

ANÁLISE ESTRUTURAL E DESEMPENHO DE UM SILO CONVERTIDO EM EDIFICAÇÃO HABITACIONAL: o caso do moinho no centro histórico do Recife

Caio Adriano Pedrosa Celestino

cacp@discente.ifpe.edu.br

João Manoel de Freitas Mota

joaomota@recife.ifpe.edu.br

RESUMO

Este trabalho apresenta o retrofit estrutural do silo “Moinho”, no Recife Antigo, convertido em edificação residencial que preserva sua memória histórica e atende às normas técnicas vigentes. O objetivo deste trabalho foi investigar os desafios e as soluções técnicas adotadas nesse processo de retrofit, contribuindo para o avanço do conhecimento sobre intervenções em estruturas históricas. A pesquisa envolveu coleta direta de dados em obra, aplicação de ensaios não destrutivos para avaliar a resistência do concreto, modelagem computacional para simulação estrutural e análise comparativa com normas brasileiras. Os trechos 1 e 2 foram reforçados com lajes engastadas, encamisamento dos chanfros e grauteamento das armaduras expostas, garantindo estabilidade e segurança estrutural. O trecho 3, por apresentar condições comprometidas, foi demolido e reconstruído com planejamento rigoroso para preservar a integridade da estrutura remanescente e a segurança dos trabalhadores. O monitoramento contínuo, por meio de inspeções técnicas e validação dos dados, assegurou conformidade normativa e viabilidade econômica. O acompanhamento diário da demolição foi fundamental para identificar pontos críticos e dimensionar os reforços, otimizando as intervenções. O estudo contribui para a engenharia civil ao documentar um caso prático de reabilitação estrutural em edifício histórico, demonstrando a importância da integração entre análise técnica, acompanhamento in loco e tecnologias de simulação. O projeto Moinho reafirma que a preservação e adaptação de edificações antigas, quando conduzidas com base em critérios técnicos sólidos, podem resultar em obras de alto valor arquitetônico, funcional e econômico, conciliando memória histórica e inovação construtiva.

Palavras-chave: retrofit estrutural; edificações históricas; preservação arquitetônica; engenharia civil.

ABSTRACT

This paper presents the structural retrofit of the "Moinho" silo in Recife Antigo, converted into a residential building that preserves its historical heritage and complies with current technical standards. The objective of this study was to investigate the challenges and technical solutions adopted in this retrofit process, contributing to the advancement of knowledge about interventions in historic structures. The research involved direct data collection on site, application of non-destructive testing to assess concrete strength, computational modeling for structural simulation, and comparative analysis with Brazilian standards. Sections 1 and 2 were reinforced with embedded slabs, chamfered casing, and grouting of exposed reinforcement, ensuring structural stability and safety. Section 3, due to its compromised condition, was demolished and rebuilt with rigorous planning to preserve the integrity of the remaining structure and the safety of workers. Continuous monitoring, through technical inspections and data validation, ensured regulatory compliance and economic viability. Daily monitoring of the demolition was essential for identifying critical points and sizing reinforcements, optimizing interventions. The study contributes to civil engineering by documenting a practical case study of structural rehabilitation in a historic building, demonstrating the importance of integrating technical analysis, on-site monitoring, and simulation technologies. The Moinho project reaffirms that the preservation and adaptation of old buildings, when conducted based on sound technical criteria, can result in projects of high architectural, functional, and economic value, reconciling historical memory and construction innovation.

Keywords: structural retrofit; historic buildings; architectural preservation; civil engineering.

1. INTRODUÇÃO

A reutilização adaptativa de edificações históricas tem se destacado na arquitetura e na engenharia civil como uma alternativa sustentável e inovadora para a preservação do patrimônio e a revitalização de áreas urbanas (Bullen & Love, 2010; ICOMOS, 2003). Nesse contexto, a análise estrutural das construções originais se mostra fundamental, especialmente quando se trata de estruturas concebidas para finalidades específicas, como os silos – edificações originalmente destinadas ao armazenamento de grãos. Essas construções apresentam características peculiares, como formas cilíndricas, paredes espessas de concreto armado e fundações projetadas para suportar cargas verticais uniformes, o que impõe desafios adicionais na adaptação para novos usos (Ching, 2014).

O projeto "Moinho", situado no centro histórico de Recife, exemplifica esse tipo de intervenção. Originalmente concebido como silo, o edifício foi convertido em uma edificação habitacional de alto padrão, demandando um rigoroso processo de adaptação que preservasse a memória e a estética do patrimônio, ao mesmo tempo em que atendesse às exigências modernas de conforto, segurança e desempenho estrutural (Dourado, 2023). Essa conversão implicou a necessidade de reavaliar a resistência do concreto, a redistribuição dos esforços estruturais em função das novas cargas e a conformidade com os requisitos normativos atuais.

O empreendimento objeto deste estudo corresponde ao antigo complexo industrial conhecido como Moinho Recife, localizado no bairro do Recife Antigo, Pernambuco. Construído no início do século XX, por volta de 1914, o complexo foi concebido para atender às demandas da indústria de beneficiamento e armazenamento de grãos, tornando-se um importante marco do desenvolvimento econômico e portuário da cidade. Sua localização estratégica, próxima ao Porto do Recife, permitia o recebimento, processamento e estocagem de cereais destinados ao abastecimento regional e à distribuição para outras localidades.

Ao longo das décadas, o complexo desempenhou papel relevante na atividade industrial pernambucana, sendo constituído por grandes silos de concreto armado, projetados para suportar elevadas cargas verticais provenientes do armazenamento de grãos. Com o processo de desindustrialização e transformação urbana ocorrido na região portuária, a edificação perdeu sua função original e permaneceu desativada durante vários anos.

Atualmente, o empreendimento passa por um amplo processo de retrofit, visando sua conversão em edifício residencial de alto padrão. Essa transformação representa um importante exemplo de reutilização adaptativa de patrimônio industrial, conciliando a preservação das características históricas da construção com a incorporação de soluções estruturais compatíveis com as exigências contemporâneas de segurança, desempenho e conforto.

Apesar do crescente interesse na reutilização adaptativa de edifícios históricos, ainda há lacunas na literatura e na prática técnica no que tange à análise estrutural de construções originalmente concebidas para finalidades específicas, como os silos. Diante disso, surge a seguinte questão central:

Como a conversão do silo “Moinho” em edificação habitacional pode ser avaliada do ponto de vista estrutural, considerando a necessidade de adaptação dos sistemas originais para atender às exigências contemporâneas de segurança, desempenho e conforto?

O objetivo deste trabalho foi investigar os desafios e as soluções técnicas adotadas nesse processo de retrofit, contribuindo para o avanço do conhecimento sobre intervenções em estruturas históricas. Por meio de uma análise criteriosa da integridade estrutural e do desempenho funcional do edifício, busca-se identificar práticas que possam orientar futuras intervenções em construções similares, promovendo a conjugação entre preservação histórica e inovação técnica.

2. METODOLOGIA

A pesquisa caracteriza-se como aplicada, exploratória e descritiva, com o intuito de investigar os desafios técnicos e as soluções adotadas na conversão do silo “Moinho”. A abordagem exploratória permitiu a identificação de problemas e oportunidades de melhoria, enquanto a abordagem descritiva detalhou as características da estrutura e os procedimentos adotados na intervenção.

A revisão de literatura foi realizada com base na consulta a artigos científicos e normas técnicas relevantes, com ênfase em temas como reutilização adaptativa, retrofit, análise estrutural de edificações históricas e sustentabilidade na construção civil. Além disso, foi realizada a coleta de documentação técnica diretamente ligada ao projeto, como plantas, laudos, relatórios de inspeção e outros documentos
Instituto Federal de Pernambuco. Campus Recife. Curso de Bacharelado em Engenharia Civil. 15 de junho de 2026.

fornecidos pela administração da obra. Esses materiais serviram como base para compreender o histórico da estrutura e as soluções previamente consideradas.

2.1. Coleta de Dados

A coleta de dados foi realizada diretamente pelo autor deste trabalho, que atuou como ponte entre a administração da obra e o registro das informações técnicas. Por integrar a equipe administrativa, foi possível acompanhar de perto todas as etapas do processo construtivo, coletando dados in loco por meio de relatórios, reuniões com o calculista estrutural e observações diretas no canteiro. Essa posição estratégica permitiu acesso a informações precisas sobre as estratégias adotadas, os desafios enfrentados e as soluções técnicas implementadas.

Os registros obtidos foram transcritos e analisados, possibilitando a identificação de padrões e a geração de insights relevantes. Além disso, a presença constante na obra permitiu monitorar em tempo real as condições dos materiais e a evolução das intervenções estruturais. Essa atuação direta garantiu uma análise atualizada, fundamentada e alinhada à realidade prática do empreendimento.

2.2. Análise Estrutural e Ensaios

Para avaliar as condições da estrutura original, foram aplicados ensaios não destrutivos em pontos estratégicos da edificação. Técnicas como esclerometria, penetração de íons cloreto, carbonatação e testes de penetração foram utilizadas para estimar a resistência do concreto e detectar possíveis patologias, como fissuras, corrosões ou outras formas de degradação estrutural. Os resultados obtidos nesses ensaios, juntamente aos dados de simulações computacionais, foram organizados em tabelas e gráficos, permitindo uma análise estatística detalhada. Foram calculados parâmetros como tensões, deformações, fatores de segurança e variações de carga, possibilitando a comparação entre o desempenho estrutural original e a resposta pós-intervenção.

2.3. Modelagem Computacional e Simulação

Foi realizada a modelagem computacional da estrutura utilizando software específico de análise estrutural, TQS. O modelo permitiu simular o comportamento da edificação diante de novas condições de carga, possibilitando a visualização da redistribuição de esforços internos e o desempenho global da estrutura após as intervenções.

2.4. Comparação com Diretrizes Normativas

Todos os dados obtidos, bem como os resultados das análises e simulações, foram comparados com as exigências estabelecidas pelas normas técnicas vigentes, ABNT. Esse confronto teve como objetivo verificar a conformidade da edificação com os parâmetros normativos e identificar possíveis pontos de inadequação. A partir dessa análise, foi desenvolvido um protocolo que poderá servir de referência técnica para futuras intervenções em estruturas semelhantes. Esse protocolo contempla critérios de avaliação, procedimentos de ensaio e recomendações voltadas à

manutenção e à durabilidade da estrutura.

2.5. Validação e Confiabilidade dos Resultados

Foi adotada a triangulação de dados, combinando fontes qualitativas, como entrevistas e observações diretas, com dados quantitativos provenientes de ensaios e simulações. Essa metodologia permitiu uma validação cruzada das informações, aumentando a robustez das conclusões. Além disso, os resultados preliminares foram apresentados à equipe técnica responsável pela obra para obtenção de feedbacks e validação prática, assegurando que as interpretações estivessem alinhadas com a realidade do projeto. Como complemento, foi realizada uma documentação fotográfica detalhada, registrando visualmente as condições da estrutura e os processos de intervenção, o que contribuiu para a contextualização e compreensão dos dados analisados.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise dos resultados obtidos neste estudo deve ser compreendida à luz do papel central que projetos de retrofit desempenham na preservação do patrimônio edificado e na readequação de estruturas históricas para usos contemporâneos. Segundo Bullen e Love (2011), a reutilização adaptativa é uma estratégia sustentável que alia conservação arquitetônica e inovação construtiva, proporcionando benefícios ambientais, sociais e econômicos. Em casos como o do silo “Moinho”, localizado no Recife Antigo, essa abordagem se mostra especialmente relevante, pois além da complexidade técnica de adaptar estruturas concebidas para armazenagem de grãos, há o desafio de garantir desempenho estrutural, conforto e segurança de acordo com as normas vigentes.

De acordo com Ching (2014), edificações como silos apresentam tipologias construtivas específicas, com paredes espessas em concreto armado, geometrias cilíndricas e fundações dimensionadas para cargas verticais uniformes, características que se diferenciam significativamente das demandas habitacionais. Essa discrepância evidencia a necessidade de investigações criteriosas, ensaios de caracterização e modelagem computacional para garantir a viabilidade da conversão. Estudos de Dourado (2023) reforçam que a compatibilização entre preservação da memória histórica e adaptação funcional requer não apenas soluções de engenharia, mas também integração entre gestores, arquitetos e engenheiros calculistas.

Assim, os resultados aqui discutidos refletem tanto a aplicação de metodologias de investigação estrutural (ensaios, modelagem e inspeções) quanto a tomada de decisões técnicas fundamentadas na literatura especializada e em protocolos normativos (ABNT, 2014; ABNT, 2013). A seguir, detalham-se os principais pontos da coleta de dados, análise estrutural, modelagem computacional e estratégias de intervenção, discutindo-os com base em referenciais teóricos e práticos.

3.1. Coleta de Dados

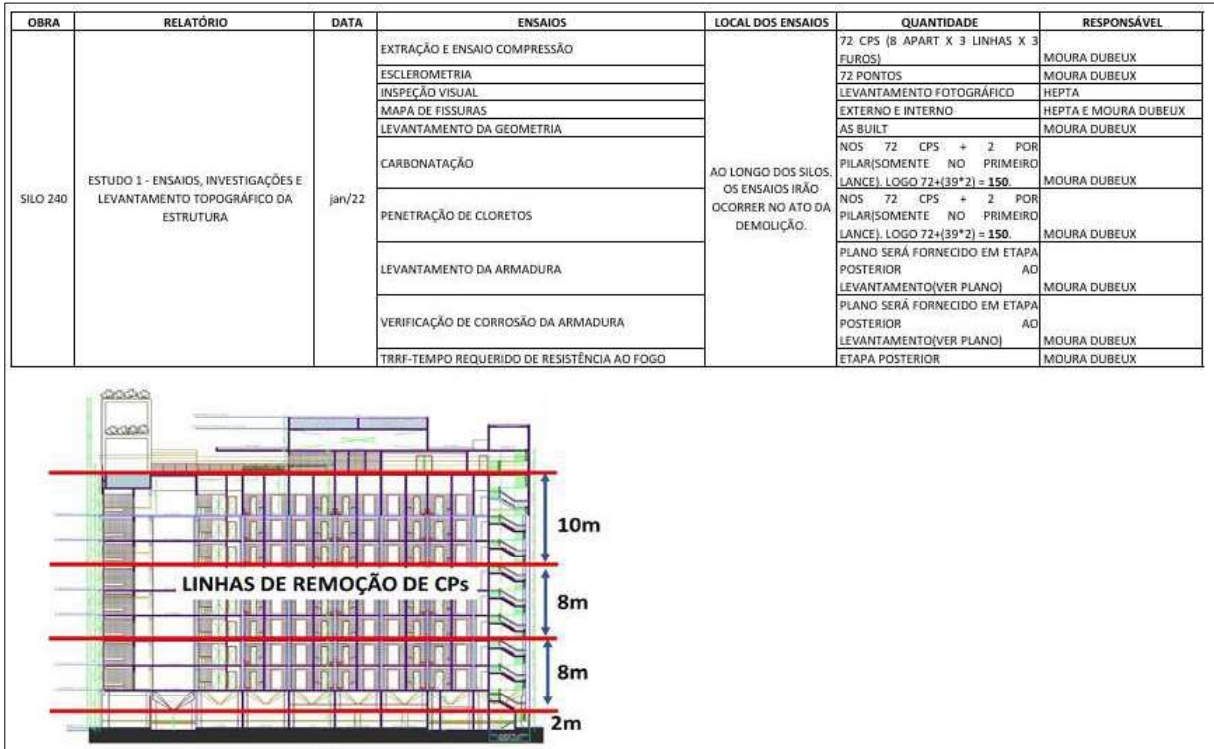
O estudo inicial para adaptação dos silos considerou as possíveis interferências estruturais, uma vez que se trata de uma edificação centenária. Segundo Helene (2011), a longevidade de estruturas de concreto depende fortemente da durabilidade

Instituto Federal de Pernambuco. Campus Recife. Curso de Bacharelado em Engenharia Civil. 15 de junho de 2026.

dos materiais, da exposição ambiental e do histórico de manutenção. Dessa forma, a viabilidade da proposta estrutural somente foi possível após a realização de ensaios de investigação solicitados pelo engenheiro calculista.

A literatura aponta que investigações in loco são indispensáveis em retrofit de estruturas antigas (Mehta; Monteiro, 2014), pois permitem não apenas identificar o estado de conservação do concreto e das armaduras, mas também ajustar estratégias de intervenção em tempo real. Nesse sentido, a posição do autor deste trabalho como integrante da administração da obra favoreceu a coleta contínua e detalhada dos dados, assegurando a fidelidade das informações técnicas. Com base nessas análises, elaborou-se um plano técnico que visou reunir todas as informações necessárias para o diagnóstico estrutural dos silos, conforme apresentado na Figura 1.

Figura 1: Plano técnico para reunir informações da estrutura do Silo

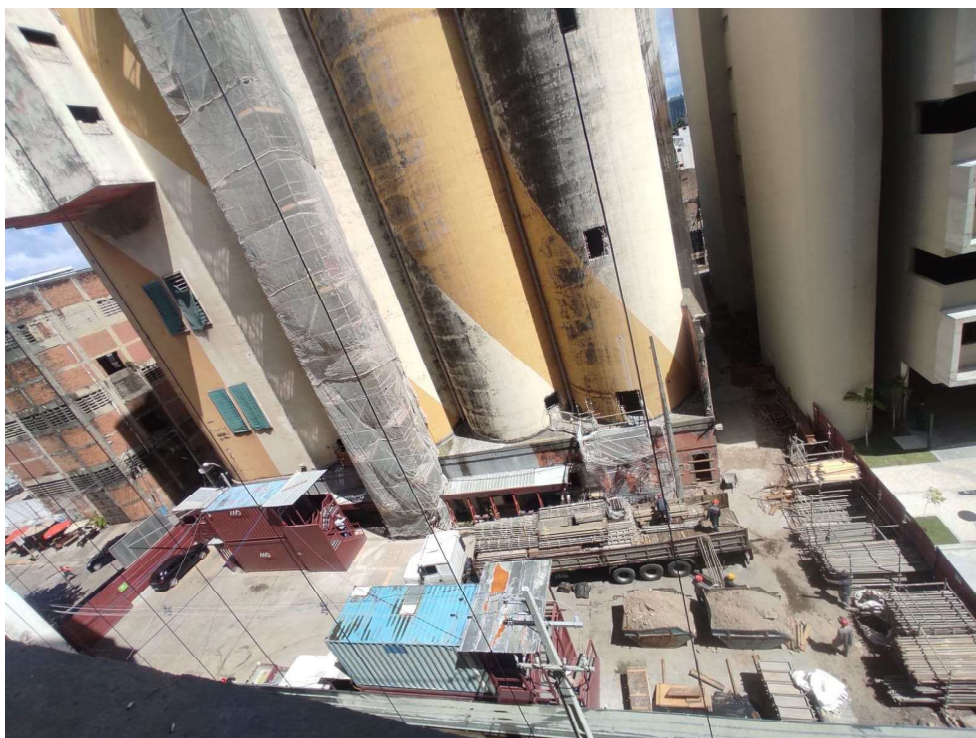


Fonte: Relatório preliminar Hepta Engenharia (2022).

Esses dados preliminares permitiram estabelecer um direcionamento para o início das atividades da obra. Entre os principais desafios encontrados, destacou-se a questão logística: obras de grande porte demandam canteiros amplos, com infraestrutura adequada para a equipe. No entanto, o bairro do Recife Antigo apresenta construções sem recuo, o que limita a área disponível para instalação do canteiro.

Além disso, a etapa inicial da obra envolvia grande volume de demolições, tornando inviável a implantação do canteiro no térreo do empreendimento. Para solucionar esse problema, foi acordado junto à Prefeitura do Recife o fechamento de parte da Rua de São Jorge, entre os números 240 e 215, permitindo sua utilização como canteiro de obras até a conclusão dos serviços (Figuras 2 e 3).

Figura 2: Vista aérea da rua de São Jorge, interditada para uso de canteiro na obra dos Silos



Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

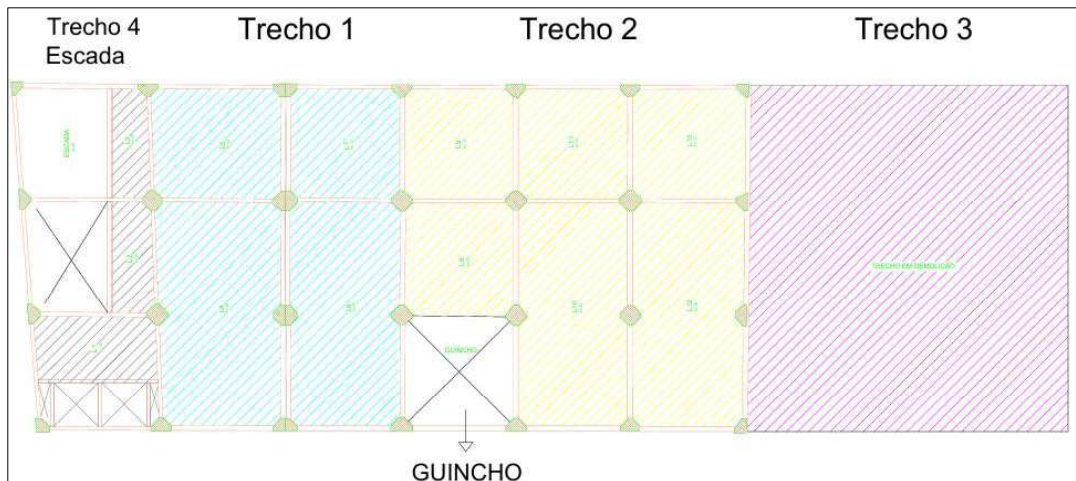
Figura 3 – Vista frontal da entrada da obra, interditando a Rua de São Jorge, localizada no bairro do Recife – PE



Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

Após a definição das demandas iniciais, elaborou-se um plano de execução contemplando os ensaios e as demolições. Para otimizar o andamento das atividades, a obra foi dividida em trechos (Figura 4), possibilitando que os serviços ocorressem de forma paralela, sem dependência direta entre disciplinas. Foram utilizadas balanças e andaimes (Figura 5) para acesso aos níveis elevados, tanto no interior quanto no exterior dos silos, garantindo a realização das inspeções e medições necessárias à coleta de dados.

Figura 4: Divisão dos trechos referente às atividades da obra



Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

Figura 5: Balanças e Andaimes para acesso aos níveis mais altos dos Silos

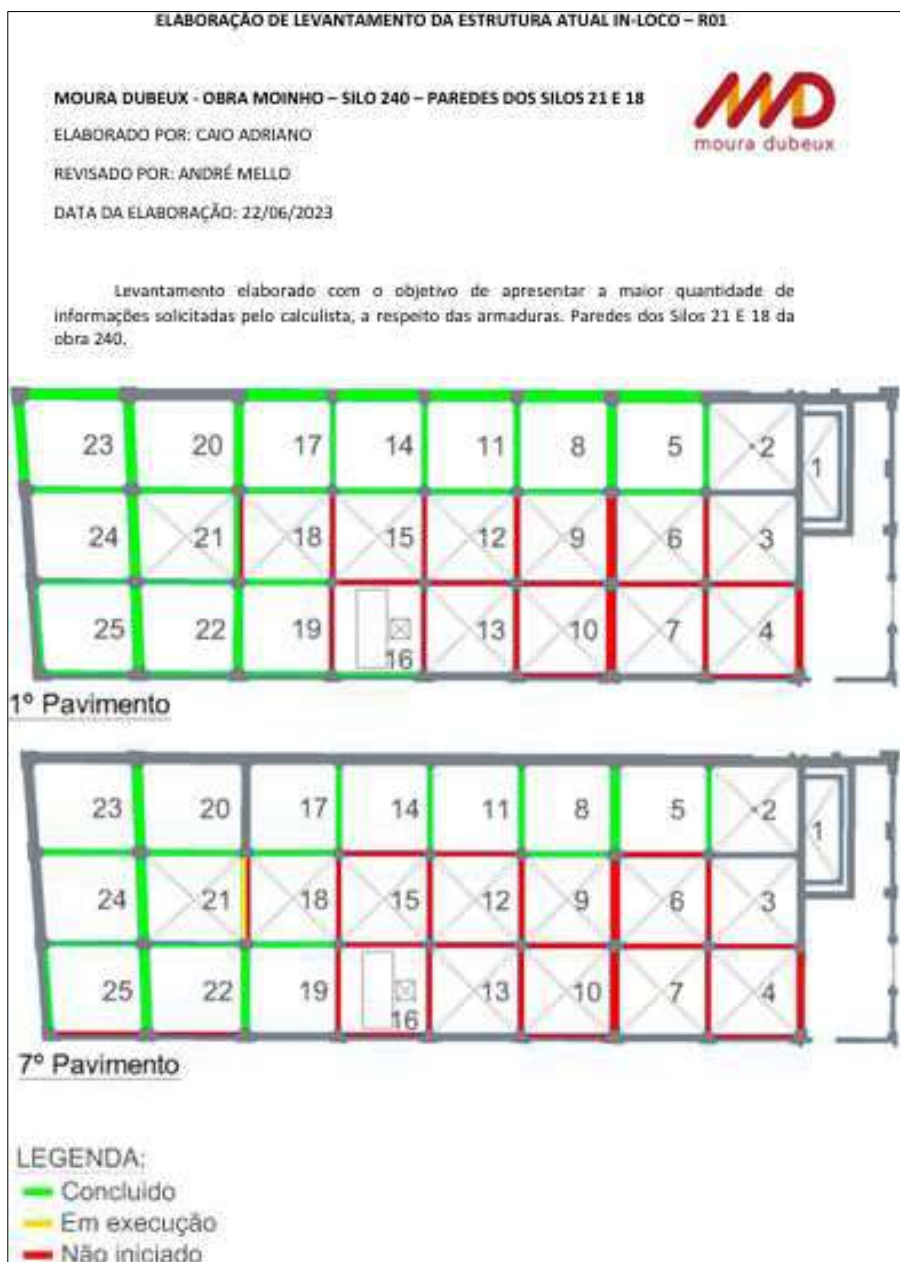


Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

Cada parede de concreto demolida passava por inspeção técnica documentada em relatórios (Figura 6), posteriormente enviados ao calculista para análise, juntamente com os resultados dos ensaios realizados. Esse procedimento permitiu acompanhamento integral do engenheiro responsável, com atualizações semanais sobre os avanços da obra.

Por fim, com a consolidação dos dados, elaborou-se um relatório final (Figura 7) contendo todas as informações estruturais atualizadas do silo. A partir desse documento, foi possível definir a intervenção estrutural mais adequada para cada trecho do projeto.

Figura 6: Capa do Relatório de inspeção técnica documentada com avanços das paredes demolidas



Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

Figura 7: Conclusão Relatório Final da Jov engenharia, empresa que realizou os ensaios característicos do concreto

4 CONCLUSÕES

Com base nos **Resultados dos Ensaios de Resistência à Compressão dos Testemunhos Extraídos**, de Dureza Esclerométrica “in situ” do Concreto, da profundidade de carbonatação, do teor de cloreto e nas análises efetuadas no item 3 do presente Relatório, são estabelecidas as seguintes conclusões:

a) Com referência à **resistência do concreto**, os **Lotes Estruturais investigados**, por meio de testemunhos extraídos, resume-se:

- ✓ Os Lotes Estruturais 06 a 20, referentes aos **PT 01 (Altura Inferior), PT 02 (Altura Média) e PT 03 (Altura Superior) das Paredes de Concreto ATP's 04 a 08**, apresentaram resultados médios de: **31,4 MPa; 20,1 MPa; 23,9 MPa; 33,0 MPa; 18,4 MPa; 23,9 MPa; 40,4 MPa; 18,2 MPa; 17,7 MPa; 32,5 MPa; 20,7 MPa; 16,7 MPa; 46,2 MPa; 39,8 MPa e 37,2 MPa**; respectivamente, com **média geral por Parede** referidas na ordem de **25,1 MPa; 25,1 MPa; 25,5 MPa; 25,5 MPa; 23,3 MPa e 41,1 MPa**, respectivamente;
- ✓ Os **Lotes Estruturais 01, 02, 03, 04 e 05**, referentes as Paredes de Concreto APT's 01 e 02, tiveram resultados médios de **8,2 MPa, 11,0 MPa, 14,3 MPa, 5,9 MPa, e 14,3 MPa**, com valores médios por parede supracitada de **11,2 MPa e 10,1 MPa**, respectivamente; resultados bastantes baixos para resistência de concreto, não atendendo a segurança, mesmo para os padrões antigamente utilizados para a resistência característica de projeto estrutural; sendo também consideravelmente inferiores aos demais Lotes ensaiados;
- ✓ Para a verificação da segurança estrutural, de acordo com o *Subitem 7.1.2 da norma ABNT NBR 7680:2015-1, Concreto - Extração, preparo,*

NOTA: Este relatório é de responsabilidade da JOV Engenharia – Empresa de Consultoria em Engenharia Civil, não podendo ser reproduzido no todo ou em parte sem autorização expressa e por escrito da mesma.
JOV ENGENHARIA - EIRELI CNPJ: 17.121.423/0001-62 DATA DE ABERTURA: 06/11/2012
Laboratórios de Geotecnia e de Tecnologia do Concreto e da Construção Civil – LGTC
Rua Carlos Gomes, 88, Madalena, Recife-PE – CEP 50720-110 jov@jovengenharia.com.br ; (81) 3019-0941 ; (81) 3236-7681 ; (81) 99994-1449

Fonte: Relatório final “RERT 003.2023(MD)” fornecido pela JOV engenharia (2023).

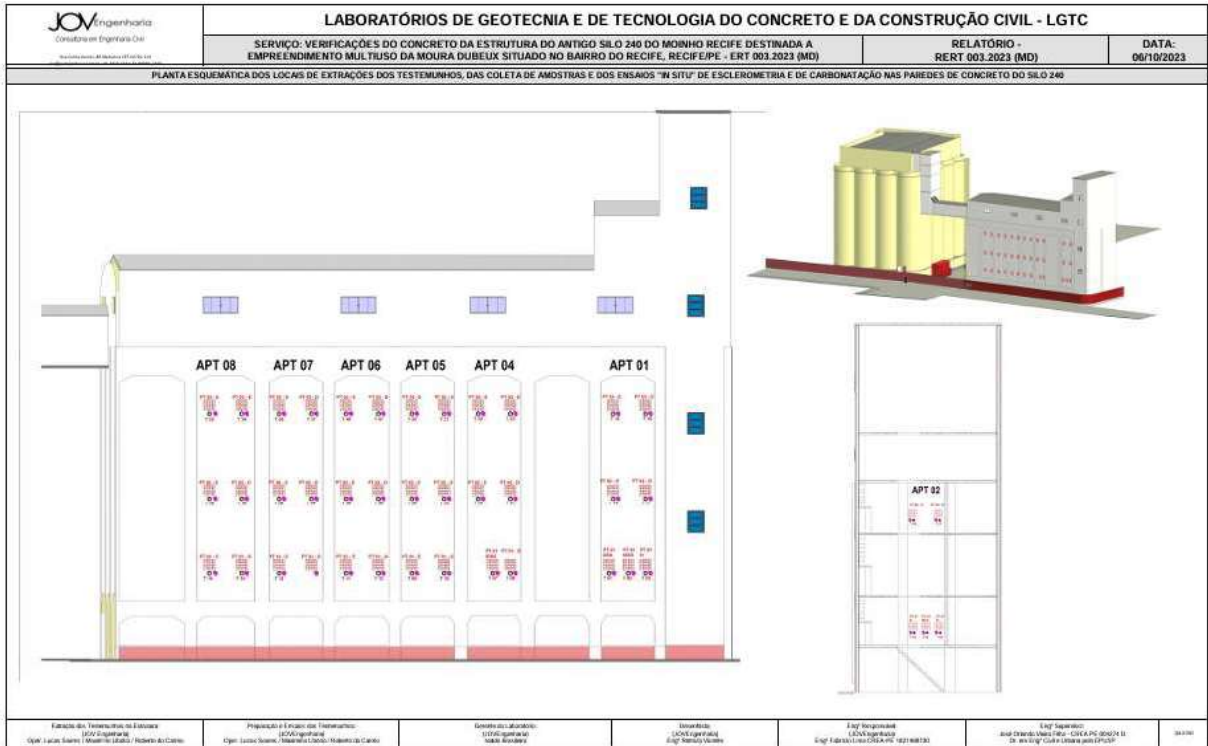
3.2. Análise Estrutural e Ensaios

Nesta etapa, os resultados dos ensaios realizados foram fundamentais para a caracterização da resistência e durabilidade do concreto. Como afirmam Neville e Brooks (2010), ensaios como esclerometria, carbonatação e análise de cloretos são cruciais para diagnosticar riscos de corrosão das armaduras e perda de desempenho estrutural.

Os resultados obtidos nos silos do Moinho corroboram com estudos de Helene (1993), que ressaltam a necessidade de associar ensaios não destrutivos e destrutivos para garantir maior confiabilidade no diagnóstico. A discrepância Instituto Federal de Pernambuco. Campus Recife. Curso de Bacharelado em Engenharia Civil. 15 de junho de 2026.

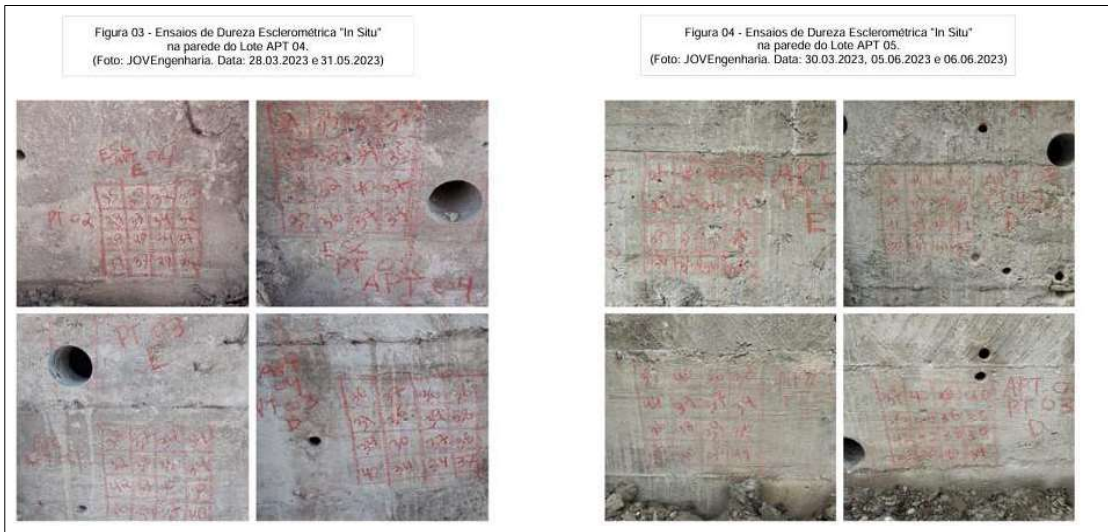
encontrada entre os trechos 1, 2 e 3 confirma a heterogeneidade que pode ocorrer em estruturas históricas, onde diferentes fases construtivas, materiais e exposições ambientais resultam em comportamentos distintos (Mehta; Monteiro, 2014). As Figuras a seguir (figuras 8, 9 e 10) ilustram a execução dos ensaios, enquanto as Tabelas 1, 2, 3 e 4 apresentam os valores obtidos e uma comparação entre os diferentes trechos, com destaque para a resistência à compressão, parâmetro essencial para avaliar a integridade do concreto.

Figura 8: Mapeamento dos pontos onde foram realizados os ensaios solicitados na parte externa dos Silos



Fonte: Relatório final "RERT 003.2023(MD)" fornecido pela JOV engenharia (2023).

Figura 9: Pontos intermediários de extração de corpos de prova e esclerometria



Fonte: Relatório final "RERT 003.2023(MD)" fornecido pela JOV engenharia (2023).

Figura 10: Ensaio de compressão nos corpos de prova extrídos dos Silos



Fonte: Relatório final “RERT 003.2023(MD)” fornecido pela JOV engenharia (2023).

Tabela 1: Resultado dos ensaios de resistencia a compressão

Apartamento	Resistência média obtida (MPa)	Critério de referência (NBR 7680-1/2015 e NBR 6118/2023)	Avaliação	Situação	Decisão estrutural
APT 01	8,2 a 14,3	Concreto estrutural ≥ 20 MPa*	Não atende	Resistência muito baixa	Demolição
APT 02	5,9 a 14,3	≥ 20 MPa	Não atende	Resistência muito baixa	Demolição
APT 04	20,1 a 31,4	≥ 20 MPa	Atende	Resistência compatível	Reforço
APT 05	18,4 a 33,0	≥ 20 MPa	Parcial	Resistência variável	Reforço
APT 06	17,7 a 40,4	≥ 20 MPa	Atende	Boa resistência	Reforço
APT 07	16,7 a 23,3	≥ 20 MPa	Parcial	Resistência intermediária	Reforço
APT 08	37,2 a 46,2	≥ 20 MPa	Atende	Excelente resistência	Reforço

Fonte: Elaborado pelo autor (2026) com base no Relatório final “RERT 003.2023(MD)” fornecido pela JOV engenharia (2023).

Tabela 2: Resultado dos ensaios de Ions Cloreto

Apartamento	Média do teor de ions cloreto (% Cl ⁻)	Critério técnico – ABNT NBR 12655:2022	Atende?	Conclusão
APT 01	0,09%	≤ 0,15% de Cl ⁻ em relação à massa de cimento	✓	Apesar da média atender ao limite normativo, foram registradas amostras pontuais acima de 0,15%, indicando regiões com potencial para início de corrosão das armaduras, recomendando-se monitoramento e tratamento localizado.
APT 02	0,02%	≤ 0,15%	✓	Atende à norma. Apresenta baixo teor de cloretos e reduzido risco de corrosão das armaduras.
APT 04	0,04%	≤ 0,15%	✓	Atende à norma. Apresenta baixo teor de cloretos e reduzido risco de corrosão das armaduras.
APT 05	0,02%	< 0,15%	✓	Atende à norma. Apresenta baixo teor de cloretos e reduzido risco de corrosão das armaduras.
APT 06	0,02%	≤ 0,15%	✓	Atende à norma. Apresenta baixo teor de cloretos e reduzido risco de corrosão das armaduras.
APT 07	0,02%	≤ 0,15%	✓	Atende à norma. Apresenta baixo teor de cloretos e reduzido risco de corrosão das armaduras.
APT 08	0,02%	≤ 0,15%	✓	Atende à norma. Apresenta baixo teor de cloretos e reduzido risco de corrosão das armaduras.

Fonte: Elaborado pelo autor (2026) com base no Relatório final “RERT 003.2023(MD)” fornecido pela JOV engenharia (2023).

Tabela 3: Resultado dos ensaios de Carbonatação

Apartamento	Resultado obtido	Critério normativo (ABNT NBR 6118:2023)	Atende?	Conclusão
APT 01	48 a 158 mm	A profundidade de carbonatação deve ser inferior ao cobrimento da armadura que é de 25mm, preservando sua passivação.	Não atende	Carbonatação avançada, atingindo regiões críticas.
APT 02	43 a 164 mm	Idem	Não atende	Carbonatação elevada.
APT 04	92 a 157 mm	Idem	Não atende	Carbonatação elevada.
APT 05	32 a 143 mm	Idem	Não atende	Carbonatação elevada.
APT 06	105 a 160 mm	Idem	Não atende	Carbonatação elevada.
APT 07	50 a 156 mm	Idem	Não atende	Carbonatação elevada.
APT 08	18 a 20 mm	Idem	Atende	Menor avanço da carbonatação entre os apartamentos.

Fonte: Elaborado pelo autor (2026) com base no Relatório final “RERT 003.2023(MD)” fornecido pela JOV engenharia (2023).

Tabela 4: Resultado dos ensaios de Esclerometria

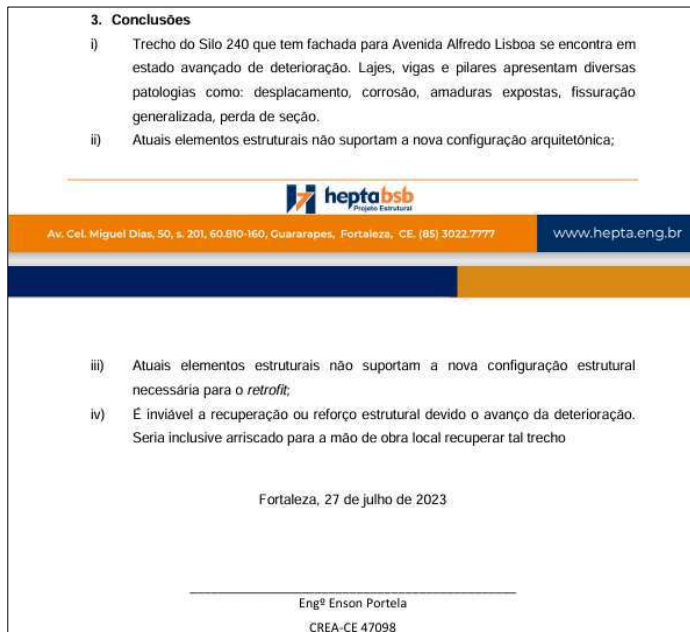
Apartamento	Resistência estimada	Critério da ABNT NBR 7584:2012	Atende?	Conclusão
APT 01	Índices baixos	Ensaio complementar	✗	Confirmou baixa dureza superficial observada nos testemunhos.
APT 02	Índices baixos	Idem	✗	Confirmou baixa dureza superficial observada nos testemunhos.
APT 04	Índices médios	Idem	✓	Dureza compatível com concreto estrutural recuperável.
APT 05	Índices médios	Idem	✓	Dureza compatível com concreto estrutural recuperável.
APT 06	Índices elevados	Idem	✓	Boa qualidade superficial do concreto.
APT 07	Índices médios	Idem	✓	Boa qualidade superficial do concreto.
APT 08	Índices elevados	Idem	✓	Melhor desempenho entre os apartamentos ensaiados.

Fonte: Elaborado pelo autor (2026) com base no Relatório final “RERT 003.2023(MD)” fornecido pela JOV engenharia (2023).

A partir dos resultados dos ensaios e inspeções, verificou-se discrepância significativa entre os trechos 1 e 2 em relação ao trecho 3. Conforme laudo emitido

pelo calculista (Figura 11), os trechos 1 e 2 apresentaram condições estruturais que permitiram a execução de reforços, mediante projetos complementares desenvolvidos para viabilizar a adaptação dos silos ao uso residencial (Figura 12 e 13).

Figura 11: Conclusão trecho 3 do laudo estrutural do Moinho



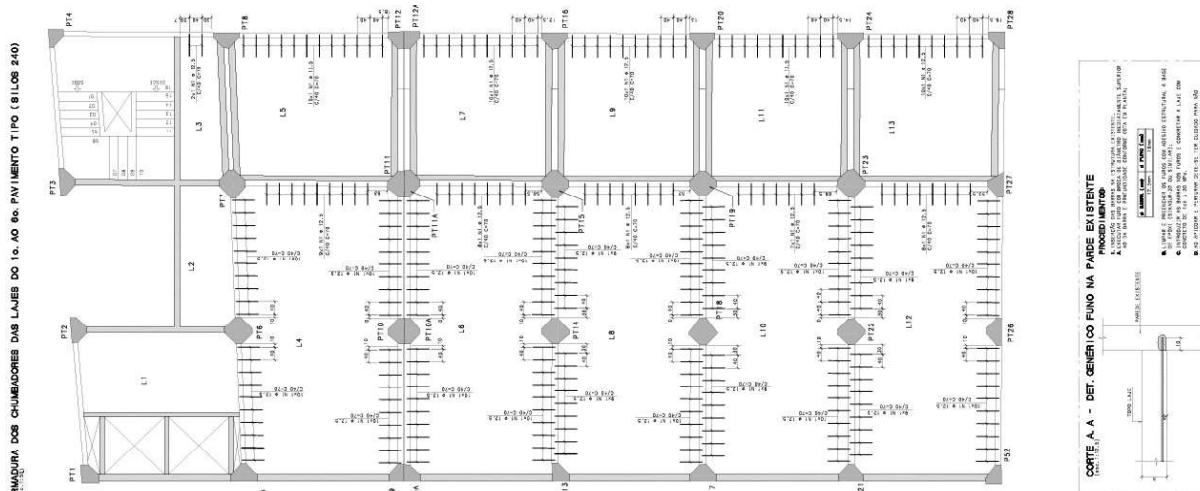
Fonte: Laudo Estrutural Hepta (2023).

Figura 12: Foto da armação de reforço para criação dos Pilares e Armação das lajes integradas às paredes de concreto existentes



Fonte: Elaborado pelo autor (2026)

Figura 13: Projeto de chumbamento para integração das novas lajes às paredes de concreto existentes



Fonte: Projeto estrutural Hepta Engenharia – Moinho Silo 240 (2024).

Após a análise técnica, foi autorizada a demolição das paredes internas dos silos, possibilitando a integração dos espaços internos para a construção dos apartamentos (Figura 14). Essa liberação ocorreu de forma progressiva, acompanhando a evolução das intervenções estruturais e a execução das novas lajes e reforços internos.

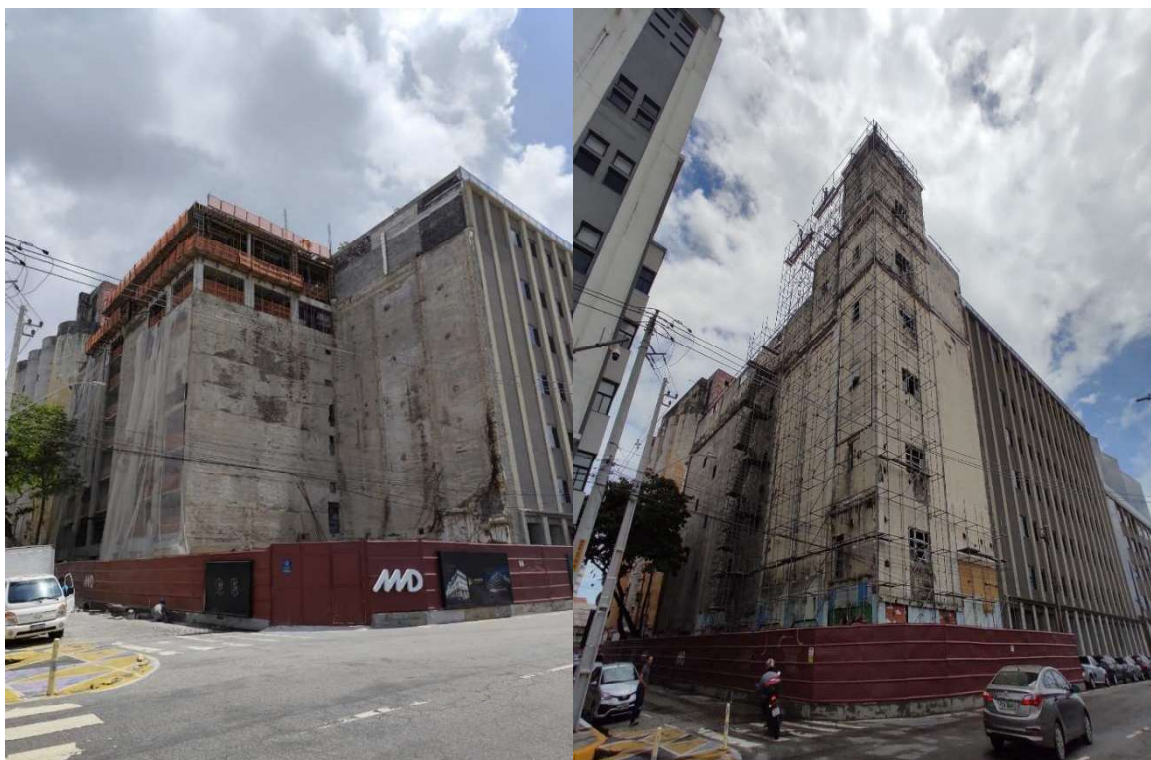
Figura 14: Ambiente interno já demolido mostrando apartamento 507



Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

Entretanto, a análise do trecho 3 indicou inviabilidade para qualquer tipo de reforço ou adaptação estrutural. A solução técnica adotada foi a demolição completa do trecho 3, viabilizada pela presença de uma junta de dilatação, seguida da reconstrução para integração ao conjunto dos silos (Figura 16 e 17).

Figura 16: Trecho 3 antes e depois da demolição



Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

Figura 17: Trecho 3 com nova estrutura



Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

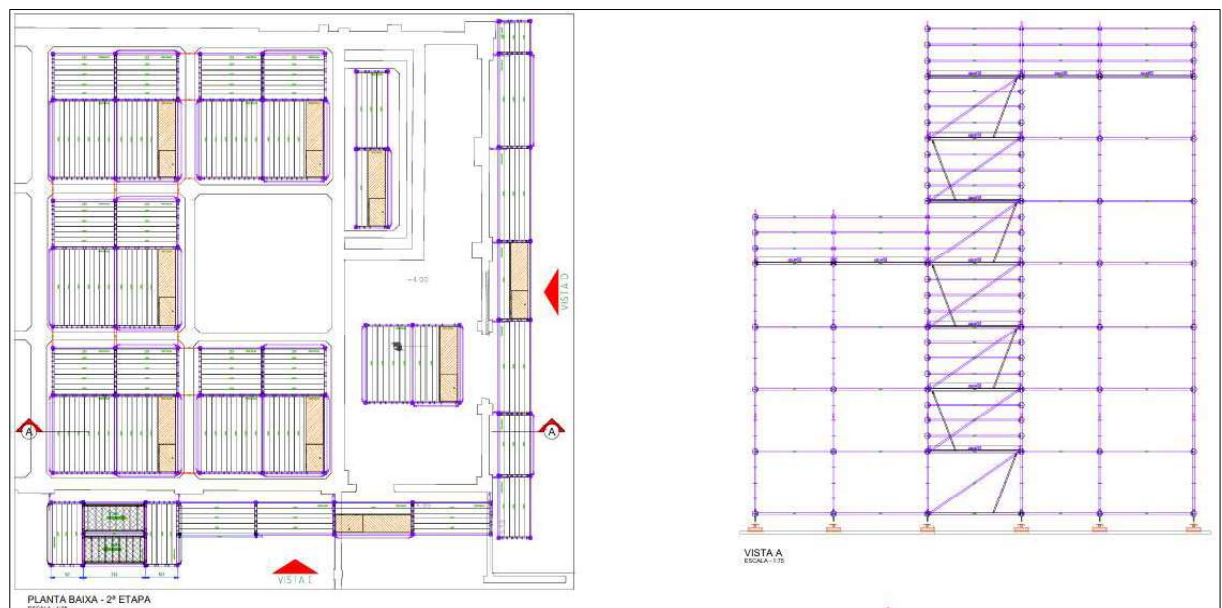
A demolição desse trecho apresentou alta complexidade, exigindo um planejamento rigoroso quanto à segurança dos trabalhadores e à estabilidade da estrutura remanescente. Como o processo foi realizado manualmente, com o uso de marteletes, tornou-se necessário implementar um sistema de travamento interno com andaimes e ancoragens, garantindo a estabilidade da estrutura durante o desmonte. Esse sistema incluiu amarrações entre paredes e estruturas provisórias (Figuras 18 e 19).

Figura 18: Estrutura de travamento dos andaimes para realizar a demolição do trecho 3



Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

Figura 19: Projeto da estrutura de andaimes para demolição trecho 3



Fonte: Projeto “B170743-004-R00-OEP-BR-AND-SILO 240” disponibilizado pela ULMA.

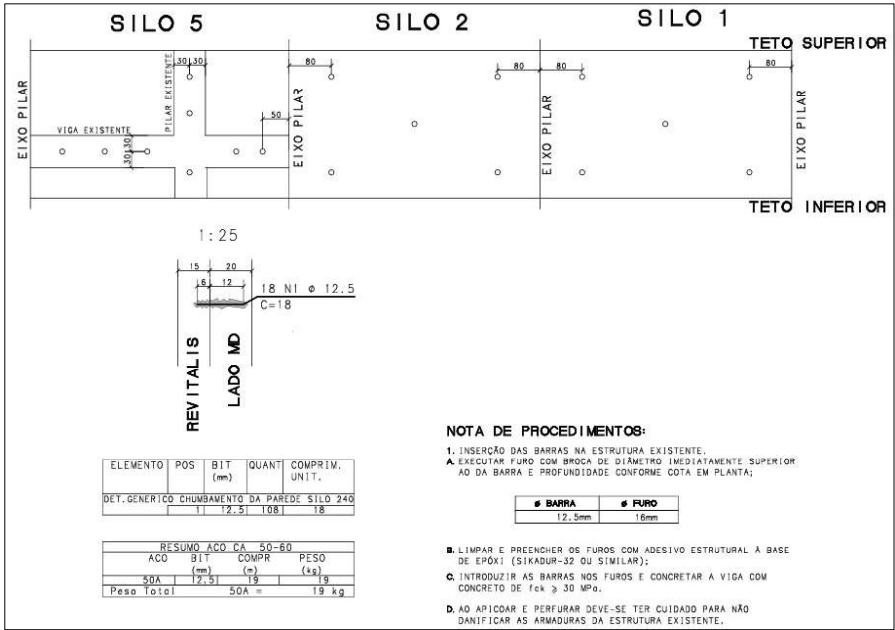
Outro desafio crítico foi a parede indicada na Figura 20, que estava colada à edificação vizinha (Edifício Revitallis), impossibilitando sua demolição completa. A solução encontrada consistiu no grampeamento estrutural, conforme demonstrado nas inspeções (Figuras 21 e 22), permitindo a estabilidade da parede mesmo após a remoção das demais partes do trecho.

Figura 20: Parede dos Silos colada com a edificação vizinha



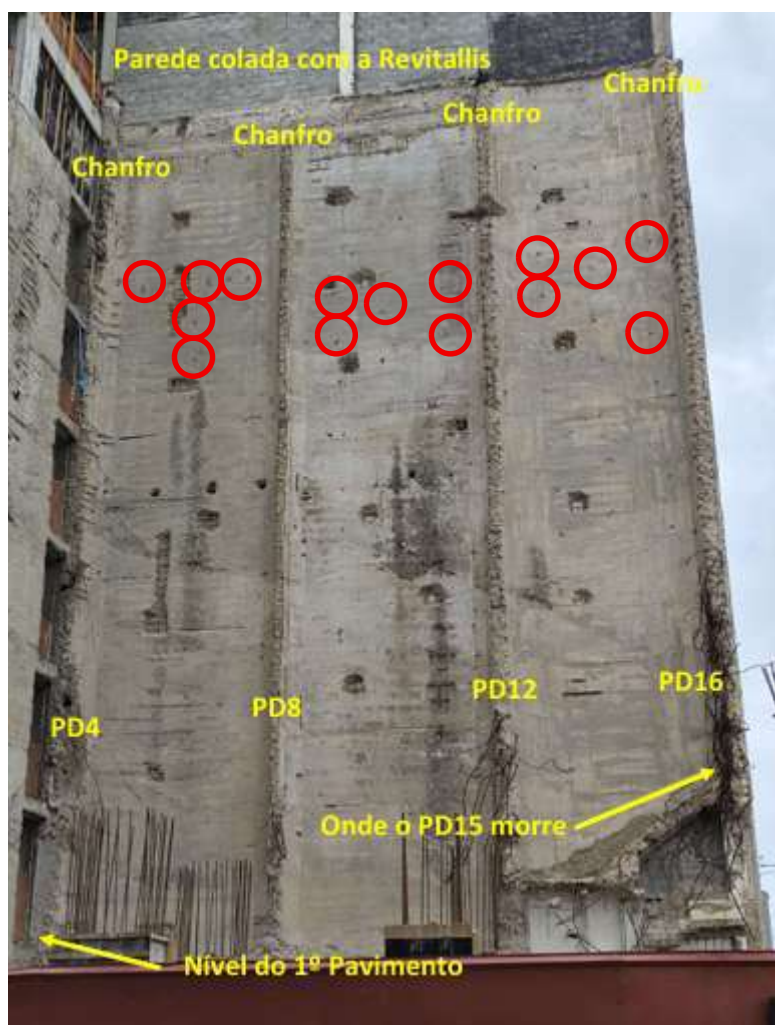
Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

Figura 21: Parede dos Silos colada com a edificação vizinha



Fonte: Projeto “MD-PE-XXXX-EST-E-109-PAR____-R00” disponibilizado pela HEPTA.

Figura 22: Reforço por chumbamento da parede colada com a Revitallis

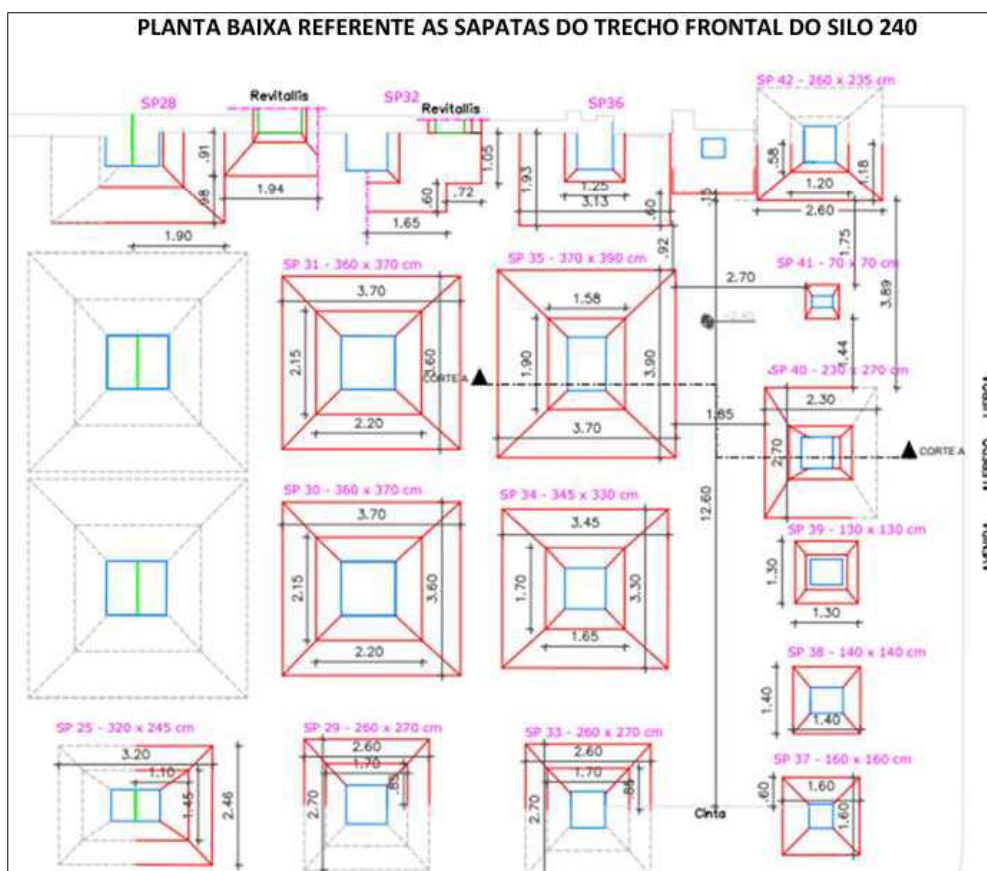


Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

Após a conclusão da demolição, foi realizado o levantamento geométrico in loco da fundação existente (Figura 23), visto que não havia documentação estrutural disponível. Com os novos esforços enviados pelo calculista à empresa responsável pela análise geotécnica, e com base nos resultados das investigações do solo e ensaios complementares, constatou-se a viabilidade da manutenção da fundação original, eliminando a necessidade de demolição e reconstrução.

A partir dessa decisão, foi possível dar sequência à reconstrução do trecho 3, restabelecendo a integração com os trechos 1 e 2. A Figura 24 mostra a evolução da reconstrução e a consolidação estrutural do novo silo.

Figura 23: Planta da locação das Sapatas existentes do Trecho 3



Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

Figura 24: Forma em execução do 3º pav. Tipo



Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

3.2.1 Avaliação das Fundações

Durante as investigações estruturais, também foi realizada a avaliação das fundações existentes, considerando que não havia projetos estruturais originais disponíveis para consulta. Inicialmente, procedeu-se ao levantamento geométrico das sapatas existentes por meio de medições realizadas in loco, permitindo determinar suas dimensões, posicionamento e características construtivas (figura 25).

Posteriormente, o engenheiro calculista definiu os novos esforços provenientes da adaptação da estrutura para uso residencial, encaminhando essas informações à empresa especializada responsável pela análise das fundações.

Com base na geometria levantada, nos resultados das investigações geotécnicas e nos ensaios realizados no concreto das fundações, verificou-se que as sapatas apresentavam capacidade resistente compatível com as novas solicitações estruturais (figura 26).

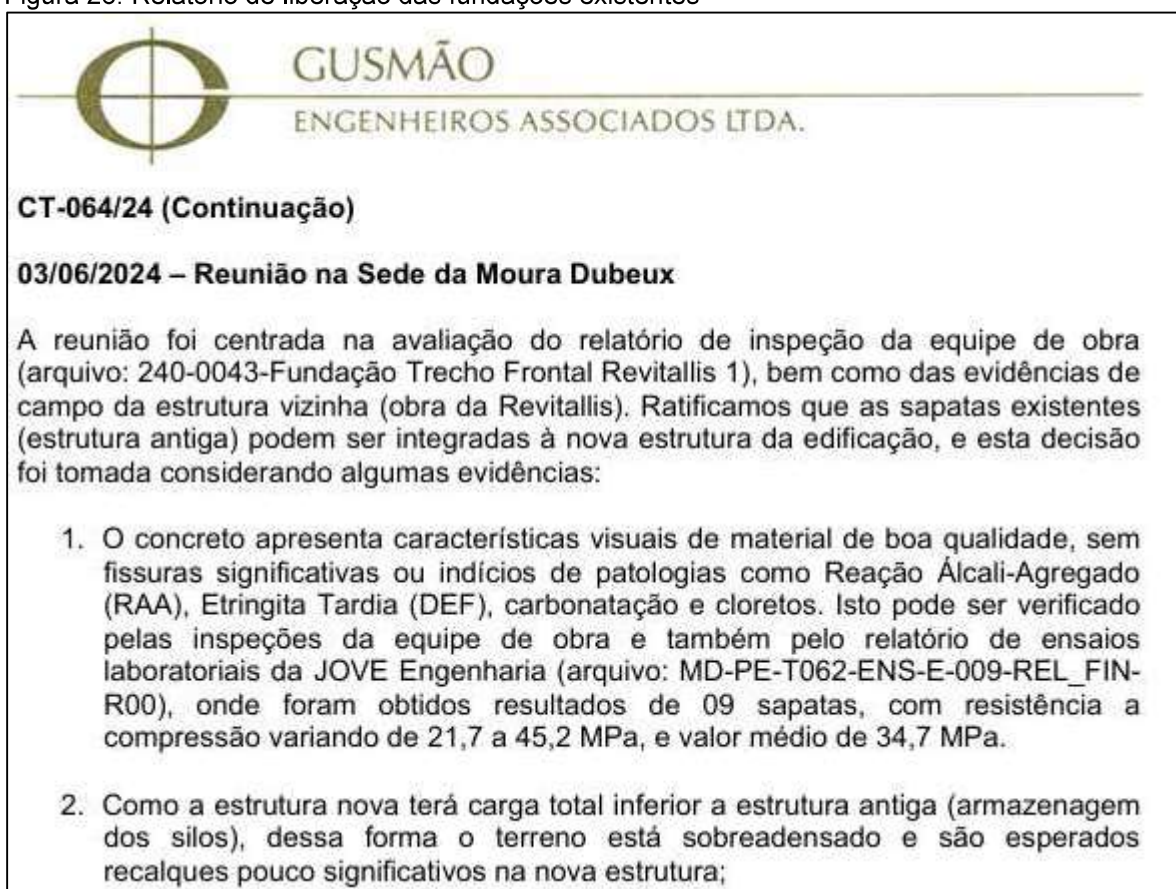
Os resultados indicaram que não seria necessária a execução de reforços nas fundações existentes, uma vez que a redistribuição das cargas decorrente da remoção parcial de elementos estruturais proporcionou redução das solicitações em determinados pontos da estrutura. Dessa forma, optou-se pela manutenção integral das fundações originais, reduzindo custos executivos e preservando parte significativa da estrutura histórica da edificação.

Figura 25: Levantamento geométrico das sapatas



Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

Figura 26: Relatório de liberação das fundações existentes



Fonte: Laudo Estrutural da Fundação CT-064/24 , Gusmão (2024).

3.2.2 Investigação Geotécnica

Como complemento às avaliações estruturais, foram executadas sondagens do subsolo em pontos estratégicos da edificação, visando caracterizar as condições geotécnicas do terreno e fornecer subsídios para a verificação das fundações existentes.

Durante a execução das sondagens, observou-se a presença de uma camada de rocha calcária em determinadas profundidades, impossibilitando a continuidade da perfuração por meio da sondagem convencional. Nessas situações, foi necessária a adoção de sondagem mista, permitindo a continuidade da investigação até as profundidades previstas em projeto (figura 27).

Os resultados obtidos confirmaram que o maciço de fundação apresentava condições compatíveis com a manutenção das sapatas existentes, fornecendo informações fundamentais para a validação dos cálculos estruturais e para a definição das estratégias de intervenção adotadas durante o retrofit.

				AAS CONSTRUÇÕES E FUNDAÇÕES LTDA AVENIDA AGAMENON MAGALHÃES, 2936, ESPINHEIRO, RECIFE - PE. Fone/Fax: (81) 3445-8889 WWW.AASFUNDACOES.COM.BR				PERFIL GEOTÉCNICO INDIVIDUAL															
TUBO DE REVESTIMENTO: Ø _{int} = 65,5 mm ; Ø _{ext} = 73,5 mm COMPOSIÇÃO DE PERFURAÇÃO: Ø _{int} = 24,2 mm ; Ø _{ext} = 33,4 mm ; 32 N/m AMOSTRADOR PADRÃO RAYMOND-TERZAGHI: Ø _{int} = 34,0 mm ; Ø _{ext} = 50,8 mm MASSA DO MARTELO PADRONIZADO: 65 Kg ALTURA DE QUEDA DO MARTELO PADRONIZADO: 75 cm				CONTRATANTE: Moura Dubeux Engenharia SA OBRA: Condomínio do Prédio 240 do Complexo Multiuso Moinho Recife ENDEREÇO: Rua de São Jorge, Nº 240, Bairro do Recife, Recife - PE																			
PERFURAÇÃO Nº: SM-01 RELATÓRIO Nº: 1404SM23 COTA DA PERFURAÇÃO: Não inf. INÍCIO: 18/05/2023 TÉRMINO: 22/05/2023																							
CLASSIFICAÇÃO DAS CAMADAS																							
MÉTODO	PENETRAÇÃO GOLFES/15 cm			N	GRÁFICO DE RESISTÊNCIA S.P.T. X PROFUNDIDADE							NÍVEL D'ÁGUA	AMOSTRAS	PROFUNDIDADE DAS CAMADAS	PERFIL GRÁFICO								
	1º	2º	3º		10	20	30	40	50	60													
TC	2	1	1	2								1				Areia fina, pouco siltsosa, com restos de construção, variegada, fina à compacta.							
	1/18	1/20	1	2/35								2											
CL	2/20	4	4	8								3											
	8	8	13	21								4											
	11	16	23/10	39/25	5																		
SR	AVANÇO / RECUPERAÇÃO				CLASSIFICAÇÃO																		
					Nº DE FRAT.	ROD %	1	2	3	4	5	7											
	TESTEMUNHO: 1 4,03 A 6,10/0,80				2	34	R4	F2	H	S2	-	C2	6										
	3	4	3	7								7				Rocha sedimentar de coloração bege, composta por areia com conchas. (ARENITO)							
	2/20	2	3	5								8											
	2	3	3	6								9											
	3	4	5	9								10											
	4	5	6	11								11											
CL	5	7	7	14								12											
	8	13	16	29								13											
	19	30	-	30/15								14											
	20	30/11	-	30/11								15											
	10	15	18	33								16											
												15,45											
												15,69											
												15,60											
												FIM DA PERFURAÇÃO Obs: Perda d'água total de 2,0 à 7,00 metros.											

3.2.3 Avaliação das Armaduras

Instituto Federal de Pernambuco. Campus Recife. Curso de Bacharelado em Engenharia Civil. 15 de junho de 2026.

Os resultados obtidos demonstraram que as barras apresentaram limites de escoamento variando entre 200,1 MPa e 308,1 MPa, enquanto a resistência à tração variou entre 269,3 MPa e 384,6 MPa. Os valores de alongamento apresentaram variação entre 4,8% e 34,9%, evidenciando diferenças nas características mecânicas entre as amostras analisadas, compatíveis com o período construtivo da edificação e com os processos de fabricação do aço utilizados à época (tabela 5). Essas informações permitiram caracterizar adequadamente o comportamento mecânico das armaduras existentes, reduzindo as incertezas quanto à capacidade resistente da estrutura.

Durante as inspeções também foram observadas condições distintas de conservação das barras extraídas. Algumas apresentavam resíduos de argamassa aderidos à superfície, dificultando sua limpeza completa para realização dos ensaios, enquanto outras exibiam pontos de oxidação superficial decorrentes da exposição ao ambiente ao longo da vida útil da estrutura. Entretanto, não foram identificadas manifestações capazes de inviabilizar tecnicamente a utilização dos elementos estruturais preservados, sendo as regiões afetadas tratadas durante a execução dos reforços estruturais mediante limpeza, proteção anticorrosiva e recomposição com graute estrutural.

Os resultados dos ensaios foram incorporados às análises desenvolvidas pelo engenheiro calculista juntamente com os ensaios realizados no concreto, permitindo a calibração da modelagem estrutural e a definição das soluções de reforço adotadas para os trechos preservados do empreendimento. Dessa forma, a investigação das armaduras constituiu uma etapa fundamental para garantir maior confiabilidade às verificações estruturais e assegurar a compatibilidade entre a estrutura existente e as novas solicitações impostas pelo uso residencial.

Conforme destacam Souza e Ripper (1998), a caracterização das propriedades mecânicas das armaduras existentes constitui uma das etapas mais importantes em obras de recuperação e reforço estrutural, uma vez que reduz as incertezas relacionadas ao comportamento resistente da estrutura. Da mesma forma, Helene (1993) ressalta que a avaliação conjunta entre concreto e armaduras é indispensável para o correto diagnóstico de estruturas de concreto armado submetidas a processos de reabilitação.

Tabela 5: Resumo dos resultados de escoamento do aço

Identificação da Amostra	Classe do aço	Diâmetro (mm)	Massa por unidade de comprimento (kg/m)	Limite de Escoamento f_y (MPa)	Limite de Resistência f_{st} (MPa)	Alongamento (%)
Silo 5 - Parede 1 - 7ª Pav.	-	10,0	0,585	308,1	313,5	20,0
Silo 5 - Parede 2 - 7ª Pav.	-	12,0	0,855	-	305,6	20,0
Silo 5 - Parede 2 - 1ª Pav.	-	13,8	1,165	-	269,3	6,3
Silo 8 - Parede 1 - 7ª Pav.	-	6,5	0,232	258,0	326,0	30,2
Silo 14 - Parede 1 - 7ª Pav.	-	6,5	0,252	-	300,7	19,0
Silo 17 - Parede 1 - 7ª Pav.	-	7,0	0,258	200,1	288,8	34,9
Silo 14 - Parede 2 - 7ª Pav.	-	6,2	0,258	284,1	384,6	14,3
Silo 8 - Parede 2 - 7ª Pav.	-	6,7	0,261	237,4	279,4	4,8

Fonte: Relatório RLT.LAU-241.23-00, Tecomat (2023).

3.3. Modelagem Computacional e Simulação

A modelagem computacional é um recurso amplamente consolidado em reabilitação estrutural. Segundo Clough e Penzien (2003), as análises numéricas possibilitam compreender a redistribuição de esforços em estruturas submetidas a modificações geométricas e de carregamento. Em retrofit de silos, essa etapa é crucial, pois a retirada de paredes e a introdução de novos elementos podem alterar significativamente o comportamento global.

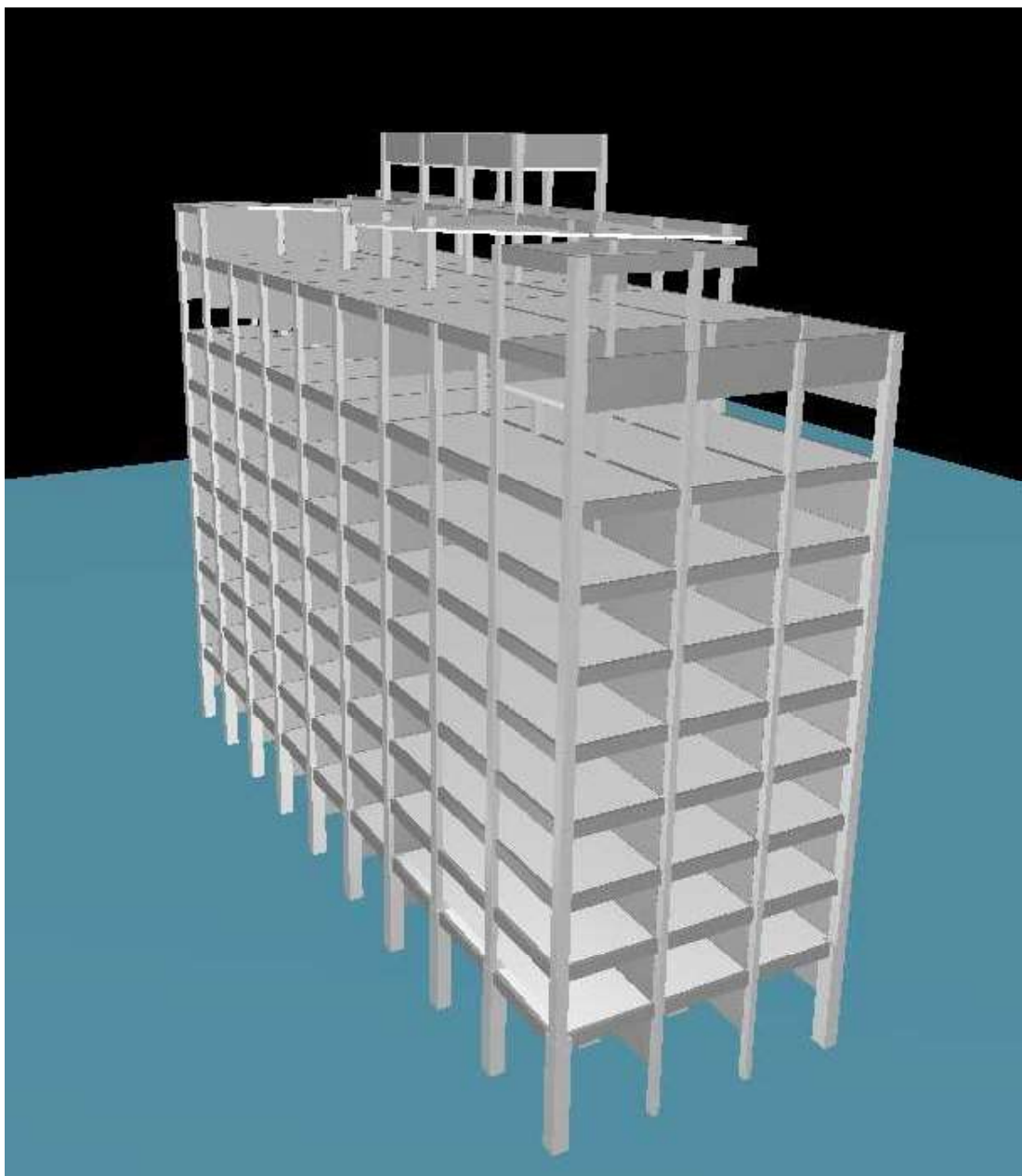
Inicialmente, o modelo contemplou a estrutura original, sem intervenções, permitindo identificar pontos críticos de esforços e regiões com maior solicitação estrutural, como zonas de concentração de tensões e deslocamentos relevantes. Essa etapa foi essencial para compreender as limitações da edificação existente e orientar a execução das demolições de forma segura, evitando colapsos progressivos durante a obra.

Em seguida, foram gerados novos modelos considerando as alterações geométricas decorrentes das demolições internas e a integração de novos elementos estruturais (Figura 28). Essa comparação possibilitou avaliar as mudanças na redistribuição de esforços e os impactos sobre a estabilidade global da estrutura. A partir desses resultados, estudaram-se alternativas para o reforço estrutural dos trechos 1 e 2, visando garantir segurança e, ao mesmo tempo, otimizar custos com soluções técnicas viáveis.

As simulações realizadas neste estudo confirmam o que Santos e Franco (2017) destacam: a modelagem estrutural é indispensável para prever cenários de risco e definir reforços adequados, permitindo ao engenheiro equilibrar segurança e economicidade. Os resultados obtidos após as demolições evidenciaram pontos críticos de tração, especialmente nas conexões entre elementos verticais e lajes, exigindo medidas de reforço localizadas. Essas estratégias estão em consonância com recomendações internacionais para retrofit de estruturas históricas (ICOMOS, 2003).

Essa abordagem baseada em modelagem trouxe vantagens expressivas para a tomada de decisão, permitindo prever o comportamento da estrutura antes da execução, reduzir riscos durante as intervenções e garantir a viabilidade técnica e econômica da adaptação para uso residencial.

Figura 28: Geometria da estrutura após a intervenção gerado no TQS



Fonte: Software TQS disponibilizado pela Hepta Engenharia (2026).

3.4. Comparação com Diretrizes Normativas

A comparação dos resultados com as normas brasileiras confirma a adequação das soluções adotadas. Como observado por Souza e Ripper (1998), a aplicação criteriosa da NBR 6118:2014 e da NBR 15575:2013 garante não apenas a segurança estrutural, mas também a habitabilidade e conforto. A manutenção dos deslocamentos dentro dos limites admissíveis e a compatibilidade com critérios de vibração reforçam a conformidade normativa do projeto.

Tabela 6: Comparação entre os resultados obtidos e os requisitos normativos

Critério Avaliado	Norma Aplicável	Situação Encontrada	Solução Adotada	Resultado
Resistência do concreto	ABNT NBR 6118:2014	Diferenças significativas entre os trechos analisados, com redução da capacidade resistente no trecho 3	Reforço estrutural nos trechos 1 e 2 e reconstrução do trecho 3	Atendeu aos requisitos de segurança estrutural, FCK de acima de 30MPa, definido em projeto
Estabilidade global da estrutura	ABNT NBR 6118:2014	Alteração da distribuição de esforços após as demolições internas	Modelagem computacional e execução de reforços estruturais	Estrutura estabilizada para a nova condição de uso
Segurança durante as intervenções	ABNT NBR 6118:2014 e NR-18	Risco de instabilidade durante as demolições	Implantação de sistema de ancoragens e travamentos provisórios	Execução realizada com segurança
Desempenho para uso habitacional	ABNT NBR 15575:2021	Estrutura originalmente concebida para armazenamento de grãos	Adequação estrutural e construção de novas lajes	Compatibilidade com o uso residencial
Durabilidade da estrutura	ABNT NBR 6118:2014	Presença de armaduras expostas e sinais de degradação localizada	Grauteamento, recuperação e proteção dos elementos estruturais	Aumento da vida útil da edificação
Fundação existente	ABNT NBR 6122:2022	Ausência de documentação original da fundação	Levantamento geométrico e verificação da capacidade resistente	Fundação considerada adequada para reutilização

Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

Após os reforços estruturais e a reconstrução do trecho 3, verificou-se que os deslocamentos verticais e horizontais da estrutura permaneceram dentro dos limites normativos, garantindo estabilidade e segurança ao usuário final.

No que se refere ao desempenho global, as simulações indicaram que as ações permanentes e variáveis previstas no novo uso residencial foram devidamente contempladas, respeitando os coeficientes de ponderação exigidos pela NBR 6118. Em termos de habitabilidade e vibrações, a estrutura também se mostrou compatível com os requisitos da NBR 15575, evitando patologias decorrentes de esforços dinâmicos excessivos.

Essa conformidade normativa assegura que as soluções adotadas atendem aos padrões de qualidade exigidos, minimizando riscos estruturais e garantindo a durabilidade da intervenção.

Tabela 7: Protocolo de Avaliação Técnica para Retrofit de Silos em Concreto Armado

Etapas	Objetivo	Atividades Desenvolvidas	Produto Gerado
1. Levantamento Inicial	Conhecer as características da estrutura existente	Levantamento documental, análise de projetos existentes, inspeções visuais e registro fotográfico	Diagnóstico preliminar da edificação
2. Investigação Estrutural	Avaliar as condições dos materiais e elementos estruturais	Ensaio de esclerometria, carbonatação, penetração de cloretos, resistência à compressão e levantamento das armaduras existentes	Relatórios técnicos e caracterização estrutural
3. Análise dos Resultados	Identificar manifestações patológicas e limitações estruturais	Interpretação dos resultados dos ensaios e inspeções	Diagnóstico estrutural detalhado
4. Modelagem Computacional	Simular o comportamento da estrutura	Elaboração de modelos estruturais considerando a situação original e os cenários de intervenção	Identificação de esforços, deslocamentos e pontos críticos
5. Verificação Normativa	Avaliar a conformidade da estrutura	Comparação dos resultados com a ABNT NBR 6118, ABNT NBR 15575 e demais normas aplicáveis	Relatório de conformidade normativa
6. Definição das Intervenções	Selecionar as soluções técnicas adequadas	Estudo de alternativas de reforço, recuperação, demolição ou reconstrução	Plano de intervenção estrutural
7. Execução e Monitoramento	Garantir a segurança durante as intervenções	Acompanhamento da obra, inspeções periódicas e atualização dos relatórios estruturais	Controle executivo e rastreabilidade das intervenções
8. Validação dos Resultados	Confirmar a eficiência das soluções adotadas	Comparação entre comportamento previsto e comportamento observado em campo	Validação técnica da intervenção

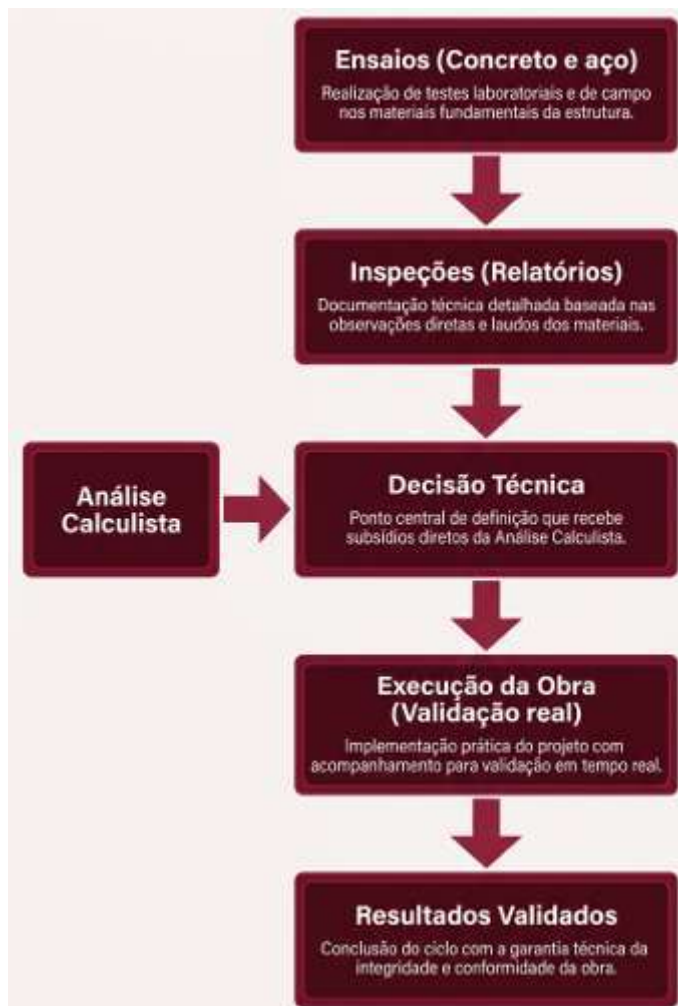
Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

O protocolo apresentado foi desenvolvido com base nas etapas executadas durante o retrofit do silo Moinho e tem como finalidade servir de referência para futuras intervenções em edificações industriais históricas. Sua aplicação permite sistematizar o processo de tomada de decisão, reduzindo incertezas técnicas e contribuindo para a segurança, durabilidade e viabilidade econômica dos empreendimentos submetidos à mudança de uso.

3.5. Validação dos Resultados

O processo de validação empregado é condizente com o que Yin (2015) aponta como triangulação metodológica, essencial em estudos de caso. A integração entre monitoramento in loco, modelagem computacional e feedback técnico assegurou consistência entre previsões e realidade, fortalecendo a confiabilidade dos resultados. Segundo Yin, a validade construtiva do estudo de caso aumenta quando diferentes fontes independentes apontam para a mesma conclusão.

Figura 29: Fluxograma da validação de dados



Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

Além disso, foram elaborados relatórios fotográficos e inspeções técnicas periódicas, com atualização semanal das condições estruturais, permitindo ajustes imediatos sempre que necessário. Essa abordagem colaborativa reduziu riscos e assegurou que as soluções implementadas atendessem não apenas às normas técnicas, mas também aos critérios de viabilidade econômica e preservação arquitetônica.

Tabela 7: Validação dos Resultados Obtidos

Fonte de Dados	Resultado Obtido	Evidência de Validação	Conclusão
Ensaio de resistência à compressão	Trechos 1 e 2 apresentaram resistência compatível com a proposta de reforço estrutural	Liberação do calculista para execução dos reforços e integração dos ambientes	Resultado validado
Ensaio de carbonatação e cloretos	Identificação de diferentes níveis de degradação entre os trechos analisados	Compatibilidade com as condições observadas durante as demolições e inspeções	Resultado validado
Inspeções estruturais	Identificação de armaduras expostas, condições do concreto e geometrias reais dos silos	Relatórios de inspeção enviados semanalmente ao calculista	Resultado validado
Modelagem computacional	Indicação dos pontos críticos e necessidade de reforços estruturais	Comportamento observado durante a execução confirmou as previsões do modelo	Resultado validado
Análise do trecho 3	Inviabilidade de recuperação estrutural	Necessidade de demolição total e reconstrução conforme parecer técnico	Resultado validado
Verificação das fundações	Possibilidade de reaproveitamento da fundação existente	Estudos geotécnicos e análise dos novos carregamentos confirmaram sua utilização	Resultado validado
Execução dos reforços dos trechos 1 e 2	Implantação de lajes, encamisamentos e recuperação estrutural	Estrutura permaneceu estável durante e após as intervenções	Resultado validado
Comparação normativa	Atendimento aos requisitos da NBR 6118 e NBR 15575	Aprovação das soluções estruturais pelo calculista responsável	Resultado validado

Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

A validação dos resultados ocorreu por meio da comparação entre os dados obtidos nos ensaios, as inspeções realizadas em campo, as análises do engenheiro calculista e o comportamento observado durante a execução da obra. Observou-se compatibilidade entre os resultados previstos e as condições efetivamente encontradas, especialmente no que se refere à viabilidade dos reforços estruturais nos trechos 1 e 2, à necessidade de reconstrução do trecho 3 e ao reaproveitamento das fundações existentes. Dessa forma, a triangulação das informações permitiu aumentar a confiabilidade das conclusões e validar tecnicamente as soluções adotadas no retrofit do silo Moinho.

3.6. Estratégias de Intervenção Adotadas

As estratégias de intervenção foram definidas a partir da combinação entre os dados obtidos nos ensaios, a análise estrutural e a viabilidade executiva das soluções. Como afirmam Bulleit et al. (2001), intervenções em estruturas históricas devem priorizar compatibilidade de materiais e preservação estética, ao mesmo tempo em que asseguram desempenho estrutural. O reforço dos trechos 1 e 2, a demolição controlada e a reconstrução do trecho 3 exemplificam essa compatibilidade entre teoria e prática.

- Reforço estrutural nos trechos 1 e 2: execução de lajes engastadas nas paredes de concreto, com a finalidade de garantir a adaptação dos silos e o travamento lateral das mesmas; encamisamento dos chanfros, transformando-os em novos pilares estruturais; e grauteamento das armaduras expostas nas paredes dos silos, assegurando a integridade e continuidade da estrutura.

Figura 30: Parede com segregação de concreto reforçada para ser grauteada



Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

Figura 31: Laje engastada nas paredes de concreto pronta para ser concretada



Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

- Demolição controlada de paredes internas e externas: realizada de forma gradual, acompanhando a execução das novas lajes e a estabilização dos silos, permitindo a integração dos ambientes sem comprometer a estabilidade global.

Figura 32: Trecho novo em execução do contrapiso



Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

- Reconstrução do trecho 3: diante da inviabilidade técnica de reforço, optou-se pela demolição total e reconstrução, mantendo o alinhamento arquitetônico e funcional com os demais silos.

Figura 33: Vista frontal antes da demolição e pós conclusão



Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

Essas intervenções foram orientadas pelo princípio da compatibilidade estrutural e estética, preservando ao máximo as características originais do silo, sem comprometer os requisitos de segurança e conforto exigidos para o novo uso residencial.

4. CONCLUSÕES

A modelagem computacional desempenhou papel fundamental na identificação de pontos críticos e no dimensionamento dos reforços estruturais necessários, especialmente nos trechos 1 e 2, onde foram aplicadas soluções técnicas, como lajes engastadas, encamisamento dos chanfros e grauteamento das armaduras expostas. Essas intervenções demonstraram eficácia na garantia da estabilidade estrutural, aliadas a uma otimização econômica do projeto.

A demolição controlada e a reconstrução do trecho 3, motivadas pelas limitações estruturais identificadas, evidenciaram a importância de um planejamento cuidadoso que prioriza a segurança dos trabalhadores e a integridade da estrutura remanescente. O acompanhamento constante por meio de inspeções técnicas e revisões do projeto assegurou a conformidade normativa e a qualidade das soluções adotadas.

Por fim, o estudo contribui para a literatura e prática profissional ao documentar um caso real de retrofit estrutural, servindo de referência para engenheiros, arquitetos e demais profissionais da construção civil que atuam na reabilitação de estruturas existentes. O projeto Moinho reafirma que a preservação e adaptação de edificações antigas, quando conduzidas com base em critérios técnicos sólidos, podem resultar em obras de alto valor arquitetônico, funcional e econômico, conciliando memória histórica e inovação construtiva.

5. REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6118**: Projeto de Estruturas de Concreto – Procedimento. Rio de Janeiro, 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575**: Edificações Habitacionais – Desempenho. Rio de Janeiro, 2013.

BULLEN, P. A.; LOVE, P. E. D. **A New Future for the Past: A Model for Adaptive Reuse Decision-making**. Built Environment, v. 37, n. 2, p. 188–207, 2011.

BULLEIT, W. M. et al. **Structural Renovation of Buildings: Methods, Details, and Design Examples**. New York: McGraw-Hill, 2001.

CHING, F. D. K. **Form, Space, and Order**. 4. ed. Hoboken: John Wiley & Sons, 2014.

CLOUGH, R. W.; PENZIEN, J. **Dynamics of Structures**. 3. ed. Berkeley: Computers & Structures, 2003.

DOURADO, M. F. **Retrofit e Preservação do Patrimônio: Desafios e Oportunidades**. Revista Engenharia Civil em Debate, v. 10, n. 2, p. 55-70, 2023.

HELENE, P. R. L. **Manual de Reparo, Reforço e Proteção de Estruturas de Concreto**. São Paulo: Pini, 1993.

HELENE, P. R. L. **Durabilidade do Concreto Armado**. São Paulo: IBRACON, 2011.

ICOMOS. **Princípios para a Análise, Conservação e Restauro de Estruturas do Patrimônio Arquitetônico**. ICOMOS, 2003.

MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P. J. M. **Concreto: Microestrutura, Propriedades e Materiais**. 3. ed. São Paulo: IBRACON, 2014.

NEVILLE, A. M.; BROOKS, J. J. **Concrete Technology**. 2. ed. Essex: Prentice Hall, 2010.

SANTOS, M. R.; FRANCO, L. S. **Modelagem Computacional na Reabilitação Estrutural de Edifícios**. Revista Concreto & Construções, v. 88, p. 42–57, 2017.

SOUZA, V. C. M.; RIPPER, T. **Patologia, Recuperação e Reforço de Estruturas de Concreto**. São Paulo: Pini, 1998.

YIN, R. K. **Estudo de Caso: Planejamento e Métodos**. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2015.