o número de barras confinadas, o espaçamento das barras longitudinais e o cobrimento das barras, de modo a representar situações com diferentes densidades de armadura. Foram adicionadas ao gráfico também as curvas referentes à formulação do Eurocode 2:2023 e NBR 6118:2026, conforme o gráfico da Figura 4.

Os resultados indicam uma tendência de aumento do comprimento de traspasse, à medida que cresce o número de barras confinadas. Esse comportamento decorre do fato de que, à medida que mais barras são agrupadas sob a ação de um mesmo estribo, o confinamento do concreto se torna menos eficiente por barra individual, reduzindo a capacidade de resistência ao fendilhamento e à perda de aderência. Sob o ponto de vista físico, a capacidade de confinamento proporcionada pelo estribo passa a ser distribuída entre um número maior de barras, o que leva a uma redução da eficiência do confinamento e, conseqüentemente, a um aumento do comprimento de traspasse necessário para o pleno desenvolvimento das tensões de aderência.

O gráfico evidencia que, para o ACI 318-25, essa relação não é linear, pois para valores baixos de quantidades de barras confinadas, o acréscimo de uma ou duas barras confinadas tem maior impacto no comprimento de traspasse, enquanto para valores elevados de barras confinadas, o aumento do comprimento de traspasse

tende a se estabilizar. Esse comportamento demonstra que o efeito do compartilhamento de confinamento é mais crítico em arranjos iniciais, quando o número de barras confinadas ainda é reduzido.

Já para as normas NBR 6118:2026 e Eurocode 2:2023, esse efeito não gera mudanças no comprimento de traspasse necessário, já que não é incorporado nas formulações.

### 3. CONCLUSÕES

A análise comparativa dos critérios de dimensionamento das emendas por traspasse previstos na NBR 6118:2026, ACI 318-25 e Eurocode 2:2023 evidenciou diferenças importantes na forma como cada norma considera os mecanismos de aderência e confinamento na região de traspasse.

Os resultados demonstraram que a NBR 6118:2026 não incorpora de forma explícita a contribuição da armadura transversal no cálculo do comprimento de traspasse, conduzindo a valores invariáveis em função do aumento do confinamento. Em contrapartida, tanto o ACI 318-25 quanto o Eurocode 2:2023 reconhecem os benefícios proporcionados pela armadura transversal, permitindo reduções no comprimento de traspasse, à medida que aumenta a capacidade de confinamento do concreto.

A análise da influência da área de armadura transversal mostrou que o aumento do confinamento promove redução do comprimento de traspasse nas formulações internacionais. No ACI 318-25, esse efeito ocorre por meio do parâmetro  $K_{tr}$ , resultando em uma resposta não linear e com tendência à estabilização para elevados níveis de confinamento. Já no Eurocode 2:2023, a redução ocorre de forma mais limitada devido às

restrições impostas ao coeficiente  $\alpha_3$ . Em ambos os casos, os modelos normativos atribuem à armadura transversal um efeito benéfico sobre as condições de aderência, refletido na redução dos comprimentos de traspasse calculados.

Adicionalmente, verificou-se que, segundo o modelo do ACI 318-25, o número de barras confinadas por um mesmo estribo influencia diretamente a eficiência do confinamento. À medida que aumenta a quantidade de barras compartilhando a mesma armadura transversal, reduz-se o confinamento efetivo por barra, resultando em maiores comprimentos de traspasse necessários. Esse fenômeno não é contemplado pelas formulações da NBR 6118:2026 e do Eurocode 2:2023.

As análises realizadas demonstraram que a consideração explícita do confinamento pode produzir reduções nos comprimentos de traspasse calculados, mantendo-se dentro dos critérios normativos estabelecidos por cada código analisado. As diferenças observadas entre os modelos normativos evidenciam o impacto que a escolha dos parâmetros de cálculo exerce sobre o detalhamento das armaduras e sobre a eficiência das soluções estruturais.

Os resultados obtidos demonstram que a consideração explícita do confinamento promovido pela armadura transversal constitui um mecanismo consistente para a redução dos comprimentos de traspasse, mantendo os níveis de segurança estrutural exigidos. Dessa forma, a incorporação de parâmetros específicos de confinamento em futuras revisões da NBR 6118 poderá contribuir para projetos estruturalmente mais eficientes, econômicos e alinhados às práticas adotadas pelos principais códigos internacionais. 

### ► REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] AMERICAN CONCRETE INSTITUTE - ACI Committee 318. Building Code Requirements for Structural Concrete (ACI 318-25) and Commentary. Farmington: ACI, 2025.
- [2] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6118:2026: Projeto de estruturas de concreto. Rio de Janeiro: ABNT, 2026
- [3] AZIZINAMINI, A.; CHISALA, M.; GHOSH, S. K. Tension development length of reinforcing bars embedded in high-strength concrete. Lincoln, 1999.
- [4] EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION. Eurocode 2 — EN 1992-1-1: Design of concrete structures - Part 1-1: General rules and rules for buildings. Brussels, 2023.
- [5] GIURIANI, E.; PLIZZARI, G. A. Confinement Role in Anchorage Capacity. ACI SP-180, American Concrete Institute, 1998
- [6] PLIZZARI, G. A.; DELDOSSI, M. A.; MASSIMO, S. Transverse reinforcement effects on anchored deformed bars. Magazine of Concrete Research, 1998.