

Utilização de Luva para Emenda Mecânica de Barras de Aço em Bloco de Fundação de Edifício Alto: Estudo de Caso Eco Parahyba – João Pessoa

Victor Gustavo Chiari¹, Jairo Dutra Moreira²

¹ C4V Consultoria, Gestão e Soluções Engenharia / Protende ABS / Engenharia / victor@c4v.com.br

² Eco Construções e Incorporação Ltda / Engenharia / jairo.dutra@ecoconstrucoes.com.br

Resumo

Nos últimos anos tem sido muito comum observar a construção de edifícios altos nas grandes cidades brasileiras. Por sua vez, os projetos estruturais estão cada vez mais complexos e carecem de soluções de engenharia que tenham a capacidade de unir praticidade, economia, versatilidade e controle de qualidade. Alinhados a estas premissas, tem-se observado que as luvas para emenda mecânica das barras de aço estão sendo especificadas com muita frequência ainda na fase de projeto, sobretudo nos edifícios altos onde a concentração de aço é elevada e inevitável. Este artigo apresentará um estudo de caso do primeiro edifício residencial, denominado Eco Parahyba, ainda em fase de construção, localizado no município de João Pessoa (PB), cuja luva prensada tipo padrão foi aplicada no bloco de fundação da obra em substituição ao tradicional método por traspasse. Como resultado, observou-se que o conjunto formado pelo desenvolvimento apropriado dos estudos prévios, a especificação correta do tipo de luva, a proposição de procedimentos executivos adequados, bem como o acompanhamento técnico especializado, foram fatores determinantes para promover um elemento estrutural íntegro e em conformidade com o projeto, revelando as luvas como uma boa alternativa para emendar mecanicamente as barras de aço, além de minimizar consideravelmente o congestionamento da armadura do bloco de fundação e reduzir o tempo de execução de uma fase bastante complexa da obra.

Palavras-chave

Luva de emenda; luva prensada; emenda mecânica; bloco de fundação; edifício alto; traspasse

Introdução

O Brasil está se tornando um país vertical, sobretudo nos grandes centros urbanos. Nos últimos anos tem sido muito comum observar a construção de edifícios altos no país e a lista cresce ano após ano. No entanto, engana-se quem pensa que estes edifícios estão sendo construídos apenas nas regiões Sul e Sudeste. Na região Nordeste, por exemplo, mais precisamente em João Pessoa, está localizado o maior arranha-céu da região, o Tour Geneve. Inaugurado em 2018, é atualmente o sexto maior edifício do Brasil e foi projetado para ter uso misto: comercial, residencial e empresarial.

Alinhado a estes dados, o empreendimento Eco Parahyba (Figura 1), atualmente em execução, será um dos maiores edifícios residenciais da região Nordeste e terá, quando concluído, 130 metros de altura e 19.300 m² de área construída. Localizado em uma região nobre da cidade de João Pessoa, terá 40 lajes e 62 apartamentos de alto padrão, com áreas de 142, 178 e 225 m². Situado no bairro do Jardim Oceania em João Pessoa, ele possuirá, além dos apartamentos, pavimentos comuns com *fitness center*, funcional *indoor* e espaço beleza e saúde, além de um *sky bar*, espaço *gourmet* e jardim contemplativo.



Figura 1. Perspectiva ilustrada do empreendimento Eco Parahyba em João Pessoa (PB).

O projeto estrutural do empreendimento foi elaborado por um renomado escritório de engenharia e está sendo construído em concreto armado. Ao longo deste artigo serão exploradas as boas práticas de engenharia e os procedimentos empregados na execução das emendas mecânicas através da aplicação de luvas de aço no bloco de fundação do edifício. Esta foi a primeira vez que as emendas mecânicas foram aplicadas em um edifício de grande porte na cidade de João Pessoa.

Luvas de aço para emenda mecânica de barras de aço

A ABNT NBR 6118 (2023), mesmo que de forma bastante simplificada, apresenta algumas possibilidades e tipos de emendas para barras de aço, que podem ser por traspasse, por solda ou emendas mecânicas por luvas de aço. Apesar do traspasse ainda ser o método de emenda de barras mais usado no Brasil, as emendas por luvas vêm ganhando muito espaço nas obras, estão sendo cada vez mais especificadas ainda na fase de projeto e utilizadas nos mais diversos tipos de obra.

Existem, atualmente, vários tipos de luvas para emenda mecânica disponíveis no mercado brasileiro, sendo as mais comuns: prensada, rosca cônica, rosca paralela e soldável. Todas as soluções possuem aplicações em obras de infraestrutura, porém, a maior viabilidade técnico-econômica está principalmente relacionada às de grande porte.

CHIARI (2018) mostra através da Figura 2 um detalhe ilustrativo entre o traspasse e as emendas mecânicas onde se vê, claramente, a minimização do congestionamento das barras em uma conexão estrutural. Apesar desta ser considerada a principal vantagem das emendas mecânicas, seu uso apresenta outras características técnicas que devem ser levadas em consideração durante uma análise, tais como:

- Melhoria da continuidade estrutural entre as barras, gerando maior segurança;
- Redução da mão-de-obra e conseqüentemente do custo global da estrutura;
- Permite utilizar a máxima seção transversal da barra de aço;
- Instalação simples e rápida;
- Controle da propagação das fissuras no concreto na região da emenda;
- Possibilidade de união de barras de qualquer comprimento e diâmetro;
- Excelente resistência à tração e ductilidade sob ações estáticas;
- Ótimo desempenho sob ação cíclica de cargas.

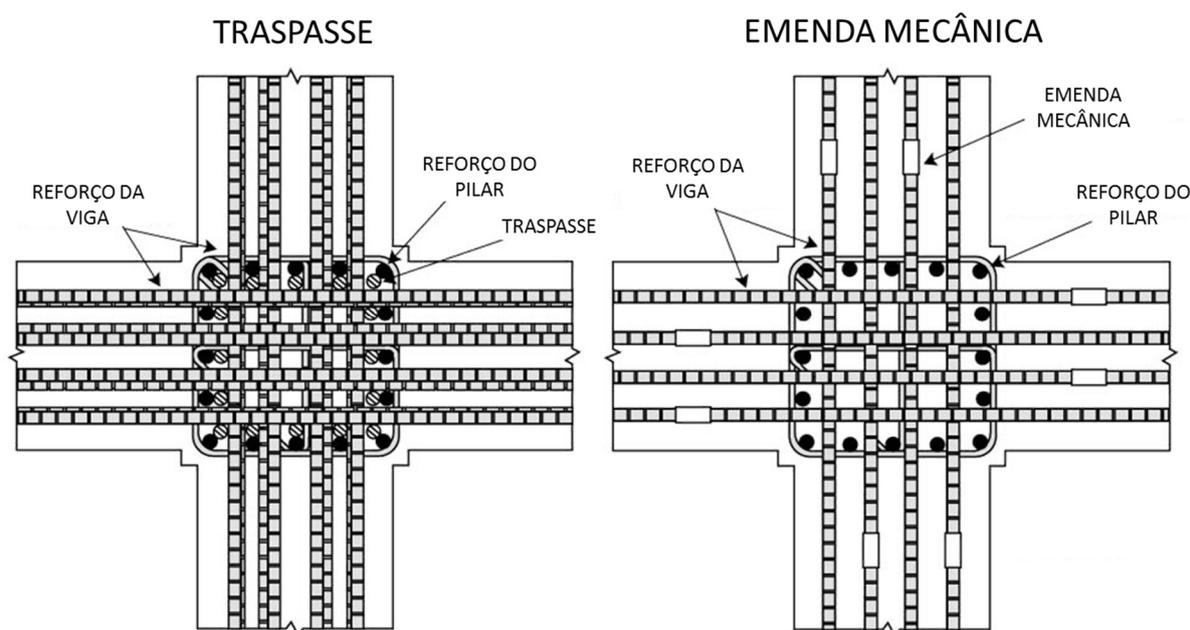


Figura 2. Detalhe ilustrativo da utilização do traspasse e das emendas mecânicas.

Fonte: CHIARI (2018)

Em relação ao seu desempenho, a ABNT NBR 8548 (1984) estabelece que os resultados obtidos nos ensaios de resistência à tração com e sem a aplicação de luvas de emenda como elemento de união de barras de aço, devem atender os requisitos mínimos definidos pela norma ABNT NBR 7480 (2022), ou seja, para a resistência característica de escoamento, f_y , o valor mínimo para um aço CA-50 deve ser 500 MPa, enquanto a tensão mínima na ruptura, f_u , deve ser 550 MPa. Geralmente estes são os dois parâmetros considerados e exigidos pelos projetistas para atestar as luvas de aço como opção de emenda das barras de aço.

Dentre os modelos disponíveis no mercado, a luva prensada padrão (Figura 3) é a mais aplicada no Brasil devido à sua versatilidade e é normalmente usada em obras cujas barras ainda serão ou até mesmo já estejam instaladas. Ela é aplicada com o auxílio de uma prensa hidráulica (Figura 4) acionada por uma bomba hidráulica-elétrica (Figura 5). A prensa deforma a luva, comprimindo-a sobre a barra, procedimento bastante simples e rápido. A Tabela 1 apresenta suas principais características e mostra as vantagens e desvantagens em usar este modelo de luva.



Figura 3. Luva prensada padrão
Fonte: Protende ABS (2013)

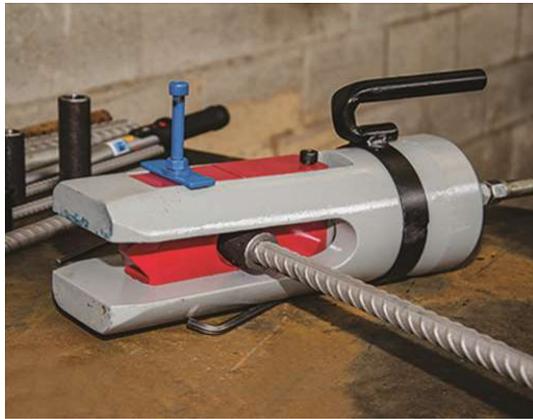


Figura 4. Prensa hidráulica



Figura 5. Bomba hidráulica-elétrica

Fonte: Protende ABS (2013)

Tabela 1. Vantagens e desvantagens da luva prensada padrão

Vantagens	Desvantagens
<ul style="list-style-type: none">▪ Não requer preparação das pontas da barra de aço▪ Possibilidade de execução em barras já instaladas▪ Custo semelhante ao do traspasse em barras a partir de 20 mm de diâmetro	<ul style="list-style-type: none">▪ Equipamento de prensa muito pesado para instalação em grandes alturas▪ Dificuldade na inspeção e controle de qualidade

O bloco de fundação e os detalhes da concretagem

Devido à baixa resistência do solo, a fundação do edifício foi viabilizada através de um radier estaqueado, cujas dimensões são: 3,00 metros de altura, 500 m² de área e 1500 m³ de volume de concreto (Figura 6 e Figura 7). Foram cravadas 363 estacas pré-moldadas centrifugadas de concreto com F400 mm de diâmetro com 25 metros de profundidade cada (Figura 8).

Utilizou-se um perfil metálico na extremidade de cada elemento como ponteira, cujo objetivo principal era prover uma melhor ancoragem das estacas ao solo constituído por calcário. Esta ideia foi sugerida pelo projetista quando verificou a sobreposição de blocos individualizados, ocasionado devido às elevadas cargas nos pilares. A armação do bloco, vista por dentro, é apresentada na Figura 9.

Para o caso específico do bloco de fundação do empreendimento Eco Parahyba e, com o objetivo de minimizar o congestionamento na armadura, utilizaram-se 1.010 unidades da luva prensada padrão de 32 mm de diâmetro (Figura 10). Como cada tipo de luva possui características distintas, a decisão pelo uso deste tipo de luva se deu através de uma análise técnica minuciosa e detalhada. Portanto, além das vantagens e desvantagens da luva prensada padrão, detalhadas na Tabela 1, verificou-se que seu uso representaria uma economia de 26% em relação ao traspasse, fato comprovado através do comparativo econômico efetuado ao final do serviço (Tabela 2).

Tabela 2. Comparação econômica entre o traspasse e a luva prensada padrão.

Diâmetro da barra (mm)	Peso do aço (kg/m)	Traspasse de projeto (m)	Economia (%)
32	6,313	1,75	26

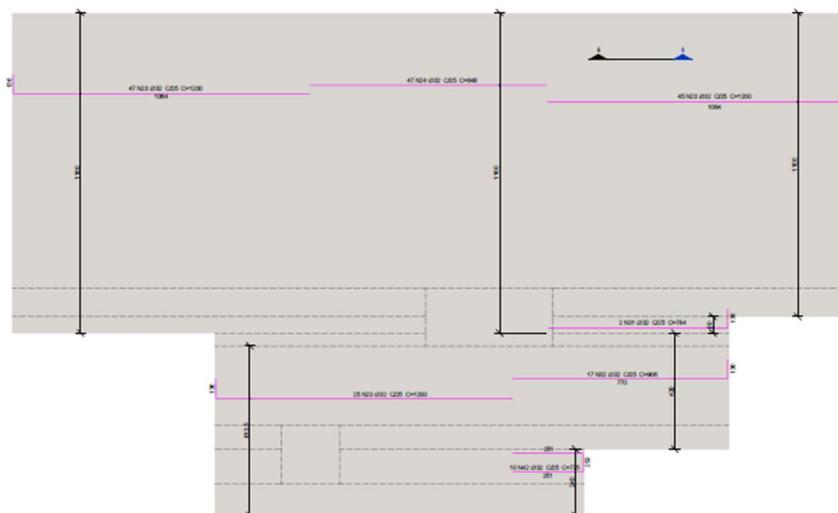


Figura 6. Layout do bloco de fundação do empreendimento Eco Parahyba.

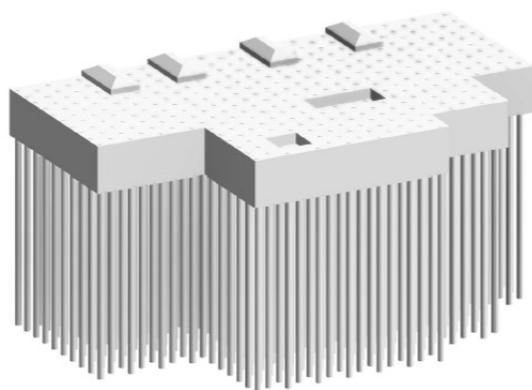


Figura 7. Perspectiva do radier estaqueado. Figura 8. Cravação das estacas pré-moldadas.

A Tabela 3 detalha os aspectos de projeto e os dados de carregamento considerados pelo escritório de engenharia para o empreendimento Eco Parahyba em João Pessoa.

Tabela 3. Aspectos de projeto e dados de carregamento.

Aspectos de projeto		Dados de carregamento	
Vida útil prevista:	50 anos	Sobrecargas:	150 a 300 kgf/m ²
f _{ck} do concreto:	45 MPa	Revestimento:	100 kgf/m ²
Início do carregamento:	28 dias	Espessura da parede:	15 cm
Abertura máxima de fissuras:	0,3 mm	Peso específico da alvenaria:	1300 kgf/m ³
Dimensão do agregado:	19 mm	Peso específico do concreto:	2500 kgf/m ³
Especificação do cimento:	CP-II, III ou RS		
Consumo mín./m ³ de concreto:	350 kg		
Coefficiente dilatação térmica:	$\alpha=10^{-5}/^{\circ}\text{C}$		



Figura 9. Vista interna do radier armado.



Figura 10. Aplicação das luvas prensadas.

A concretagem foi realizada em duas etapas com duração de 11 horas cada. Elas foram planejadas para que o concreto não ultrapassasse os 70°C durante a cura, evitando assim a formação de etringita tardia que ocasionaria fissuras no bloco. Com este objetivo, o controle tecnológico indicou algumas medidas, dentre as quais foram adotadas durante a etapa de concretagem como: a troca do tipo de cimento para CP IV e adição de micro sílica; adição de gelo como água de emassamento para que o limite de temperatura de aplicação do concreto não ultrapassasse 27°C e; na camada final de concreto aplicado no primeiro dia, aumentou-se a quantidade de aditivo para retardar a pega do cimento, evitando assim uma junta fria de concretagem na continuação do processo no segundo dia de concretagem. A Figura 11, Figura 12, Figura 13 e Figura 14 mostram as etapas da concretagem.



Figura 11. Início da concretagem do radier.



Figura 12. Concretagem da primeira etapa.

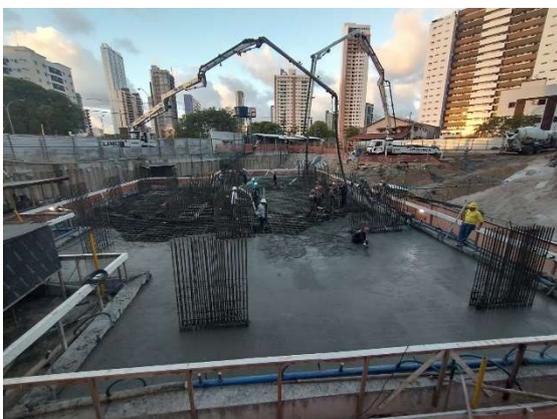


Figura 13. Concretagem da segunda etapa.

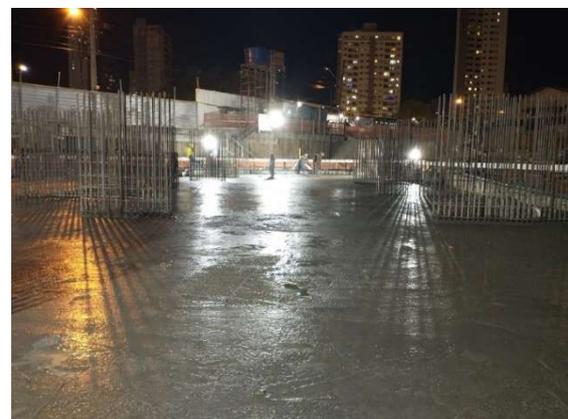


Figura 14. Término da concretagem do radier.

Resultados e análises

A pedido do escritório de engenharia e, com a finalidade de atestar a eficiência das luvas de emenda, foram realizados ensaios de resistência característica de escoamento, f_y , a tensão na ruptura, f_u , em duas amostras de barras de aço emendada com a luva prensada padrão. Os ensaios foram feitos em laboratório idôneo e devidamente credenciado pelo Inmetro. A Tabela 4 apresenta os resultados e a Figura 15 as curvas tensão *versus* deformação de ambos os ensaios.

Tabela 4. Resultados dos ensaios de resistência à tração nas barras de aço com a adição de luvas de emenda prensada padrão.

Corpo-de-prova	Resistência característica de escoamento, f_y (MPa)	Tensão na ruptura, f_u (MPa)
01	568	653
02	575	676

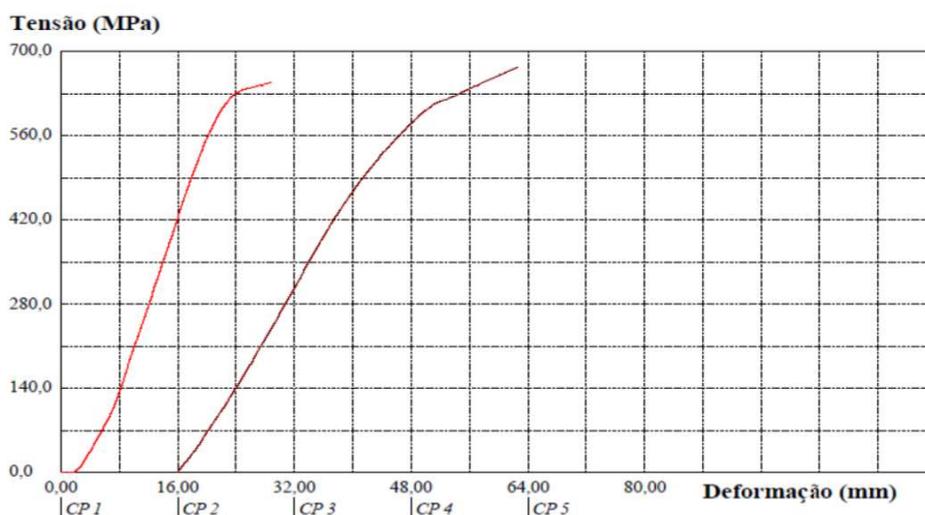


Figura 15. Curva tensão *versus* deformação das amostras ensaiadas com luvas.

De acordo com os resultados apresentados na Tabela 4, nota-se que todos os ensaios apresentaram resistência característica de escoamento, f_y , a tensão na ruptura, f_u superiores ao especificado na norma ABNT NBR 7480 (2022) de 500 e 550 MPa, respectivamente.

Comparativamente aos valores mínimos especificados pela norma ABNT NBR 7480 (2022), nota-se que os resultados dos ensaios para a tensão na ruptura, f_u foram, em média, 17% superiores ao mínimo requerido. O mesmo ocorreu com a resistência característica de escoamento, f_y , cujo valor foi, em média, 12,5% acima do mínimo especificado em norma. Assim, pode-se afirmar que a luva prensada padrão, cumpriu com os pré-requisitos técnico e econômico e estava apta a ser usada como elemento de união das barras de aço no bloco de fundação do edifício.

Conclusões

Este artigo, elaborado com base nas prescrições do projeto estrutural e nos ensaios laboratoriais realizados, revelou a luva prensada padrão como boa alternativa para emendar as barras de aço do bloco de fundação do edifício, pois além de gerar uma economia em relação ao método tradicional por traspasse e ao tempo de execução, minimizou o congestionamento da armadura. Observou-se também que as premissas estabelecidas durante a elaboração do projeto estrutural foram fatores determinantes para promover um elemento estrutural íntegro após executado, possibilitando a

obtenção de um resultado muito satisfatório. Além disso, todos os ensaios de resistência à tração realizada para este projeto, em especial, apresentaram resultados acima do especificado pela norma ABNT NBR 7480 (2022), tanto para a resistência característica de escoamento, f_y , quanto para a tensão na ruptura, f_u .

Apesar de ser utilizada desde a década de 70 nas obras e estar em constante crescimento tanto nas moldadas *in loco* quanto nas estruturas pré-moldadas, sobretudo nos últimos 10 anos, ainda existem muitas lacunas a serem preenchidas nos meios técnico e acadêmico para difundir as luvas como solução para emendar as barras de aço. Sabe-se que hoje em dia elas ainda são especificadas para uso somente em ocasiões especiais onde o transpasse não pode ser efetivamente aplicado.

Sendo assim, como menção final, é muito importante que a especificação técnica seja feita ainda na fase de projeto para que a análise de viabilidade técnica-econômica seja realizada de forma antecipada, viabilizando cada vez mais a utilização das luvas de emenda. Além disso, é necessário promover uma revisão completa da norma ABNT NBR 8548 (1984), a qual está defasada quanto à instrumentação e parâmetros de interesse a serem obtidos nos ensaios, para que os projetistas tenham confiança em especificar esta importante solução nas obras de infraestrutura no Brasil de qualquer tipo.

Referências

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). Barras de aço destinadas a armaduras de concreto armado com emenda mecânica ou por solda –Determinação da resistência à tração. ABNT NBR 8548. Rio de Janeiro, 1984.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). Aço destinado a armaduras para estruturas de concreto armado – Especificação. ABNT NBR 7480. Rio de Janeiro, 2022.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). Projeto de estruturas de concreto – Procedimento. ABNT NBR 6118. Rio de Janeiro, 2023.
- BONI, R., VASCONCELLOS, A., BRITZ, C., ROCHA, R., HELENE, P. Estudo de caso envolvendo concretagens de elementos de fundação de grande porte: Caso Parque da Cidade-SP. 57º Congresso Brasileiro do Concreto. Bonito, IBRACON, 2015.
- CHIARI, V. G. Avaliação experimental de luvas de aço para emendas mecânicas em estruturas de concreto armado. 2018. 159 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), Campinas, 2018.
- PROTENDE ABS. Catálogo técnico - Emendas para barras de aço. São Paulo, 2013. 12 p.
- SINGH, R., HIMANSHU S. K., BHALLA N. Reinforcement couplers as an alternative to lap splices: A case study. International Journal of Engineering Research & Technology, Vol 2 Issue 2, 2013.