

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE CONSTRUÇÃO CIVIL
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

NATHALY TAUANY FILLA

**RETROFIT DE ESTRUTURAS – ÊNFASE ÀS SOLUÇÕES
ESTRUTURAIS COM AÇO**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

CAMPO MOURÃO

2017

NATHALY TAUANY FILLA

**RETROFIT DE ESTRUTURAS – ÊNFASE ÀS SOLUÇÕES
ESTRUTURAIS COM AÇO**

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação apresentado à Disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso 2, do Curso Superior em Engenharia Civil do Departamento Acadêmico de Construção Civil – DACOC - da Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR, para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Dr. Ronaldo Rigobello

CAMPO MOURÃO

2017



Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Câmpus Campo Mourão
Diretoria de Graduação e Educação Profissional
Departamento Acadêmico de Construção Civil
Coordenação de Engenharia Civil



TERMO DE APROVAÇÃO

Trabalho de Conclusão de Curso

RETROFIT DE ESTRUTURAS – ÊNFASE ÀS SOLUÇÕES ESTRUTURAIS COM AÇO

por

Nathaly Tauany Filla

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi apresentado às 19h30min do dia 20 de junho de 2017, como requisito parcial para a obtenção do título de ENGENHEIRO CIVIL, pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

**Prof^a. Dr^a. Fabiana Goia Rosa
de Oliveira**

(UTFPR)

Prof. Paulo Henrique Rodrigues

(UTFPR)

Prof. Dr. Ronaldo Rigobello

(UTFPR)

Orientador

Responsável pelo TCC: **Prof. Me. Valdomiro Lubachevski Kurta**

Coordenador do Curso de Engenharia Civil:

Prof. Dr. Ronaldo Rigobello

A Folha de Aprovação assinada encontra-se na Coordenação do Curso.

AGRADECIMENTOS

Sem dúvida, o primeiro agradecimento deve ser aos meus pais, Sidnei e Lorna, minha irmã Nicolay, e ao restante de minha família. Foram primordiais para a realização desse sonho, uma vez que neles obtive todo o apoio, força e amor para continuar mesmo nos momentos mais difíceis dessa jornada. Se mostraram protetores, deixando de lado seus desejos pessoais e enfrentando muitas dificuldades, mas sempre firmes para que eu conseguisse me tornar engenheira civil.

A Deus, por ser minha fortaleza, meu refúgio e meu caminho toda vez que o desespero e a solidão bateram à minha porta. Foram muitos os obstáculos, os quais sem minha fé não seriam desviados.

Aos meus amigos, tanto os de longa data como os novos feitos durante esses anos na faculdade, que mantiveram minha alegria e determinação a cada dia que passava.

Ao meu namorado Samuel, que se mostrou presente em todos os momentos de desespero e dificuldade, me fazendo acreditar em mim mesma e persistir em busca do meu sonho.

Aos meus professores, em especial ao meu orientador, que sempre compartilharam seus conhecimentos e deram seu melhor para tornar seus alunos em excelentes profissionais, mostrando sempre paciência e habilidade para lidar com todos da melhor maneira possível.

Encerro aqui muito satisfeita por mais uma etapa.

A todos, deixo meu agradecimento e carinho especial.

“Sua tarefa é descobrir o seu trabalho e, então,
com todo o coração, dedicar-se a ele.”

Buda.

RESUMO

FILLA, Nathaly T. Retrofit de Estruturas – Ênfase às soluções estruturais com aço. 2017. 70 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Campo Mourão, 2017.

A diferença entre o processo do Retrofit e a reforma tradicional está na modernização dos sistemas prediais e na preservação da arquitetura da edificação. O conceito do Retrofit é a mistura entre a arquitetura antiga e a contemporânea para valorizar o entorno e a história do imóvel, além da adequação da edificação às novas finalidades. Com a popularização desse processo, já se têm inúmeros exemplos que comprovam sua eficácia e vantagem econômica quando feitos os devidos estudos preliminares. A utilização do aço nesse processo mostra-se muito promissora, uma vez que é um material com elevada resistência, confiabilidade e outras inúmeras qualidades a serem exploradas, as quais são favoráveis para o processo em questão. O presente trabalho consiste em explorar e analisar o Retrofit, expondo e discutindo as vantagens da utilização do aço no processo, com a apresentação de exemplos reais e bem-sucedidos em diversas situações.

Palavras-chave: Retrofit. Soluções Estruturais. Modernização. Aço. Eficiência.

ABSTRACT

FILLA, Nathaly T. Retrofit of structures – Structural solutions with steel. 2017. 70 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Campo Mourão, 2017.

The difference between the Retrofit process and the traditional reform consists in the modernization of the building systems and preservation of the architecture. The concept of retrofit is to mix old and contemporary architecture to value the surroundings and history of the property. With popularization of this process, there are lots of examples that prove its efficiency and economic advantage when preliminary studies are made. The utilization of steel in this process is very promising since steel it is a material that has high strength, reliability and various other qualities which can be to be considered suitable in this process. The present work has as purpose to explore and analyze the Retrofit, exposing and discussing the advantages of the use of steel in the process, presenting real and successful examples in various situations.

Keywords: Retrofit. Structural Solutions. Modernization. Steel. Efficiency.

LISTA DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1 - Fluxograma de um diagnóstico. | 14 |
| Figura 2 - Exemplo de detalhes construtivos: à esquerda furos oblongos na chapa de ligação para facilitar a montagem e adequar folgas imprevistas, à direita uso de borracha sintética para auxílio na deformação. | 19 |
| Figura 3 - Fixação por: a) parafusos de expansão, b) parafusos com adesivo químico, c) chumbadores protendidos. | 20 |
| Figura 4 - Exemplo de interface com colarinho metálico em pilar de concreto. | 20 |
| Figura 5 - Reforço com chapas metálicas coladas, chumbadas e com perfis metálicos. | 25 |
| Figura 6 - Reforço contra o cisalhamento através de chapas metálicas coladas. | 25 |
| Figura 7 – À esquerda exemplo de reforço com chapas metálicas chumbadas, à direita ilustração de costura de fissuras a partir da utilização de protensão. | 25 |
| Figura 8 - À esquerda, Igreja de Santa Sofia com perfil metálico chumbado na estrutura; ao centro, Palácio Nacional e à direita, Antiga Escola de Medicina, ambos na Cidade do México, com reforço com anéis metálicos. | 26 |
| Figura 9 - Cúpula da Igreja de São Cristóvão e detalhe de pilar inserido no arco. | 28 |
| Figura 10 - Métodos de Retrofit. | 31 |
| Figura 11 – Desempenho devido ao Retrofit. | 33 |
| Figura 12 - Imagem do Matadouro desativado. | 34 |
| Figura 13 - Reconstrução dos pavilhões. | 35 |
| Figura 14 – Contraste entre a estrutura antiga e os novos elementos. | 36 |
| Figura 15 – Detalhes construtivos em aço. | 37 |
| Figura 16 – Detalhe da passarela que interliga os galpões. | 37 |
| Figura 17 – Ambiente externo da Cinemateca Brasileira. | 38 |
| Figura 18 - Vista frontal da Pinacoteca de São Paulo. | 39 |
| Figura 19 - Detalhe da claraboia na cobertura da Pinacoteca. | 39 |
| Figura 20 - Detalhe das passarelas metálicas e elevador implantados nos pátios internos. | 40 |
| Figura 21 - Planta do pavimento térreo da Pinacoteca. | 40 |
| Figura 22 - Planta do segundo pavimento da Pinacoteca. | 41 |
| Figura 23 - Auditório. | 41 |
| Figura 24 - Detalhes dos substitutos das antigas esquadrias. | 42 |

| | |
|---|----|
| Figura 25 - Gran Meliá Nacional Rio de Janeiro, antigo Hotel Nacional..... | 44 |
| Figura 26 - Fachada antes do processo..... | 44 |
| Figura 27 - Perspectiva da fachada com distinção clara entre a fachada restaurada e a fachada adjacente. | 45 |
| Figura 28 - Red Bull Station. | 46 |
| Figura 29 - Cobertura do Red Bull Station. | 47 |
| Figura 30 - Layout do Hotel Jaguará com seus acréscimos..... | 48 |
| Figura 31 - Corte Hotel Jaraguá. | 49 |
| Figura 32 - Hotel Jaraguá após Retrofit. | 50 |
| Figura 33 - Interior da casa antes do Retrofit. Percebe-se que existiu desmoronamento dos pisos e parte do telhado. | 51 |
| Figura 34 - Parte externa da edificação antes do Retrofit. | 52 |
| Figura 35 - Layout do terreno. | 52 |
| Figura 36 - Centro Culturas Parque das Ruínas. | 53 |
| Figura 37 - Visualização das escadas e passarelas de aço. | 54 |
| Figura 38 - Caminho realizado pelo carregamento do patamar atirantado. | 54 |
| Figura 39 - Corte longitudinal apresentando os acréscimos realizados no Retrofit...55 | 55 |
| Figura 40 - Projeto da fachada do teatro. | 56 |
| Figura 41 - Edifício anexo construído com estrutura metálica..... | 56 |
| Figura 42 - As vigas receberam reforço com perfis I na face inferior. | 57 |
| Figura 43 - Complexo do ADGB..... | 58 |
| Figura 44 - Intervenção antiga à esquerda e novo Retrofit à direita..... | 59 |
| Figura 45 - Antigo refeitório à esquerda e refeitório com intervenções realizadas anteriormente à direita. | 59 |
| Figura 46 - Refeitório após o Retrofit. | 60 |
| Figura 47 - Escada com fechamentos após intervenção realizada anteriormente à esquerda e escada recuperada após Retrofit à direita..... | 60 |
| Figura 48 - Avaliação estrutural através do Método dos Elementos Finitos..... | 61 |
| Figura 49 - Corte transversal com ênfase ao uso de tirantes para restringir a abertura da abóboda. | 62 |
| Figura 50 - Corte longitudinal com ênfase ao mecanismo que restringiu a ruína da fachada. | 62 |
| Figura 51 - Planta e detalhe da ancoragem da fachada principal com uso de cabos ligados à viga treliçada. | 63 |

SUMÁRIO

| | | |
|----------|--|-----------|
| 1 | INTRODUÇÃO | 8 |
| 2 | OBJETIVOS | 9 |
| 2.1 | OBJETIVO GERAL | 9 |
| 2.2 | OBJETIVOS ESPECÍFICOS | 9 |
| 3 | JUSTIFICATIVA | 10 |
| 4 | METODOLOGIA | 11 |
| 5 | O RETROFIT E O EMPREGO DO AÇO COMO SOLUÇÃO ESTRUTURAL | 12 |
| 5.1 | RETROFIT | 12 |
| 5.2 | O AÇO NA CONSTRUÇÃO CIVIL | 15 |
| 5.3 | INTERFACES | 18 |
| 5.3.1 | Aço x Concreto Armado | 19 |
| 5.3.2 | Aço X Alvenaria Estrutural | 25 |
| 5.3.3 | Aço X Madeira | 28 |
| 5.4 | ESCOLHA DO MÉTODO DE RETROFIT | 30 |
| 5.5 | EXEMPLOS DE EDIFICAÇÕES RETROFITADAS | 34 |
| 5.5.1 | Cinemateca Brasileira, São Paulo | 34 |
| 5.5.2 | Pinacoteca de São Paulo | 38 |
| 5.5.3 | Hotel Nacional, Rio de Janeiro | 42 |
| 5.5.4 | Hospital do Câncer A.C. Camargo, São Paulo | 44 |
| 5.5.5 | Centro Cultural Red Bull Station, São Paulo | 46 |
| 5.5.6 | Hotel Jaraguá, São Paulo | 48 |
| 5.5.7 | Centro Cultural Parque das Ruínas, Rio de Janeiro | 51 |
| 5.5.8 | Teatro Brasileiro de Comédia, São Paulo | 55 |
| 5.5.9 | Complexo de edifícios da <i>ADGB Trade Union School</i> | 58 |
| 5.5.10 | Antigo Templo de Corpus Christi, Cidade do México | 61 |
| 6 | CONSIDERAÇÕES FINAIS E CONCLUSÃO | 64 |

1 INTRODUÇÃO

A construção civil é indispensável para a vida humana e a evolução de seus processos é dependente das inovações que surgem da necessidade de maior produtividade, diminuição de desperdícios, menores custos e maior qualidade. Para suprir todas as necessidades existentes dos consumidores, de maneira a se evitar a insatisfação, a todo momento são realizados estudos e aperfeiçoamento dos processos construtivos.

O Retrofit pode ser considerado como um potencial substituto para a tradicional reforma ou revitalização de um empreendimento. No setor da construção civil é visto como uma tendência que propõe atualizar uma edificação tecnologicamente, de modo que se possa alcançar conforto, segurança e funcionalidade para o usuário, e viabilidade econômica para o investidor (VALE, 2006).

A disponibilidade de materiais para o uso na construção civil é bastante variada. O aço é um elemento ainda pouco explorado no Brasil e tem características interessantes para aplicações estruturais. Graças a sua origem industrializada ele apresenta uniformidade em seus componentes, logo são pequenas as variações encontradas, o que remete a um melhor aproveitamento de suas qualidades mecânicas (TEOBALDO, 2004).

Sendo assim, torna-se promissora a junção entre a técnica do Retrofit e o uso do aço como material principal nas soluções estruturais em edificações. Algumas vantagens do aço são amplamente exploradas nessa técnica construtiva, como a possibilidade de utilizar peças com menores dimensões, graças a sua alta relação entre resistência e peso específico, o que conseqüentemente gera maior leveza na estrutura, facilita o transporte e manuseio das peças, e ainda ressalta e valoriza os elementos pré-existentes (TEOBALDO, 2004).

Os métodos construtivos tradicionais já são considerados ultrapassados, e grande maioria dos avanços tecnológicos já denota o aço como elemento mais viável na construção civil. Nesse contexto, o presente trabalho tem como finalidade aprofundar o estudo sobre o uso do aço nos processos de Retrofit e apontar suas vantagens como material promissor na solução estrutural das edificações.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Analisar as diferentes aplicabilidades do processo de Retrofit utilizando o aço como elemento principal para a solução estrutural.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Descrever o processo de Retrofit;
- Estudar as aplicações desse processo com solução estrutural fazendo uso do aço;
- Discutir sobre exemplos reais onde houve a utilização do processo em questão, e apontar as características mais relevantes relacionadas ao tema.

3 JUSTIFICATIVA

O mercado imobiliário está cada vez mais crítico quanto à reforma e revitalização, uma vez que essa área é responsável por um investimento significativo realizado nas edificações; e também pela falta de disponibilidade de locais para novos empreendimentos nos grandes centros urbanos.

Uma técnica que já é disseminada em países europeus e nos Estados Unidos, e está conquistando seu espaço no Brasil de maneira promissora, é o Retrofit. Trata-se de uma alternativa para reforma, revitalização e restauração, de maneira que preserve e valorize as características da edificação, baseada na introdução de novas tecnologias, materiais e sistemas prediais que permitam maior eficiência para a mesma. O diferencial dessa técnica é a sua velocidade de execução quando comparado as alternativas convencionais.

Comumente, utilizam-se materiais diferentes dos usados na construção original, e é nesse sentido que o aço se destaca, principalmente por ser um material leve e de fácil montagem. A utilização de estruturas metálicas como solução para o reforço estrutural é um campo em ampliação. A construção civil brasileira teve um desenvolvimento tardio com relação ao aço, devido ao preconceito cultural existente no país. Para o incentivo do uso desse material, os próprios produtores de aço se esforçaram para inseri-lo no mercado construtivo, conduzindo pesquisas e realizando congressos e eventos onde expõem os benefícios e a aplicabilidade do material em questão (TEOBALDO, 2004).

A necessidade de estudos que explanem mais sobre o assunto e colaborem para comprovar a eficácia do processo justifica a elaboração do presente trabalho, o qual tem como objetivo o aprofundamento teórico sobre o processo do Retrofit e o uso do aço principalmente em soluções estruturais nas edificações.

4 METODOLOGIA

A elaboração do presente trabalho teve como base a pesquisa em artigos, dissertações, revistas, dentre tantos outros materiais disponíveis. O trabalho baseou-se no estudo de projetos de intervenção reconhecidos, os quais foram selecionados de acordo com a importância do Retrofit realizado e a solução estética ou estrutural da intervenção com aço.

Para se chegar ao nível de análise dos exemplos selecionados, tornou-se necessária uma preparação de base técnica e conceitual através de pesquisa bibliográfica. A referida pesquisa pode ser classificada como participante de três tipos de caráter: descritivo, exploratório e explicativo. Descritivo, pois, constitui-se de estudo, análise, registro e interpretação de dados sem a interferência do pesquisador. Exploratório, uma vez que visa oferecer informações sobre o tema pesquisado e orientar a formulação de hipóteses. Explicativo, pois registra fatos, analisa-os, interpreta-os e identifica suas causas. Com isso, espera-se que seja propiciado o levantamento, organização e registro dos materiais e dados referentes ao assunto.

O trabalho consiste no estudo do processo de Retrofit e, com base nos levantamentos obtidos na identificação das medidas estruturais que vêm sendo utilizadas, avalia-se a utilização do aço e os procedimentos que beneficiam o uso desse material. De maneira conjunta, são expostos exemplos de edificações que receberam o processo de Retrofit, descritas as mudanças realizadas, e discutidas a necessidade e as vantagens da utilização do método.

A exposição de exemplos facilita a compreensão do referido processo, uma vez que deixa explícita a intervenção realizada nas edificações, de maneira que o assunto se torna mais inteligível. A pesquisa visa trazer informações e servir como referência para futuros trabalhos interessados no tema.

5 O RETROFIT E O EMPREGO DO AÇO COMO SOLUÇÃO ESTRUTURAL

5.1 RETROFIT

De acordo com a tradução literal do termo, Retrofit significa “colocar o antigo em boa forma”. O método surgiu nos Estados Unidos e na Europa, regiões onde a rigorosa legislação não permite mudanças nas edificações com valor histórico, esse processo se baseia em revitalizar edifícios antigos de maneira que sua vida útil seja aumentada e suas tecnologias renovadas, com a incorporação de novos sistemas prediais que atendam melhor as necessidades dos usuários (VALE, 2006).

A norma brasileira de desempenho (ABNT NBR 15575:2015) traz a definição de Retrofit como a remodelação ou atualização de uma edificação ou de seus sistemas, visando a valorização do imóvel, a melhoria da eficiência, a mudança do propósito de uso e o aumento da vida útil, através da modernização tecnológica e conceitual. Visto isso, percebe-se uma diferenciação na definição europeia e brasileira, uma vez que na Europa é denominado renovação o que no Brasil é considerado Retrofit (OLIVEIRA; THOMAZ; MELHADO, 2008).

O Brasil é considerado um país jovem quando comparado aos citados, porém, mesmo com esse título, a preocupação com o patrimônio histórico impulsiona a disseminação do Retrofit no país. Já são vários os estados que têm exemplos de edificações retrofitadas que se tornaram mais eficientes e tecnológicas.

Tanto em edificações históricas que precisam ser preservadas quanto em casos que o Retrofit é usado por ser mais viável economicamente ao ser comparado com uma possível edificação nova, é necessário que se tenham soluções que interajam entre si, como nas fachadas, instalações, elevadores, proteção contra incêndio e demais intervenções que se mostrem necessárias para se atingir o sentido de renovação. De tal maneira, acentua-se a diferença entre o Retrofit e uma simples restauração ou reforma. A restauração pode ser definida como uma retomada da condição original da edificação; a reforma por sua vez é a inserção de melhorias, mas sem a preocupação em manter características anteriores (VALE, 2006).

Em resumo, o Retrofit é indicado quando o interesse principal é a modernização dos sistemas prediais, principalmente em edificações comerciais. O

método em questão não visa apenas o aproveitamento dos espaços, mas sim o aumento da eficiência dos sistemas prediais através da substituição das instalações existentes por sistemas mais modernos (CROITOR, 2009).

Os principais motivos que fortalecem a opção de realizar um Retrofit são o aproveitamento da infraestrutura existente no entorno e da sua localização, impacto na paisagem urbana, preservação do patrimônio histórico e cultural, déficit habitacional e sustentabilidade ambiental, além de se tratar de uma alternativa mais econômica e eficiente do que a demolição seguida de uma reconstrução (GUIMARÃES, 2014).

Para a realização de uma intervenção com o Retrofit de maneira adequada é necessária uma avaliação complexa de todos os elementos que irão constituir o processo, o chamado diagnóstico para um Retrofit. São duas as etapas que compõem esse processo (BARRIENTOS; QUALHARINI, 2004):

A primeira etapa é o pré-diagnóstico, que apresenta uma visão inicial do estado de conservação da construção em questão. Envolve uma inspeção visual e de documentos e plantas do empreendimento, e é realizado para a definição da possibilidade que melhor se encaixa para a situação, que em geral são três: derrubar e reconstruir; recuperar e realizar obras de caráter menor; e acrescentar elementos de conforto.

Após a análise das necessidades apontadas no pré-diagnóstico define-se o diagnóstico em si, que adota uma metodologia que aponte os principais recursos de investigação disponíveis para avaliação, os quais dependem de fatores como custo e tempo, portanto, cabe ao avaliador eleger os mais adequados. Alguns exemplos de recursos utilizados na investigação são: vistoria, pesquisa documental, questionário, entrevistas, medições físicas e investigações complementares.

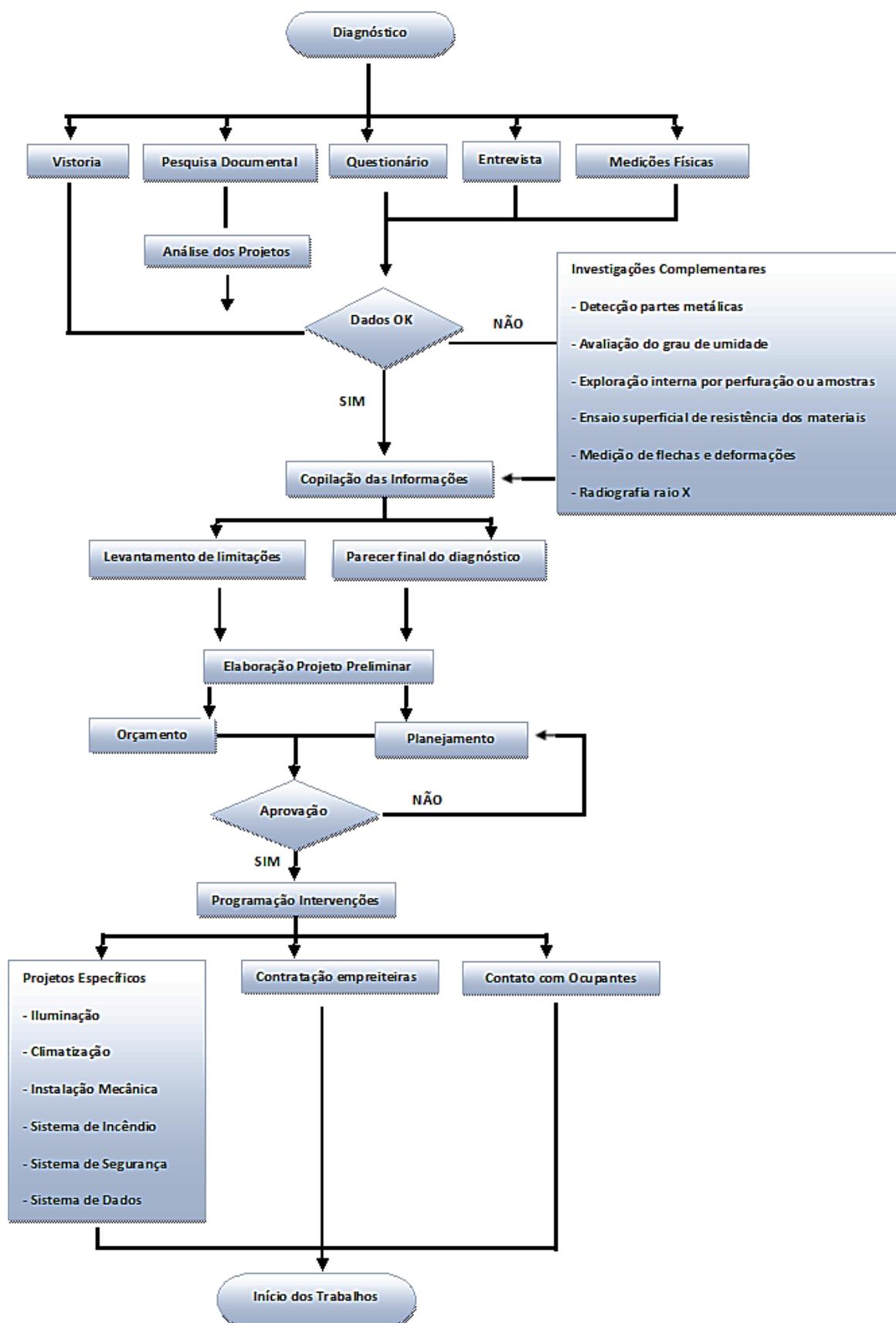


Figura 1 - Fluxograma de um diagnóstico.
Fonte: Adaptado de Gomes (2015).

Com os dados obtidos no diagnóstico, analisa-se o estado de conservação da edificação, a urgência de intervenção e a ação que se mostra mais indicada para a situação. A partir dessas informações, se dá a definição da necessidade da capacitação técnica dos profissionais que serão contratados e a organização de todo o processo. Quando se opta por um método incorreto ou impreciso eleva-se a chance de erros na avaliação ou elaboração de projetos de Retrofit. Em casos de obras de patrimônio histórico é importante verificar se a estética a ser preservada ou as inovações em termos de fachada a serem incorporadas, estão de acordo com o contexto arquitetônico da vizinhança (BARRIENTOS; QUALHARINI, 2004).

Segundo Vale (2006), de acordo com um manifesto francês publicado em 1978 que abordava o tema da informatização da sociedade, o Nora-Minc, que é adotado pela maioria dos pesquisadores, a classificação dos processos de Retrofit é feita pela análise dos trabalhos a serem desenvolvidos, e se divide em três tipos:

- Retrofit Rápido: o qual engloba serviços de recuperação de instalações e revestimentos internos;
- Retrofit Médio: inclui, além dos serviços de intervenção rápida, as intervenções em fachadas e mudanças nos sistemas de instalações da edificação;
- Retrofit Profundo: além das atividades citadas anteriores, nesta categoria estão as intervenções em que há mudanças de layout que engloba, desde a compartimentação até a própria estrutura dos telhados.

Desse modo, a importância do conhecimento do estágio de degradação que uma construção se encontra e o nível de intervenção que será necessário são fundamentais para avaliar se a mesma será capaz de suportar acréscimos de carga gerada por incrementos de sistemas prediais, correções de desgastes e mudanças no layout. São essas informações que geram uma proposta adequada de Retrofit e sua organização (DUCAP, 1999).

5.2 O AÇO NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Inegavelmente o concreto armado é o modelo estrutural mais utilizado nas construções brasileiras. Por se tratar de um método de fácil aprendizagem e aquisição logo ganhou preferência em relação aos demais. Com essa cultura instalada no país,

existe a dificuldade de se introduzir novos materiais nas construções, os quais muitas vezes têm vantagens sobre o concreto armado em situações diversas, não sendo obrigatoriamente substitutos para o mesmo, mas sim complementares (CASTRO, 1999).

É de suma importância esclarecer que não existe um sistema construtivo mais eficiente, uma vez que o melhor é sempre o que satisfaça nossas necessidades de maneira adequada e que seja bem projetado e bem executado.

O aço está sendo redescoberto no Brasil. Historicamente, a demora de criações de siderúrgicas nacionais foi uma das influências que atrasaram as técnicas construtivas com esse material no país. Atualmente, o maior comparativo negativo para o uso do aço na construção civil ainda é o seu preço, sendo assim utilizado na maioria dos casos por empreendedores que possuem alto poder aquisitivo, em construções como shoppings e prédios comerciais que exploram as suas características estéticas, de industrialização e de rapidez.

O potencial do aço é promissor quando comparado ao concreto ao se analisar o amplo campo de aplicação e de métodos que ainda podem ser desenvolvidos, uma vez que o concreto já está estabilizado tecnicamente e por vezes apresenta problemas que geram custos que até então não eram computados no preço final de uma obra, como desperdício de materiais, desníveis, desaprumos, velocidade de construção, entre outros. Além disso, a maior vantagem da estrutura metálica é a redução significativa de prazos, porém, esse fator acarreta em um maior desembolso inicial, e, torna-se assim, exclusivo a empreendimentos de alto custo (CASTRO, 1999).

Optar pelo aço como material estrutural implica em usar um sistema construtivo completo para que suas vantagens sejam efetivamente exploradas, logo, os subsistemas adotados devem ser compatíveis quanto a logística, ao cronograma de execução e a interface de ligação. Para se obter um resultado satisfatório, é necessário que a construtora tenha conhecimentos e domínio sobre a tecnologia que será empregada (BAUERMANN, 2002).

A composição do aço é o que comanda a finalidade que o material terá. A dureza é uma das características que são afetadas pela quantidade de carbono existente no material. Os aços estruturais são destinados para utilização em elementos que suportam cargas, pois possuem propriedades adequadas para essa função, como resistência e ductilidade, capacidade do material de se deformar plasticamente sem se romper. As propriedades mecânicas são as responsáveis por

definir a capacidade do aço em resistir e transmitir os esforços nele aplicados de maneira que não haja ruptura ou deformação excessiva. Outras propriedades do material são a tenacidade, que é considerada a capacidade de absorver energia quando recebe cargas de impacto, e a soldabilidade, propriedade extremamente importante para que se possa transformar os elementos estruturais (TEOBALDO, 2004).

A elevada precisão construtiva do aço é um fator relevante dentre suas vantagens, pois graças a utilização do milímetro como unidade podem ser garantidas estruturas niveladas e corretamente aprumadas. Além disso, a leveza do material é outro destaque, visto que o uso de estruturas metálicas pode reduzir em até 30% o custo das fundações. A compatibilidade com outros materiais e a esbeltez de seus elementos capacitam o melhor aproveitamento de espaço interno da edificação, devido a possibilidade de vencer vãos maiores (MORAES, 2009).

Graças a pré-fabricação das peças, as vantagens dos aços estruturais se evidenciam, visto que a produção é padronizada, otimizada e executada em grande quantidade, fatores que colaboram com a aplicabilidade das peças em locais com dimensões reduzidas ou com difícil acesso, além da maior praticidade no transporte e montagem, rapidez de instalação das peças e execução da obra. A chamada reversibilidade também é uma qualidade do material, pois permite a remoção de algum elemento sem causar danos aos que estão em contato com ele, além de possibilitar a desmontagem e reaproveitamento das peças (TEOBALDO, 2004).

A falta de orientação técnica prejudica potencialmente a disseminação da aplicação do aço na construção civil, além das simples armaduras utilizadas no concreto armado. Muitos edifícios que foram construídos com estrutura metálica, originalmente foram projetados em concreto armado e depois adaptados para o aço, sendo dessa forma, pouco exploradas as suas propriedades e prejudicando seu desempenho. O aço também possui limitações, como a falta de diversidade nos perfis estruturais, a proteção contra incêndio, o nível de qualificação profissional que o processo construtivo exige, a possibilidade de corrosão, entre outros. Por isso, se faz necessário o correto planejamento da obra a ser executada com a finalidade de se desfrutar ao máximo das características positivas do material adotado.

5.3 INTERFACES

Ao se utilizar diferentes materiais em uma intervenção, o detalhamento do projeto e dos elementos que irão compor o sistema é fundamental. As diferenças nas propriedades dos materiais, como absorção e transmissão de calor e umidade, tornam necessária a correta análise de utilização de juntas que além de auxiliar na dilatação térmica colaboram com a estanqueidade e arquitetura. A correta união de elementos evita futuras patologias, como trincas e fissuras, quando se trata de alvenaria (MORAES, 2009).

A falta de informações em um projeto pode causar consequências graves em uma edificação. A escolha inadequada do perfil de aço utilizado e a alta condutibilidade térmica do material, por exemplo, podem causar movimentação na estrutura. A diferença com relação a resistência também é um ponto crítico, o aço, por se tratar de um material industrializado, possui resistência semelhante à tração ou compressão, característica qual, não pode ser observada na madeira ou concreto, por exemplo, pois estes possuem uma direção resistente definida (REBELLO, 2003).

A averiguação das cargas atuantes, dos possíveis movimentos que a estrutura sofrerá, da lenta deformação dos materiais e das juntas é de extrema importância, mas as ligações também são protagonistas nesse conjunto. Para evitar possíveis desavenças, é interessante que o arquiteto e engenheiro trabalhem juntos na escolha da ligação que será executada, uma vez que elas interferem na estética mas têm importante função estrutural. A utilização de solda, o formato, tamanho, posição e quantidade de parafusos, chapas de ligação, entre outras, são algumas das escolhas a serem realizadas (MORAES, 2009).

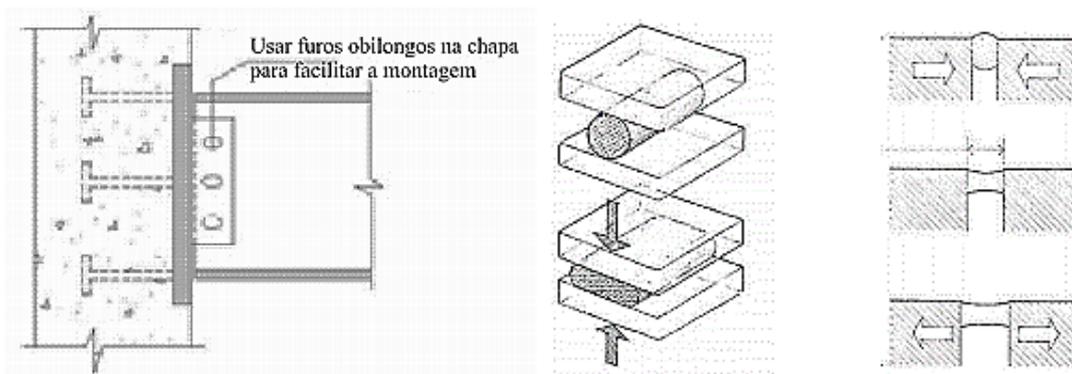


Figura 2 - Exemplo de detalhes construtivos: à esquerda furos oblongos na chapa de ligação para facilitar a montagem e adequar folgas imprevistas, à direita uso de borracha sintética para auxílio na deformação.

Fonte: Bellei (2006).

5.3.1 Aço x Concreto Armado

Durante a fase do projeto, é fácil escolher qual será o método de ligação mais prático a ser utilizado na construção em encontros de aço e concreto armado. Porém, em casos de Retrofit, cujas obras já estão prontas, a solução mais viável normalmente é a colocação de chapas fixadas através de chumbadores de expansão ou de adesivos químicos. Os chumbadores possuem baixa resistência à tração, sendo assim, são indicados para uso onde haja pequena intensidade de carga. O fixador químico por sua vez é usado na situação oposta, uma vez que possui boa resistência à tração e ao cisalhamento (MORAES, 2009).

A escolha do tipo de ligação a ser utilizada depende das dimensões dos elementos de concreto onde elas serão fixadas. Em casos de grandes espessuras, com lado maior que 50 centímetros, os parafusos de expansão ou químicos são indicados. Para dimensões menores que 50 centímetros o indicado seria a colocação de chumbadores ou parafusos passantes, pois os mesmos atravessam a seção e são fixados com chapas nos dois lados do elemento. Quando as referidas chapas contornam todo o elemento, recebem o nome de colarinho (BELLEI, 2006).

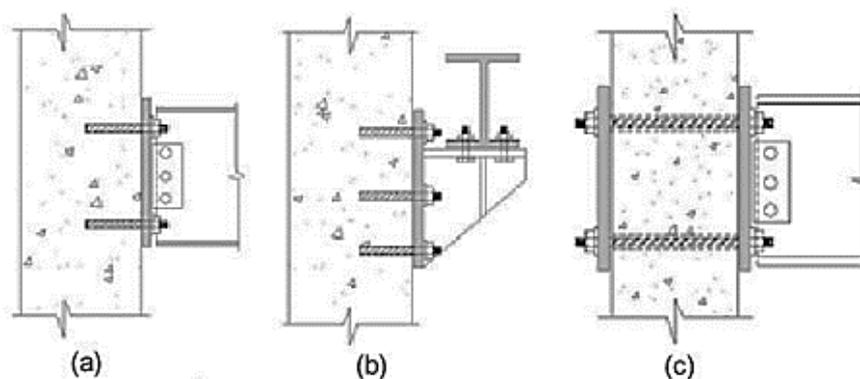


Figura 3 - Fixação por: a) parafusos de expansão, b) parafusos com adesivo químico, c) chumbadores protendidos.

Fonte: Bellei (2006).

De acordo com Campos et al (2006), um exemplo prático dos artifícios usados no projeto de interfaces de aço e concreto armado é o edifício do Tribunal Regional do Trabalho, no Rio de Janeiro. Nele existia um desalinhamento de até 210 milímetros de alguns pilares de eixos paralelos onde seriam dispostas três vigas, desta maneira, executou-se um berço de apoio da viga principal com chapas de 5/8", e outras chapas, de mesma dimensão, foram implantadas para ligação de outras vigas ao colarinho do pilar. Com essa metodologia, foi eliminada a excentricidade de carga que existia nos chumbadores.

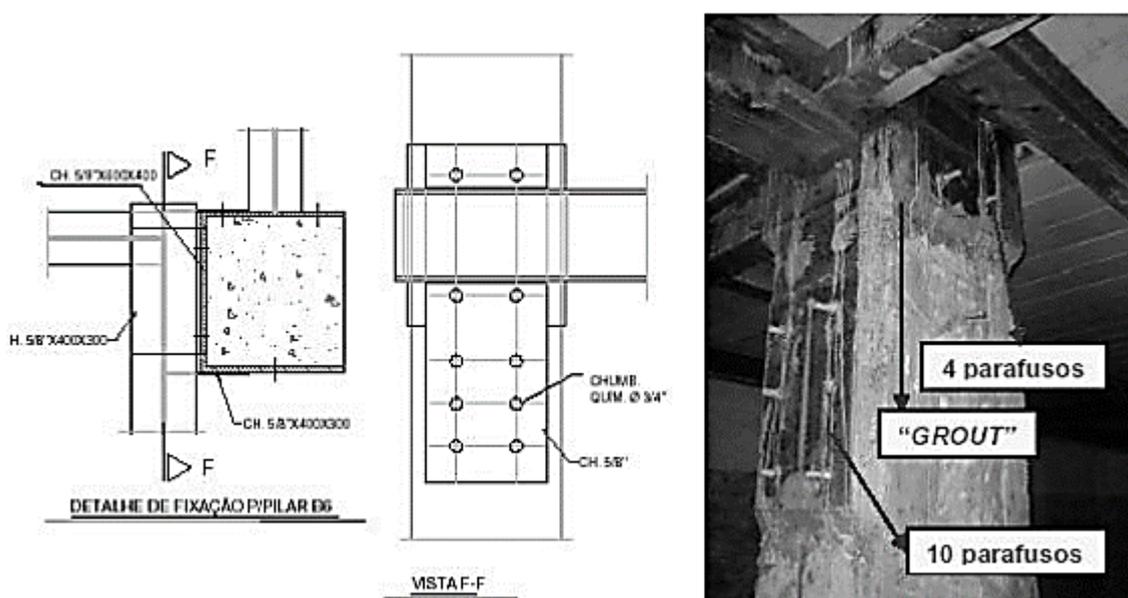


Figura 4 - Exemplo de interface com colarinho metálico em pilar de concreto.

Fonte: Campos et al (2006).

De acordo com o SCI - *The Steel Construction Institute*, existem muitas opções de ligações possíveis entre interfaces de aço e concreto. As tabelas abaixo apresentam algumas delas, separando as que constituem ligações entre viga metálica e pilar de concreto das entre viga metálica e viga de concreto.

Tabela 1 - Tipos de ligações entre viga metálica e pilar de concreto.

(continua)

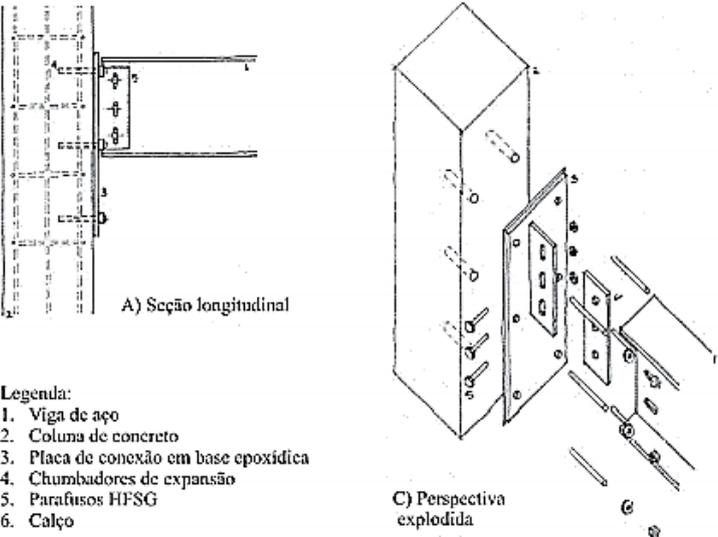
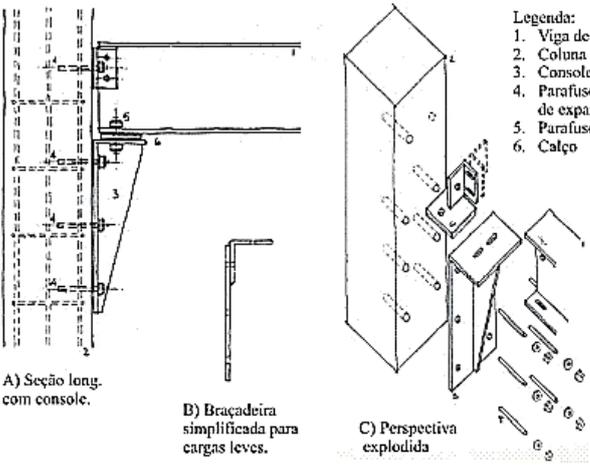
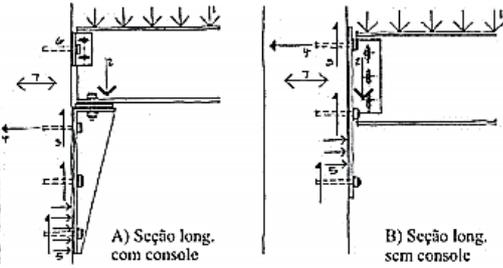
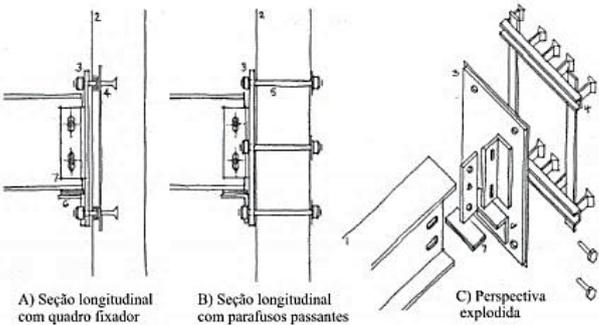
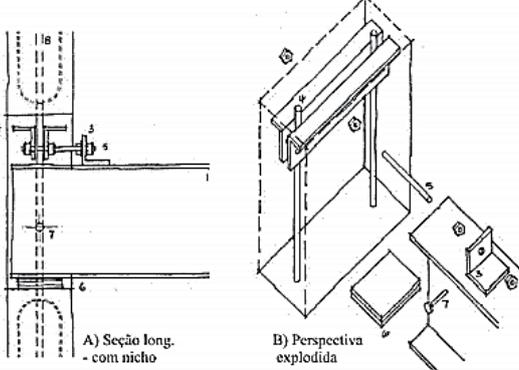
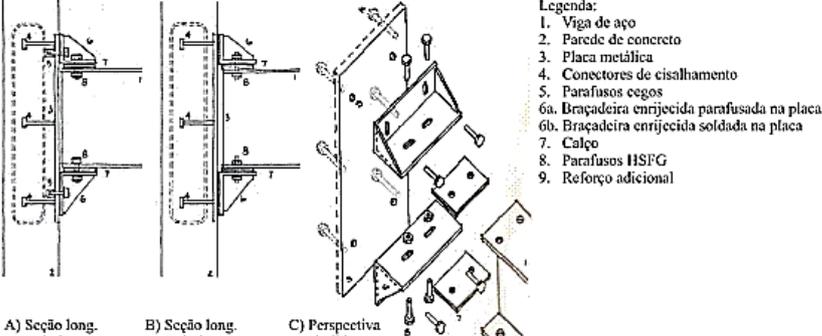
| Tipo de Ligação | Descrição |
|---|--|
|  <p>A) Seção longitudinal</p> <p>C) Perspectiva explodida</p> <p>Legenda:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Viga de aço 2. Coluna de concreto 3. Placa de conexão em base epoxidica 4. Chumbadores de expansão 5. Parafusos HFSG 6. Calço | <p>Viga metálica alinhada ao pilar de concreto e conectada por uma placa de conexão e parafusos.</p> |
|  <p>A) Seção long. com console.</p> <p>B) Braçadeira simplificada para cargas leves.</p> <p>C) Perspectiva explodida</p> <p>Legenda:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Viga de aço 2. Coluna de concreto 3. Console em base epoxidica 4. Parafusos groutados ou chumbadores de expansão 5. Parafusos 6. Calço | <p>Utilização de console metálico no apoio da viga para auxílio na distribuição de cargas ao longo da interface com o pilar.</p> |
|  <p>A) Seção long. com console</p> <p>B) Seção long. com console</p> <p>Legenda:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Carregamento na viga metálica 2. Carregamento na conexão 3. Reação vertical 4. Tração devido à excentricidade 5. Compressão devido à excentricidade 6. Restrição lateral 7. Força de ancoragem (se necessário) por tensão no parafuso ou influência do concreto | <p>Uso de chumbadores de expansão, cuja quantidade determina a capacidade de transferência de cargas.</p> |

Tabela 2 - Tipos de ligações entre viga metálica e pilar de concreto.

(conclusão)

| Tipo de Ligação | Descrição |
|---|--|
| <p>Legenda:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Viga de aço 2. Parede de concreto 3. Placa de conexão em base epoxidica 4. Quadro de fixação 5. Parafusos passantes 6. Braçadeira de nivelamento com reforço opcional 7. Calço para ajuste vertical 8. Calço para ajuste horizontal  <p>A) Seção longitudinal com quadro fixador B) Seção longitudinal com parafusos passantes C) Perspectiva explodida</p> | <p>Em 'a' devem ser evitadas excentricidades excessivas pois a resistência está limitada pela capacidade de tração. Em 'b', por sua vez, a resistência para grandes excentricidades é alta, sendo assim, suporta cargas pesadas.</p> |
| <p>Legenda:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Viga de aço 2. Parede de concreto 3.* Braçadeira soldada na viga 4.* Travamento de reforço 5.* Barra de conexão 6. Calços em base com grout 7.* Conector de cisalhamento 8. Adição local para reforço * Opcional, não omitir 4 e 7  <p>A) Seção long. - com nicho B) Perspectiva explodida</p> | <p>Execução de nicho que acomoda a viga metálica. Se houver transferência de forças axiais, recomenda-se o uso de conectores adicionais.</p> |
| <p>Legenda:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Viga de aço 2. Parede de concreto 3. Placa metálica 4. Conectores de cisalhamento 5. Parafusos cegos 6a. Braçadeira enrijecida parafusada na placa 6b. Braçadeira enrijecida soldada na placa 7. Calço 8. Parafusos HSF8 9. Reforço adicional  <p>A) Seção long. - sem bolso B) Seção long. - sem bolso C) Perspectiva explodida</p> | <p>Fixação da viga metálica com duas braçadeiras enrijecidas. Utilizado em casos de concreto deteriorado com perda de capacidade de suporte.</p> |

Fonte: Adaptado de SCI (1996).

Tabela 3 - Tipos de ligações entre viga metálica e viga de concreto.

(continua)

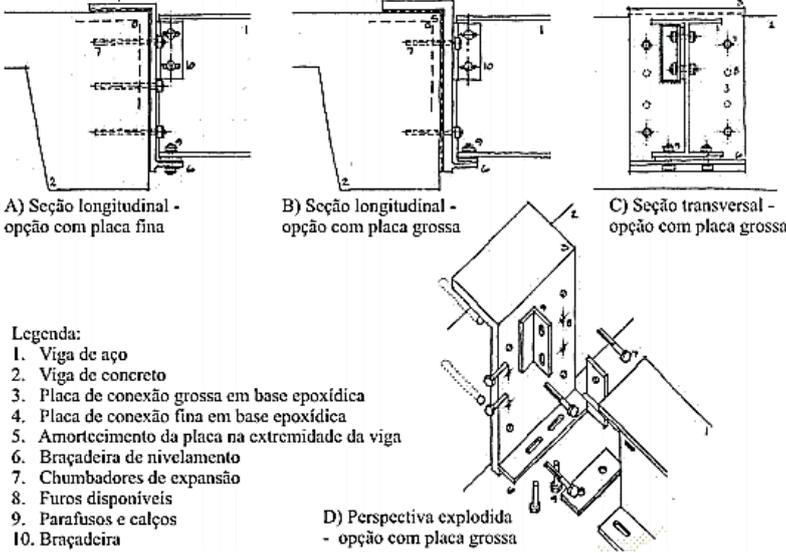
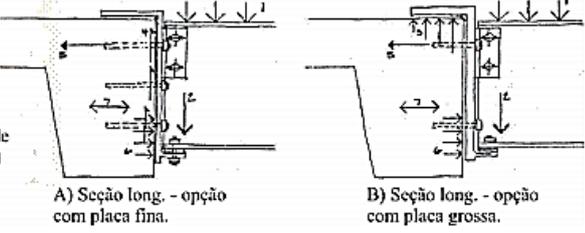
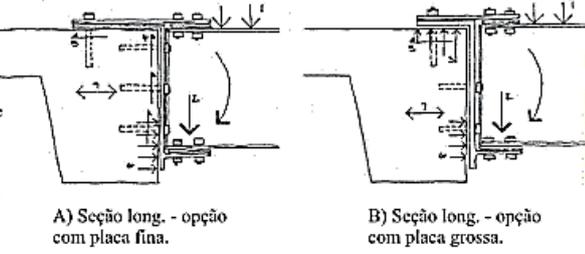
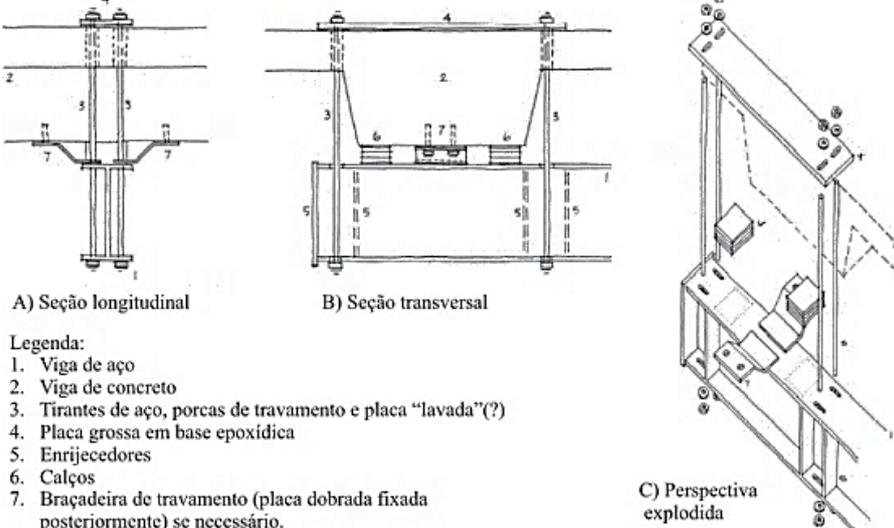
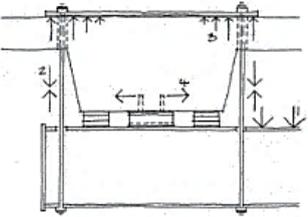
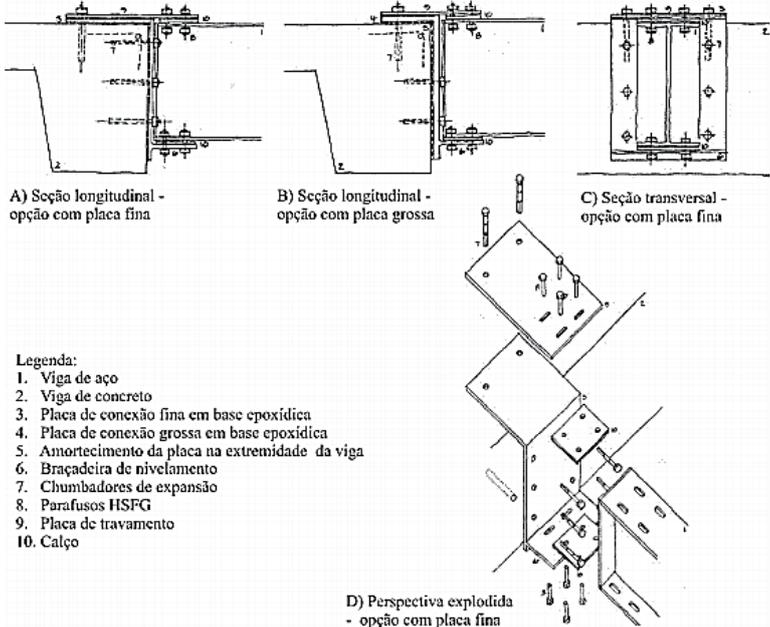
| Tipo de Ligação | Descrição |
|---|--|
|  <p>A) Seção longitudinal - opção com placa fina</p> <p>B) Seção longitudinal - opção com placa grossa</p> <p>C) Seção transversal - opção com placa grossa</p> <p>D) Perspectiva explodida - opção com placa grossa</p> <p>Legenda:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Viga de aço 2. Viga de concreto 3. Placa de conexão grossa em base epoxídica 4. Placa de conexão fina em base epoxídica 5. Amortecimento da placa na extremidade da viga 6. Braçadeira de nivelamento 7. Chumbadores de expansão 8. Furos disponíveis 9. Parafusos e calços 10. Braçadeira | <p>Conexão de apoio simples, onde teoricamente não existe transferência de momento entre as vigas. Uma placa metálica é parafusada na viga de concreto e a viga metálica é parafusada na braçadeira previamente soldada na chapa de ligação.</p> |
| <p>Legenda:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Carregamento na viga metálica 2. Carregamento na conexão 3. Reação vertical 4. Cisalhamento no parafuso 5. Tração devido à excentricidade 6. Compressão devido à excentricidade 7. Força de ancoragem (se necessário) por tração dos parafusos ou influência do concreto  <p>A) Seção long. - opção com placa fina.</p> <p>B) Seção long. - opção com placa grossa.</p> | <p>A utilização de placa grossa transfere cargas verticais para o topo da viga, já a placa fina apenas colabora no assentamento da conexão na viga de concreto.</p> |
| <p>Legenda:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Carregamento na viga metálica 2. Carregamento na conexão 3. Reação vertical 4. Cisalhamento no parafuso 5. Cisalhamento devido ao momento e à excentricidade 6. Compressão devido ao momento e à excentricidade 7. Força de ancoragem (se necessário) por parafuso de cisalhamento ou influência do concreto  <p>A) Seção long. - opção com placa fina.</p> <p>B) Seção long. - opção com placa grossa.</p> | <p>Caso onde existe necessidade de placas maiores e maior número de parafusos para que haja maior rigidez da ligação, para, assim, suportar a transmissão de momento fletor.</p> |
|  <p>A) Seção longitudinal</p> <p>B) Seção transversal</p> <p>C) Perspectiva explodida</p> <p>Legenda:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Viga de aço 2. Viga de concreto 3. Tirantes de aço, porcas de travamento e placa "lavada" (?) 4. Placa grossa em base epoxídica 5. Enrijecedores 6. Calços 7. Braçadeira de travamento (placa dobrada fixada posteriormente) se necessário. | <p>Têm-se uma viga metálica pendurada na viga de concreto preexistente. Existem tirantes presos em uma grande placa de aço fixada no topo da viga de concreto.</p> |

Tabela 4 - Tipos de ligações entre viga metálica e viga de concreto.

(conclusão)

| Tipo de Ligação | Descrição |
|---|---|
| <p>Legenda:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Carregamento na viga metálica 2. Tensão nos cabos 3. Influência do concreto 4. Restrição lateral (se necessário)  | <p>Detalhe do exemplo anterior, enfatizando as braçadeiras de travamento que podem ser utilizadas caso seja necessária uma restrição lateral.</p> |
|  <p>A) Seção longitudinal - opção com placa fina</p> <p>B) Seção longitudinal - opção com placa grossa</p> <p>C) Seção transversal - opção com placa fina</p> <p>D) Perspectiva explodida - opção com placa fina</p> <p>Legenda:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Viga de aço 2. Viga de concreto 3. Placa de conexão fina em base epoxídica 4. Placa de conexão grossa em base epoxídica 5. Amortecimento da placa na extremidade da viga 6. Braçadeira de nivelamento 7. Chumbadores de expansão 8. Parafusos HSFG 9. Placa de travamento 10. Calço | <p>Nesse caso, a viga de aço está engastada na viga de concreto.</p> |

Fonte: Adaptado de SCI (1996).

Quando a finalidade da intervenção é aumentar a capacidade de resistência da estrutura podem ser realizados procedimentos chamados de reforço. Existem dois tipos que são comumente utilizados: o reforço por chapas metálicas e a protensão. O primeiro consiste na adição de chapas ou perfis metálicos na viga de concreto, e é usado em casos de emergência ou com restrições quanto à geometria da estrutura. A protensão, por sua vez, é realizada através da colocação de tirantes que auxiliam principalmente na recuperação de fissuras, visto que atuam na parte inferior da viga, onde a mesma recebe esforços de tração, que não são bem resistidos pelo concreto (MORAES, 2009).

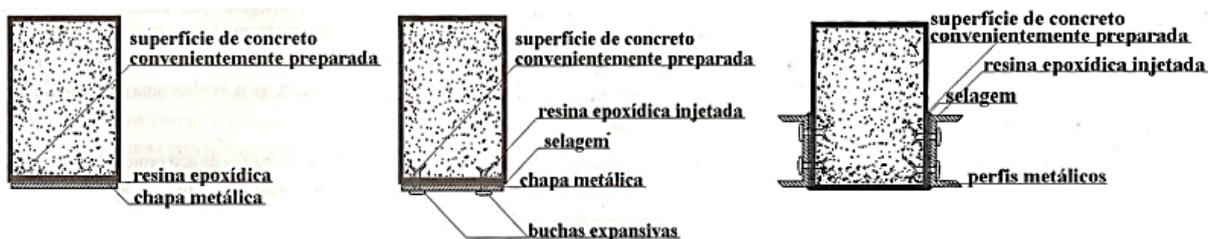


Figura 5 - Reforço com chapas metálicas coladas, chumbadas e com perfis metálicos.

Fonte: Moraes (2009).

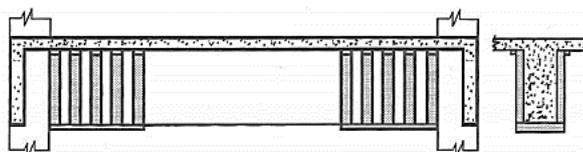


Figura 6 - Reforço contra o cisalhamento através de chapas metálicas coladas.

Fonte: Moraes (2009).

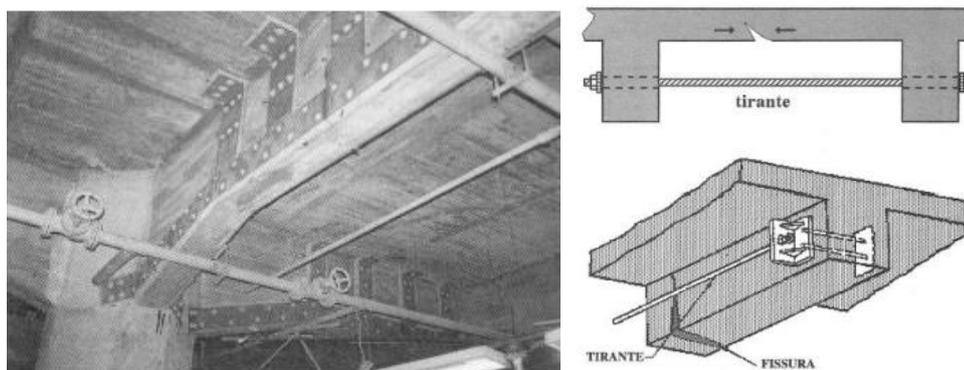


Figura 7 – À esquerda exemplo de reforço com chapas metálicas chumbadas, à direita ilustração de costura de fissuras a partir da utilização de protensão.

Fonte: Moraes (2009).

5.3.2 Aço X Alvenaria Estrutural

Quando a introdução de estruturas metálicas se dará com sistemas preexistentes de alvenaria estrutural, o recomendado é que exista a desvinculação entre elas, porém, poucas vezes isso é possível, fazendo com que a nova estrutura precise ser apoiada na antiga. Existem casos onde a nova estrutura de aço é

acrescentada com a finalidade de reforçar e dar suporte estrutural à alvenaria antiga (MORAES, 2009).

Um bom exemplo de edificações constituídas por alvenaria estrutural e que necessitam de intervenção são as construções clássicas que possuem abóbodas, como é o caso da Igreja de Santa Sofia em Istambul (Figura 8). Em casos como esse, perfis metálicos são chumbados para travar a estrutura de alvenaria e impedir a abertura das abóbodas causada pelo empuxo horizontal. Existem também os reforços em pilares, que são realizados através da colocação de anéis metálicos ao longo do elemento, de maneira que o mesmo fique em confinamento (MORAES, 2009).



Figura 8 - À esquerda, Igreja de Santa Sofia com perfil metálico chumbado na estrutura; ao centro, Palácio Nacional e à direita, Antiga Escola de Medicina, ambos na Cidade do México, com reforço com anéis metálicos.

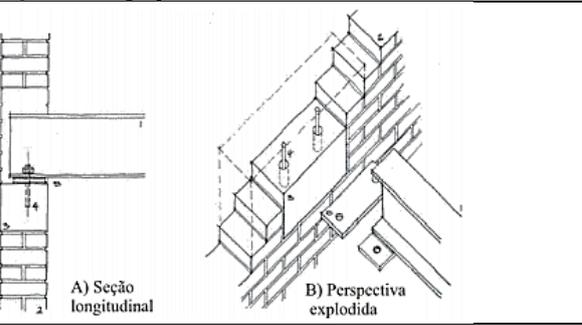
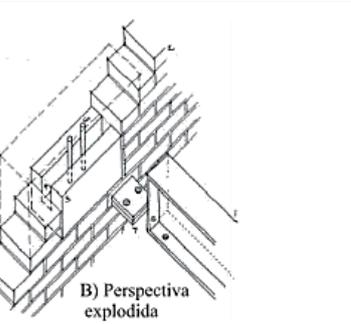
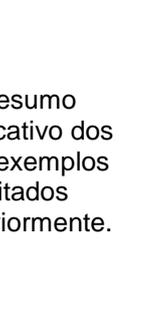
Fonte: Moraes (2009).

Por se tratar, em muitos casos, de edificações históricas, torna-se necessária uma avaliação das condições da alvenaria estrutural. Em alguns casos, as construções são feitas com pedras, e antes de iniciar qualquer procedimento deve ser feita a verificação se a mesma pode ou não ser considerada como alvenaria estrutural. Além disso, deve-se atentar às propriedades do material, como por exemplo a densidade, uma vez que são elas que limitam a carga suportada e sua distribuição (MORAES, 2009).

Quando é garantido que a parede de alvenaria suportará totalmente o carregamento, faz-se a escolha das ligações que serão executadas. Os exemplos mais comuns são compostos pelo simples apoio de vigas de aço nas paredes, porém, é importante ressaltar que existe a necessidade da verificação da não existência de

transferência de momento da estrutura metálica para a já existente. A tabela abaixo ilustra os possíveis tipos de conexões (MORAES, 2009).

Tabela 5 - Tipo de ligação entre viga metálica e alvenaria estrutural.

| Tipo de Ligação | Descrição |
|---|--|
| <p>Legenda:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Viga de aço 2. Parede de alvenaria 3. Bloco de concreto 4. Parafuso ou entalhe de encaixe 5. Calço  <p>A) Seção longitudinal</p> <p>B) Perspectiva explodida</p> | <p>Uma abertura na parede é executada para receber um bloco de concreto que receberá a viga metálica. Utilizam-se parafusos "bolso".</p> |
| <p>Legenda:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Viga de aço 2. Parede de alvenaria 3. Bloco de concreto 4. Entalhe de encaixe 5. Placa de fixação da viga 6. Parafusos grauteados 7. Calços  <p>A) Seção longitudinal</p> <p>B) Perspectiva explodida</p> | <p>Igual ao exemplo anterior, diferenciando apenas o tipo de parafuso utilizado, nesse caso parafusos grauteados que possibilitam maior ajuste horizontal.</p> |
| <p>Legenda:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Viga de aço 2. Parede de alvenaria 3. Bloco de concreto 4. Encaixe dentado de fixação 5. Placa de fixação da viga 6. Furos na placa de fixação da viga 7. Calço dentado recomendado pelos fabricantes  <p>A) Seção longitudinal</p> <p>B) Perspectiva explodida</p> | <p>Mesmo caso, porém com a utilização de um encaixe dentado de fixação para prender a viga metálica no bloco de concreto.</p> |
| <p>Legenda:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Carregamento na viga metálica 2. Carregamento na conexão 3. Reação vertical 4. Força nominal de ancoragem 5. Cisalhamento na conexão  <p>A) Seção long. - opção 1</p> <p>A) Seção long. - opção 2</p> <p>A) Seção long. - opção 3</p> | <p>Resumo explicativo dos três exemplos citados anteriormente.</p> |

Fonte: Adaptado de SCI (1996).

5.3.3 Aço X Madeira

A madeira, por se tratar de um material natural, pode sofrer danos provenientes de sua secagem ou de agentes causadores, como cupins e fungos. Desta maneira, a intervenção pode ocorrer, desde seu reforço estrutural até à substituição de elementos ou de toda a estrutura, se esta vier a estar deteriorada. A junção desses dois elementos, aço e madeira, torna-se muito atrativa para melhoria de resistência ou para enrijecimento de uma estrutura.

São exemplos de intervenção por substituição a Casa Bandeirista em Ouro Preto, a Igreja de São Cristóvão em São Paulo (Figura 9) e a Igreja Matriz de Conquista em Minas Gerais. A primeira teve uma nova estrutura de aço para sustentar o telhado; a segunda teve grande intervenção em sua cúpula, a qual contou com a substituição de peças de madeira por perfis metálicos; a terceira, por sua vez, teve a substituição total do telhado de madeira por um metálico (MORAES, 2009).

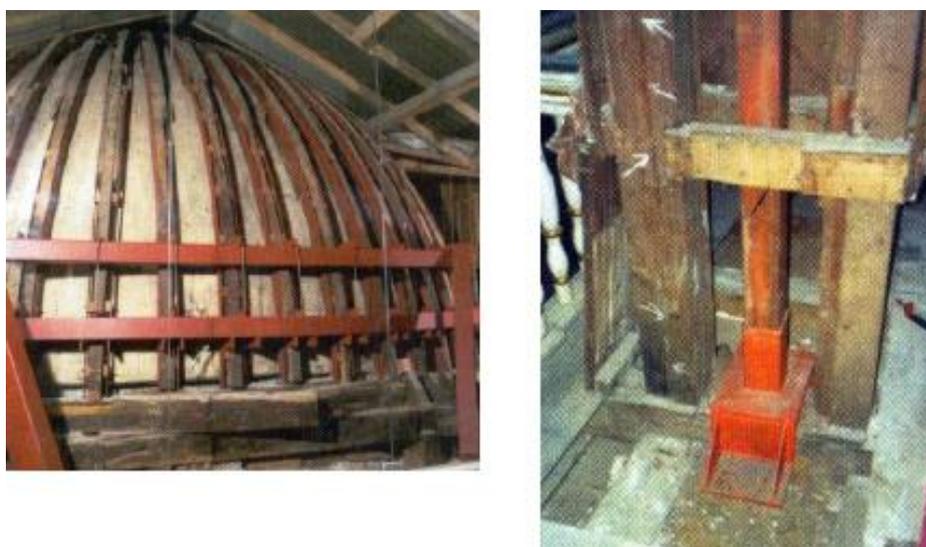
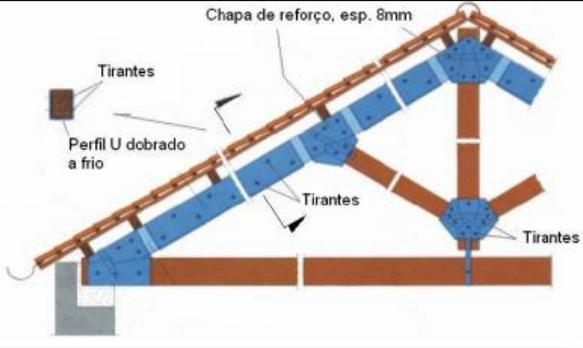
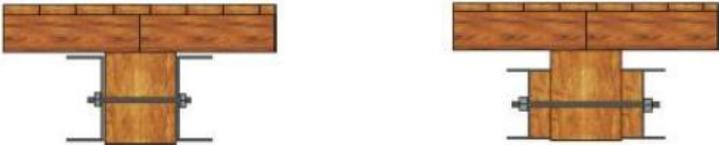


Figura 9 - Cúpula da Igreja de São Cristóvão e detalhe de pilar de aço inserido no arco.

Fonte: Moraes, 2009.

De acordo com Teobaldo (2004), a maioria das intervenções de aço realizadas em estruturas de madeiras são referentes a reforço de coberturas, uma vez que o telhado desenvolve problemas devido seu contato direto com intempéries. Os pisos também são elementos que comumente necessitam de reforço.

Tabela 6 - Tipos de reforço em elementos de madeira.

| Tipo de Reforço | Descrição |
|--|---|
|  <p>Chapa de reforço, esp. 8mm</p> <p>Tirantes</p> <p>Perfil U dobrado a frio</p> <p>Tirantes</p> <p>Tirantes</p> | <p>Colocação de perfis de aço em U ou chapas à estrutura de madeira por meio de pregos ou parafusos.</p> |
|  | <p>Caso de intervenção mais sofisticada, usada quando outras mais simples não são possíveis. Madeira e aço trabalham como estrutura mista reforçando a viga e aumentando a resistência e rigidez.</p> |
|  | <p>Similar ao anterior, porém, o reforço acontece com barras inclinadas e chapa fixada na face inferior da viga.</p> |
|  | <p>Casos onde a madeira deve continuar exposta para garantir valor histórico, e a mesma está em boas condições. Ocorre então um reforço com perfil I na parte superior da viga.</p> |
|  <p>Tirante</p> | <p>Tirante preso por barras inclinadas parafusadas nas extremidades do elemento de madeira.</p> |
|  | <p>Tirante preso por chapas de topo fixadas nas extremidades do elemento de madeira, com cantoneira na parte inferior.</p> |

Fonte: Adaptado de Moraes (2009).

5.4 ESCOLHA DO MÉTODO DE RETROFIT

De acordo com uma publicação da Sociedade Japonesa de Engenheiros Civis, existem algumas orientações para a adaptação das estruturas realizando a modernização do concreto já existente. Essas orientações apresentam métodos para o Retrofit, descrevendo considerações práticas sobre a adaptação das edificações (UEDA; SHIMOMURA, 1999).

A referida adaptação deve ser efetuada da seguinte maneira:

- I. Identificar os requisitos de desempenho para a estrutura existente a ser adaptada, e elaborar um plano de inspeção;
- II. Inspeccionar a estrutura;
- III. Com base nos resultados da inspeção, avaliar o desempenho da estrutura e verificar se ela atende os requisitos;
- IV. Se não satisfizer os requisitos, proceder o dimensionamento da estrutura ao Retrofit;
- V. Selecionar um método adequado de adaptação e estabelecer os materiais a utilizar, as especificações estruturais e o método de construção;
- VI. Avaliar o desempenho da estrutura após remodelação e verificar se ela irá cumprir os requisitos de desempenho;
- VII. Se for determinado que a estrutura será capaz de satisfazer os requisitos com o método de Retrofit escolhido, implementar o processo de Retrofit.

Os critérios que devem ser levados em consideração para a escolha de uma intervenção a partir do Retrofit, estão relacionados a uma série de fatores, como: a importância da obra, a destinação do uso após a intervenção, o sistema tecnológico a ser utilizado, o grau de segurança a ser atingido e a disponibilidade de recursos. As metodologias de intervenção diferem entre si quanto ao objetivo do projeto, que se classificam em de conservação ou modificação. Os métodos de conservação relacionam-se ao melhoramento das características estáticas e funcionais da obra, preocupando-se com a duração no tempo e recuperando a eficiência dos elementos estruturais que compõem a edificação. Podem ser entendidos como métodos conservativos a reparação, o reforço e as intervenções de caráter provisório que visam

segurança antes de uma intervenção definitiva. Os métodos de modificação, por sua vez, permitem mudanças mais significativas, fazendo necessária a revisão estrutural por se alterar fatores relevantes no processo de cálculo. São exemplos desses métodos a inserção de novas estruturas, a substituição parcial ou total da estrutura interna, a construção de anexos e a redução de carregamentos atuantes (TEOBALDO, 2004).

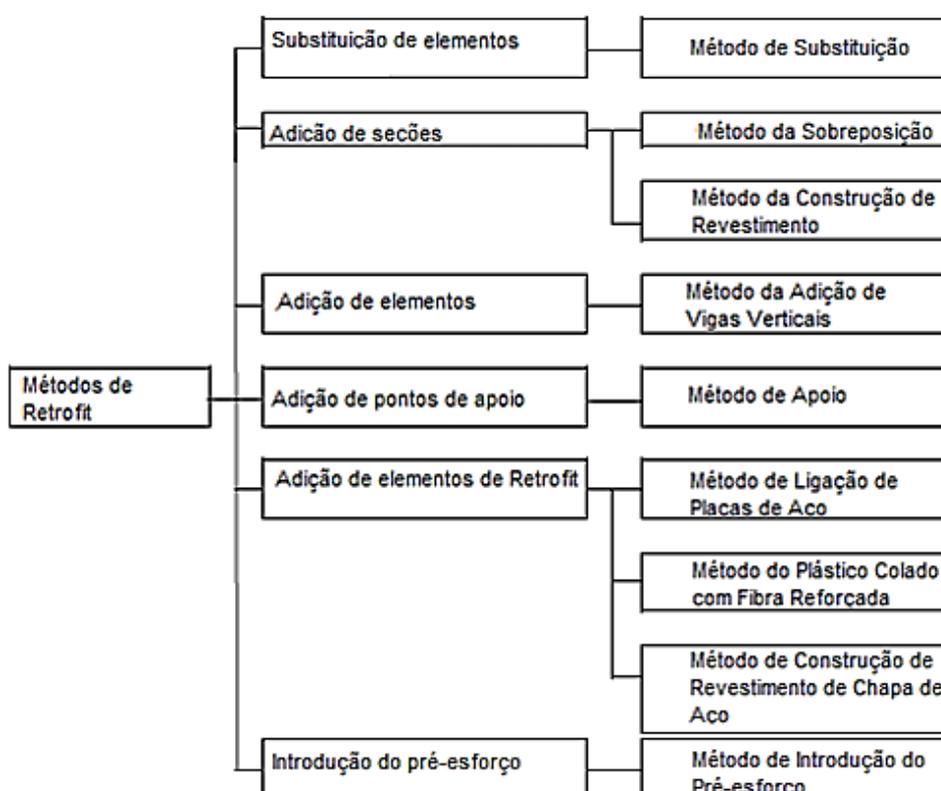


Figura 10 - Métodos de Retrofit

Fonte: Ueda e Shimomura (1999).

As orientações de Ueda e Shimomura anteriormente citadas na Figura 10, referem-se a um conceito baseado no desempenho das estruturas existentes, e fornecem um processo de modernização, inspeção e verificação do mesmo. Essas diretrizes focam nos métodos de cabo externo, método de cobertura e método de sobreposição, porém o conceito geral é aplicável a qualquer um dos métodos.

O método do cabo externo consiste, basicamente, na colocação de materiais de pré-esforço (protensão) no exterior do concreto, para que assim seja possível aplicar força de tração aos elementos, melhorando, de tal maneira, o desempenho da estrutura. Outro modelo com eficiência notável é o da ligação de placa de aço, no qual

placas de aço são ligadas no entorno da seção de concreto para compensar insuficiências no reforço ou na distribuição dos elementos existentes. Esse método é usado em plataformas, pontes e, de maneira geral, em elementos de concreto (UEDA; SHIMOMURA, 1999).

Existe uma variação do método de sobreposição, onde têm-se a possibilidade de adicionar ou não o aço na estrutura que está sob análise. A primeira opção constitui-se de corte e limpeza da superfície, na qual em seguida será disposto concreto reforçado com fibra de aço para aumentar a espessura da seção, afim de melhorar o desempenho da estrutura. A segunda opção é composta basicamente da mesma metodologia, diferenciando-se apenas por um incremento de aço adicionado antes de ser despejado concreto reforçado com fibra de aço (UEDA, SHIMOMURA, 1999).

O uso de fibras de aço como reforço no concreto é comumente utilizado em pisos industriais, uma vez que essa alternativa serve para combater esforços mecânicos atuantes. Tendo em vista atingir a resistência suficiente para que os carregamentos aplicados sejam absorvidos, a dosagem de fibras varia entre 15 e 40 quilogramas por metro cúbico. A propriedade mais explorada do aço nessa técnica é a tenacidade, a qual é fundamental como parâmetro de avaliação do desempenho das fibras existentes (REVISTA TÉCHNE, 2010).

Outros métodos de Retrofit são o de construção de revestimento de concreto armado e o de construção de revestimento de painel pré-fabricado. O primeiro é um método onde o reforço de aço é colocado ao redor dos elementos existentes e o concreto é adicionado para aumentar a seção. O segundo, frequentemente usado em pilares, consiste na colocação de painéis pré-moldados com enlace lateral, onde as folgas entre o pilar e os painéis são preenchidas com argamassa, melhorando assim o desempenho da estrutura (UEDA, SHIMOMURA, 1999).

A escolha do método a ser utilizado é o principal fator para o êxito do Retrofit, visto que a viabilidade do mesmo é selecionada de acordo com o tipo da estrutura, o uso e as condições da mesma, o tipo e o grau do desempenho a ser melhorado, entre outras. Após a implantação de um método, devem ser realizadas verificações para averiguar se o desempenho está sendo cumprido. Com o passar do tempo, é normal a estrutura sofrer deteriorações devido às ações de cargas e de ambiente, por isso,

pode se tentar prever em projeto essa queda no desempenho, incluindo esse fator na escolha do método mais indicado para a edificação inspecionada.

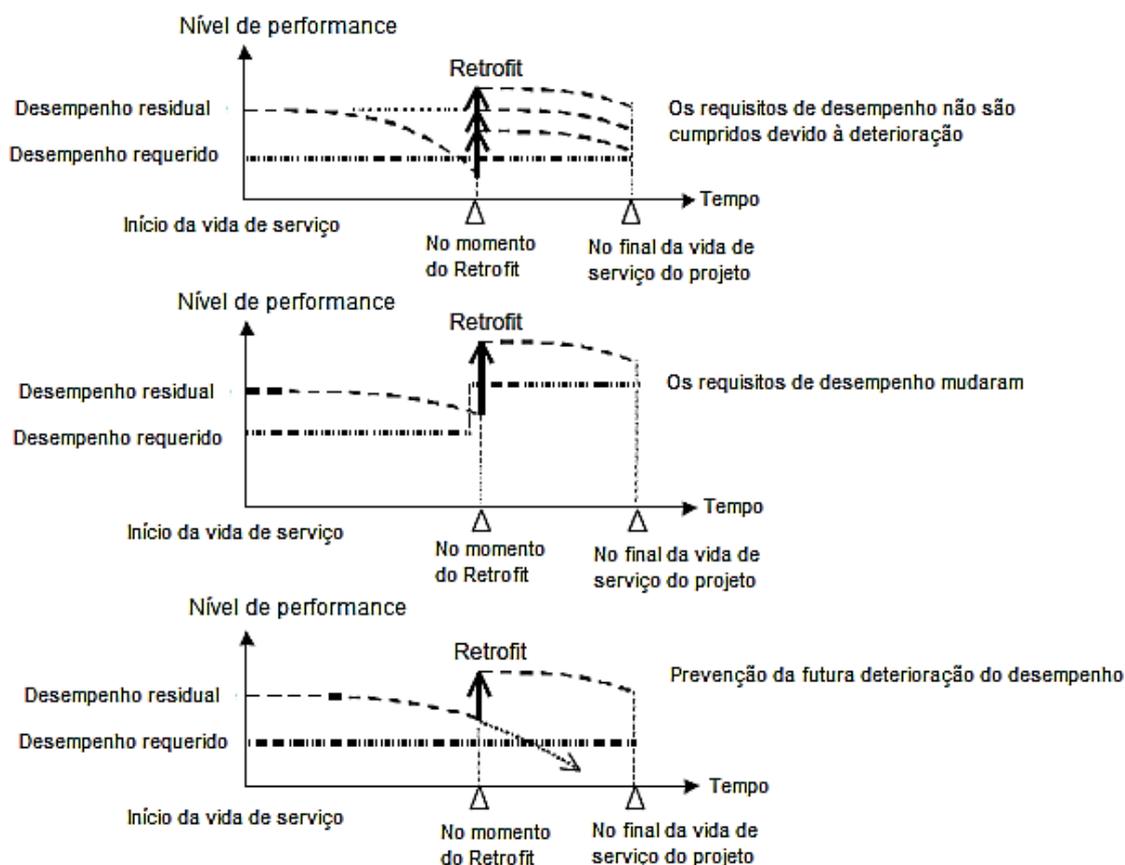


Figura 11 – Desempenho devido ao Retrofit

Fonte: Adaptado de Ueda e Shimomura (1999).

Realizando uma análise da Figura 11, percebe-se que no primeiro caso os requisitos de desempenho são os mesmos de quando a estrutura foi construída, porém o desempenho da estrutura diminui conforme a ação de cargas e ações ambientais atuam sobre ela ao longo do tempo. Sendo assim, no momento da inspeção a estrutura não cumpre seus requisitos e exige a escolha de um método de Retrofit que eleve seu desempenho atual.

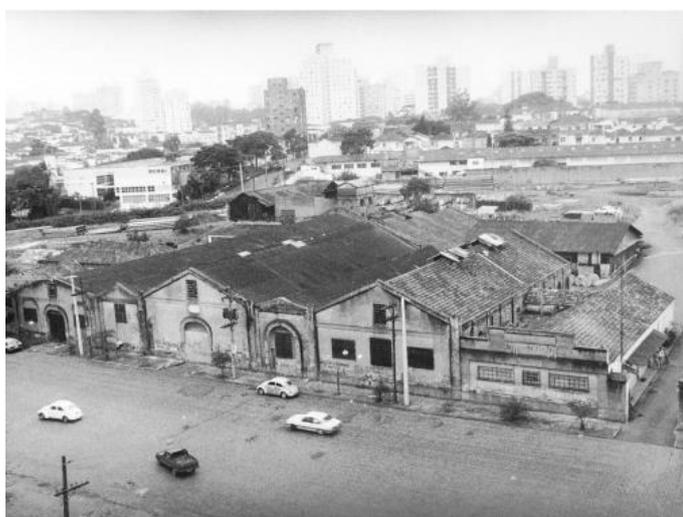
No segundo caso apresentado, a carga de projeto foi alterada, ou por algum motivo não apresentado, o nível de desempenho aumentou, apresentando assim a necessidade de Retrofit para satisfazer os requisitos. Já no terceiro caso, no momento da inspeção a estrutura cumpriu seu requisito de desempenho, mas são realizadas intervenções de Retrofit com antecedência por prever a queda no desempenho devido a ação de cargas e ambientais.

5.5 EXEMPLOS DE EDIFICAÇÕES RETROFITADAS

5.5.1 Cinemateca Brasileira, São Paulo

Situada onde antigamente era abrigado o Matadouro Municipal de São Paulo (Figura 12), a Cinemateca Brasileira foi criada a partir de um intenso Retrofit realizado no edifício. O conjunto que havia sido inaugurado em 1887, era constituído de três barracões retangulares intercalados com espaços abertos para ventilação e iluminação, e outros dois blocos menores que sediavam os serviços complementares e administração, disposição essa que era usual para edifícios de uso industrial (ALMEIDA, 2012).

Em 1927, o local começou a sofrer graves interferências na sua arquitetura, pois o matadouro foi transferido para as empresas frigoríficas privadas que possuíam melhores condições de infraestrutura. Dessa maneira, após a passagem dos anos, a edificação ganhou a condição de ruína, sofrendo sérios danos estruturais. Somente em 1985 o conjunto foi tombado como patrimônio histórico devida a sua arquitetura original e a qualidade dos materiais e técnicas empregados na obra (ALMEIDA, 2012).



**Figura 12 - Imagem do Matadouro desativado.
Fonte: Almeida (2012).**

A primeira intervenção realizada aconteceu entre 1981 e 1983, época onde o conceito de restauro era totalmente diferente, fazendo com que os arquitetos se

preocupassem em recuperar apenas a arquitetura original, e não manter as diversas interferências que contemplam a história da edificação. A segunda intervenção aconteceu entre 1989 e 1993, a qual, graças ao abandono da obra, recebeu o local com condições precárias novamente. Nesse projeto, já existia a ideia da criação da Cinemateca Brasileira, dessa forma, foi realizado um levantamento acerca das condições estruturais do conjunto. Os critérios adotados para a intervenção receber uma relação entre o novo e o antigo foram reconstituir os aspectos originais e usar sistemas construtivos industrializados para a criação de novas estruturas (ALMEIDA, 2012).

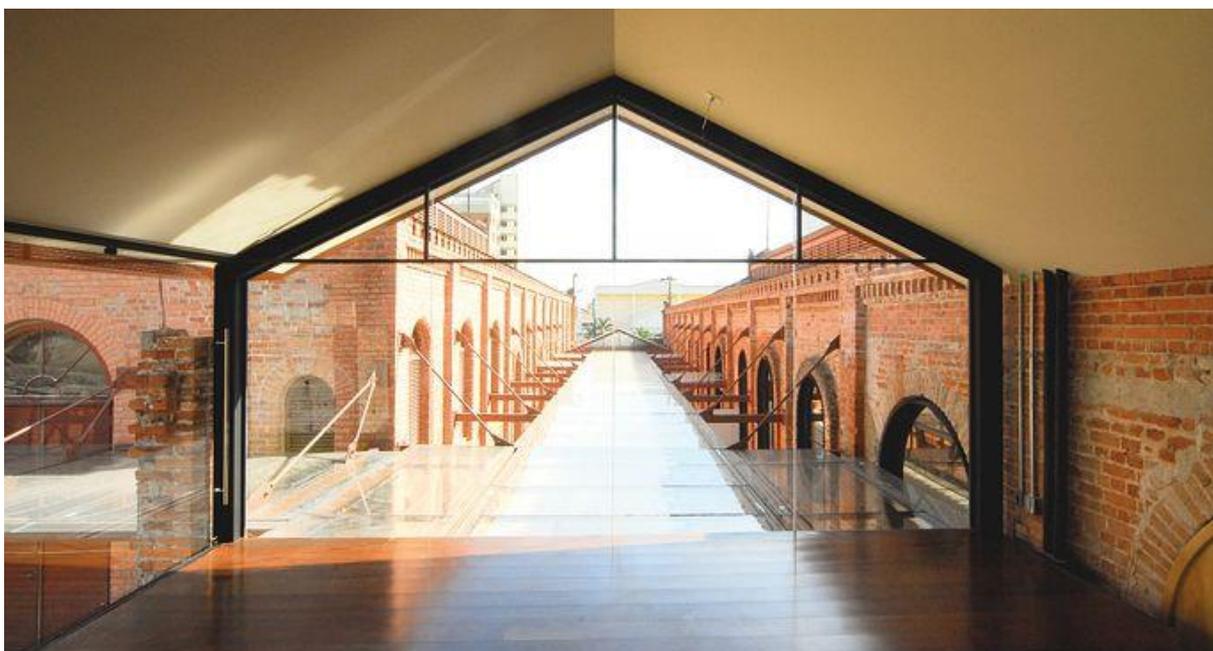


Figura 13 - Reconstrução dos pavilhões.
Fonte: Almeida (2012).

As principais mudanças do projeto original até o tombamento da obra foram: a substituição de parte das telhas de barro por telhas de fibrocimento, a perda dos componentes do lanternim, a substituição de portas e janelas e o fechamento de alguns vãos de portas e janelas. Dessa maneira, percebe-se que não existia manutenção do local e, como consequência disso, acontecia a degradação dos materiais, fator que prejudica até mesmo a estabilidade do edifício. Para tanto, a intervenção previu a restauração dos pavilhões existentes de forma que a arquitetura geral fosse preservada, mas com algumas alterações para adaptação ao novo uso: a criação de um novo edifício para salas de projeção e multiuso; a implantação de um

novo edifício composto por dois pavimentos semi-enterrados, justamente para não contrastar com o conjunto preexistente; e o reforço estrutural realizado através da introdução de vigas e pilaretes (ALMEIDA, 2012).

Devido a mudanças na diretoria da Cinemateca e problemas com verbas, a intervenção foi interrompida e retomada somente no ano 2000 com a contratação do arquiteto Nelson Dupré. O mesmo, preferiu evidenciar as modificações realizadas ao longo dos anos, preservando dessa forma as marcas de sobreposição das épocas em que houveram as mudanças. Sendo assim, houve sutileza na implantação dos novos elementos na edificação, os quais evidenciam o que é novo e o que é antigo, conforme ilustrado pela Figura 14. Para isso, os materiais mais utilizados no Retrofit foram o aço e o vidro, pois não existia nada na estrutura feito deles.



**Figura 14 – Contraste entre a estrutura antiga e os novos elementos em aço e vidro.
Fonte: Revista Projeto (2008).**

A existência de lanternim foi mantida, com o princípio de preservar a originalidade do projeto. A cobertura de madeira, por sua vez, foi completamente recriada em aço, possuindo inclusive uma tesoura articulada, deixando a estrutura visualmente mais limpa, porém preservando a geometria original.



Figura 15 – Detalhes construtivos em aço.
Fonte: Revista Projeto (2008).

Devido a data de tombamento do conjunto, algumas características originais não foram preservadas, pois foi considerado patrimônio após algumas intervenções. O aço se sobressaiu nesse quesito também, uma vez que para retomar a configuração de conjunto (original) e não de um único edifício (após intervenção), criou-se uma passarela metálica coberta com vidro que interliga os galpões e mantém a distância entre eles (Revista Construção Metálica, 2014).



Figura 16 – Detalhe da passarela que interliga os galpões.
Fonte: Revista Projeto (2008).

O plano diretor da Cinemateca Brasileira, prevê uma futura ocupação do terreno, de maneira que se crie um centro cultural destinado à arte do cinema. Serão implantadas inúmeras salas de projeção e de cinema, biblioteca, museus, laboratórios, estacionamento e afins (Dupré Arquitetura).



Figura 17 – Ambiente externo da Cinemateca Brasileira.
Fonte: Revista Projeto (2008).

5.5.2 Pinacoteca de São Paulo

Construção de estilo neoclássico, tida hoje como um dos mais modernos museus do país, a edificação da Pinacoteca de São Paulo (Figura 18) foi construída em 1897, tombada como patrimônio histórico em 1982 e sofreu uma grande intervenção entre 1993 e 1998. Para a adequação do edifício às atuais necessidades técnicas e funcionais de um grande museu contemporâneo, o uso do aço foi primordial, uma vez que esse elemento possui atribuições vantajosas no quesito estrutural, e ainda atribui características contemporâneas ao que está sendo inovado (MORAES, 2009).



**Figura 18 - Vista frontal da Pinacoteca de São Paulo.
Fonte: Moraes (2009).**

Como recomendado, antes do processo de Retrofit foi realizado um diagnóstico para análise da edificação, e através do mesmo foram detectados problemas. A umidade é um agente causador de patologias e comum em grande parte das obras. Para o combate da mesma, foram implantadas claraboias em vidro, conforme ilustrado pela Figura 19, através de uma grelha com perfis metálicos, evitando assim a entrada de água, mas mantendo a ventilação dos salões internos. Graças a utilização de perfis tipo calha, existe ainda a colaboração na drenagem da água das chuvas (MORAES, 2009).



**Figura 19 - Detalhe da claraboia na cobertura da Pinacoteca.
Fonte: Moraes (2009).**

Outro problema encontrado foi com relação a poluição, uma vez que estava existindo a degradação das paredes de tijolos de barro. Por se tratar de um museu, um empecilho era os acessos e as distribuições das salas de exposição, as quais produziam um layout complicado, sendo necessário se estabelecer novas regras de fluxo no edifício, através da criação de passarelas metálicas que cruzam os espaços

e aumentam a mobilidade no local (MORAES, 2009), conforme pode ser visto na Figura 20.

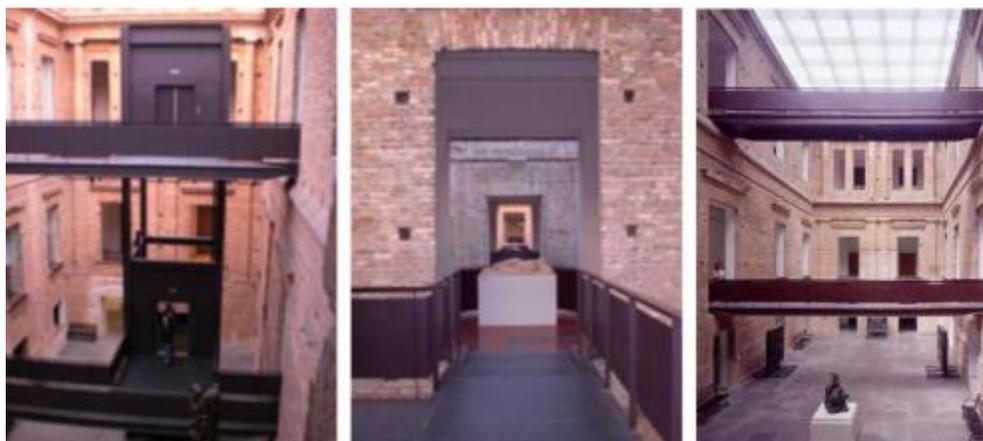


Figura 20 - Detalhe das passarelas metálicas e elevador implantados nos pátios internos.

Fonte: Moraes (2009).

Onde antes existia um vazio ao centro do edifício, construiu-se um auditório com uma cobertura executada através de laje apoiada por grelha de perfis metálicos, o qual serviu de piso para um salão no primeiro pavimento, articulando, de maneira conjunta com as passarelas, todos os ambientes (MORAES, 2009). Isso pode ser visto nas plantas do pavimento térreo e do segundo piso, ilustradas pela Figura 21 e 22, respectivamente, e nas imagens do auditório acabado, Figura 23.

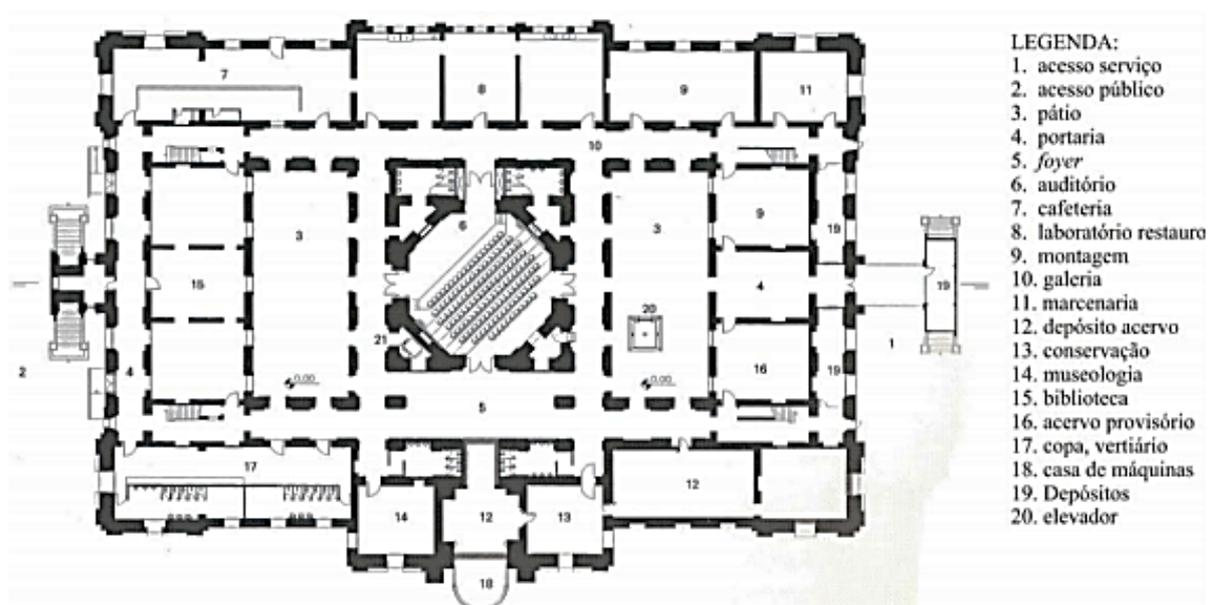


Figura 21 - Planta do pavimento térreo da Pinacoteca.

Fonte: Moraes (2009).

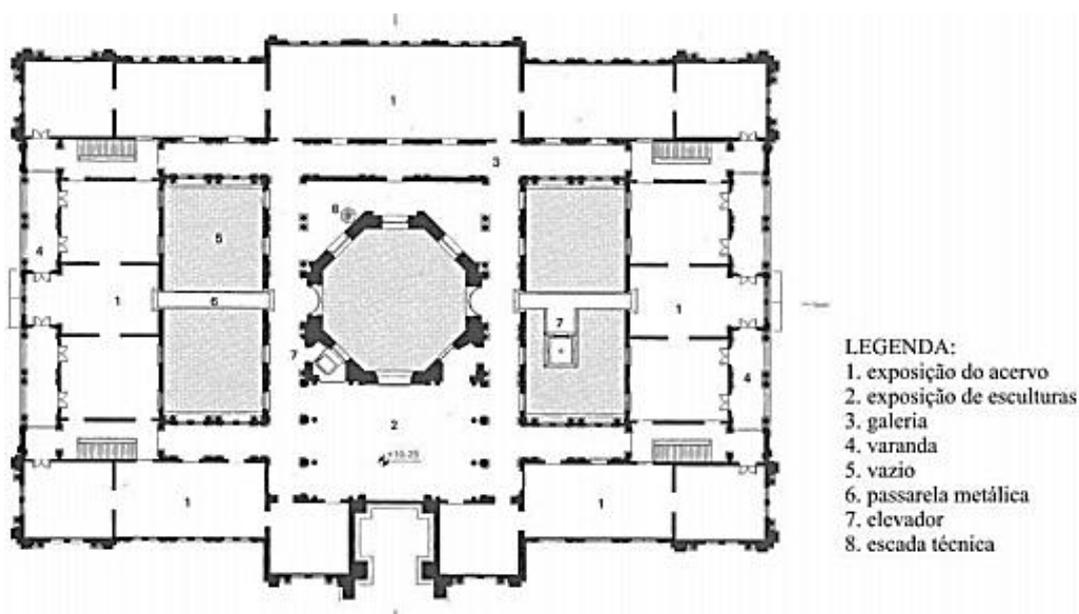


Figura 22 - Planta do segundo pavimento da Pinacoteca.
Fonte: Moraes (2009).

Como acontece em casos de ruínas, os arquitetos optaram por manter o estado bruto e inacabado dos materiais, porém, foram eliminadas as mudanças realizadas ao longo do tempo no edifício, retomando a arquitetura original e não a história que a edificação criou ao longo dos anos. Os revestimentos internos sofreram restauração, e existiram alguns acréscimos de elementos em concreto armado ou tijolos cerâmicos. De maneira geral, a construção original foi mantida como alvenaria estrutural, e o aço foi o material adotado para contrapor o antigo e o novo (MORAES, 2009).



Figura 23 - Auditório e cobertura do mesmo usada como piso no salão do primeiro pavimento.
Fonte: Moraes (2009).

Em edificações antigas, o uso do vidro com o aço é comum, tanto para dar continuidade aos espaços, quanto para colaborar na luminosidade dos ambientes. Nesse caso, muitas esquadrias foram retiradas e seus vãos deixados abertos, e outras foram substituídas por chapas metálicas e vidros, conforme pode ser visto na Figura 24. No caso das esquadrias do segundo pavimento, frontais ao octógono, foram retiradas e adicionados guarda-corpos em chapas metálicas (MORAES, 2009).



Figura 24 - Detalhes dos substitutos das antigas esquadrias.
Fonte: Moraes (2009).

5.5.3 Hotel Nacional, Rio de Janeiro

O Rio de Janeiro é caracterizado por ter o turismo como uma de suas principais atividades econômicas. Graças a seu potencial, recebe grande quantidade de investimentos e verbas que propiciam um amplo quadro de desenvolvimento na cidade. Analisando a iniciativa privada, percebe-se grande empenho por parte do ramo de hotelaria, o qual busca sempre a melhor localização para seus investimentos. O Retrofit se destaca nesse contexto, uma vez que revitaliza de maneira eficiente edificações que não estavam sendo bem aproveitadas, as quais podem, e são, muito utilizadas como futuros hotéis.

A classificação de um processo de melhorias como sendo ou não Retrofit gera alguns casos contraditórios. Na cidade do Rio de Janeiro, existem edificações onde pouco de suas construções originais foram mantidas, porém, mesmo assim, existem profissionais que afirmam se tratar de Retrofit. Alguns exemplos dessa situação são os casos do Diamond Hotel e o Hotel Excelsior, que sofreram uma grande remodelação e mantiveram somente sua estrutura (GOMES, 2015).

Existem também exemplos claros de Retrofit na cidade, onde os elementos da edificação foram revitalizados para melhorar as condições de uso e o conforto dos usuários, mas suas características originais foram mantidas, como os históricos Edifício Mozart, o Edifício Odeon e o Centro Empresarial RB53 (GOMES, 2015).

Uma das obras que compõem o portfólio do consagrado arquiteto Oscar Niemeyer (1907-2012) é o Hotel Nacional, apresentado na Figura 25. Localizado em posição favorável da capital carioca, conta com uma vista privilegiada da orla e é considerado um ícone da arquitetura modernista brasileira. Oscar fez um projeto cauteloso onde priorizou a vista direta para o mar, implementando dessa maneira uma fachada envidraçada (O GLOBO, 2017).

Inaugurado em 1972, o empreendimento acabou fechando em 1995 após a empresa falir e em 1998 tornou-se um patrimônio tombado. Somente em 2009 a edificação foi arrematada em um leilão e em 2014 planejou-se realizar um Retrofit. O projeto manteve muito da originalidade da edificação, modificando apenas fatores como climatização, número e tamanho de quartos, etc (O GLOBO, 2017).

O Retrofit priorizou manter as ideias da concepção de Niemeyer, compondo a maior parte da modificação a parte interna do edifício, empregando materiais mais modernos. A fachada envidraçada foi mantida, mas os novos vidros atendem a Norma de Desempenho (ABNT NBR 15575:2015) e são à prova de ruído. As novas paredes de vedação também se adequaram às normas. A parte sustentável não foi enfatizada, porém seu novo sistema de ar condicionado e a modernização dos projetos hidráulicos e elétricos do prédio foram considerados suficientes nesse quesito (CIMENTO ITAMBÉ, 2017).



**Figura 25 - Gran Meliá Nacional Rio de Janeiro, antigo Hotel Nacional.
Fonte: Gran Meliá (2017).**

5.5.4 Hospital do Câncer A.C. Camargo, São Paulo

Projetado em 1947 por Rino Levi, o Hospital do Câncer A.C. Camargo (Figura 26) localizado na cidade de São Paulo teve suas fachadas tombadas como patrimônio histórico. Devida a necessidade de melhorias e modernização da edificação, o mesmo foi objeto de um Retrofit.



Figura 26 - Fachada antes do processo.

Fonte: Dupré Arquitetura (2017).

Tendo como arquiteto responsável pelo processo o renomado Nelson Dupré, o qual atua com frequência na área de recuperação de patrimônios históricos, a edificação recebeu diversas alternativas em aço. Graças ao uso de diferentes materiais, fator que acarreta grande dificuldade para a comunicação entre a estrutura antiga e a nova, o aço se sobressaiu pela sua leveza estrutural e pela facilidade de montagem (Revista Construção Metálica, 2014).

A composição do projeto é, basicamente, a restauração das fachadas que são tombadas como patrimônio histórico, no caso dos blocos A, C e D, e pelo redesenho das fachadas do B e A, além de acréscimos de elementos metálicos de circulação entre os mesmos (Dupré Arquitetura).

A ideia do projeto foi a união estética entre todos os blocos e unidades do complexo hospitalar, para isso foram inseridas chapas perfuradas metálicas sobre as fachadas de todo o conjunto lateral e nas coberturas dos blocos, afim de criar um contraste entre as edificações, mas de maneira que não tirasse a harmonia da fachada histórica existente (Revista Construção Metálica, 2014).



Figura 27 - Perspectiva da fachada com distinção clara entre a fachada restaurada e a fachada adjacente.

Fonte: Revista Construção Metálica (2014).

5.5.5 Centro Cultural Red Bull Station, São Paulo

Um edifício que antigamente abrigava uma subestação transformadora de energia e que veio se deteriorando ao longo do tempo graças ao abandono, é o atual Centro Cultural Red Bull Station, que pode ser visto na Figura 27. Para exercer a função de centro cultural foi necessário um Retrofit, onde mais uma vez o aço foi o destaque graças a sua baixa interferência no carregamento da estrutura.

Com base nos princípios do Retrofit, e levando em consideração que todo o volume e fachada da edificação são patrimônios tombados, o projeto contemplou a essência da construção, modernizando os sistemas prediais e acrescentando uma estrutura que contrastasse com a original restaurada. Dessa forma, a equipe responsável pela cobertura precisou realizar um trabalho exclusivo para essa obra, criando peças metálicas laminadas com perfis de abas paralelas para serem usados em superfícies que não eram paralelas (Revista Construção Metálica, 2014).



Figura 28 - Red Bull Station.
Fonte: Arch Daily (2017).

A implantação de uma grande escada e de marquise, ambas metálicas, foi a protagonista da porção lateral e superior do prédio. É na cobertura do prédio que está localizado o diferencial do projeto, pois lá está localizada a chamada “folha”, uma cobertura metálica (Figura 28) apoiada sobre dois pilares metálicos distintos e na caixa do antigo elevador readaptado. Este elemento metálico ainda tem como função a captação de água da chuva para reaproveitamento no próprio edifício, e auxilia no combate de possíveis goteiras, problema esse que não deve acontecer, uma vez que a edificação já contava com um sistema de impermeabilização muito eficiente, pois na cobertura do edifício existia uma fonte com objetivo de resfriar o prédio que continha transformadores de energia (Revista Construção Metálica 2014).

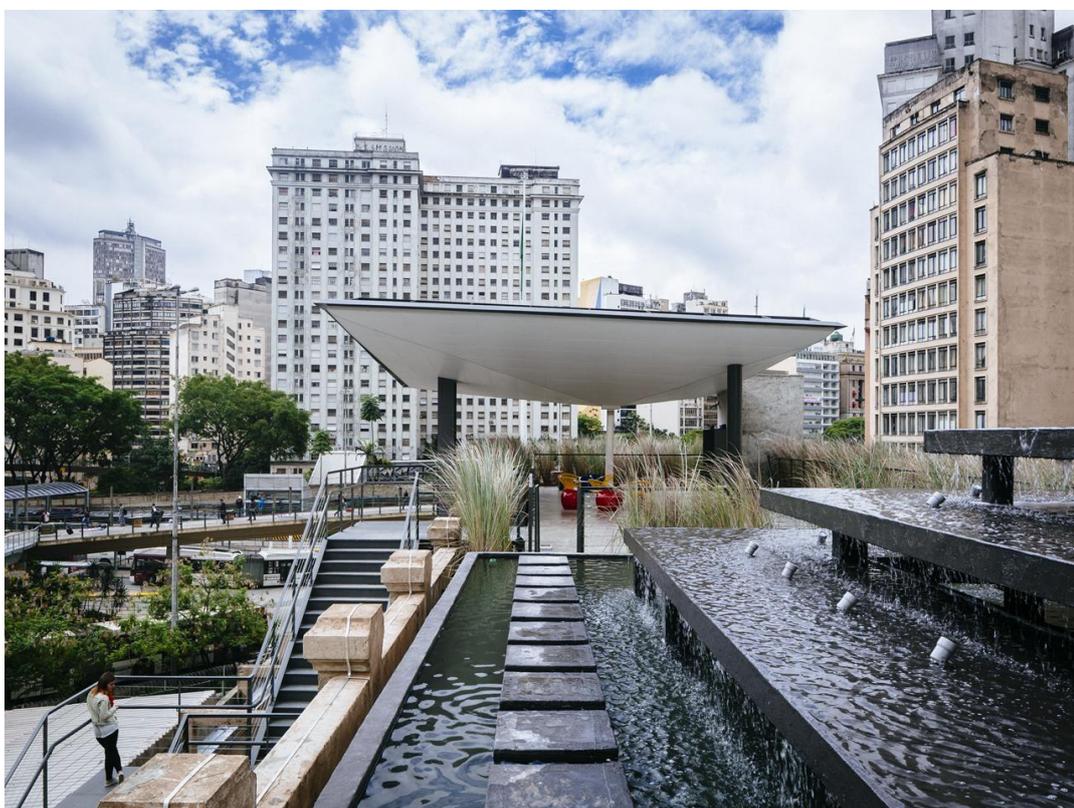


Figura 29 - Cobertura do Red Bull Station.
Fonte: Arch Daily (2017).

5.5.6 Hotel Jaraguá, São Paulo

São Paulo é a cidade mais populosa do nosso país. Um título como esse camufla muitos problemas visíveis na infraestrutura de um município. Tendo um histórico de falta de autoridade sobre quem constrói, a Prefeitura Municipal de São Paulo perdeu o controle sobre as proporções dos terrenos. São muitos os que possuem dimensões desproporcionais de largura e profundidade. Sendo assim, o Hotel Jaraguá sofreu acréscimos em seu projeto inicial, após a realização de compra de terrenos vizinhos, conforme pode ser visto na Figura 29 (SILVA, 2006).

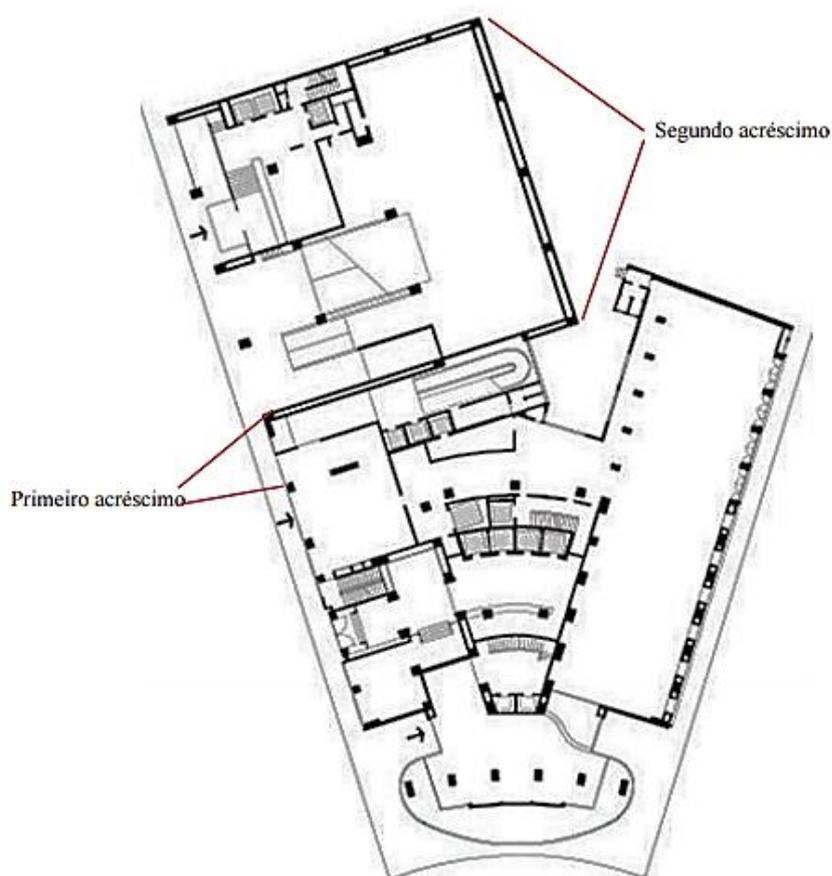
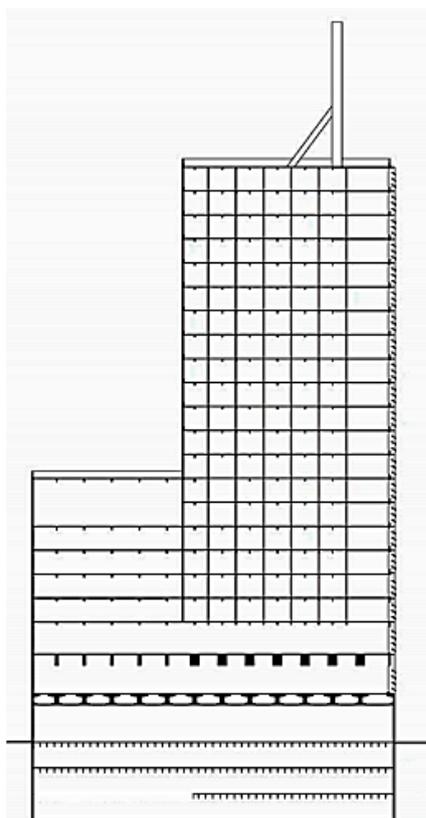


Figura 30 - Layout do Hotel Jaguará com seus acréscimos.
Fonte: Silva (2006).

A localização privilegiada do hotel fez com que a ideia de Retrofit se tornasse extremamente interessante. O valor simbólico que a edificação trazia para a região foi outro fator relevante.

Sabe-se que edifícios hoteleiros têm a necessidade de reforma geral a cada vinte ou vinte e cinco anos, uma vez que existe grande desgaste causado pela intensidade de uso, muitas vezes incluindo hóspedes descuidados e vândalos, ou até mesmo pela constante evolução e modernização que os sistemas prediais necessitam. No caso do Hotel Jaguará, o prazo de manutenção não foi atendido, sendo de 50 anos o período sem intervenções preventivas. Deste modo, já se conclui que o Retrofit realizado foi intenso, com muitas mudanças e gastos (SILVA, 2006).

O projeto original era constituído de uma estrutura confusa, com muitos pilares e grandes vigas de transição, as quais foram projetadas para terem-se salas que sediarium o jornal “O Estado de São Paulo, ou seja, deveriam ser livres para as máquinas de impressão. Então, o edifício foi em boa parte refeito por dentro, mantendo apenas a fachada, que é tombada pelo patrimônio histórico, lajes, algumas paredes e painéis. O propósito de uso também sofreu mudanças, o edifício antes ocupado por hotel, estúdio de rádio e gráfica de jornal, agora é apenas hotel, com 30 mil metros quadrados de área construída (SILVA, 2006; REVISTA TÉCNICA, 2004).



**Figura 31 - Corte Hotel Jaraguá.
Fonte: Silva (2006).**

A parte de demolição foi a mais duradoura da obra, uma vez que incluía a remoção de algumas peças estruturais e o respectivo reforço de vigas e pilares para a transferência das cargas. O projeto possuía a criação de uma rua interna ao prédio, o que causou a retirada de quatro pilares que suportavam quinhentas toneladas cada. Optou-se por reforçar outras peças, com dimensões já avantajadas, como pilares de 75 x 65 cm, através da colocação de uma nova armadura e cobrimento. Existiram também contradições da antiga fundação com as novas cargas, o que fez com que algumas sapatas perdessem sua função, enquanto outras recebessem carga extra. Dessa maneira, foram reforçados os blocos de fundação e executadas vigas-alavanca para compensar a excentricidade de cargas. Também foram construídas 104 estacas-raiz, com 31 centímetros de diâmetro e trinta metros de profundidade (REVISTA TÉCNICA, 2004). Na figura 31 têm-se a imagem do Hotel Jaraguá após o Retrofit.



Figura 32 - Hotel Jaraguá após Retrofit.
Fonte: Silva (2006).

5.5.7 Centro Cultural Parque das Ruínas, Rio de Janeiro

Localizado no bairro de Santa Teresa, o qual teve muitos aspectos históricos preservados, o Centro Cultural Parque das Ruínas passou por várias modificações desde sua criação. A casa principal foi construída na segunda metade do século XIX, e a partir de 1930 sofreu intervenções, como a construção de uma torre que abrigaria um elevador que nunca foi implantado. A primeira ideia de transformação da edificação foi para a criação de um albergue de jovens, porém o mentor morreu e ninguém prosseguiu com o projeto. Após isso, a construção ficou abandonada (ver Figuras 32 e 33) e abrigou mendigos e drogados até 1993, quando o então prefeito César Maia criou o “Parque das Ruínas”. Então, em 1995, a Prefeitura da Cidade do Rio de Janeiro fez uma licitação para recuperação do parque, que foi vencida pelo escritório Ernani Freire Arquitetos Associados (MORAES, 2009).

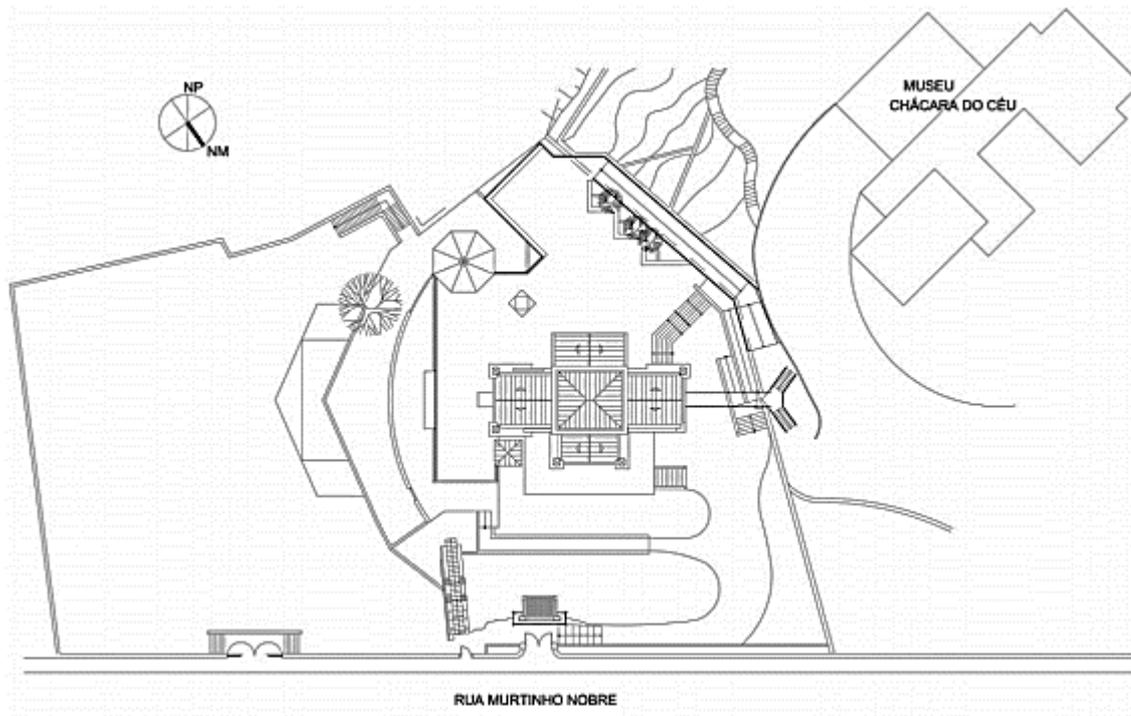


**Figura 33 - Interior da casa antes do Retrofit, com destaque o desmoronamento dos pisos e parte do telhado.
Fonte: Moraes (2009).**



**Figura 34 - Parte externa da edificação antes do Retrofit.
Fonte: Moraes (2009).**

A existência do Museu Chácara do Céu na proximidade do parque, conforme ilustrado pela Figura 34, fez com que se planejasse uma ligação entre ambos, a fim de aproveitar o prestígio do mesmo. Dessa maneira, o Centro Cultural Parque das Ruínas virou um anexo do museu.



**Figura 35 - Layout do terreno.
Fonte: Moraes (2009).**

Por não se tratar de um patrimônio tombado, o projeto de intervenção pôde ser mais ousado, porém, mantendo o princípio do Retrofit que é manter as

características originais da construção. Sendo assim, decidiu-se que seria exaltada a ruína em si, valorizando o que o tempo havia “construído” na edificação.

O implemento de aço e vidro criou um contraste estético agradável, e favoreceu a luminosidade já existente graças a falta de telhado e de esquadrias no local, o que pode ser visto na Figura 35. Além disso, o uso da combinação desses materiais propiciou a integração dos ambientes internos e externos e revelou uma vista exuberante, fato pelo qual foi criado um terraço no nível do telhado que havia desabado. Para acesso a tal, uma laje foi demolida e então implantada uma escada helicoidal acima de um patamar suspenso por tirantes (TEOBALDO, 2004).



**Figura 36 - Centro Culturais Parque das Ruínas.
Fonte: Teobaldo (2004).**

Destaca-se também o uso do aço para elaboração de escadas e passarelas implantadas na edificação, uma vez que a leveza desse material foi útil para compensar a fragilidade da alvenaria estrutural existente e estabilizar a mesma. Esses elementos, além da contribuição estética, cruzam vãos e criam novos atalhos entre as ruínas, proporcionando mais vistas pelas esquadrias com vidros, como pode ser visto na Figura 36.

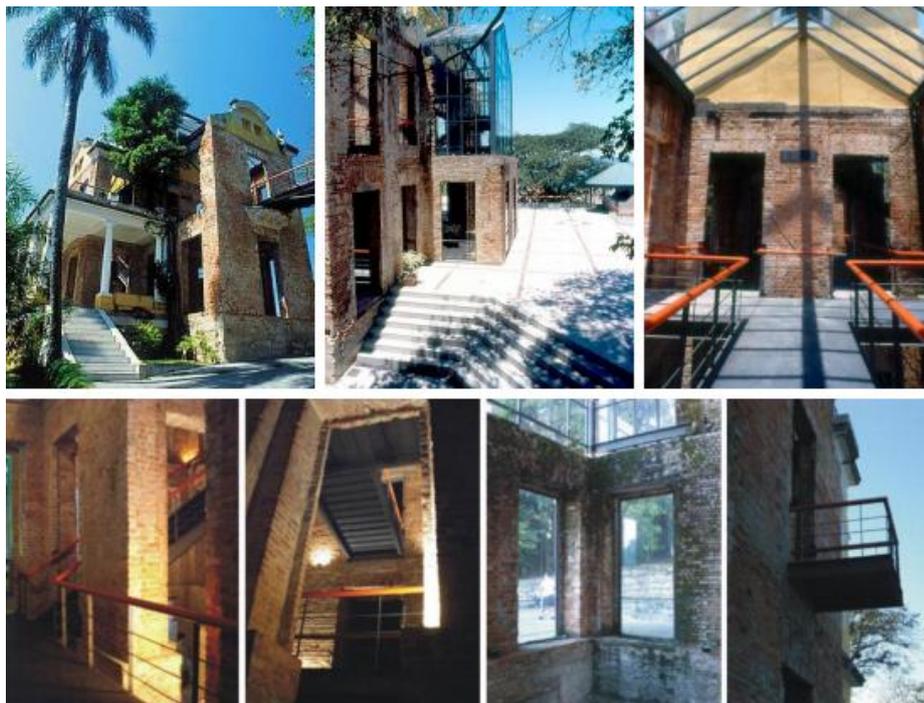


Figura 37 - Visualização das escadas e passarelas de aço.
Fonte: Moraes (2009).

Uma das passarelas inseridas pode ser vista como um detalhe interessante da estrutura metálica. Trata-se de uma passarela suspensa por quatro tirantes que distribuem seu peso próprio e as sobrecargas para as vigas em que estão pendurados. Essas vigas repassam o carregamento às vigas perpendiculares a elas, as quais já recebem o peso da cobertura. As cargas então, são transferidas para os pilares externos e para a alvenaria do vão central, conforme ilustra a figura 38 (MORAES, 2009).

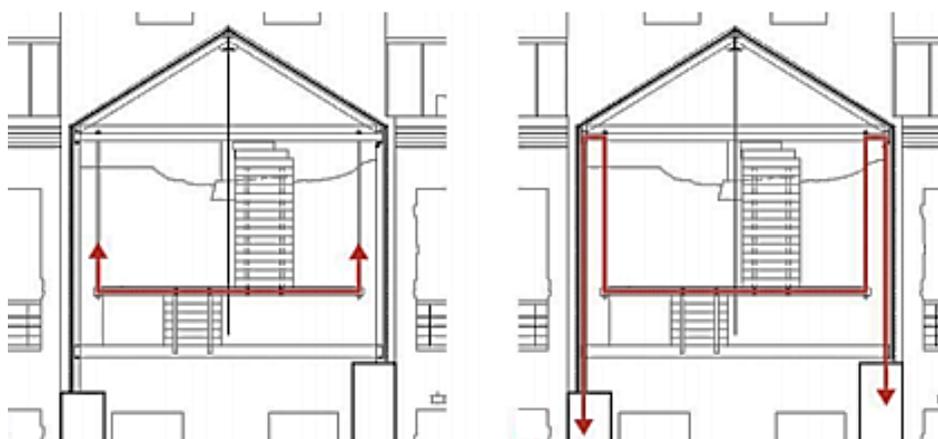


Figura 38 - Ilustração do caminho realizado pelo carregamento do patamar atirantado.
Fonte: Moraes (2009).

Em relação a fundação, existiu um procedimento delicado, uma vez que a abertura do local a público exigia melhorias na capacidade de resistência. Para tanto, realizou-se um trincheiramento, onde a cada medida de desaterro realizada se fez necessário o escoramento e preenchimentos com concreto armado. Outra mudança aconteceu na torre, que foi projetada para um elevador mas acabou tornando-se a caixa d'água do local. Devido ao planejamento de manter a ruína, alguns locais receberam restauração da pintura e outros mantiveram a alvenaria exposta, recompondo apenas algumas áreas com concreto e painéis de argamassa (MORAES, 2009).

O Retrofit aplicado nessa obra teve como objetivo transformar o conjunto do parque e museu em uma referência ao se tratar de cultura e lazer, criando dessa forma mais um ponto turístico para a cidade e livrando o bairro onde fica localizado de um local que havia se tornado perigoso e hostil.



Figura 39 - Corte longitudinal apresentando os acréscimos realizados no Retrofit.
Fonte: Moraes (2009).

5.5.8 Teatro Brasileiro de Comédia, São Paulo

Graças a um projeto de requalificação do bairro onde fica localizado, o Teatro Brasileiro de Comédia passou por um processo de Retrofit e restauro. A fachada

idealizada no projeto pode ser vista na Figura 39. O projeto possibilitou a criação de sala de projeção, teatro com palco italiano, galeria de exposições e espaço multiuso (Revista Construção Metálica, 2014).



Figura 40 - Projeto da fachada do teatro.
Fonte: Revista Construção Metálica (2014).

A edificação, tombada como patrimônio histórico, teve áreas demolidas por risco de desabamento, restauração das fachadas e recuperação estrutural. As novas normas e costumes relacionados a teatros fizeram com que algumas mudanças fossem necessárias, como a remodelação de áreas que possuíam a presença de diversos níveis e escadas, que tornavam o local desagradável e fora do padrão de segurança (Revista Construção Metálica, 2014).



Figura 41 - Edifício anexo construído com estrutura metálica.
Fonte: Revista Construção Metálica (2014).

O uso do aço nesse caso, foi escolhido para solucionar problemas, e não apenas para resolver conflitos estéticos com elementos leves. Devido a ampliação do espaço, fator que possibilitou o aumento da capacidade de público no local, a necessidade de reforços estruturais foi o fator principal do projeto. Foram necessárias mudanças de inclinação de pisos para adaptação das novas tecnologias cinematográficas e a eliminação de alguns ambientes, sendo necessário que algumas lajes fossem refeitas, fazendo, assim, com que o aproveitamento das fundações fosse comprometido. Para isso, foram criadas novas vigas no piso, reforçando dessa forma as fundações e reduzindo o número de apoios ao mínimo possível (Revista Construção Metálica, 2014).

O levantamento técnico da edificação antes do início das obras foi primordial para perceber que haviam problemas estruturais que deveriam ser solucionados. Através disso, o projeto previu que as vigas existentes deveriam ser recalculadas e todas as cargas adicionais retiradas para minimizar as deformações. Para o reforço das vigas foram soldados perfis metálicos na face inferior das mesmas (Revista Construção Metálica, 2014), conforme pode ser visto na Figura 41.



Figura 42 - As vigas receberam reforço com perfis I de 400 milímetros na face inferior.
Fonte: Revista Construção Metálica (2014).

5.5.9 Complexo de edifícios da *ADGB Trade Union School*

Localizado em Bernau, na Alemanha, o complexo de edifícios da ADGB Trade Union School, Figura 42, projetado pelo arquiteto da Bauhaus Hannes Meyer, desde sua inauguração, em 1930, sofreu intervenções onde suas características originais foram se perdendo. Usado poucos anos como escola profissionalizante, logo foi tomado pelos nazistas para ser utilizado como local de treinamento. Após a Segunda Guerra Mundial chegou a ser novamente um centro de educação, porém o campus ficou desocupado durante muito tempo. Dez anos depois da queda do muro de Berlim, em 1999, o escritório Brenne Gesellschcraft ganhou um concurso onde implementou o processo de Retrofit, fazendo com que a escola profissionalizante voltasse a existir no local (ESTEVES; LOMARDO, 2009).



Figura 43 - Complexo do ADGB.
Fonte: Gomes (2015).

O projeto mostra-se extremamente preciso nas escolhas de cores e materiais para se equiparar ao projeto original, incluindo aço, concreto aparente, blocos de vidro, janelas articuladas trapezoidais com molduras de aço, sistemas mecânicos sofisticados e paredes externas revestidas com tijolos amarelos. Essa preocupação em resgatar os conceitos originais premiou os arquitetos com o prêmio de melhor proposta de reabilitação (GOMES, 2015).

De acordo com Esteves e Lomardo (2009), a ideia do Retrofit implantado foi resgatar os elementos que foram perdidos nas alterações feitas anteriormente, o que pode ser visto na figura 43. Algumas das medidas adotadas foram:

- O jardim de inverno, que com intervenções passadas havia sido desconfigurado, voltou a possuir formato semicircular e a vedação feita por esquadrias de aço, originalmente projetadas de vermelho;



Figura 44 - Intervenção antiga à esquerda e novo Retrofit à direita.
Fonte: Gomes (2015).

- Instalação de painéis cimentícios e pintados nas cores dos dormitórios em locais onde não se foi possível restaurar os tijolos aparentes pintados de amarelo;
- O refeitório, que possuía um telhado de tijolos de vidro anteriormente perdido, teve como retomada essa integração entre os ambientes internos e externos a partir da reabertura de vãos de esquadrias de vidro (Figura 44 e 45);



Figura 45 - Antigo refeitório à esquerda e refeitório com intervenções realizadas anteriormente à direita.
Fonte: Gomes (2015).



Figura 46 - Refeitório após o Retrofit.
Fonte: Gomes (2015).

- Uma escada lateral em uma das construções, teve um fechamento retirado, o qual havia sido realizado na intervenção anterior, Figura 46, retomando assim a concepção original que era vazada, para proporcionar mais leveza ao conjunto;

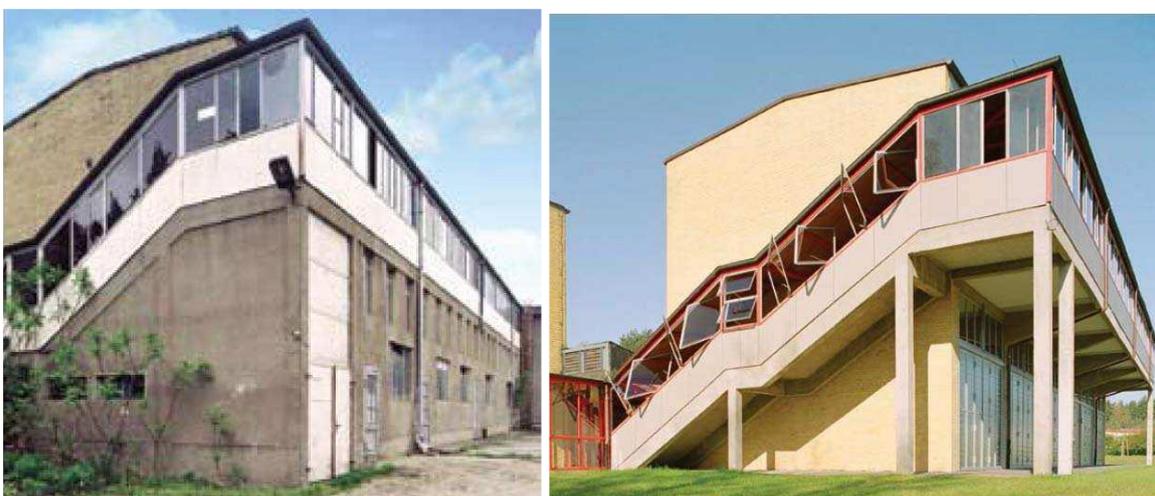


Figura 47 - Escada com fechamentos após intervenção realizada anteriormente à esquerda e escada recuperada após Retrofit à direita.
Fonte: Gomes (2015).

O principal problema encontrado graças as intervenções anteriores eram os prejuízos para a ventilação e iluminação natural, que foi causado graças aos fechamentos de alvenaria ou concreto implantados na maioria das edificações. Dessa maneira, o Retrofit trouxe uma melhoria tanto estética quanto aos subsistemas das

edificações analisadas, comprovando as vantagens do método sem prejuízo às originalidades do projeto.

5.5.10 Antigo Templo de Corpus Christi, Cidade do México

Por se tratar de uma edificação antiga, antes de realizar a intervenção foi preciso verificar as condições da construção, a qual utilizava o sistema de alvenaria estrutural. Para isso, uma das formas de avaliação foi através da modelagem baseada no Método dos Elementos Finitos, cuja representação do modelo pode ser vista na Figura 47, além de uma vistoria composta pelo levantamento de fissuras, prumo e alinhamento das colunas e paredes da fachada (MORAES, 2009).

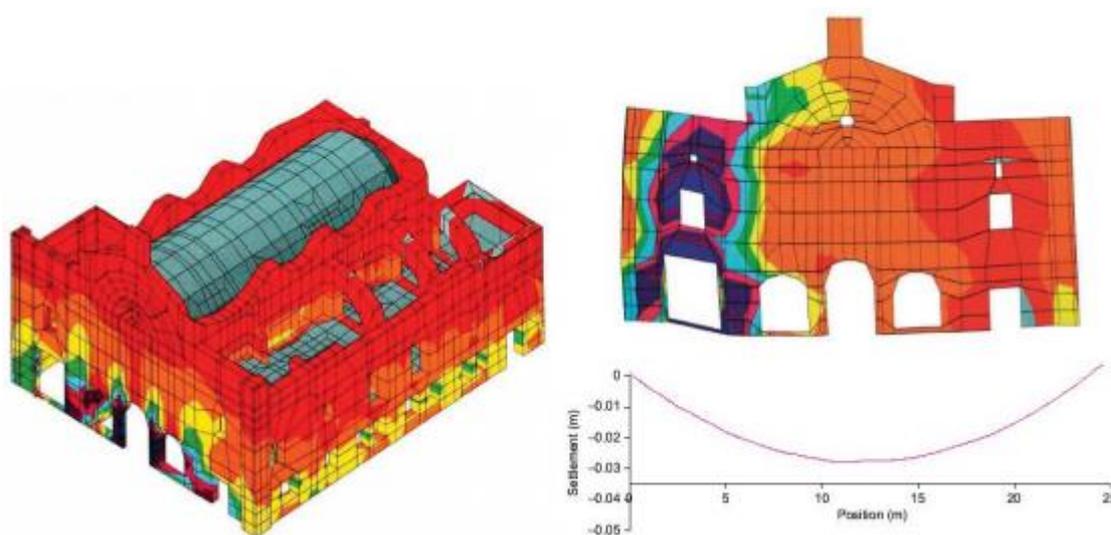


Figura 48 - Avaliação estrutural através do Método dos Elementos Finitos.

Fonte: Moraes (2009).

A partir desses estudos, percebeu-se a necessidade de reforçar a estrutura de todo o edifício, inclusive a fundação. Dessa maneira, foram adicionados elementos de aço para solução dos problemas (MORAES, 2009). Tais adições podem ser vistas com maiores detalhes nas Figuras 48 a 50.

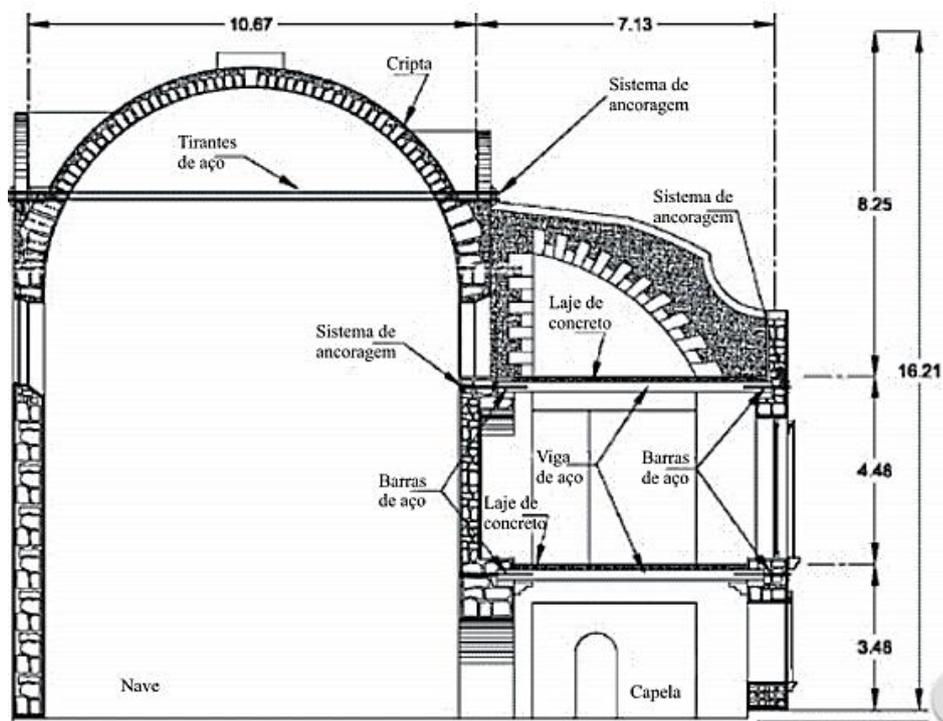


Figura 49 - Corte transversal com ênfase ao uso de tirantes para restringir a abertura da abóboda.

Fonte: Moraes (2009).

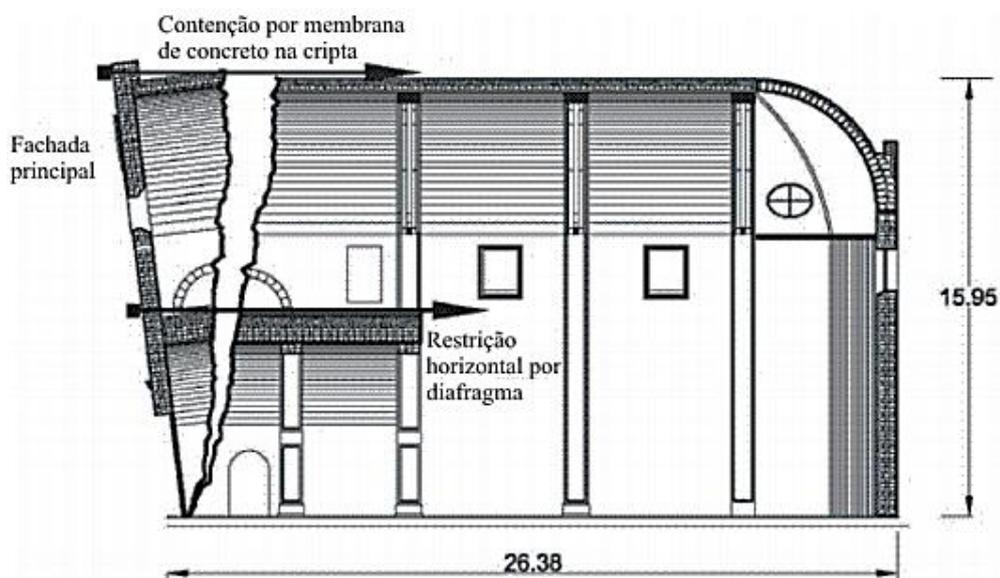
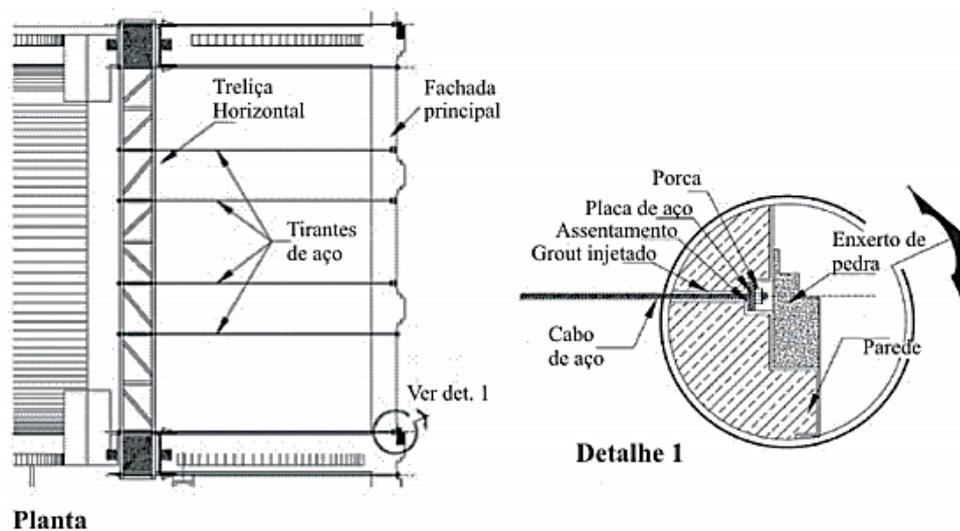


Figura 50 - Corte longitudinal com ênfase ao mecanismo que restringiu a ruína da fachada.

Fonte: Moraes (2009).



Planta

Figura 51 - Planta e detalhe da ancoragem da fachada principal com uso de cabos ligados à viga treliçada.
Fonte: Moraes (2009).

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS E CONCLUSÃO

Conforme objetivo do trabalho, foram expostos exemplos reais que receberam o processo de Retrofit, e apresentadas suas devidas informações. Desta maneira, pôde ser compilada uma descrição e realizada uma breve análise desses exemplos, de forma a evidenciar os aspectos relacionados ao tema em questão.

O foco do trabalho foi a ênfase ao uso do aço no processo do Retrofit de edificações e, na maioria dos casos, esse material se destacou devido as suas qualidades e vantagens, principalmente por se tratar de um material leve, robusto e industrializado. De modo geral, o aço foi a solução adequada para as intervenções estudadas, pois muitas vezes a utilização de qualquer outro material inviabilizaria o processo.

Nos casos que trataram de edificações tombadas como patrimônio histórico, o aço foi essencial no quesito estético, afim de contrastar a antiga estrutura e a nova, mas principalmente no quesito estrutural, podendo ser implementado como solução em diversas situações, até quando a estrutura original estava visivelmente danificada. Dessa forma, as intervenções em edificações históricas são as que mais dependem do aço para que o trabalho seja executado da maneira mais eficiente possível.

Também foram apresentados exemplos onde o setor hoteleiro se mostra um campo promissor para aplicação do Retrofit. Por se tratar de um ramo comercial que depende muito de localização, vários hotéis buscam alternativas para conseguir implantar seu negócio em edificações preexistentes nas cidades. Sendo assim, o Retrofit tem pôr objetivo principal a modernização dos sistemas prediais mantendo a originalidade da construção.

São diversas as soluções que podem ser adotadas para garantir estabilidade e funcionalidade de uma edificação retrofitada lançando mão de métodos de reforço, adição ou substituição de elementos, que foram apresentados com a garantia de eficácia nas obras onde foram utilizados.

Destaca-se que alguns exemplos apresentaram processos semelhantes, cuja finalidade de ocupação era cultural, como a Cinemateca Brasileira, a Pinacoteca, o Centro Cultural Red Bull Station, o Centro Cultural Parque das Ruínas e o Antigo Templo de Corpus Christi. Nesses casos, com alguns deles sendo edificações tombadas como patrimônio histórico e outras não, a ideia de manter elementos

construtivos originais era essencial, pois as edificações possuíam características da arquitetura da época em que foram construídas e que precisavam ser mantidas, fator de grande responsabilidade aos responsáveis pelo Retrofit.

Em outros exemplos, como o Hotel Nacional, o Hospital do Câncer A. C. Camargo, o Hotel Jaraguá, o Teatro Brasileiro de Comédia e o Complexo de edifícios da ADGB Trade Union School, que teriam uso “comercial”, o Retrofit foi mais visível, deixando mudanças perceptíveis do ponto de vista arquitetônico e interferindo bastante na parte estrutural, tendo o aço como protagonista mais uma vez.

De maneira geral, percebe-se a eficiência do emprego do aço como elemento de destaque no processo de Retrofit, uma vez que os exemplos apresentados deixaram claros sua versatilidade e adequabilidade nos quesitos estruturais, funcionais e estéticos.

Sendo assim, o presente trabalho conclui que o Retrofit é um processo muito promissora, que traz resultados positivos se os estudos preliminares forem feitos com precisão, e que o aço possui características que o tornam uma das principais opções para implantação do processo, tanto do ponto de vista estrutural quanto arquitetônico. Dessa maneira, o Retrofit possibilita que as edificações voltem ou venham a possuir a resistência estrutural necessária e que sejam introduzidos contrastes estéticos bem recebidos pelos engenheiros, arquitetos e usuários.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARCH DAILY. Disponível em: <<http://www.archdaily.com.br/br/01-155192/redbull-station-sao-paulo-slash-triptyque>>. Acesso em: 22 de maio de 2017.

ALMEIDA, Eneida de. **Aspectos teórico-metodológicos da reutilização do patrimônio industrial. Uma apreciação acerca do caso do antigo matadouro municipal, atual sede da Cinemateca Brasileira.** In: VI Colóquio Latino Americano - sobre recuperação e preservação do patrimônio industrial. São Paulo, 2012.

BARRIENTOS, Maria Izabel G. G.; QUALHARINI, Eduardo L.. **Retrofit de construções: metodologia de avaliação.** In: I Conferência Latino-americana de Construção Sustentável - X Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído. São Paulo, 2004.

BAUERMANN, Maristela. **Investigação sobre o processo de projeto em edifícios de andares múltiplos de aço.** 2002. 269 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2002.

BELLEI, Ildony H. **Interfaces Aço-concreto.** IBS/CBCA. 93p. Rio de Janeiro, 2006.

CAMPOS, Luiz E.T. et al. 2006. **Utilização de estruturas de aço na reabilitação do edifício do Tribunal Regional do Trabalho do Rio de Janeiro.** In: Congresso Latino Americano da Construção Metálica. São Paulo, 2006.

CASTRO, Eduardo M. C. de. **Patologia dos edifícios em estrutura metálica.** 1999. 202 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 1999.

CIMENTO ITAMBÉ. Disponível em: <<http://www.cimentoitambe.com.br/retrofit-hotel-nacional-niemeyer/>>. Acesso em: 07 de abril de 2017.

CROITOR, Eduardo P. N.. **A gestão de projetos aplicada à reabilitação de edifícios: estudo da interface entre projeto e obra.** 2009. 26 f. Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP, Departamento de Engenharia de Construção Civil, São Paulo, 2009.

DUCAP, V.. **Reflexões sobre a manutenção e reabilitação de instalações prediais.** 1999. 198 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura) - PROARQ – FAU-UFRJ, Rio de Janeiro, 1999.

DUPRÉ ARQUITETURA. Disponível em: <<http://www.duprearquitetura.com.br>>

ESTEVES, Ana Paula da C.; LOMARDO, Louise L. B.. **O Retrofit de Edificações Tombadas: Possíveis caminhos para a atualização tecnológica de fachadas modernistas e a reforma do edifício IRB.** In: 8º DOCOMOMO Cidade Moderna e Contemporânea: Síntese e Paradoxo das Artes, 2009, Rio de Janeiro. ANAIS DO 8º DOCOMOMO Brasil, 2009.

GOMES, Ana S. S.. **Retrofit de Fachadas de Edifícios à luz da ABNT NBR 15.575**. 2015. 143 f. Monografia (Especialização em Tecnologia e Gestão na Produção de Edifícios) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, Departamento de Engenharia de Construção Civil, São Paulo, 2015.

GRAND MELIÁ. Disponível em: < <https://www.melia.com/pt/home.htm> >. Acesso em: 05 de abril de 2017.

GUIMARÃES, Luciana F.. **O retrofit e a modelagem de informações como ferramenta na análise de projetos**. 2014. 63 f. Dissertação (Graduação em Engenharia Civil) – Escola Politécnica/ UFRJ, Rio de Janeiro, 2014.

MORAES, C. A. (2009). **Intervenções metálicas em construções preexistentes: estudos de caso de interfaces**. 166p. Dissertação de mestrado. Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2009.

MORAES, Virgínia T. F.; QUELHAS, Osvaldo L. G. **O Desenvolvimento da Metodologia e os Processos de um “Retrofit” Arquitetônico**. Revista Eletrônica Sistemas & Gestão, v. 7, n. 3, p. 448-461, 2012.

MOURA, Éride. **Retrofit em alta**. Revista Construção Mercado. Editora PINI, edição 81, abril/2008.

O GLOBO. Disponível em: <<http://oglobo.globo.com/rio/reformas-do-hotel-nacional-sao-retomadas-mas-muita-coisa-tem-que-ser-feita-ate-as-olimpiadas-16044541>>. Acesso em: 07 de abril de 2017.

OLIVEIRA Luciana A.; THOMAZ, Ercio; MELHADO, Sílvio B. **Retrofit de fachadas: tecnologias europeias**. Revista Técnica, edição 136, 2008.

REBELLO, Yopanan C.P. **A Concepção Estrutural e a Arquitetura**, Zigurate Editora, 271 p., São Paulo, 2003.

REVISTA CONSTRUÇÃO METÁLICA. **Retrofit: Uma alternativa à recuperação de edificações históricas**. Ed. 113. 2014.

REVISTA PROJETO. Edição nº 339 – Maio/2008.

REVISTA TÉCNICA. Edição 163 - Outubro/2010. Disponível em: <<http://techne.pini.com.br/engenharia-civil/163/como-construir-piso-industrial-de-concreto-reforcado-com-fibras-285827-1.aspx>>. Acesso em: 07 de abril de 2017.

REVISTA TÉCNICA. Edição 82 - Janeiro/2004. Disponível em: < <http://techne.pini.com.br/engenharia-civil/82/artigo287295-1.aspx> >. Acesso em: 26 de abril de 2017.

SCI - THE STEEL CONSTRUCTION INSTITUTE. **Connections Between Steel And Other Materials – Interfaces**. 102p, 1996.

SILVA, Miguel J. e. **Jaraguá: um Retrofit.** 2006. 95 f. Dissertação de Mestrado - Faculdade de Arquitetura e Urbanismo – Universidade de São Paulo (USP), São Paulo, 2006.

TEOBALDO, Izabela N. C.. **Estudo do aço como objeto de reforço estrutural em edificações antigas.** 2004. 137 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Estruturas) – Escola de Engenharia, Universidade Federal De Minas Gerais, Belo Horizonte, 2004.

UEDA Tamon, SHIMOMURA Chairman T. **Guidelines for retrofit of concrete structures.** Traduzido para o Concrete Library nº 95 publicado por JSCE, Setembro, 1999.

VALE, Mauricio S. do. **Diretrizes para racionalização e atualização das edificações: segundo o conceito da qualidade e sobre ótica do Retrofit.** 2006. 220 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2006.