

Métodos de Reforço para Prédios do Tipo “Caixão” na RMR: Abordagem Integrada

Reinforcement Methods for “Caixão”-type Buildings in the Recife Metropolitan Region: An Integrated Approach

Isaac Sérgio¹

 orcid.org/0000-0002-9149-870X

Emilia Kohlman Rabbani²

 orcid.org/0000-0002-4016-5198

Tiago Anselmo da Silva³

 orcid.org/0000-0003-1779-5324

¹Escola Escola Politécnica de Pernambuco, Universidade de Pernambuco, Recife, Brasil.
E-mail: isab@poli.br

²Escola Escola Politécnica de Pernambuco, Universidade de Pernambuco, Recife, Brasil.
E-mail: emilia.rabbani@upe.br

³Universidade Federal de Pernambuco, Recife, Brasil.
E-mail: tiago.poliveira@ufpe.br

DOI: 10.25286/rep.v11i4.3977

Esta obra apresenta Licença Creative Commons Atribuição-Não Comercial 4.0 Internacional.

RESUMO

Este artigo avalia a eficácia de técnicas de reforço aplicadas a prédios do tipo “caixão”, com foco na capacidade resistente e na resposta pós-fissuração das alvenarias de embasamento. A metodologia combinou uma Revisão Sistemática da Literatura (PRISMA 2020), que resultou na seleção de 97 estudos experimentais, e ensaios de compressão em painéis de 600×1000×150 mm moldados in loco com blocos cerâmicos. Foram avaliados quatro sistemas de reforço: revestimento argamassado de 20 mm, barras NSM de GFRP, barras NSM de aço CA-50 e telas de GFRP incorporadas em argamassa. Os resultados indicaram ganhos de resistência máxima à compressão entre 74,7 % e 130 %, e incrementos de capacidade residual pós-fissuração de até 150,9 %, com desempenho destacado para as configurações NSM. A comparação com as médias da literatura mostrou boa convergência de ordem de grandeza, demonstrando que os mecanismos de aumento de resistência e de reserva pós-crítica observados em outras tipologias de alvenaria são transferíveis ao contexto dos prédios tipo “caixão” e podem orientar diretrizes de intervenção e reabilitação estrutural.

PALAVRAS-CHAVE: prédios tipo caixão; alvenaria não armada; reforço estrutural; GFRP; técnica NSM; revisão sistemática.

ABSTACT

This paper evaluates the effectiveness of strengthening techniques applied to so-called “caixão”-type buildings, focusing on the load-bearing capacity and post-cracking response of foundation masonry walls. The methodology combined a Systematic Literature Review (PRISMA 2020), which identified 97 experimental studies, and compression tests on 600×1000×150 mm panels cast in situ with clay masonry units. Four strengthening systems were assessed: a 20 mm mortar jacket, GFRP bars installed using the Near-Surface Mounted (NSM) technique, steel CA-50 bars with NSM, and GFRP meshes embedded in mortar. The results indicated gains in maximum compressive strength between 74.7 % and 130 %, and increases in residual post-cracking capacity up to 150.9 %, with NSM configurations showing the best overall performance. Comparison with average values reported in the literature showed good agreement in order of magnitude, demonstrating that the mechanisms of increased strength and post-critical reserve observed in other masonry typologies are transferable to “caixão”-type buildings and can support the development of intervention and structural rehabilitation guidelines.

KEY-WORDS: box-buildings; unreinforced masonry; structural strengthening; GFRP; NSM technique; systematic review.

1 INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, a Região Metropolitana do Recife (RMR) tem vivenciado episódios trágicos que expõem a fragilidade estrutural das alvenarias resistentes do tipo “caixão”: no Edifício Leme, em Olinda (2023), onde seis pessoas perderam a vida [1]. No desabamento parcial do bloco D7 do Conjunto Beira Mar, em Paulista (2023), com 14 vítimas fatais [2], ocorrências que, somadas, totalizam 20 vítimas e evidenciam um padrão recorrente de colapso em edificações de mesma tipologia. Este artigo visa propor estratégias de reforços e recuperações estruturais para prevenir futuras ocorrências e a garantia de segurança para a população.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

A técnica construtiva da alvenaria resistente, conhecida regionalmente como *prédio tipo caixão*, caracteriza-se pelo uso de unidades de vedação, cerâmicas ou de concreto, que passam a desempenhar também função estrutural, suportando não apenas o próprio peso, mas igualmente as demais ações gravitacionais da edificação. Na maior parte das construções que utilizam essa técnica, as lajes são nervuradas e pré-moldadas, compostas por elementos cerâmicos ou de concreto, com capeamento em concreto de aproximadamente 4 cm de espessura, apoiando-se diretamente sobre as paredes portantes ou sobre cintas de concreto. As fundações são, em geral, executadas em alvenaria com espessuras de 9 cm ou 19 cm, alinhadas com as paredes da edificação e apoiadas sobre sapatas corridas de concreto armado, com seção transversal em T invertido, ou sobre elementos de fundação pré-moldados. Observa-se, ainda, que o piso térreo dessas edificações frequentemente é formado por lajes pré-moldadas, em substituição ao método convencional de preenchimento do espaço entre as paredes externas da fundação com aterro compactado. É comum a ausência de cintas de concreto armado na interface entre fundação e alvenarias, bem como a inexistência de vergas e contravergas nos vãos de portas e janelas. As paredes são constituídas por blocos cerâmicos ou de concreto, com espessura média de 9 cm, assentados com argamassas de diferentes composições. A reduzida espessura dessas paredes limita a capacidade resistente devido à elevada esbelteza, sobretudo considerando o pé-direito usual de 2,60 m, que resulta em valores

superiores aos recomendados para edificações em alvenaria estrutural. Nesses edifícios, é frequente o emprego de blocos cerâmicos vazados assentados com os furos na horizontal ou de blocos de concreto com baixa resistência à compressão, da ordem de 2,5 Mpa. O termo “prédio caixão” decorre, sobretudo, da configuração geométrica e do sistema resistente dessas edificações, em geral com planta retangular, estrutura portante composta pelas próprias alvenarias e lajes pré-moldadas, sem a presença de pilares e vigas em concreto armado. Nesses sistemas, as paredes suportam diretamente as cargas verticais e horizontais, sem a intermediação de elementos estruturais de redistribuição de esforços, o que aumenta significativamente a vulnerabilidade estrutural [3, 4]. Estudos e levantamentos realizados na Região Metropolitana do Recife (RMR) indicam a existência de aproximadamente 6.000 edificações desse tipo, abrigando cerca de 250.000 pessoas, o que corresponde a aproximadamente 10% da população metropolitana. O histórico de ocorrências é preocupante: já foram registrados pelo menos 12 desabamentos espontâneos com vítimas fatais, além da interdição de mais de 100 edifícios em razão de risco iminente de colapso [3, 5, 6]. No caso específico dos prédios tipo caixão, diversos estudos evidenciam que muitas estruturas apresentam, desde a fase de concepção, deficiências técnicas significativas. Destaca-se o uso de blocos cerâmicos de vedação como elementos portantes, em desacordo com critérios normativos adequados, o que resulta em redução progressiva da resistência à compressão ao longo do tempo, agravada pela ausência de componentes estruturais complementares, como cintas de amarração e elementos de transição entre o embasamento e a superestrutura [7]. As análises históricas dos desabamentos de prédios do tipo caixão apontam que fatores como baixa resistência dos blocos de embasamento, elevada porosidade, ausência de peças estruturais (como cintas e pilares) e exposição prolongada à umidade são determinantes para a degradação do desempenho estrutural. O emprego de blocos inadequados, associado à ausência de manutenção sistemática, acelera os processos de deterioração, que, combinados com o comportamento de colapso progressivo característico desse tipo de sistema, culminam em rupturas de natureza catastrófica. Nessas condições, mesmo intervenções aparentemente simples ou reformas executadas de forma irregular podem desencadear a perda de

estabilidade global da edificação [3]. Os colapsos em edificações do tipo caixão, predominantes na RMR, decorrem de um conjunto de deficiências técnicas, construtivas e de degradação associada ao envelhecimento dos materiais. Essas estruturas, construídas majoritariamente entre as décadas de 1960 e 1980, utilizam alvenaria de vedação com função estrutural, muitas vezes sem respaldo em projetos e normas específicas, o que compromete de forma significativa a estabilidade global do sistema. A principal causa identificada para os colapsos é a insuficiência da capacidade de carga das alvenarias de embasamento, frequentemente executadas com blocos cerâmicos de baixa resistência à compressão, com valores médios da ordem de 2,0 a 2,5 MPa. Soma-se a isso o elevado índice de esbeltez das paredes por vezes superior a 30, que compromete sua estabilidade frente às ações verticais. A ausência de cintas de amarração, aliada à execução empírica, sem projeto estrutural adequado, configura um cenário recorrente que agrava a vulnerabilidade dessas edificações [5, 7, 8].

3 OBJETIVOS

Este artigo tem como objetivo geral avaliar a eficácia de estratégias de reforço quanto à capacidade resistente e à resposta pós-fissuração em alvenarias de edifícios do tipo “caixão”. Os objetivos específicos são: (i) mapear, por meio de Revisão Sistemática da Literatura (RSL), as técnicas e os materiais de reforço empregados nesse tipo de sistema; (ii) ensaiar painéis representativos, reforçados e não reforçados, em condições controladas de carregamento; (iii) quantificar a carga de primeira fissura, a carga máxima e a capacidade resistente residual dos painéis; e (iv) confrontar criticamente os resultados experimentais obtidos com os dados reportados na literatura especializada.

4 METODOLOGIA

A revisão sistemática foi conduzida em conformidade com a diretriz Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses (PRISMA 2020), adotada como padrão de relato, contemplando as etapas de identificação, triagem, elegibilidade e inclusão. Definiram-se como critérios de inclusão: estudos publicados entre 2014 e 2024, disponíveis em texto completo, com descrição reproduzível dos materiais e procedimentos empregados e apresentação de métricas

quantitativas de desempenho, incluindo carga de primeira fissura, carga máxima e comportamento pós-fissuração. Foram excluídas revisões sem dados primários, estudos sem detalhamento metodológico, sem métricas comparáveis ou duplicados. Procedeu-se à extração padronizada das variáveis (dados bibliométricos, materiais ensaiados, tipos de reforço e ganhos de desempenho), à normalização dos resultados em relação ao painel de referência e à síntese descritiva com apoio de ferramentas estatísticas. Os ensaios experimentais foram realizados no Laboratório de Estruturas da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), onde se construíram painéis de 600×1000×150 mm moldados in loco com blocos cerâmicos e argamassa industrializada.

Figura 1 – Painéis moldados in loco para execução dos ensaios e reforços.



Fonte: O autor

Adotou-se um painel de referência sem reforço, e os sistemas de reforço avaliados foram: revestimento argamassado de 20 mm (AR); barras de polímero reforçado com fibra de vidro (GFRP) de 8 mm instaladas pela técnica Near-Surface Mounted (NSM) (AG); barras de aço CA-50 de 8 mm instaladas pela técnica NSM (AS); e telas de GFRP incorporadas em camada de argamassa (AT).

Figura 2 – Execução de reforços NSM com barras de aço (AS) e GFRP (AG).



Fonte: O autor

Figura 3 – Execução dos reforços de tela de GFRP incorporadas na argamassa (AT).



Fonte: O autor

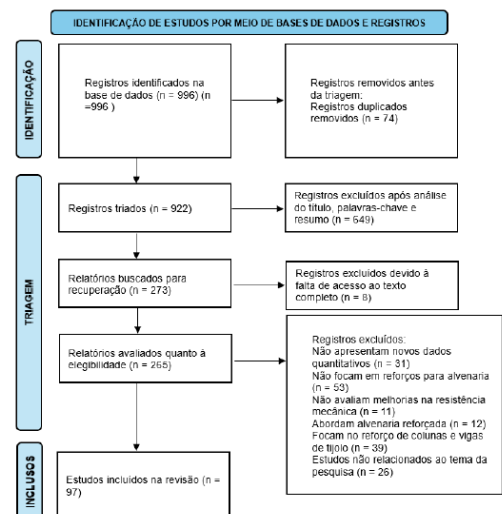
Os painéis foram submetidos a ensaios de compressão, com instrumentação por célula de carga, extensômetro e inspeção visual contínua. Registraram-se a carga de primeira fissura, a carga máxima e a capacidade residual pós-fissuração, definindo-se a ruptura pela perda acentuada de rigidez e/ou pelo esmagamento localizado.

5 RESULTADOS

A busca sistemática nas bases de dados identificou 996 registros potencialmente relevantes. Após a remoção de 74 duplicatas, 922 estudos avançaram para a etapa de triagem por título, palavras-chave e resumo, na qual 649 trabalhos foram excluídos por não atenderem aos critérios de escopo. Em seguida, 273 artigos foram selecionados para busca do texto completo; desses, 8 não puderam ser acessados integralmente. Na fase de elegibilidade, 265 relatórios em texto completo foram analisados em detalhe, resultando na inclusão final de 97 estudos na revisão sistemática. Entre os relatórios avaliados quanto à elegibilidade, as exclusões ocorreram, principalmente, por não apresentarem novos dados quantitativos ($n = 31$), não focarem em reforços aplicados à alvenaria ($n =$

53) ou não avaliarem melhorias na resistência mecânica ($n = 11$). Também foram descartados estudos que abordavam exclusivamente alvenaria já reforçada ($n = 12$), trabalhos centrados no reforço de colunas e vigas de tijolo ($n = 39$) e publicações não relacionadas diretamente ao tema da pesquisa ($n = 26$). Esse processo de filtragem assegurou que o conjunto final de estudos contemplasse, de forma consistente, investigações experimentais com métricas comparáveis de desempenho mecânico.

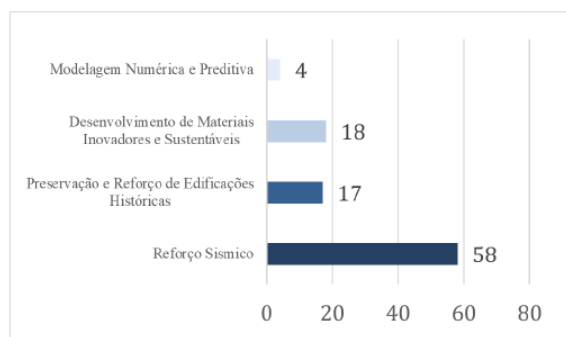
Figura 4 – Protocolo PRISMA elaborado



Fonte: O autor

A análise temática dos 97 estudos incluídos revelou predomínio de pesquisas voltadas ao reforço sísmico, que responderam por 58 trabalhos (aproximadamente 60 % da amostra). Em seguida, destacaram-se as categorias de preservação e reforço de edificações históricas (17 estudos, cerca de 18 %) e de desenvolvimento de materiais inovadores e sustentáveis (18 estudos, também em torno de 19 %). Apenas 4 estudos (cerca de 4 %) concentraram-se prioritariamente em modelagem numérica e preditiva, indicando que, embora existam avanços em simulação computacional, a literatura permanece fortemente ancorada em investigações experimentais.

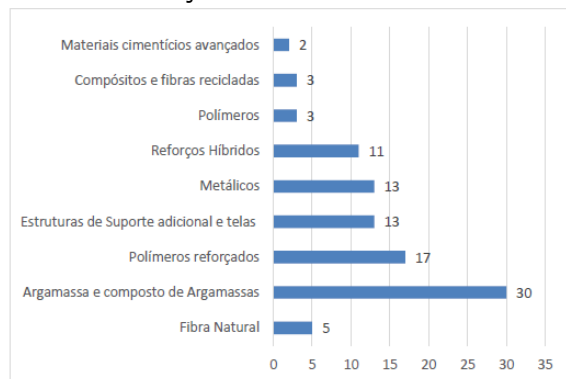
Figura 5 – Análise temática dos artigos selecionados



Fonte: O autor

Quanto aos materiais e sistemas empregados, observou-se maior incidência de estudos que utilizam argamassas e compósitos de argamassa como meio de reforço (30 artigos, cerca de 31 %), seguidos por polímeros reforçados, como sistemas à base de FRP/GFRP (17 artigos, aproximadamente 18 %). Grupos relevantes também foram identificados para reforços metálicos (13 estudos), estruturas de suporte adicional e telas (13 estudos) e reforços híbridos combinando diferentes materiais (11 estudos). Em menor número, surgem investigações com fibras naturais (5 estudos), compósitos e fibras recicladas (3 estudos), polímeros não reforçados (3 estudos) e materiais cimentícios avançados (2 estudos), o que sugere um campo promissor, porém ainda incipiente, para soluções de reforço mais sustentáveis e de alto desempenho.

Figura 6 – Materiais abordados para os autores em técnicas de reforços em alvenarias



Fonte: O autor

Os resultados da RSL evidenciam que, embora exista um corpo significativo de pesquisas sobre técnicas de reforço em alvenarias não armadas, a maior parte dos estudos está voltada a cenários de reforço sísmico, edificações históricas ou desenvolvimento de materiais inovadores. Observa-se, ainda, forte heterogeneidade quanto aos

protocolos de ensaio, às geometrias dos espécimes, aos materiais empregados e às métricas de desempenho adotadas, o que dificulta a comparação direta dos ganhos de capacidade resistente e de resposta pós-fissuração entre diferentes sistemas de reforço, sobretudo em condições compatíveis com os prédios do tipo “caixão”. Diante dessas lacunas, e visando produzir evidências quantitativas diretamente aplicáveis ao contexto construtivo da Região Metropolitana do Recife, foi estruturada uma campanha experimental com painéis representativos de alvenaria do tipo “caixão”, reforçados com diferentes soluções (argamassa, barras NSM de GFRP e aço, e telas de GFRP). A seguir, são apresentados e discutidos os resultados experimentais obtidos, com ênfase nos ganhos de resistência máxima à compressão e na evolução da resposta pós-fissuração em cada configuração de reforço.

Nos ensaios de compressão, o painel de referência sem reforço (A) apresentou carga de fissuração de 50 kN e carga máxima de 62,04 kN, com aumento de 24,08 % após a primeira fissura. Esse comportamento indica uma reserva pós-fissuração limitada, com ganho moderado de capacidade resistente após o surgimento das fissuras, compatível com um desempenho relativamente frágil da alvenaria do tipo “caixão”. O painel revestido com 20 mm de argamassa (AR) apresentou carga de fissuração de 94,16 kN e carga máxima de 108,42 kN, o que representa acréscimos da ordem de 88 % na carga de primeira fissura e de aproximadamente 75 % na carga máxima em relação ao painel sem reforço. No entanto, o aumento após a primeira fissura foi de apenas 5,84 %, indicando que, embora o revestimento argamassado eleve de forma significativa a resistência inicial e o patamar de colapso, sua contribuição para a capacidade residual pós-fissuração é modesta, resultando em um comportamento global mais resistente, porém relativamente pouco dúctil.

Os painéis reforçados com barras NSM de GFRP (AG) e de aço CA-50 (AS) apresentaram desempenhos distintos em termos de fissuração inicial, mas muito superiores em capacidade última. No caso do AG, a carga de fissuração (47 kN) foi ligeiramente inferior à do painel de referência, porém a carga máxima atingiu 132,3 kN, correspondendo a um ganho de cerca de 113 % em relação ao painel sem reforço. Já o AS apresentou carga de fissuração de 57 kN (incremento de 14 % em relação ao A) e carga máxima de 142,98 kN, com aumento aproximado de 130 %. Em ambos os

casos, os índices de aumento após a primeira fissura foram elevados (128,1 % para AG e 150,85 % para AS), evidenciando uma expressiva reserva de capacidade pós-fissuração e um comportamento marcadamente mais dúctil, com atraso significativo do colapso após o início do quadro fissuratório. O painel reforçado com telas de GFRP (AT) apresentou carga de fissuração de 60 kN (acréscimo de 20 % frente ao painel de referência) e carga máxima de 129,94 kN, o que representa aumento em torno de 109 % na resistência última. O índice de aumento após a primeira fissura (135 %) indica uma capacidade residual também elevada, situando o sistema com telas de GFRP em posição intermediária entre o revestimento argamassado e os reforços com barras NSM, combinando boa rigidez inicial com desempenho pós-fissuração robusto.

De forma sintética, os resultados mostram que: (i) o revestimento argamassado é eficiente para elevar as cargas de fissuração e a resistência máxima, mas pouco contribui para a ductilidade; (ii) os sistemas NSM com barras de GFRP e, sobretudo, de aço CA-50 proporcionam os maiores ganhos globais de capacidade resistente e de reserva pós-crítica; e (iii) as telas de GFRP oferecem um compromisso interessante entre aumento de resistência, rigidez inicial e capacidade residual, despontando como solução tecnicamente atraente para intervenções em alvenarias de prédios do tipo “caixão”.

Figura 7 – Resultados obtidos dos ensaios experimentais

Amostra	Carga de Fissuramento (kN)	Carga Máxima (kN)	Aumento após 1ª Fissura (%)
Sem reforço (A)	50	62,04	24,08
Revestida 20mm (AR)	94,16	108,42	5,84
Barras GFRP (AG)	47	132,3	128,1
Barras de Aço (AS)	57	142,98	150,85
Telas de GFRP (AT)	60	129,94	135

Fonte: O autor

A comparação entre os resultados experimentais e a síntese dos dados da RSL indica boa convergência de ordem de grandeza para os ganhos de resistência ao cisalhamento, com variações que podem ser atribuídas às diferenças de configuração dos painéis, protocolos de ensaio e detalhes de ancoragem entre os estudos. De modo geral, os percentuais obtidos em laboratório confirmam que

as quatro estratégias analisadas (NSM–GFRP, NSM–aço, tela de GFRP e argamassa) são capazes de promover incrementos significativos de capacidade resistente, ainda que com desempenhos relativos distintos quando confrontados com a literatura.

No caso do reforço NSM com barras de GFRP, o ganho médio obtido nos ensaios (+121,5 %) foi ligeiramente superior ao valor médio encontrado na RSL (+105,8 %), sugerindo que a configuração adotada em termos de taxa de armadura, comprimento de ancoragem e aderência matriz–barra foi particularmente eficiente em mobilizar o mecanismo de transferência de esforços ao longo da interface. Para o NSM com barras de aço, observou-se tendência oposta: o ganho experimental (+130 %) ficou aquém da média sintetizada na RSL (+159,66 %), indicando que, embora o sistema tenha apresentado o maior incremento entre os reforços testados em laboratório, há evidência, na literatura, de configurações ainda mais eficientes, possivelmente associadas a maiores taxas de armadura, melhores condições de confinamento ou combinações com outros dispositivos de reforço.

Os sistemas com telas de GFRP apresentaram valores muito próximos entre si, com ganho médio experimental de +110 % e média da RSL de +117,2 %, o que reforça a consistência do comportamento observado nos painéis testados em relação ao estado da arte. Esse resultado sugere que o emprego de telas de GFRP em matrizes cimentícias tende a produzir incrementos relativamente estáveis de resistência ao cisalhamento, mesmo em contextos construtivos distintos. Em contraste, o reforço por simples jaquetamento em argamassa apresentou o maior desvio relativo: enquanto os ensaios indicaram ganho médio de +74,8 %, a RSL aponta valor médio de +128,5 %. Essa discrepância sugere que, no arranjo testado, o revestimento argamassado foi menos eficiente em termos de mobilização de mecanismos de ancoragem e de confinamento da alvenaria, reforçando a evidência de que sistemas argamassados isolados, sem elementos adicionais (telas, fibras ou conectores), tendem a conferir ganhos mais modestos de resistência ao cisalhamento quando comparados a soluções compostas ou armadas.

Figura 8 – Comparativo entre resultados experimentais x RSL

Reforços	Média Obtida através dos ensaios	Média obtida na RSL
NSM – (GFRP)	+ 121,5 %	+ 105,8 %
NSM – (Aço)	+ 130 %	+ 159,66 %
Tela – GFRP	+ 110 %	+ 117,2 %
Argamassa	+ 74,8 %	+ 128,5 %

Fonte: O autor

Os resultados comparativos entre os ensaios experimentais e as médias de ganhos de resistência ao cisalhamento reportadas na RSL demonstram que as técnicas de reforço amplamente estudadas em outros tipos de alvenaria como NSM com barras de GFRP e aço, telas de GFRP e jaquetamento argamassado são efetivamente transferíveis ao contexto dos prédios do tipo “caixão”. A proximidade de ordem de grandeza entre os incrementos obtidos em laboratório e aqueles sintetizados na literatura indica que os mecanismos de melhoria do desempenho mecânico (aumento de resistência última, mobilização de capacidade pós-fissuração e retardo do colapso) se reproduzem de forma consistente nas tipologias construtivas analisadas, evidenciando a aplicabilidade dessas estratégias como alternativas viáveis de intervenção e reforço estrutural para esse estoque edificado. Com base nos resultados experimentais obtidos neste estudo e na síntese crítica da RSL, apresentam-se a seguir diretrizes preliminares para aplicação de técnicas de reforço em prédios do tipo “caixão”, com foco nas regiões de fundação e nas alvenarias de embasamento, reconhecidas como zonas críticas para a estabilidade global do sistema:

- **Fundações:** Para alvenarias de embasamento do tipo “dobrada” aplicadas nas fundações, devido ao seu baixo índice de esbeltez, recomenda-se a adoção de um sistema de proteção mecânica associado a reforço superficial contínuo. Inicialmente, propõe-se a instalação de telas de GFRP ancoradas às alvenarias por meio de adesivo epóxi, garantindo adequada transferência de esforços entre o substrato e o reforço. Sobre esse sistema, deve-se executar um revestimento argamassado com traço 1:3 (cimento:areia), com espessura aproximada de 20 mm. Sempre que a geometria e as condições de acesso permitirem, recomenda-se que o “encamisamento” seja realizado em ambas as faces das paredes de fundação, sobretudo nos casos de “caixão vazio”, de modo a conferir maior confinamento à alvenaria e mitigar concentrações de tensões.

- **Alvenarias:** Para as alvenarias simples, mais esbeltas e, portanto, mais suscetíveis à perda de estabilidade, recomenda-se que o reforço seja precedido por escoramento adequado da edificação, de forma a reduzir o nível de solicitação durante a intervenção. O procedimento consiste na abertura de sulcos verticais na alvenaria, executados um de cada vez, para evitar descompressão excessiva e risco de instabilidade local. Esses sulcos devem permitir a passagem de vergalhões de 8 mm, em aço CA-50 ou barras de GFRP, os quais serão ancorados nas lajes superior e inferior por meio de adesivo epóxi, configurando um sistema de barras do tipo NSM. Após a instalação e ancoragem das barras, os sulcos devem ser preenchidos com graute cimentício de alta resistência inicial, visando garantir a aderência e o comportamento monolítico entre a alvenaria e os elementos de reforço. Em seguida, recomenda-se a execução de um revestimento argamassado de cobrimento, com espessura de aproximadamente 20 mm, traço 1:3 (cimento:areia), aplicado nas duas faces da alvenaria. A distância entre sulcos sucessivos deve ser, preferencialmente, da ordem de 50 cm, de modo a formar um “gradeamento” vertical de barras embutidas, capaz de aumentar a capacidade resistente, melhorar o desempenho pós-fissuração e promover maior robustez global às paredes de embasamento.

5 CONCLUSÕES

A Revisão Sistemática da Literatura, conduzida segundo a diretriz PRISMA 2020, identificou 97 estudos experimentais sobre reforço de alvenarias não armadas, com predominância de pesquisas voltadas ao reforço sísmico e à preservação de edificações históricas, e forte presença de sistemas baseados em compósitos cimentícios (FRCM, FRM) e polímeros reforçados com fibras (FRP), incluindo barras e telas de GFRP aplicadas pela técnica NSM ou incorporadas em matrizes cimentícias. A síntese desses trabalhos evidenciou que ganhos de resistência ao cisalhamento da ordem de 100 % a 160 % são recorrentes, ainda que obtidos em tipologias de alvenaria distintas das encontradas em prédios do tipo “caixão”. Do ponto de vista aplicado, os resultados comprovam que as técnicas de reforço amplamente empregadas em outros tipos de alvenaria são transferíveis ao contexto dos prédios do tipo “caixão”, desde que adequadamente

adaptadas às condições geométricas, construtivas e de degradação dessas edificações. Em particular, os sistemas NSM com barras de aço e de GFRP mostraram-se mais indicados para reforços discretos em regiões críticas de embasamento, enquanto as telas de GFRP associadas a revestimentos argamassados configuram solução promissora para proteção mecânica e confinamento de alvenarias dobradas ou de fundação. Recomenda-se, como desdobramento, a realização de estudos em escala real, análises numérico-computacionais e investigações de durabilidade em ambiente tropical úmido, de modo a consolidar diretrizes normativas e protocolos de intervenção específicos para a reabilitação segura de prédios do tipo “caixão”.

REFERÊNCIAS

- [1] DIÁRIO DE PERNAMBUCO. Região Metropolitana do Recife coleciona risco em habitações. **Diário de Pernambuco**, 2023. Disponível em: <https://www.diariodepernambuco.com.br/noticia/vidaurbana/2023/07/regiao-metropolitana-do-recife-coleciona-risco-em-habitacoes.html>. Acesso em: 24. Jul. 2025.
- [2] VERAS, P.; MARINHO, B. 14 mortos e 7 feridos: quem são as vítimas do desabamento de prédio no Grande Recife. **G1**: 2023 Disponível em: <https://g1.globo.com/pe/pernambuco/noticia/2023/07/09/14-mortos-e-7-feridos-quem-sao-as-vitimas-do-desabamento-de-predio-no-grande-recife.ghhtml>. Acesso em: 24 jul. 2025.
- [3] OLIVEIRA, R. A.; SILVA, F. A. N.; PIRES SOBRINHO, C. W. A.; AZEVEDO, A. A. C. Edificações em alvenaria resistente na região metropolitana do Recife. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 17, n. 2, p. 175–199, abr./jun. 2017. DOI: <https://doi.org/10.1590/s1678-86212017000200152>. 2012
- [4] BRAGA, Chelssy Emanuele de Oliveira. Estudo de caso para análise de viabilidade de recuperação de prédio em alvenaria resistente com risco ao desabamento na cidade de Recife. 2016. 92 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Departamento de Engenharia Civil, **Universidade Federal de Pernambuco**, Recife, 2016.
- [5] SILVA, M. L.; CORRÊA, C.; OLIVEIRA, R. A. Risco de colapso em caso de incêndio em edifícios de alvenaria resistente do tipo “prédio caixão”. **Revista Flammae**, v. 1, n. 2, p. 28–30, jul./dez. 2015.
- [6] OLIVEIRA, G. M. L.; OLIVEIRA, R. A. Openings in walls of buildings built with non-load bearing masonry and their consequences on the stability of the structure. In: **CILAMCE 2017 – XXXVIII Iberian Latin-American Congress on Computational Methods in Engineering**, Florianópolis: ABMEC, 2017.
- [7] JÚNIOR, Fuad Carlos Zarzar. Metodologia para estimar a vida útil de elementos construtivos, baseada no método dos fatores. 2007. 173 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – **Universidade Católica de Pernambuco**, Recife, 2007.
- [8] CARVALHO, Jenner Miranda de. Investigação experimental e numérica aplicada a um edifício caixão da Região Metropolitana do Recife. 2010. 287 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – **Universidade Federal de Santa Catarina**, Florianópolis, 2010.