Recomendação ABECE

RETROFIT ESTRUTURAL: DIRETRIZES, CONSIDERAÇÕES, PREMISSAS E DESENVOLVIMENTO DO PROJETO

VERSÃO MARÇO DE 2025

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENGENHARIA E CONSULTORIA ESTRUTURAL
ABECE

Índice

1. APRESENTAÇÃO ABECE . . . 3
2. INTRODUÇÃO . . . 3
3. ESCOPO . . . 4
4. TIPOLOGIAS DE RETROFIT . . . 4
4.1. Classificação das edificações em função do uso . . . 4
4.2. Classificação das intervenções de retrofit estrutural . . . 4
4.2.1. Atendimento a novo layout/projeto arquitetônico: . . . 4
4.2.2. Ampliação de área nova: . . . 4
4.3. Tipos de retrofit . . . 5
4.3.1. Retrofit Local . . . 5
4.3.2. Retrofit Global . . . 5
4.3.3. Classificação para a consideração do tipo de Retrofit . . . 5
5. ATRIBUIÇÕES E DEVERES DA EQUIPE DE RETROFIT . . . 7
5.1. Equipe . . . 7
5.2. Atribuições e deveres do engenheiro de estruturas relacionados ao projeto estrutural . . . 8
5.3. Atribuições e deveres do engenheiro de estruturas para com a estrutura existente . . . 8
5.4. Atribuições e deveres da equipe referentes à durabilidade e à proteção contra incêndio das estruturas . . . 8
5.5. Atribuições e deveres da equipe referente às inspeções (em campo) na estrutura existente . 9
5.6. Atribuições e deveres da equipe referentes aos ensaios na estrutura . . . 9
5.7. Atribuições e deveres da equipe referente à execução do retrofit . . . 9
5.8. Atribuições e deveres do projetista no ATO (Acompanhamento Técnico de Obra) . . . 9
6. ETAPA 1: AVALIAÇÃO ESTRUTURAL . . . 9
6.1. Avaliação da estrutura existente . . . 9
6.1.1. Requisitos aplicáveis em função do tipo de retrofit . . . 10
6.1.2. Avaliação do Projeto Original (se existente) com base nas normas técnicas . . . 10
6.1.3. Investigação da Estrutura Existente (inspeções e ensaios) com base nas normas técnicas . . . 11
6.1.4. Plano de investigação da estrutura existente . . . 11
7. ETAPA 2: DESENVOLVIMENTO DO PROJETO DE RETROFIT ESTRUTURAL . . . 12
7.1. Projeto para ampliação de áreas novas . . . 13
7.2. Vida Útil da estrutura (VU) existente e Sobrevida Útil de Projeto (SVUP) de retrofit . . . 13
7.2.1. Vida Útil (VU) de estruturas existentes . . . 13
7.2.2. Sobrevida Útil de Projeto (SVUP) de retrofit . . . 13
7.2.3. Avaliação Técnica do Projeto de Retrofit . . . 16
8. ETAPA 3: ACOMPANHAMENTO TÉCNICO DE OBRA (ATO) . . . 16
8.1. Atuação conjunta . . . 16
8.2. Objetivo do ATO . . . 17
8.3. Escopo do ATO . . . 17
9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS . . . 17
ANEXO A – INVESTIGAÇÕES E ENSAIOS QUE PODEM FAZER PARTE DO PLANO DE INSPEÇÕES: . . . 20
ANEXO B – EXEMPLOS DE CASOS DE PROJETO DE RETROFIT: . . . 22
Caso 1: Edificação comercial dos anos 90 que será transformada em uma edificação residencial. . . . 22
Caso 2: Edificação residencial dos anos 60 que será reformada com mudança de layout e restauração da fachada. . . . 22

1. APRESENTAÇÃO ABECE

O conceito de retrofit na construção civil refere-se à alteração ou modernização de edificações existentes, com o objetivo de aprimorar suas características operacionais, energéticas, arquitetônicas e estruturais. Esse processo envolve a atualização de sistemas e a incorporação de novas tecnologias e práticas, promovendo melhorias que podem abranger a adaptação a outros usos e/ou aumento da vida útil do imóvel.

Além da revitalização da edificação, o retrofit pode oferecer benefícios ambientais significativos, pois permite a preservação da estrutura original, reduzindo a necessidade de novos recursos e a geração de resíduos. Esse tipo de intervenção pode contribuir para a redução das emissões de CO2, especialmente quando este é um dos objetivos do projeto, favorecendo a sustentabilidade e auxiliando na mitigação dos impactos ambientais da construção civil.

Nesse contexto, a recomendação técnica da Associação Brasileira de Engenharia e Consultoria Estrutural (ABECE) se destaca como um importante instrumento de apoio no desenvolvimento de projetos de retrofit estrutural, propiciando orientação técnica e diretrizes mais claras para os profissionais da área, e proporcionando que as intervenções realizadas nas edificações sigam padrões adequados de segurança, qualidade e desempenho.

O propósito deste documento é fornecer diretrizes para a elaboração de projetos de retrofit estrutural, visando melhorar a eficiência nas intervenções em estruturas existentes. Seu escopo abrange desde o estabelecimento de parâmetros e especificações técnicas para o projeto até o acompanhamento contínuo durante a execução da obra, abordando todas as fases do processo de retrofit.

Esta recomendação técnica também define as atribuições de todos os envolvidos no processo, evidenciando a importância de que todas as partes compreendam suas funções e atuem de maneira coordenada e colaborativa para o bom andamento do projeto. O primeiro passo consiste na definição das premissas técnicas para o desenvolvimento do projeto, no qual a avaliação estrutural é a etapa primordial para identificar as condições atuais da edificação e determinar os pontos críticos que exigem intervenções mais específicas.

Vale ressaltar que o conjunto de diretrizes e procedimentos técnicos, estabelecido neste documento, visa não só a melhoria do desempenho estrutural da edificação, mas também assegurar que o retrofit seja realizado de forma sustentável, contribuindo positivamente no setor. Dessa forma, o retrofit estrutural se configura não apenas como uma alternativa para otimizar o uso de edificações existentes, mas também como um caminho para promover a sustentabilidade na construção civil.

2. INTRODUÇÃO

Retrofit é a terminologia geralmente utilizada na construção civil quando há uma alteração arquitetônica em alguma edificação existente.

Retrofit é a remodelação ou atualização do edifício ou de sistemas, por meio de incorporação de novas tecnologias e conceitos, normalmente visando a valorização do imóvel, mudança de uso, aumento da vida útil e eficiência operacional e energética (ABNT NBR 15575:2024).

As obras de retrofit podem possibilitar diminuição significativa das emissões de CO_2 em relação às obras convencionais, especialmente se esse for um dos objetivos propostos para o retrofit.

3. ESCOPO

Este documento tem como objetivo estabelecer parâmetros, especificações técnicas e critérios a serem considerados na elaboração de projetos de retrofit estruturais. Aplica-se às estruturas existentes e abrange todas as etapas de intervenção: estabelecimento de diretrizes, considerações e premissas; avaliação estrutural; desenvolvimento do projeto; acompanhamento técnico de obra (ATO) e atribuições dos intervenientes no processo.

4. TIPOLOGIAS DE RETROFIT

4.1. Classificação das edificações em função do uso

- **Residencial:** edifícios de multipavimentos, sobrados e casas térreas;
- **Comercial:** edificações corporativas, shopping centers, lojas em geral, hotéis, entre outros;
- **Institucional:** escolas, universidades, bibliotecas, museus, teatros, auditórios, edificações de utilidade pública, igrejas, templos, hospitais, entre outros.

4.2. Classificação das intervenções de retrofit estrutural

Os processos de retrofit estão classificados conforme 4.2.1 e 4.2.2 e os procedimentos de intervenção corretiva (reparos, reabilitação, proteção e reforços estruturais) devem estar previstos nesses processos.

4.2.1. Atendimento a novo layout/projeto arquitetônico:

4.2.1.1. Mudança de uso (com ou sem alteração de cargas);

4.2.1.2. Alteração de instalações com a necessidade de aumento nas dimensões ou de novos furos e/ou aberturas na estrutura[1];

4.2.1.3. Revitalização de fachadas (com ou sem alteração de cargas);

4.2.1.4. Demolições e reconstruções;

4.2.1.5. Inserção de novos elementos estruturais;

4.2.1.6. Alteração de dimensões de elementos estruturais.

4.2.2. Ampliação de área nova:

4.2.2.1. Ampliação de área com fundações novas e sem conexões com a estrutura existente;

4.2.2.2. Ampliação de área com acréscimo de elementos estruturais e/ou pavimentos sobre a estrutura existente.

1 Toda e qualquer intervenção na estrutura deve ser previamente aprovada pelo projetista de estruturas. No caso de furos e aberturas, atenção especial deve ser atribuída aos casos de perfurações em vigas para passagem de instalações (ver 13.2.6.1 da ABNT NBR 6118 e o item 5, que trata das atribuições nesta publicação).

4.3. Tipos de retrofit

4.3.1. Retrofit Local

No retrofit local, o nível de intervenção na estrutura é baixo e não afeta o comportamento global da edificação.

As intervenções comuns de retrofit local são: alteração de instalações com acréscimo de aberturas na estrutura, reparos localizados na estrutura, mudança de layout sem alteração significativa de cargas (ver Tabelas 1 e 2), revitalização de fachadas e aumento pontual de carga (cujos esforços solicitantes não excedam os limites estabelecidos na Tabela 2).

Para o retrofit local, somente deverão ser avaliados (verificação dos estados limites último e de serviço – ELU e ELS) os elementos estruturais que receberão carregamentos superiores a 10% dos carregamentos originais, em função da intervenção de retrofit, desde que os carregamentos adicionais não impactem na estabilidade global da edificação.

No caso de intervenção local, não é solicitada a avaliação global da estrutura. Portanto, a intervenção não pode modificar a resistência ou a rigidez da estrutura da edificação como um todo, em função das novas cargas e ações horizontais e verticais. Caso as alterações sejam feitas em elementos de pórtico da estrutura, a intervenção entra na categoria de Retrofit Global.

Evidentemente que, para casos em que o engenheiro de estruturas entenda como necessária a verificação global da estrutura, o proprietário deve ser comunicado com antecedência para avaliação da mudança de escopo do contrato e do projeto.

4.3.2. Retrofit Global

No retrofit global, o nível de intervenção é maior e afeta a estrutura da edificação.

Para esta categoria de intervenção, além da verificação dos mecanismos locais de cada elemento estrutural, é obrigatória a avaliação da segurança estrutural de toda a edificação (verificação de estado limite último - ELU), além dos requisitos de desempenho da estrutura (verificação de estado limite de serviço - ELS).

Nesta categoria, estão inclusas as intervenções em elementos de pórtico (acima dos limites da Tabela 2), aumento de carga dos pavimentos, aumento no número de pavimentos, demolições e reconstruções, alterações em pilares, alterações em fundações, entre outros.

Nesta condição, é necessário considerar todos os casos possíveis de carregamentos e ações verticais e horizontais na estrutura, inclusive nas fundações.

As adequações aos quesitos de incêndio e durabilidade, quando aplicáveis, serão tratadas no Retrofit Global.

4.3.3. Classificação para a consideração do tipo de Retrofit

Na Tabela 1, estão descritos alguns tipos de intervenções estruturais que se aplicam (S) e que não se aplicam (N) a cada tipologia de Retrofit:

TIPO DE INTERVENÇÃO ESTRUTURAL	TIPO DE RETROFIT	
	LOCAL	GLOBAL
Aumento dos esforços solicitantes em elementos estruturais, em um ou mais pavimentos, que não superem os valores da Tabela 2[a]	S	N
Alteração de instalações com pequeno aumento de furos na estrutura	S	N
Demolições e reconstruções de alvenarias em obras nas quais a alvenaria não faz parte do comportamento estrutural, desde que essa alteração não supere os valores da Tabela 2[a]	S	N
Acréscimo de pavimentos	N	S
Acréscimo de área no pavimento que impacte nos esforços solicitantes da estrutura existente, que superem os valores da Tabela 2[a] (Por exemplo: mezaninos, varandas, vazios, entre outros)	N	S
Alteração em elementos estruturais de pórtico[b]	N	S
Revitalização de fachadas sem acréscimo significativo de cargas (desde que as alterações não superem os valores da Tabela 2[a])	S	N

[a] Mediante avaliação do engenheiro de estruturas, caso a caso (quando não existirem informações sobre os carregamentos originais da estrutura, será necessário inspecionar os elementos para avaliação);
[b] Retirada de elementos estruturais que contribuem para a estabilidade global da estrutura da edificação, especialmente em relação às cargas horizontais, como o vento. Por exemplo, retirada de um ou mais pilares, retirada de vigas principais de pórtico que contribuem para a rigidez global da edificação, retirada de lajes que tem função de diafragma rígido no pavimento, retirada de corpos rígidos de elevadores e escadarias, entre outros.

Tabela 1: tipos de intervenções estruturais que se aplicam (S) e que não se aplicam (N) a cada tipologia de Retrofit.

Na Tabela 2, estão estabelecidos os limites percentuais de acréscimos de esforços solicitantes (flexão, cisalhamento, torção e forças axiais de tração e compressão), em relação aos esforços originais da estrutura (projeto original), para avaliação sobre a consideração de intervenções de Retrofit Local e Global.

Vale salientar que, a critério do engenheiro de estruturas, caso a estrutura se apresente diferente do projeto original ou em condição de conservação aquém do necessário, constatada após as inspeções, deve-se, a partir disso, reavaliar o tipo da intervenção (local ou global).

ELEMENTO ESTRUTURAL	ACRÉSCIMO DE ESFORÇOS
Lajes e escadas	10%
Vigas e vigas-parede	10%
Pilares e pilares-parede	5%
Fundações (bloco, sapata e radier)	5%
Paredes em concreto	10%
Cortinas e muros de contenção	10%
Vigas de transição	não aplicável
Elementos em balanço	não aplicável
Consoles em pilares	não aplicável
Capiteis	não aplicável

Tabela 2: limites percentuais de acréscimos de esforços, em relação aos esforços originais da estrutura (projeto original).

5. ATRIBUIÇÕES E DEVERES DA EQUIPE DE RETROFIT

5.1. Equipe

O projeto de retrofit estrutural, por ser desenvolvido sobre uma edificação existente, necessita de diversos profissionais da área compondo uma equipe multidisciplinar que atue em todas as etapas, desde a anamnese, com investigação da documentação (inclusive projeto original e outros memoriais correlatos, se houver), passando pela investigação da estrutura existente e pela verificação, tanto da situação atual, quanto das novas condições de uso.

É recomendável que, antes de iniciar o projeto de retrofit, seja realizado um estudo de viabilidade estrutural sobre as intervenções e mudanças propostas para a edificação.

Os profissionais que devem fazer parte de uma equipe estrutural de retrofit estão descritos na Tabela 3. É indispensável avaliar a necessidade de intervenção nas fundações da edificação e, em caso de confirmação, um consultor geotécnico e de fundações deve ser envolvido, assim como outros profissionais de áreas específicas, conforme o caso.

PROFISSIONAIS ENVOLVIDOS NA INTERVENÇÃO DE RETROFIT ESTRUTURAL	FUNÇÕES DE CADA PROFISSIONAL
Engenheiro de Estruturas	Projeto estrutural de retrofit e reforços da estrutura existente. Avaliação da estrutura existente e da nova condição. Colaboração na elaboração do plano de inspeções e na identificação dos elementos estruturais a serem inspecionados e ensaiados. Orientação da equipe de campo e interação com o engenheiro da obra, a partir da análise dos resultados/informações dos relatórios de campo.
Especialista em Inspeções	Plano de inspeção da estrutura existente. Execução da inspeção da estrutura existente. Plano de ensaios, com informações dos requisitos específicos a serem avaliados e relatórios com informações gráficas dos locais da estrutura a serem ensaiados (função compartilhada com o Tecnologista/Consultor em Concreto e com o Engenheiro de Estruturas).
Engenheiro/Laboratório de Ensaios da Estrutura	Ensaios/testes na estrutura existente. Relatórios com as informações solicitadas no plano de inspeções e ensaios.
Consultor de Concreto	Plano de ensaios na estrutura existente (função compartilhada com o Especialista em inspeções e com o Engenheiro de Estruturas). Requisitos de durabilidade e proteção contra incêndio da estrutura e respectivo relatório técnico. Orientação da equipe/laboratório de ensaios na estrutura.
Consultor de Incêndio	Requisitos de proteção passiva contra incêndio da estrutura.
Avaliador Técnico do Projeto de Retrofit (com experiência na área)	Avaliação Técnica do Projeto de retrofit estrutural.
Coordenador da execução do retrofit construtivo por parte da construtora	Colaboração na definição do plano de ataque da obra e na definição do processo. Responsável pela execução da obra.

Tabela 3: profissionais envolvidos na intervenção de retrofit estrutural e suas funções.

5.2. Atribuições e deveres do engenheiro de estruturas relacionados ao projeto estrutural

O engenheiro de estruturas deve estabelecer de forma detalhada e precisa o seu escopo em contrato e o tipo do retrofit (local ou global), a fim de delimitar seus deveres e responsabilidades.

Tratando-se de intervenção em estrutura existente, o engenheiro de estruturas deverá alinhar com o proprietário os riscos a serem assumidos e a sua área de atuação sob a qual será responsável (parciais e/ou totais). Estes dependerão do escopo da intervenção estrutural.

Tratando-se de ampliação de área, com estrutura independente e desconexa da edificação existente, o engenheiro de estruturas fica responsável pelo projeto de toda a estrutura nova.

5.3. Atribuições e deveres do engenheiro de estruturas para com a estrutura existente

Considerando que não é possível realizar a investigação de 100% da estrutura existente, levando-se em conta a geometria e os materiais que a compõem, bem como a existência de interferências, deve-se mitigar a probabilidade de ruína (ou falha estrutural) por uma amostragem parcial adequada e prevista num plano preliminar de ensaios e inspeções. A depender dos resultados de ensaios desse plano, alterações e/ou complementos podem ser procedidos até que o engenheiro de estruturas entenda como seguro o volume de subsídios e de informações para consideração nos critérios de projeto.

O projeto de retrofit e eventuais intervenções partem do pressuposto que as questões executivas inerentes da edificação existente estejam em conformidade com o projeto original. As inspeções e ensaios realizados no plano de amostragem parcial visam subsidiar o engenheiro de estruturas nesse sentido; não obstante, não são capazes de abranger em totalidade alguma falha oculta de natureza construtiva, de projeto e/ou patológica. Posto isso, o construtor deve constantemente inspecionar a estrutura existente avaliando os possíveis indícios de anomalias, alertando os profissionais envolvidos para uma análise imediata no caso de alguma intercorrência[2].

No caso de retrofit local, a área de atuação do engenheiro de estruturas se limita ao projeto dos elementos estruturais que passaram por intervenção de retrofit.

No retrofit global, quando parte da estrutura não passa por intervenção de retrofit (por exemplo, elementos de fundação), a área de atuação do engenheiro de estruturas é limitada ao projeto do setor ou interface onde ocorreu esta intervenção.

Em ambos os tipos de retrofit (local e global) deve-se considerar a área de influência da intervenção, elementos solidários e outras particularidades intrínsecas.

5.4. Atribuições e deveres da equipe referentes à durabilidade e à proteção contra incêndio das estruturas

O tecnologista de concreto deve avaliar os materiais existentes (aço e concreto) e as espessuras de cobrimento das armaduras e outros revestimentos, sob a orientação do engenheiro de estruturas, estabelecida em plano de inspeções e ensaios.

2 Não há atualmente embasamento jurídico suficiente para eximir o engenheiro desta responsabilidade, portanto, fica nesta recomendação a sugestão de avançar com esta questão no meio jurídico, de forma a tornar mais clara as atribuições e responsabilidades de cada um envolvido no processo.

A avaliação sobre a adequação das estruturas quanto aos requisitos de proteção contra incêndio e de durabilidade ficam a cargo do tecnologista de concreto e do consultor de incêndio em conjunto com o engenheiro de estruturas.

5.5. Atribuições e deveres da equipe referente às inspeções (em campo) na estrutura existente

O especialista em inspeções estruturais, sob a orientação do engenheiro de estruturas e do tecnologista de concreto, tem como função fazer a investigação da estrutura existente no local (caracterização e dimensões dos elementos estruturais, dimensões das seções de aço, concreto, cobrimentos, revestimentos etc.), bem como conferir e avaliar os respectivos resultados e apresentar o relatório técnico com ART própria. O plano de investigação da estrutura, com a indicação dos elementos estruturais a serem investigados/inspecionados, deve ser feito pelo engenheiro de estruturas em conjunto com o tecnologista de concreto. A análise dos relatórios técnicos com as informações recebidas sobre a estrutura existente deve ser feita pelo engenheiro de estruturas com a colaboração do tecnologista de concreto.

5.6. Atribuições e deveres da equipe referentes aos ensaios na estrutura

A responsabilidade técnica sobre os ensaios na estrutura existente, bem como os respectivos resultados e apresentação do relatório técnico, fica a cargo do laboratório e/ou profissional responsável pelos ensaios, sob a orientação do plano de inspeções previamente aprovado pela equipe.

5.7. Atribuições e deveres da equipe referente à execução do retrofit

A execução das intervenções de retrofit é responsabilidade da construtora.

5.8. Atribuições e deveres do projetista no ATO (Acompanhamento Técnico de Obra)

O serviço de execução das obras não é responsabilidade do engenheiro de estruturas e dos demais profissionais envolvidos na fase de investigação e consultoria. A responsabilidade do engenheiro de estruturas limita-se ao projeto do retrofit e às consultas técnicas da obra que vêm a complementar o projeto.

Serviços de fiscalização de obra, verificação de escoramentos, montagem de fôrmas, armações e verificações de falhas de execução, não fazem parte do escopo do engenheiro de estruturas no atendimento à obra.

6. ETAPA 1: AVALIAÇÃO ESTRUTURAL

6.1. Avaliação da estrutura existente

A avaliação da estrutura existente é realizada por meio da **avaliação do projeto estrutural original** (se disponível) e da **investigação da estrutura existente** (plano de inspeções e ensaios).

Antes de qualquer intervenção é preciso saber qual é a situação do edifício a intervir. Para conhecer o estado atual da estrutura, muitas vezes é necessária a investigação do edifício desde

a sua concepção, a fim de minimizar possíveis imprevistos durante a execução das intervenções, face às inúmeras incertezas que existem. A avaliação deve ser feita em função do tipo de retrofit a ser realizado (Local ou Global).

6.1.1. Requisitos aplicáveis em função do tipo de retrofit

Na Tabela 4, estão descritos os principais requisitos de avaliação para intervenções estruturais, que se aplicam (S) e que não se aplicam (N) a cada tipologia de retrofit.

REQUISITOS DE AVALIAÇÃO DA ESTRUTURA COMO UM TODO	TIPO DE RETROFIT	
	LOCAL	GLOBAL
Inspeções e ensaios locais na estrutura	S	S
Investigações estruturais (inspeções e ensaios) globais na estrutura	N	S
Inspeções em fundações	N	S
Verificação dos carregamentos	S	S
Verificação de segurança e desempenho estrutural local	S	S
Análise da estabilidade global (com esforços de vento e avaliação dos limites para deslocamentos verticais e horizontais da estrutura)	N	S
Verificação de segurança e desempenho estrutural global	N	S
Verificação da segurança estrutural em situação de incêndio	N	S
Verificação da durabilidade da estrutura e atendimento a aumento de vida útil	N	S

Tabela 4: principais requisitos de avaliação para intervenções estruturais, que se aplicam (S) e que não se aplicam (N) à cada tipologia de retrofit.

6.1.2. Avaliação do Projeto Original (se existente) com base nas normas técnicas

A avaliação do projeto original é realizada segundo as normas vigentes na época da elaboração do projeto (ou documentos e literatura da época, nos casos que antecedem a primeira norma brasileira), identificando os itens que não atendem à norma vigente no ato da avaliação.

A avaliação do projeto com base nas normas técnicas em vigor deve considerar ao menos o que segue (em função do tipo de retrofit – ver Tabela 4):

- requisitos de durabilidade e vida útil da estrutura;
- cobrimento das armaduras e dimensões mínimas dos elementos estruturais;
- limites para deslocamentos verticais e horizontais da estrutura;
- forças devidas ao vento;
- exigências de resistência ao fogo;
- exigências de desempenho estrutural;
- análise das fundações existentes;
- avaliação da estrutura quanto a carregamentos dinâmicos;
- verificação da segurança estrutural local (lajes e vigas);
- verificação da segurança estrutural global (pilares e fundações);
- verificação dos carregamentos.

É necessário verificar se o projeto original está completo ou se existe a necessidade de realizar levantamentos geométricos e de armações da estrutura (*As Built* estrutural). Mesmo que o projeto

esteja completo, deve-se verificar a confiabilidade do projetado *versus* construído, eventualmente, reduzindo a amostragem caso se comprove um cenário positivo.

O primeiro passo é caracterizar o projeto atual e fazer uma avaliação técnica com o objetivo de identificar o grau de segurança da estrutura e o desempenho do edifício projetado.

A existência do projeto original completo reduz o tempo de análise e de investigação da estrutura, proporcionando uma maior confiabilidade das informações.

Caso o projeto estrutural completo não esteja disponível, será necessário investigar a estrutura por meio de inspeções, levantamentos (geométricos e de armaduras) e ensaios, para identificação do modelo estrutural adotado, dimensões dos elementos estruturais e suas armaduras e as propriedades dos materiais. Contudo, ainda não é possível obter-se uma análise técnica do projeto completo, mas sim subsídios preliminares sobre o estado atual da estrutura.

6.1.3. Investigação da Estrutura Existente (inspeções e ensaios) com base nas normas técnicas

Na avaliação de campo, devem ser verificados os aspectos relativos à execução da estrutura. Se houver relatório de "como construído" (*As Built* de Execução), como previsto na ABNT NBR 14931:2023, esta etapa poderá ser facilitada. Em função do tipo de retrofit, verificar:

- ✓ se a execução foi realizada conforme o projeto;
- ✓ se foram usados os materiais especificados em projeto (avaliar as propriedades e características mecânicas dos materiais utilizados - aço e concreto);
- ✓ se existem excentricidades e anomalias expressivas e aparentes nas fundações. Caso as excentricidades sejam expressivas, deve-se solicitar a verificação do consultor de fundações;
- ✓ se existem desaprumos consideráveis na estrutura;
- ✓ se existe histórico de eventuais não conformidades na execução e nos materiais (concreto);
- ✓ se existe histórico do controle tecnológico do concreto na obra;
- ✓ se houve falhas na execução da estrutura (falhas de concretagem, cobrimentos insuficientes, deformações e desaprumos visíveis, entre outros).

Com relação ao estado de conservação da estrutura no momento da avaliação, deve-se verificar:

- ✓ se existe histórico de manutenções preventivas e corretivas na estrutura;
- ✓ se os cobrimentos do aço comprometem a vida útil;
- ✓ se há histórico de manifestações patológicas que indiquem comprometimento da durabilidade da estrutura ou de elementos estruturais (lixiviação, expansão por sulfatos e reação álcali-agregado, corrosão do aço por carbonatação e/ou por cloretos, ações mecânicas, movimentações térmicas, impactos, ações cíclicas, retração, fluência e relaxação);
- ✓ se há degradação da estrutura em função do tempo, considerando os diferentes microclimas no interior e exterior da edificação.

6.1.4. Plano de investigação da estrutura existente

O plano de investigação deve conter ensaios, inspeções e procedimentos a serem definidos pelo engenheiro de estruturas, com a orientação do consultor de concreto e especialista em inspeções, conforme as necessidades identificadas na avaliação estrutural (ver Anexo A).

De posse das informações disponíveis, o engenheiro de estruturas deverá avaliar a estrutura existente por meio de modelos numéricos que validem o comportamento estrutural, identificando os pontos críticos da estrutura, que deverão ter seu detalhamento confirmado por meio de inspeções, levantamentos e ensaios de campo.

A análise de estabilidade global pode incluir a análise de travamentos secundários que trazem rigidez global à estrutura, como paredes não estruturais. Para consideração de parcela resistente das alvenarias, precisa ser feita uma análise criteriosa, considerando avaliação dos materiais existentes, as condições de vínculos com a estrutura e a permanência das alvenarias no futuro (em reformas posteriores).

Sobre estes pontos críticos devem ser realizadas investigações mais detalhadas, que possibilitem a definição dos critérios de intervenção necessários para a verificação da estrutura existente.

O profundo conhecimento da estrutura construída e as propriedades mecânicas dos materiais, aumentam a confiabilidade dos resultados da avaliação estrutural e, em decorrência disso, ampliam também o grau de segurança nas intervenções estruturais.

A definição das inspeções para verificar a conformidade de execução em relação ao projeto original e/ou pelo plano de investigação da estrutura (no caso da inexistência do projeto original) é atribuição do engenheiro de estruturas em conjunto com a equipe multidisciplinar, que definirão os locais de inspeção iniciais e poderão solicitar locais adicionais após uma primeira inspeção, quando as inspeções iniciais não forem conclusivas.

O engenheiro de estruturas que colabora na elaboração do plano de investigação e avaliação da estrutura deverá ser assessorado por um consultor de tecnologia de concreto, com relação a:

- definição da amostragem de inspeção;
- avaliação dos materiais;
- condições de durabilidade;
- tipo de ensaios a serem realizados, dentre outros.

A partir dessas informações, deve ser apresentado um plano de inspeções e de ensaios na estrutura existente.

Caso não seja possível atestar a segurança estrutural para a elaboração do projeto de retrofit, com base nos resultados obtidos dos ensaios e levantamentos, o engenheiro de estruturas, em conjunto com a equipe multidisciplinar, deverá solicitar novas investigações em campo.

É importante frisar e informar aos profissionais envolvidos (engenheiro executor, contratante e proprietário) que o estudo realizado engloba não apenas o projeto estrutural original, mas também a estrutura executada. E que, desta forma, deve-se abranger a pesquisa de campo com o objetivo de se identificar fidedignamente a correlação do que foi executado com o que foi projetado.

7. ETAPA 2: DESENVOLVIMENTO DO PROJETO DE RETROFIT ESTRUTURAL

Por meio dos estudos da intervenção solicitada pela nova arquitetura e com informações sobre o estado da estrutura existente (com base na avaliação estrutural realizada - Etapa 1), procede-se então ao desenvolvimento do projeto estrutural.

7.1. Projeto para ampliação de áreas novas

Tratando-se de ampliação de área, com estrutura nova desconexa da edificação existente, o engenheiro de estruturas deve projetar a estrutura de acordo com as normas brasileiras para projetos de edificações novas.

Nos casos de ampliação de estruturas novas complementares (superestruturas ou fundações), que se apoiam na estrutura existente, como mezaninos e pavimentos intermediários não previstos no projeto estrutural original, recomenda-se que o engenheiro de estruturas responsável solicite uma consulta ao projetista da estrutura original, de forma profissional e por intermédio do proprietário, quando possível.

7.2. Vida Útil da estrutura (VU) existente e Sobrevida Útil de Projeto (SVUP) de retrofit

7.2.1. Vida Útil (VU) de estruturas existentes

A Vida Útil (VU) de estruturas existentes de concreto, objeto de retrofit, pode variar dependendo de diversos fatores, como:

- características da estrutura (geometria, dimensões, cobrimentos, taxas de armadura, entre outros);
- condições de exposição da estrutura e agressividade do meio ambiente (ABNT NBR 6118:2023; item 6.4);
- ações e cargas ao longo do tempo;
- idade da estrutura existente (ações mecânicas, desgaste pelo uso, fadiga, relaxação e fluência dos materiais, movimentações térmicas, ações cíclicas, questões de aderência entre o concreto e as armaduras, entre outras);
- estado de conservação da estrutura relacionado com a durabilidade e tecnologia dos materiais, que estão fortemente ligadas com o envelhecimento natural da estrutura;
- tipo e qualidade do retrofit (local ou global, bem como tecnologia e durabilidade dos materiais envolvidos nas intervenções, inclusive revestimentos e proteções adicionais prevendo uma sobrevida útil) e as manutenções subsequentes realizadas na estrutura.

7.2.2. Sobrevida Útil de Projeto (SVUP) de retrofit

A Sobrevida Útil de Projeto (SVUP) de retrofit é um incremento estimado do prazo em que uma estrutura existente ou suas partes apresentarão desempenho satisfatório, contado a partir da intervenção de retrofit, considerando que sejam realizadas inspeções e manutenções periódicas na estrutura (naturalmente, em períodos mais curtos que os estabelecidos para edificações novas).

Intervenções de retrofit são necessárias quando, na etapa de avaliação estrutural, for verificado que a estrutura existente não cumpre com os requisitos mínimos de desempenho (e/ou segurança).

No entanto, em alguns casos, os requisitos de desempenho da estrutura, após o retrofit, não serão obrigatoriamente iguais aos da estrutura existente.

Os possíveis cenários envolvendo estruturas objeto de retrofit podem ser ilustrados na Figura 1 (onde fica clara a obrigatoriedade do incremento de desempenho):

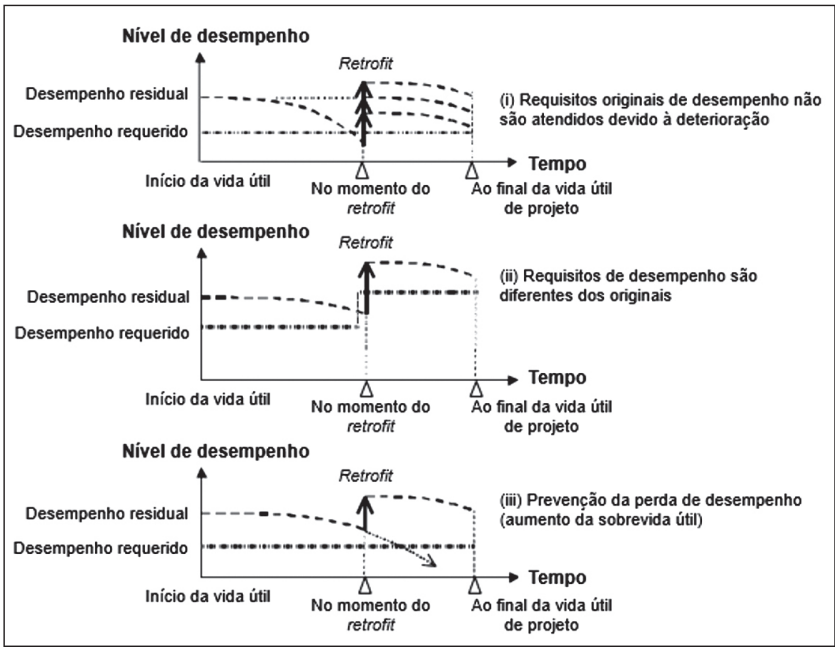

Figura 1 - Melhoria do desempenho em serviço por meio de retrofit (adaptado de UEDA; SHIMOMURA, 1999[3]).

Onde:

(i) Os requisitos de desempenho são os mesmos da estrutura original, mas seu comportamento em serviço está insatisfatório devido às ações de cargas, condições de exposição ao meio ambiente, manifestações patológicas, entre outros. Neste caso, por meio de intervenção de retrofit, é reestabelecido o desempenho que satisfaça os **requisitos iniciais do projeto original**.

(ii) São realizadas mudanças de uso da edificação e/ou as cargas de projeto são alteradas, ou pretende-se ter um nível de desempenho superior ao original. Neste caso, a intervenção de retrofit é necessária para adequar o comportamento da estrutura e satisfazer os **novos requisitos de desempenho**.

(iii) No momento da avaliação estrutural, identifica-se que a estrutura atende os requisitos mínimos de desempenho, porém, pretende-se ainda aumentar vida útil de projeto inicial/original da estrutura. Neste caso, a intervenção de retrofit proporcionará à estrutura um **incremento de desempenho estabelecido além da vida útil do projeto original** (sobrevida útil de projeto).

Diferentemente da vida útil de projeto numa concepção original, é complexo determinar um prazo para a sobrevida útil de uma estrutura objeto de retrofit, uma vez que diversas condicionantes não completamente conhecidas estão atuando fortemente ligadas com o envelhecimento natural da estrutura (principalmente as relacionadas com o seu uso em serviço por longo tempo, como ações mecânicas, desgaste, fadiga, fluência, relaxação, movimentações térmicas, ações cíclicas, aderência concreto/armadura, entre outras; bem como manifestações patológicas relacionadas com a durabilidade e tecnologia dos materiais).

3 UEDA, T.; SHIMOMURA, T. Guidelines for Retrofit of Concrete Structures (Draft). Japan Society Of Civil Engineers (JSCE), 1999.

Desse modo, mesmo que intervenções prevendo longínqua sobrevida útil tenham sido projetadas e realizadas, um programa rigoroso de inspeções[4] e manutenções preventivas e corretivas deve ser implementado (principalmente com relação aos materiais que compõem a estrutura e aos revestimentos necessários para sua proteção), baseado nas premissas estabelecidas no projeto de retrofit e nas normas nacionais vigentes (principalmente na ABNT NBR 14037:2024 "Diretrizes para elaboração de manuais de uso, operação e manutenção das edificações – Requisitos para elaboração e apresentação dos conteúdos" e na ABNT NBR 5674:2024 "Manutenção de edificações – Requisitos para o sistema de gestão de manutenção").

As negligências no atendimento integral das especificações técnicas definidas no memorial de manutenção da estrutura e especificações normativas, bem como ações anormais no uso da edificação, irão reduzir o tempo de sobrevida útil da estrutura.

Um exemplo ilustrativo sobre a importância das manutenções periódicas para a preservação da vida útil, pode ser visto na Figura 2.

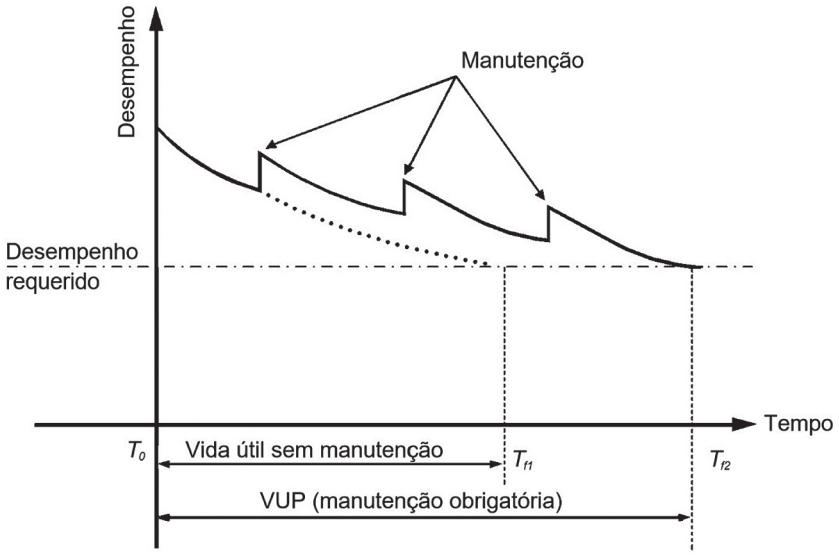

Figura 2 - Melhoria do desempenho ao longo do tempo por meio de manutenções periódicas (adaptado de ABNT NBR 15575-1:2024, Anexo C).

Dependendo do tipo de intervenção de retrofit (local ou global) e sua robustez e abrangência, o conceito de sobrevida útil de projeto (SVUP) pode ser aplicado à estrutura como um todo ou às suas partes. Dessa forma, determinadas partes das estruturas podem merecer consideração especial com sobrevida útil de projeto diferente do todo.

4 O conceito proposto segue a recomendação internacional: "*Guide to good practice: inspection and maintenance of reinforced and prestressed concrete structures*" publicado pela FIP (Federação Internacional de Protensão) em 1988. Esse modelo foi publicado também nos anais do IV Congresso Iberoamericano de patologia das construções em 1997 por FARIAS et al. (1997), onde:
I.R.: Inspeções rotineiras: inspeções realizadas periodicamente em todos os tipos de estruturas de concreto, por profissionais que tenham experiência em manutenção de uma maneira geral, não sendo necessária obrigatoriamente a presença de especialista;
I.E.: Inspeções extensivas: inspeções onde é necessária uma programação detalhada e requer a atuação de profissional especialista e apoio de laboratório idôneo para realização de ensaios. Deve ser realizada no período estabelecido e sempre que na inspeção rotineira seja identificada alguma alteração/manifestação patológica, ou a estrutura estiver submetida à ação de cargas extras.

Evidentemente, uma intervenção de retrofit não abrange necessariamente a integralidade da edificação existente, ficando a incumbência do engenheiro de estruturas limitada à parte onde ocorreu esta intervenção ou interface.

Conforme observado nesta Recomendação Técnica ABECE, é complexa a determinação precisa de uma sobrevida útil de um projeto envolvendo soluções de retrofit, devido a uma série de aspectos intrínsecos ao contexto de cada edificação, bem como outras questões de abrangência desconhecida, principalmente em estruturas existentes com idade muito avançada. Não obstante, em situações específicas nas quais o projetista deseja (ou o contratante exige) uma informação de sobrevida útil, recomenda-se o emprego de um estudo específico de durabilidade por meio de modelos de previsão de vida útil, a fim de se estimar valores razoáveis a serem informados em projeto, evidentemente considerando uma série de condicionantes e outros atributos relacionados com o uso e a parte da edificação/estrutura objeto de retrofit, as intervenções corretivas recomendadas nos cenários de reabilitação estrutural (eventuais reforços e medidas de proteção adicional para o incremento de vida útil) e principalmente as ações rigorosas estabelecidas no programa de manutenção da estrutura objeto de retrofit. Evidentemente que esse tipo de estudo envolve diversas disciplinas e a participação de uma equipe multidisciplinar, conforme explanado no item 5.1. desta Recomendação (Equipe).

7.2.3. Avaliação Técnica do Projeto de Retrofit

Entende-se por avaliação técnica de projeto de retrofit estrutural, os serviços realizados por um profissional habilitado, independente e diferente do projetista responsável pelo projeto do retrofit. A avaliação técnica é requerida e contratada pelo proprietário, e tem a finalidade de garantir que os requisitos de qualidade e conformidade, previstos na ABNT NBR 6118:2023 (seção 5), sejam atendidos.

No caso de intervenção de retrofit local/parcial, a avaliação técnica do projeto poderá ser dispensada, caso seja definido em comum acordo com as partes envolvidas (engenheiro de estruturas, proprietário e ou contratante).

É recomendável que a avaliação técnica do projeto de retrofit estrutural seja realizada desde o início da avaliação do projeto original e da investigação da estrutura.

Considerando a experiência já adquirida em projetos de obras novas, para a avaliação técnica de projetos de retrofit deve ser seguido o que estabelece a Recomendação ABECE 002-2015 (Avaliação Técnica do Projeto de Estruturas de Concreto) nos seguintes aspectos:

- ✓ qualificação e escolha do avaliador técnico;
- ✓ relação entre avaliador técnico e projetista de estruturas;
- ✓ aceite de recomendações.

8. ETAPA 3: ACOMPANHAMENTO TÉCNICO DE OBRA (ATO)

8.1. Atuação conjunta

Tratando-se de intervenção em edificações existentes, o projeto de retrofit estrutural não se resume ao material gráfico entregue, fazendo-se necessário o acompanhamento do engenheiro de estruturas e do tecnologista de concreto durante a execução das obras.

O início deste atendimento pode coincidir com o início das obras, uma vez que grande parte das obras de retrofit são iniciadas no processo de demolição de alvenarias e acabamentos, no qual a orientação do engenheiro de estruturas é de fundamental importância.

Mesmo com uma completa campanha de investigações, levantamentos e ensaios, não é possível garantir em toda a sua totalidade a exatidão da estrutura projetada. Novas situações podem manifestar-se e devem ser avaliadas pelo engenheiro de estruturas, principalmente nos casos em que o projeto estrutural original se encontra incompleto ou é inexistente.

8.2. Objetivo do ATO

A atribuição do ATO é acompanhar as obras de retrofit estrutural por meio de visitas técnicas em campo e atendimento remoto no escritório; não podendo-se confundir o acompanhamento com fiscalização de obra.

O acompanhamento das obras pode garantir que a execução seguirá os conceitos definidos em projeto para a estrutura da edificação.

8.3. Escopo do ATO

O ATO tem como atribuição mínima proceder com o esclarecimento de dúvidas no que se refere ao projeto do retrofit estrutural e revisar os desenhos, quando necessário.

O acompanhamento das obras torna-se fundamental, principalmente, no suporte técnico à equipe de obra, para dirimir dúvidas durante a execução, identificar e entender possíveis interferências e incompatibilidades encontradas nas estruturas existentes, avaliar o aparecimento de manifestações patológicas estruturais não detectadas antecipadamente, solucionar eventuais inconsistências entre os projetos e levantamentos não contemplados na fase de projeto, propor soluções técnicas e revisar projetos quando necessário. Nestes casos, o atendimento é passível de cobrança de honorários.

Adicionalmente, é necessário avaliar, em conjunto com os engenheiros executores, possíveis sequências construtivas, demolições, necessidades de escoramentos e travamentos da estrutura, substituição de materiais do projeto e necessidade de adaptação ou alteração do projeto na obra.

Quando é prevista a retirada de alvenarias de vedação, deve ser verificada a função das alvenarias na contribuição do travamento da estrutura.

9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Algumas referências bibliográficas podem ser utilizadas para a realização de um retrofit estrutural. A seguir são apresentadas algumas das normas brasileiras e uma metodologia (IPT):

- ✓ ABNT NBR 5674:2024 – Manutenção de edificações – Requisitos para sistema de gestão de manutenção;
- ✓ ABNT NBR 5739:2018 – Concreto – Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos;
- ✓ ABNT NBR 6118:2023 – Projeto de estruturas de concreto;
- ✓ ABNT NBR 6120:2019 – Ações para cálculo de estruturas de edificações;
- ✓ ABNT NBR 6122:2022 – Projeto e execução de fundações;
- ✓ ABNT NBR 6123:2023 – Forças devido ao vento em edificações;

- ✓ ABNT NBR 7211:2022 – Agregados para concreto – Requisitos;
- ✓ ABNT NBR 7584:2012 – Concreto endurecido – Avaliação da dureza superficial pelo esclerômetro de reflexão – Método de ensaio;
- ✓ ABNT NBR 7680-1:2015 – Concreto – Extração, preparo, ensaio e análise de testemunhos de estruturas de concreto – Parte 1: Resistência à compressão axial;
- ✓ ABNT NBR 7680-2:2015 – Concreto – Extração, preparo, ensaio e análise de testemunhos de estruturas de concreto – Parte 2: Resistência à tração na flexão;
- ✓ ABNT NBR 8522-1:2021 – Concreto endurecido – Determinação dos módulos de elasticidade e de deformação. Parte 1: Módulos estáticos à compressão;
- ✓ ABNT NBR 8522-2:2021 – Concreto endurecido – Determinação dos módulos de elasticidade e de deformação. Parte 2: Módulo de elasticidade dinâmico pelo método das frequências naturais de vibração;
- ✓ ABNT NBR 8800:2008 – Projeto de estruturas de aço e de estruturas mistas de aço e concreto de edifícios;
- ✓ ABNT NBR 8802:2019 – Concreto endurecido – Determinação da velocidade de propagação de onda ultrassônica;
- ✓ ABNT NBR 9204:2012 – Determinação da resistividade elétrico-volumétrica – Método de ensaio;
- ✓ ABNT NBR 9452:2023 – Inspeção de pontes, viadutos e passarelas – Procedimento;
- ✓ ABNT NBR 9607:2023 Prova de carga estática em estriuturas de concreto – Requisitos e procedimentos;
- ✓ ABNT NBR 9778:2005 – Argamassa e concreto endurecidos – Determinação da absorção de água, índice de vazios e massa específica;
- ✓ ABNT NBR 9917:2022 – Agregado para concreto – Determinação de sais, cloretos e sulfatos solúveis;
- ✓ ABNT NBR 13528:2019 – Revestimento de paredes de argamassas inorgânicas – Determinação da resistência de aderência à tração;
- ✓ ABNT NBR 13755:2017 – Revestimento cerâmicos de fachadas e paredes externas com utilização de argamassa colante – Projeto, execução, inspeção e aceitação – Procedimento;
- ✓ ABNT NBR 14037:2024 – Diretrizes para elaboração de manuais de uso, operação e manutenção das edificações – Requisitos para elaboração e apresentação de conteúdos;
- ✓ ABNT NBR 14432:2001 - Exigências de resistência ao fogo de elementos construtivos de edificações - Procedimento;
- ✓ ABNT NBR 15200:2024 – Projeto de estruturas de concreto em situação de incêndio;
- ✓ ABNT NBR 15575-1:2024 – Edificações habitacionais – Desempenho. Parte 1: Requisitos gerais;
- ✓ ABNT NBR 15575-2:2013 – Edificações habitacionais – Desempenho. Parte 2: Requisitos para os sistemas estruturais;
- ✓ ABNT NBR 15575-3:2021 – Edificações habitacionais – Desempenho. Parte 3: Requisitos para os sistemas de pisos;
- ✓ ABNT NBR 15575-4:2021 – Edificações habitacionais – Desempenho. Parte 4: Requisitos para os sistemas de vedações verticais internas e externas – SVVIV;

- ✓ ABNT NBR 15575-5:2021 – Edificações habitacionais – Desempenho. Parte 5: Requisitos para os sistemas de coberturas;
- ✓ ABNT NBR 15575-6:2021 – Edificações habitacionais – Desempenho. Parte 6: Requisitos para os sistemas hidrossanitários;
- ✓ ABNT NBR 15577-1:2018 - Agregados – Reatividade álcali-agregado Parte 1: Guia para avaliação da reatividade potencial e medidas preventivas para uso de agregados em concreto;
- ✓ ABNT NBR 15577-2:2018 - Agregados – Reatividade álcali-agregado Parte 2: Coleta, preparação e periodicidade de ensaios de amostras de agregados para concreto;
- ✓ ABNT NBR 15577-3:2018 – Agregados – Reatividade álcali-agregado Parte 3: Análise petrográfica para verificação da potencialidade reativa de agregados em presença de álcalis do concreto;
- ✓ ABNT NBR 15577-4:2018 – Agregados – Reatividade álcali-agregado Parte 4: Determinação da expansão em barras de argamassa pelo método acelerado;
- ✓ ABNT NBR 15577-5:2018 – Agregados – Reatividade álcali-agregado Parte 5: Determinação da mitigação da expansão em barras de argamassa pelo método acelerado;
- ✓ ABNT NBR 15577-6:2018 – Agregados – Reatividade álcali-agregado Parte 6: Determinação da expansão em prismas de concreto;
- ✓ ABNT NBR 15577-7:2018 – Agregados – Reatividade álcali-agregado Parte 7: Determinação da expansão em prismas de concreto pelo método acelerado;
- ✓ ABNT NBR 16230:2013 – Inspeção de estruturas de concreto – Qualificação e certificação de pessoal – Requisitos;
- ✓ ABNT NBR 16280:2024 Reforma em edificações – Sistema de gestão de reformas – Requisitos;
- ✓ ABNT NBR 16747:2020 – Inspeção predial – Diretrizes, conceitos, terminologia e procedimento;
- ✓ IPT – 25 – Reconstituição de traço de concreto.

ANEXO A

INVESTIGAÇÕES E ENSAIOS QUE PODEM FAZER PARTE DO PLANO DE INSPEÇÕES:

- ✓ Investigação da armação com ensaio de determinação magnética de armadura (pacometria), georadar e inspeções físicas;
- ✓ Cadastramento das dimensões dos elementos estruturais, por meio de levantamentos da geometria da estrutura;
- ✓ Investigação dos cobrimentos das armaduras, por meio de inspeções físicas, determinação magnética de armadura (pacometria) e georadar;
- ✓ Determinação da resistência do concreto pela extração e rompimento de testemunhos;
- ✓ Determinação do módulo de elasticidade do concreto de testemunhos de concreto extraídos;
- ✓ Determinação da dureza superficial do concreto através de ensaio de esclerometria e ensaio de penetração de pino;
- ✓ Determinação da aderência do concreto através do ensaio de pull off;
- ✓ Determinação da aderência entre o concreto e aço por ensaio de pull out;
- ✓ Ensaios de tração em barras de aço para obtenção da resistência à tração do aço;
- ✓ Ensaios de frente de carbonatação, reconstituição de traço e presença de cloretos e/ou sulfatos no concreto;
- ✓ Ensaios de ultrassom no concreto (em campo e laboratório) para verificar a integridade e homogeneidade do concreto, além de eventuais fissuras internas;
- ✓ Ensaio de tomografia no concreto para a identificação de possíveis regiões com indícios de desplacamentos e/ou vazios internos;
- ✓ Avaliação de potencial de corrosão das armaduras e resistividade elétrica superficial e volumétrica;
- ✓ Avaliação de reação álcali-agregado, sulfatos e outros tipos de reações expansivas no concreto por meio de análise petrográfica e/ou por microscopia;
- ✓ Avaliação de massa específica, absorção de água e índices de vazios no concreto;
- ✓ Eventuais inspeções para levantamentos de espessuras do concreto, revestimentos e enchimentos existentes;
- ✓ Eventuais inspeções para levantamentos de cargas de paredes e demais cargas permanentes na estrutura;
- ✓ Verificação/medição de deslocamentos verticais, horizontais e desaprumos em elementos estruturais;
- ✓ Inspeções visuais (com registro fotográfico) na estrutura para avaliação preliminar do seu estado de conservação e identificação de eventuais manifestações patológicas no concreto;
- ✓ Inspeções com o uso de drone na estrutura para avaliação preliminar do seu estado de conservação e identificação de eventuais manifestações patológicas no concreto;
- ✓ Mapeamento de fissuras e medição de abertura de fissuras com o uso de fissurômetro e trena;

- ✓ Uso de martelo geológico para identificação de regiões de baixa qualidade nas estruturas de concreto;
- ✓ Verificação de eventual perda de seção das armaduras com o uso de paquímetro, quando existir corrosão do aço;
- ✓ Realização de prova de carga estática e dinâmica (após análise da tipologia do sistema estrutural existente e estudo de viabilidade para a realização da prova de carga), em conformidade com a ABNT NBR 9607:2023.

ANEXO B

EXEMPLOS DE CASOS DE PROJETO DE RETROFIT:

Caso 1: Edificação comercial dos anos 90 que será transformada em uma edificação residencial.

Alterações de projeto: Acréscimo de 2 elevadores e uma escada da fundação à cobertura, alteração de fachada com acréscimo de terraços externos que serão parcialmente apoiados na estrutura existente.

Observação: Foram encontrados os projetos originais.

Procedimento sugerido:

1. **Identificação do tipo de retrofit (local ou global):** Neste caso é global, pois há elevado acréscimo de carga nos pilares e alteração significativa de distribuição de carga por conta das novas aberturas;
2. **Verificação da estrutura existente:** Como neste caso tem-se o projeto original, é necessário verificar por amostragem se a obra seguiu o projeto original, confirmando dimensões de peças estruturais e armações existentes. Caso seja comprovada a conformidade do projeto, seguir com base no projeto. Isso diminui muito as investigações existentes;
3. **Verificação dos parâmetros dos materiais existentes:** Nesse item, é recomendável a presença de um tecnologista do concreto. São necessárias a caracterização da resistência do concreto por amostragem de extrações, e a verificação da qualidade do concreto com ensaios de carbonatação, teor de cloretos e demais ensaios pertinentes à edificação em questão;
4. **Análise da estrutura com as novas cargas:** Analisar a estrutura existente com as novas cargas do novo layout e verificar a necessidade de reforços estruturais. Nesse item, é recomendável fazer a verificação da estrutura com modelos mais refinados de cálculo para ter resultados mais precisos. É necessário também avaliar as fundações existentes;
5. **Projeto dos reforços estruturais e definição de metodologias executivas:** Após análise com as novas cargas, o projeto de retrofit se dá por encerrado quando todos os reforços são entregues, bem como a metodologia executiva de demolições/reconstruções e reforços;
6. **Assistência à obra:** Durante a fase executiva, se aproximar da construtora e estar disponível para sanar dúvidas relacionadas ao projeto e auxiliar em resoluções de problemas devido a "surpresas" que podem acontecer um uma obra de retrofit.

Caso 2: Edificação residencial dos anos 60 que será reformada com mudança de layout e restauração da fachada.

Alterações de projeto: Renovação das instalações elétrica e hidráulicas, restauração da fachada, alteração de layout de vedações em todos os andares, acréscimo de uma piscina na cobertura com aproximadamente 6 m^2 (ocupando a área de um dormitório padrão) e carga de 6.000 kgf (concentrada diretamente em 4 pilares).

Procedimento sugerido:

1. **Identificação do tipo de retrofit (local ou global):** Neste caso é local, pois não há elevado acréscimo de carga nos pilares ou alteração significativa dos pórticos da estrutura;
2. **Verificação da estrutura existente:** Como neste caso o retrofit é local, a verificação da estrutura existente é pontual, apenas nos elementos que sofrerão alteração de carga, ou necessidade de furação por conta da alteração de instalações. É necessário solicitar investigação geométrica e de armaduras de todos os elementos estruturais que serão submetidos a esses novos esforços;
3. **Verificação dos parâmetros dos materiais existentes:** Nesse item, é recomendável a presença de um tecnologista do concreto. São necessárias a caracterização da resistência do concreto por amostragem de extrações e a verificação da qualidade do concreto com ensaios de carbonatação, teor de cloretos e demais ensaios pertinentes a edificação em questão. Essa verificação se dá de forma pontual, apenas nos elementos afetados;
4. **Análise da estrutura com as novas cargas:** Analisar a estrutura existente com as novas cargas do novo layout e verificar a necessidade de reforços estruturais. Nesse item, é recomendável fazer a verificação da estrutura com modelos mais refinados de cálculo para ter resultados mais precisos;
5. **Projeto dos reforços estruturais e definição de metodologias executivas:** Após análise com as novas cargas, o projeto de retrofit se dá por encerrado quando todos os reforços são entregues, bem como a metodologia executiva de demolições/reconstruções e reforços;
6. **Assistência à obra:** Durante a fase executiva, se aproximar da construtora e estar disponível para sanar dúvidas relacionadas ao projeto e auxiliar em resoluções de problemas devido a "surpresas" que podem acontecer um uma obra de retrofit.

Av. Queiroz Filho, 1700, Casa 80
Condomínio Vila Lobos Office Park
Vila Hamburguesa
CEP 05319-000 – São Paulo/SP
abece@abece.com.br
Tel/WhatsApp: (11) 3938-9400
www.abece.com.br
Facebook: ABECE.com.br
Instagram:@abece_associacao
Linkedin: https://www.linkedin.com./in/abece/
Twitter: http://twitter.com/abece_abece

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENGENHARIA E CONSULTORIA ESTRUTURAL
ABECE

AUTORES DESTE DOCUMENTO E MEMBROS DO COMITÊ TÉCNICO DE RETROFIT DA ABECE:

Coordenação:
Jeferson Azeredo da Rosa (redator)
Jessica Tarenzi Ramos (revisora)

Colaboração e Desenvolvimento:
Augusto G. Pedreira de Freitas
Cândido Magalhães
Carlos Britez / Mariana P. Carvalho
César Pinto / Rafael Navarra
Claudio Adler
Francisco Paulo Graziano
Heloisa Martins Maringoni
Leonardo Braga Passos
Luiz Aurélio Fortes da Silva
Ricardo Borges Kerr
Ricardo França
Selmo Chapira Kuperman

Revisão final:
Inês Battagin