



**CURSO DE ENGENHARIA CIVIL**

**ANA ALINE MARQUES SOUZA**

**TÉCNICAS DE REFORÇO ESTRUTURAL APLICADAS EM  
PEÇAS DE CONCRETO ARMADO- UMA REVISÃO  
BIBLIOGRÁFICA**

**FORTALEZA**

**2023**

**ANA ALINE MARQUES SOUZA**

**TÉCNICAS DE REFORÇO ESTRUTURAL APLICADAS EM PEÇAS DE  
CONCRETO ARMADO- UMA REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado como requisito parcial à  
obtenção do título de Bacharel em  
Engenharia Civil pela Faculdade Ari  
de Sá.

Orientador: Prof. Ésio Magalhães  
Feitosa Lima

**FORTALEZA  
2023**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
Faculdade Ari de Sá  
Gerada automaticamente mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

---

S719tSouza, Ana Aline Marques.

TÉCNICAS DE REFORÇO ESTRUTURAL APLICADAS EM PEÇAS  
DE CONCRETO ARMADO UMA REVISÃO BIBLIOGRÁFICA / Ana Aline  
Marques Souza. – 2022.

57 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso – Faculdade Ari de Sá, Curso de  
Engenharia Civil, Fortaleza, 2022.

Orientação: Prof. Me. Ésio Magalhães Feitosa Lima.

1. Reforço Estrutural. 2. Vigas. 3. Pilares. 4. Fundações. 5. Lajes. I.  
Título.

CDD 620

---

**ANA ALINE MARQUES SOUZA**

**TÉCNICAS DE REFORÇO ESTRUTURAL APLICADAS EM PEÇAS DE  
CONCRETO ARMADO- UMA REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado como requisito parcial à  
obtenção do título de Bacharel em  
Engenharia Civil da Faculdade Ari de  
Sá.

Orientador: Prof. Me Ésio Magalhães  
Feitosa Lima

Aprovada em: \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_

**BANCA EXAMINADORA**

---

Prof. Me. Ésio Magalhães Feitosa Lima  
Faculdade Ari de Sá

---

Prof. Me. Bianca Maria Pacheco Vieira  
Faculdade Ari de Sá

---

Erivaldo Maia Lourenço Filho

## **AGRADECIMENTOS**

À Deus, por me dá saúde e determinação para a conclusão do curso e do presente trabalho.

Aos meus pais e minha irmã, que me incentivaram nos momentos mais difíceis.

Ao professor Esio, por ter sido meu orientador e ter desempenhado essa função com dedicação.

E a todos aqueles que contribuíram, de alguma forma, para a realização deste trabalho.

## RESUMO

É notório que a construção civil é um ramo que vem crescendo e se desenvolvendo mais a cada dia. Um dos elementos mais importantes em uma edificação, é a sua estrutura, que garante a estabilidade e segurança do edifício e das pessoas que nele habitam. As manifestações patológicas, que são os mecanismos de degradação, ocorrem principalmente devido à agentes patológicos, o não cumprimento de leis e normas, elaboração, como a falha no dimensionamento, e até mesmo execução do projeto. O reforço estrutural é um elemento de fundamental importância para o combate das manifestações patológicas, logo, garantindo a integridade da edificação, através da sua recuperação. Assim, este presente trabalho tem como objetivo principal mostrar como se aplica e detalhar o passo a passo da execução de algumas das principais técnicas de reforço estrutural mais utilizadas no âmbito da engenharia civil, como a aplicação de fibras de carbono, chapas de aço e perfis metálicos, reforço com concreto armado e reforço por protensão, além de demonstrar a importância do reforço estrutural para a prolongação da vida útil de uma edificação. Foi desenvolvido então, por meios de pesquisas, leituras de artigos, livros e vídeos de execução do reforço nas peças estruturais.

**Palavras-chave:** Edificação, Manifestações Patológicas, Reforço Estrutural, fibras de carbono, chapas de aço e perfis metálicos, reforço com concreto armado, reforço por protensão.

## ABSTRACT

It is well known that civil construction is a sector that is growing and developing more every day. One of the most important elements in a building is its structure, which guarantees the stability and safety of the building and the people who live in it. Pathological manifestations, which are degradation mechanisms, occur mainly due to pathological agents, non-compliance with laws and regulations, elaboration, such as failure in sizing, and even execution of the project. Structural reinforcement is an element of fundamental importance for combating pathological manifestations, therefore, guaranteeing the integrity of the building, through its recovery. Therefore, the main objective of this work is to show how it is applied and detail the step-by-step execution of some of the main structural reinforcement techniques most used in civil engineering, such as the application of carbon fibers, steel sheets and profiles. metals, reinforced concrete reinforcement and prestressing reinforcement, in addition to demonstrating the importance of structural reinforcement for extending the useful life of a building. It was then developed through research, reading articles, books and videos of reinforcement in structural parts.

**Keywords:** Building, Pathological Manifestations, Structural Reinforcement, carbon fibers, steel sheets and metal profiles, reinforcement with reinforced concrete, prestressing reinforcement.

# Sumário

1	INTRODUÇÃO .....	11
1.1	HISTÓRICO.....	11
1.2	UTILIZAÇÃO.....	12
1.3	PRINCIPAIS TÉCNICAS .....	12
1.4	JUSTIFICATIVA.....	13
1.5	OBJETIVOS GERAIS .....	13
1.6	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	14
2	METODOLOGIA.....	14
3	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	15
3.1	VIGAS.....	18
3.1.1	REFORÇO DE VIGAS COM CONCRETO ARMADO .....	19
3.1.2	REFORÇO DE VIGAS COM CHAPAS E PERFIS METÁLICOS....	22
3.1.3	REFORÇO DE VIGAS COM FIBRAS DE CARBONO .....	25
3.1.4	REFORÇO DE VIGAS POR PROTENSÃO.....	29
3.2	PILARES .....	32
3.2.1	REFORÇO DE PILARES COM CONCRETO ARMADO .....	33
3.2.2	REFORÇO DE PILARES COM CHAPAS E PERFIS METÁLICOS	36
3.2.3	REFORÇO DE PILARES COM FIBRAS DE CARBONO .....	40
3.3	LAJES.....	42
3.3.1	REFORÇO DE LAJES COM CONCRETO ARMADO .....	42
3.3.2	REFORÇO DE LAJES COM FIBRAS DE CARBONO .....	44
3.3.3	REFORÇO DE LAJES COM CHAPAS E PERFIS METÁLICOS....	46
3.4	FUNDAÇÕES .....	49
3.4.1	REFORÇO DE FUNDAÇÕES COM CONCRETO ARMADO.....	51
4	RESULTADOS.....	53
5	CONCLUSÕES .....	54

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Etapas de produção e uso das obras civis.....	15
Figura 2-Fissuração típica em viga solicitada à flexão. Ilustração: Trincas em Edifícios- Causas, prevenção e recuperação. ....	19
Figura 3- Viga fissurada .....	20
Figura 4-Reforço industrial com aumento da seção e incremento da armadura. ....	21
Figura 5- Fixação química. ....	21
Figura 6-Viga encaixotada.....	22
Figura 7-Apicoamento de superfície de concreto .....	23
Figura 8- Reforço com chapa de aço colada.....	24
Figura 9-Reforço estrutural com viga metálica em obra de pub na regente feijó Tatuapé .....	25
Figura 10- Etapas construtivas dos sistemas compostos estruturados com fibras de carbono .....	26
Figura 11-Reforço estrutural em viga com fibra de carbono.....	26
Figura 12-Reforço estrutural com fibras de carbono em indústria .....	27
Figura 13- Reforço estrutural em viga com fibra de carbono.....	28
Figura 14- Reforço estrutural em concreto protendido. ....	30
Figura 15- Concretos.....	31
Figura 16- Tipos de pilares.....	32
Figura 17- Execução de recuperação e reforço de pilar de concreto .....	34
Figura 18- Apicoamento manual de superfície de concreto .....	35
Figura 19- Esquema de montagem de pilar .....	36
Figura 20- Encamisamento de um pilar com chapas metálicas .....	37
Figura 21- Pilar reforçado com armaduras exteriores .....	38
Figura 22- Exemplos de reforço com chapa colada e com buchas expansivas	39
Figura 23- Manta de fibra de carbono .....	40
Figura 24- Reforço estrutural com manta de fibra de carbono .....	41
Figura 25- Recuperação estrutural de varanda de concreto armado .....	43
Figura 26- Reforço de estruturas.....	44
Figura 27- Reforço de lajes com fibras de carbono .....	45
Figura 28- Reforço com fibras de carbono .....	46
Figura 29- Fixação com parafusos .....	48
Figura 30- Projeto e execução estrutural em sala comercial-Niterói/RJ.....	48
Figura 31- Os 10 principais tipos de fundações .....	49
Figura 32- Esquema de fundação reforçada com concreto armado.....	51
Figura 33- O Reforço de fundações pode ser feito para corrigir problemas de recalque.....	52

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Resultados .....	53
----------------------------	----

# 1 INTRODUÇÃO

## 1.1 HISTÓRICO

Dentre as diversas atividades da indústria da construção civil, as que estão relacionadas com a recuperação de edifícios surgem como uma das mais interessantes do ponto de vista cultural e de preservação do patrimônio. É provável, que num futuro não muito longínquo, as atividades da indústria da construção sejam dedicadas em larga escala ao reforço, restauro, reutilização e recuperação de diversos edifícios que, construídos em épocas por vezes não muito distantes, encontram-se hoje em precárias condições de conservação e segurança (CAMPOS, 2006).

Embora se tenha agregado conhecimento ao longo do desenvolvimento da Engenharia Civil, muitas estruturas apresentam desempenho insatisfatório, devido às falhas involuntárias, imperícia, a má utilização de materiais, envelhecimento natural, erros de projeto, enfim a uma série de fatores que contribuem para a degradação das estruturas (HELENE, 1988).

É de extrema importância atentar-se a detalhes do projeto, desde sua fase inicial de planejamento, quanto na etapa de execução e finalização da obra. O detalhamento específico do projeto executado, a escolha e a quantidade de materiais, espaçamento das ferragens, posicionamento e área de pilares, são fatores importantes no seu desenvolvimento.

A estrutura de um prédio é essencial para mantê-lo firme e preservar a integridade das pessoas que nele habitam. Quando o projeto não é bem elaborado, ao longo que os anos passam, o edifício tende a ficar mais “velho”, surgindo assim problemas que podem comprometer sua parte estrutural, logo, sofrendo anomalias e não transmitindo a segurança desejada.

As manifestações patológicas são degradações identificadas na edificação, as quais podem ser geradas durante o período de execução da obra (quer por emprego de métodos construtivos ou materiais inapropriados), ou na própria elaboração do projeto ou ainda adquiridas ao longo do tempo pela utilização da edificação. (NETO; SENA; LIMA; NASCIMENTO, 2018, p.13).

O estudo das patologias deve ser um processo contínuo de análise e aprimoramento, iniciado pelo cadastramento da situação existente e

estendendo-se ao exame detalhado dos sintomas patológicos e ações profiláticas (SOUZA & RIPPER,1998).

Algumas das manifestações patológicas mais conhecidas popularmente, são as fissuras, corrosões de armaduras, deterioração do concreto, trincas, rachaduras, onde as corrosões de armaduras e a deterioração do concreto são as mais comprometedoras para o desgaste estrutural de uma edificação. Elas se dão comumente por falhas no processo construtivo, como por exemplo, esses seguintes aspectos: má elaboração do projeto, mau dimensionamento, má execução, má cobertura das ferragens pelo concreto, ações dos de agentes químicos, físicos ou biológicos, envelhecimento natural da estrutura, e até mesmo questões que envolvem o não cumprimento de leis e normas.

## **1.2 UTILIZAÇÃO**

O reforço estrutural é ideal para a recuperação da resistência e funcionalidade padrão da edificação, aplicado em vigas, lajes, pilares e sapatas. Visa tratar problemáticas, como a falta de sustentação de estrutura, corrosão, deterioração, destacamento das armaduras, ou alguma deficiência gerada na execução do edifício. É utilizado também, em casos de aumento de cargas suportada e em caso de ampliação das áreas da edificação.

Reforço estrutural é o processo utilizado para solucionar diversas problemáticas originadas pelo desgaste do tempo, vícios de falhas na execução, ação de agentes químicos, ou ainda da alteração da destinação da estrutura que necessite de aumento de carga. (ALEXANDRE; SARAIVA, 2016).

Uma vez que na impossibilidade de substituição das peças degradadas, pode-se recorrer à recuperação ou reforço de estruturas de concreto, que consiste basicamente em restabelecer as condições de projeto e funcionamento (HELENE,1988).

## **1.3 PRINCIPAIS TÉCNICAS**

Há diversas técnicas a serem utilizadas para a reabilitação das estruturas, as mais comuns nas construções civis são o aumento da seção e

incremento de armaduras, reforços com chapas e perfis metálicos, reforço com fibra de carbono e aumento ou realocação da armadura existente, reforço com concreto armado, reforço com protensão.

A escolha de qual técnica a ser realizada é feita através de análises e estudos detalhados, para obter-se a identificação correta de qual tipo de reforço será utilizado para a resolução dos problemas estruturais presentes no edifício, caso contrário, haverá risco de ser aplicada a técnica não recomendada para o caso, não executando o serviço de forma correta, assim, tendo possíveis prejuízos financeiros, precisando realizar outro reforço em um período de tempo mais curto do que o recomendado.

#### **1.4 JUSTIFICATIVA**

O reforço estrutural tem sua fundamental importância, ele é crucial para a segurança da edificação, podendo levar a sérias circunstâncias, como por exemplo, o edifício pode ser interditado, perda de valor da construção, e até mesmo desabamento, isso pode ocorrer caso não seja executado o reforço em edificações comprometidas estruturalmente.

É uma área da engenharia civil que vem crescendo bastante e obtendo muitas demandas cada dia mais. Contratando um profissional qualificado para especificar corretamente as áreas afetadas e que precisam ser reforçadas, e com um serviço bem executado seguindo as normas, e identificando as devidas técnicas a serem aplicadas na edificação, tem-se um prolongamento da vida útil do edifício.

#### **1.5 OBJETIVOS GERAIS**

Esta revisão bibliográfica tem como principal objetivo geral dissertar sobre as técnicas mais comuns de reforços estruturais em edificações de concreto armado.

## **1.6 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- I. Analisar as técnicas de reforços com chapas e perfis metálicos, reforço com fibras de carbono, reforço com concreto armado e reforço com protensão, a serem aplicadas nas peças estruturais de uma edificação, como vigas, lajes, pilares e fundações, que são peças fundamentais para a estrutura de um edifício.
- II. Demonstrar que a aplicação das técnicas é eficaz, e obtém-se a recuperação da estrutura, aumentando assim, a da vida útil da edificação.
- III. Demonstrar por meio de uma tabela qual a técnica que se melhor aplica em cada caso citado no presente trabalho.

## **2 METODOLOGIA**

Este trabalho trata-se de uma revisão bibliográfica. Gil (2007), diz que pesquisa bibliográfica possui caráter exploratório, pois permite maior familiaridade com o problema, aprimoramento de ideias ou descoberta de intuições. Noronha e Ferreira (2000, p. 191) definem os trabalhos de revisão como estudos que analisam a produção bibliográfica em determinada área temática, dentro de um recorte de tempo, fornecendo uma visão geral ou um relatório do estado-da-arte sobre um tópico específico, evidenciando novas ideias, métodos, subtemas que têm recebido maior ou menor ênfase na literatura selecionada.

Para a confecção deste trabalho, foi utilizado pesquisas no google acadêmico, leituras de artigos e livros virtuais. Foram analisados diversos trabalhos nacionais, onde exclui-se aqueles que não estavam relacionados de alguma forma à reforços, patologias, concreto armado, lajes, vigas, fundações, pilares, chapas e perfis metálicos, fibras de carbono, protensão, que são assuntos percorridos neste presente trabalho.

### 3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

De acordo com Dane (1990), a revisão bibliográfica é importante para definir a linha limítrofe da pesquisa que se deseja desenvolver, considerando uma perspectiva científica. Este capítulo desse presente trabalho, irá especificar e explicar o passo a passo das técnicas de reforço estrutural mais comuns e utilizadas no parâmetro da Engenharia Civil. Souza & Ripper (1998), cita a seguinte frase: “o trabalho de recuperação não é um trabalho agradável de ser feito, mas é essencial e requer muito cuidado”. Para o desenvolvimento desta revisão bibliográfica, utilizou-se diversas fontes de pesquisa, como leitura de artigos, livros, teses, pesquisas no Google acadêmico referente ao tema dissertado, conversas com professor especialista e que atua no ramo de reforços estruturais.

Bolina, Tutikian e Helene (2019), citam que no Brasil, o desempenho estabelecido em projeto para os sistemas deve ser preservado durante o período de uso da edificação por, no mínimo, 50 anos, no caso de edificações convencionais [...]. Nas edificações habitacionais, esse período de tempo é dado pela NBR 15575: Edificações habitacionais- desempenho (ABNT, 2013d), que o define como vida útil de projeto (VUP).

Figura 1- Etapas de produção e uso das obras civis



Fonte: Bolina, Tutikian e Helene (2019)

Fernandes (2012), cita que os agentes agressivos do meio com o passar do tempo, causam degradação e mau funcionamento das estruturas de concreto.

Este fato pode causar colapso das peças estruturais provocando riscos à estabilidade e segurança das edificações.

Um reforço estrutural bastante comum e muito utilizado para amenizar as deficiências estruturais, é o reforço por concreto armado, onde se tem um aumento da seção transversal da peça estrutural por meio do encamisamento com concreto armado.

Amorim (2013), fez um estudo de caso em pilares e concluiu que [...] os pilares com aumento da seção transversal retangular, com adição de armação e concreto, sendo mais usual e prática a técnica apresenta dificuldades em obras antigas, geralmente devido à necessidade arquitetônica de permanecer o mais fiel a sua forma original. Justificando-se a necessidade de conhecimento das diversas técnicas de reforço estrutural descritas neste trabalho com aumento de capacidade de resistência, sem que haja aumento substancial, na seção transversal dos pilares e objetivando a análise do reforço proposto através dos cálculos do projeto, programa – PDOP 2.0 e parâmetros de cálculo da NBR 6118 (ABNT, 2007). Os resultados obtidos através da análise comparativa do reforço executado no estudo de caso “revitalização do casarão” - com relação à análise dos pilares retangulares submetidos à flexão composta oblíqua, esforços cortantes e torsões quanto à NBR 6118 (ABNT, 2007) utilizando o programa para dimensionamento otimizado de pilares – PDOP 2.0 - indicaram que a técnica de reforço estudada foi eficiente, pois todas as peças reforçadas tiveram uma capacidade portante maior que a do pilar original sem o reforço.

Saraiva (2016), apresenta um estudo de caso, onde ele cita que: “Reforço estrutural é o processo utilizado para solucionar diversas problemáticas originadas pelo desgaste do tempo, vícios de falhas na execução, ação de agentes químicos, ou ainda da alteração da destinação da estrutura que necessite de aumento de carga. Os tipos de reforços estruturais mais utilizados são o de encamisamento com grout ou concreto, manta de fibra de carbono e chapa metálica, para um reforço de uma estrutura com o aumento das seções resistentes das lajes. No empreendimento em questão foi feita uma reserva técnica de dois pavimentos por razões comerciais e para viabilização de um negócio foi necessária à execução do reforço. O reforço estrutural adotado foi em chapa metálica colada com resina epoxy na estrutura e chumbada ao concreto de forma a se obter um elemento monolítico com maior capacidade de

carga. A escolha deste material foi devido ao prazo de execução e custo. Serão mostradas as características dos materiais, aço e resina, e os procedimentos executivos do reforço, da limpeza da superfície ao acabamento”.

Wanderley; Salgueiro; Gomes e Cerqueira (2017), concluíram em sua tese que as estruturas compõem um dos elementos mais importantes em uma obra, pois todos os demais elementos dependem de sua solidez para estabilidade da edificação, compreendendo assim a sustentação (vigas, colunas, lajes, paredes, dentre outros). A frequente necessidade de ampliar a capacidade de resistência das estruturas, responsáveis pela estabilidade e deste modo, visar maior segurança na Construção Civil, levou pesquisadores ao desenvolvimento de novas tecnologias de reforço. Materiais desenvolvidos com a utilização de fibras de carbono tiveram ligados inicialmente à área da Aeronáutica e automobilística e, posteriormente, de forma recente na Engenharia Civil. O presente estudo tem como objetivo demonstrar a eficiência na durabilidade, praticidade e segurança e conhecimento da Fita de Fibra de Carbono (FFC) como reforço estrutural na Construção Civil, caracterizada pelo sistema CFRP (Carbon Fiber Reinforced Polymers). Durante a realização dos estudos sobre o sistema, constatou-se a necessidade do reforço de pontes, viadutos e demais elementos estruturais, e a importância do conhecimento da tecnologia do CRFC. As fibras de carbono, as quais são constituídas por outros milhares de monofilamentos, que no final de sua produção, resulta em fibras de alta resistência, que ao formar a FFC, pelo entrelaçamento destas, oferece várias vantagens para a engenharia, principalmente no que tange às solicitações mecânicas nas estruturas (tração, compressão, entre outros). A FFC é resposta da demanda nas últimas décadas por materiais mais resistentes e duráveis, despertando o interesse, devido às diversas propriedades, como: tenacidade, resistência a ambientes agressivos, rigidez, entre outros. Demonstrada graficamente superior a outros métodos de reforço estrutural.

Almeida (2001), conclui em sua pesquisa que as patologias apresentadas por algumas estruturas e a necessidade de aumento da capacidade de carga de outras fizeram com que diversas técnicas fossem desenvolvidas para o reforço de vigas de concreto armado. Uma delas é a incorporação e protensão de cabos externos. O grande diferencial desta técnica quando comparada às demais é o seu caráter ativo. Ou seja, por meio da protensão é possível aplicar forças de

forma a diminuir o nível de tensões atuantes sobre a estrutura. Neste trabalho, é apresentado um amplo estado-da-arte sobre este tipo de reforço. São descritas algumas obras realizadas com esta técnica e relatados e analisados alguns ensaios em vigas protendidas com cabos externos. Diversos métodos de cálculo de vigas protendidas com cabos não aderentes são apresentados. É mostrado, também, um procedimento para previsão da forma de ruína de vigas protendidas com cabos externos. Foi feito um estudo experimental, ensaiando-se 3 vigas de concreto armado reforçadas por meio da protensão de cordoalhas engraxadas. Os resultados dos ensaios são analisados e comparados com previsões teóricas feitas a partir dos métodos de cálculo estudados e com resultados de ensaios em vigas reforçadas com outras técnicas. Do estudo realizado, foi possível comprovar os benefícios da protensão não só no que se refere à resistência ao momento fletor, mas também ao esforço cortante.

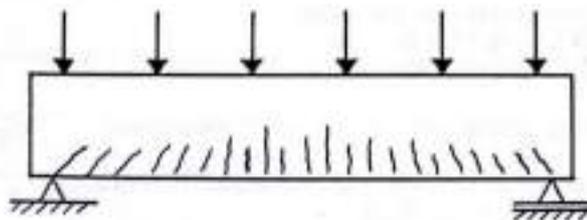
### **3.1 VIGAS**

Vigas são “elementos lineares em que a flexão é preponderante.” (NBR 6118, 14.4.1.1). De acordo com BASTOS. 2015, elementos lineares são aqueles em que o comprimento longitudinal supera em pelo menos três vezes a maior dimensão da seção transversal, sendo também denominada barras.

São feitas de concreto armado ou concreto protendido, são posicionadas horizontalmente, servem de apoio para as lajes e paredes, tendo um papel de fundamental importância na distribuição das cargas da cobertura e das lajes, transmitindo-as até os pilares.

O fator água-cimento inadequado, secagem prematura do concreto, adensamento inadequado ou concreto mal vibrado, ação do tempo, são fatores que podem ocasionar o desenvolvimento de fissuras e gerando o comprometimento das vigas da edificação.

*Figura 2-Fissuração típica em viga solicitada à flexão. Ilustração: Trincas em Edifícios- Causas, prevenção e recuperação.*



Fonte: GUIDEENGENHARIA (2023)

A resistência de uma viga está interligada com sua altura, quanto mais alta ela for, mais resistente ela será. Existem vários tipos de viga, como por exemplo, a viga em balanço, que contém um só apoio, e a carga recebida é transmitida para apenas um ponto de fixação. A viga biapoiada ou apoiada, contém dois apoios, podendo ser simples e/ou engastados, que geram vigas simplesmente apoiadas, com apoio simples e engaste e bi engastados. Outro exemplo a ser citado, é a viga contínua, onde ela contém múltiplos apoios.

### **3.1.1 REFORÇO DE VIGAS COM CONCRETO ARMADO**

Concreto armado é um elemento estrutural constituído por cimento, água, agregados graúdos e miúdos, e inserido aço, para o aumento da resistência estrutural e resistir às tensões de compressão.

O aumento da seção de concreto armado é a técnica mais utilizada e mais antiga, onde há a implementação de uma nova camada de concreto, aumentando a seção da peça (RIPPER; SOUZA, 1998).

Essa técnica ainda é bastante utilizada no Brasil, tendo em vista sua economia por conta dos materiais utilizados (aço e concreto), mão de obra e também pela praticidade na execução.

*Figura 3- Viga fissurada*



Fonte: Elaborado pela autora.

Para seu desenvolvimento é necessário realizar o dimensionamento da viga, para obter a quantidade, diâmetro e espaçamento, das bitolas e estribos a serem utilizados e também dos furos a serem aplicados na viga fissurada. Após isso, é feito o escoramento da viga, como forma de precaução e segurança para a inicialização do reforço. Logo em seguida, é preciso delimitar a área a ser aplicada o reforço estrutural e advir a remoção das partes soltas ou que estejam danificadas, assim o concreto se torna poroso para melhor aplicação do preenchimento.

*Figura 4-Reforço industrial com aumento da seção e incremento da armadura.*



Fonte: SOLIDUSENGENHARIA (2023)

É preciso realizar as marcações de nivelamento. A aplicação do aço na viga se dá por meio de encaixes nos furos e logo após é realizada a fixação química.

*Figura 5- Fixação química.*



Fonte: FARIAS (2021)

Em seguida, é preciso encaixotar a viga e preenche-la com concreto novo de alto desempenho. Esse preenchimento é feito através de uma perfuração na laje ou através de uma abertura lateral na própria forma. Logo em seguida, coloca-se as escoras para o apoio da viga recuperada e aguarda o seu tempo de cura.

*Figura 6-Viga encaixotada.*



Fonte: FARIAS (2021)

Segundo Reis (2001), o concreto de alto desempenho no reforço pode ser uma alternativa ao concreto convencional, pois resulta na adoção de espessuras menores, podendo não ser necessárias alterações de forma significativa nas dimensões originais dos elementos reforçados. O sucesso do reparo depende da boa aderência entre o concreto novo e o velho e da capacidade de transferência de tensões entre os mesmos.

O reforço estrutural de concreto armado aplicado em vigas tem como objetivo diminuir a tensão solicitante no trecho que será reforçado, para que a estrutura possa resistir as cargas demandadas na edificação.

Conforme Pereira (2023), a técnica apresenta excelente resultado de desempenho frente a casos em que a necessidade é pelo aumento de resistência e/ou rigidez do elemento estrutural.

De acordo com Soto (2013), esta técnica também possui algumas desvantagens como produzir elementos finais de dimensões superiores às iniciais, existe a necessidade de esperar que o material (concreto) atinja a resistência adequada, e dependendo do volume adicionado na estrutura, pode gerar grande sobrecarga com seu peso.

### **3.1.2 REFORÇO DE VIGAS COM CHAPAS E PERFIS METÁLICOS**

A técnica de reforço com chapas e perfis metálicos é também uma das mais conhecidas e utilizadas no Brasil. São recomendadas quando é necessário

obter trabalhos rápidos, que não permitem grandes alterações de geometrias das peças, e se destaca por oferecer eficácia elevada e confiabilidade. Atua no reforço a compressão, cisalhamento, flexão e há aumento na rigidez na viga recuperada.

Segundo Reis (2001), para o desenvolvimento dessa técnica, é preciso realizar a preparação da superfície, devendo ser dada especial atenção à perfeita união do reforço com o elemento estrutural em questão. No caso da presença de fissuras, deve-se providenciar o reparo, antes da execução do reforço.

De acordo com pesquisas feitas pela autora, a aplicação das chapas de aço é executada da seguinte maneira: Primeiramente é realizado a preparação da viga comprometida estruturalmente para receber o reforço, isso se dá através do apicoamento (desgaste da peça de concreto tanto manualmente, quanto mecanicamente), para a provocação da rugosidade na superfície do concreto.

Após isso, é preciso limpar a superfície através de jatos de água sob pressão, e secá-la com jatos de ar comprimido. Caso exista alguma fissura na superfície do concreto, é preciso realizar o selamento por meio da injeção de resinas apropriadas para o preenchimento da fissura de maneira rápida, duradoura e efetiva, caso contrário, pode haver fuga da resina no colamento das chapas de aço, podendo gerar consequências negativas ao reforço.

*Figura 7-Apicoamento de superfície de concreto*



Fonte: SIACI (2023)

Em seguida, necessário que o aço seja decapado a jato abrasivo para torna-lo rugoso e assim tornar melhor a aplicação das chapas no concreto. Para a colagem das chapas de aço na viga é recomendado e utilizado resina epóxi, isso se dá por sua alta capacidade de aderência e resistência mecânica. Após a fixação das chapas, é preciso realizar uma rápida pressão sobre elas, podendo ser por meio de escoras metálicas, para haja a expulsão do excesso da resina.

*Figura 8- Reforço com chapa de aço colada*



Fonte: TECHNIQUES (2023)

Em ambos os casos (chapas e perfis), a técnica é simples de ser executada e os resultados atendem as normas. A preparação do concreto e da superfície é a mesma nos dois casos. Tendo como diferença a presença de chumbadores e buchas expansivas nos perfis metálicos, além de preencher os vazios apenas após o aperto das buchas. Em seguida, é feito a vedação para que fique tampado por completo o espaço da bucha e a passagem dela pelo perfil.

De acordo com as pesquisas realizadas, as superfícies metálicas que não fiquem em contato com a resina devem receber tratamento de pintura anticorrosiva, como forma de prevenir agressões químicas, físicas e biológicas.

O reforço por chapas de aço e perfis metálicos tem como vantagem a agilidade de execução, pouca interferência no uso da estrutura durante a execução da reabilitação, pouco acréscimo da seção. Funcionam como uma armadura solidária à peça estrutural, aumentando em até 50% a resistência à momentos fletores e forças cortantes.

Algumas desvantagens também são consideráveis, como por exemplo: rápida corrosão se não forem adotados métodos preventivos de manutenção periódica, baixa resistência ao fogo, impossibilidade de visualizar fissuras na região sob as chapas, tendência de destacamento das bordas das chapas devido à concentração de tensões, dificuldade de manipulação de chapas pesadas no local da obra, alto custo do adesivo e limitação do comprimento das chapas. (SOTO, 2013).

*Figura 9-Reforço estrutural com viga metálica em obra de pub na regente feijó Tatuapé*

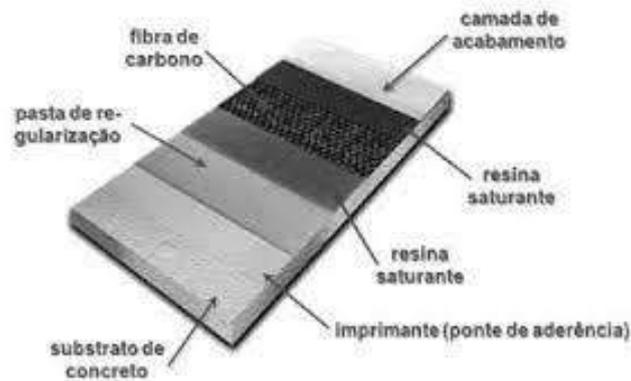


Fonte: GUIMARÃES (2018)

### **3.1.3 REFORÇO DE VIGAS COM FIBRAS DE CARBONO**

O reforço com fibras de carbonos é utilizado em estruturas de concreto armado por possuir baixo peso específico e resistência mecânica superior, além de suportar de melhor forma ambientes agressivos e atender a geometrias alternativas de peças. Nas vigas, a utilização das fibras de carbono potencializa a absorção dos esforços dos momentos fletores, que provocam tração e cisalhamento na peça. É bastante utilizada desde a década de 90 para reforços em edificações, viadutos, pontes, dentre outras construções. Além de adicionar praticamente quase nada de carga e espessura na edificação.

*Figura 10- Etapas construtivas dos sistemas compostos estruturados com fibras de carbono*



Fonte: MACHADO, (2010)

Atualmente, o reforço de elementos estruturais de concreto armado com uso de polímeros reforçados com fibras de carbono está cada vez mais difundido. Em todo o planeta, a aplicação deste polímero moderno vem sendo estudada, bem como diversas técnicas de produção e principalmente de aplicação. Entre diversos fatores que serão elencados aqui neste trabalho, a fibra de carbono chama a atenção por ser composto por qualidades como elevada resistência à tração e à corrosão, baixo peso e agilidade de aplicação são os principais fatores para essa disseminação. (ARQUEZ, 2010).

*Figura 11-Reforço estrutural em viga com fibra de carbono*



Fonte: ASOPEENGENHARIA (2023)

A manta de fibra de carbono é composta basicamente por fios de carbono alinhados de pequena espessura, porém a quantidade de fios utilizada é enorme, obtendo-se assim, uma grande resistência. Utiliza-se o epóxi para sua fixação na estrutura de concreto armado, por meio de aderência, para que ele seja integrado, tenha uma boa execução e funcionalidade. Os fios de carbono respondem a tração, e a resina epóxi responde a compressão.

Além da manta, utiliza-se os epóxis como o prime, estruturante e o epóxi de regularização, sendo produtos de qualidade e indicados pelo engenheiro, que contenha boa viscosidade e teor de sólidos para que funcione de acordo com a performance exigida, por conta que não adiantaria ter uma grande resistência na fibra de carbono, se a aderência estiver comprometida, assim o estruturante não irá realizar essa interação manta/epóxi, gerando uma problemática no reforço.

Para obter-se uma porosidade adequada, é preciso realizar uma boa limpeza da superfície, através de uma lixadeira potente, para que o concreto possa ter uma aderência adequada e assim o prime ancore/penetre nos poros, para que assim haja uma boa integração na estrutura com a aplicação do epóxi estruturante e a manta.

Outro ponto a ser destacado, é o arredondamento dos cantos, caso isso não seja feito, haverá concentrações de tensões e poderá sofrer fadiga por conta da quina. Com o arredondamento dos cantos, haverá uma curvatura que irá facilitar e fazer com que a manta trabalhe de forma correta.

*Figura 12-Reforço estrutural com fibras de carbono em indústria*



Fonte: TECKNICAS (2023)

Após a preparação do concreto, é feita a aplicação do prime, se houver buracos, vazios ou saliências, é preciso fazer o reparo com a massa epóxi especificada, para que a superfície se torne apita a receber a manta de forma adequada.

Feito isso, com a manta cortada, é preciso aplicar o estruturante tanto no concreto quanto na manta de fibra de carbono. Após isso, é aplicado a MFC na superfície do concreto preparado e aplica-se novamente o estruturante. Em seguida, é necessário uniformizar a espessura do epóxi através da passagem do rolo tira bolhas na viga que recebeu o reforço. Pode-se ser aplicada mais de uma camada de manta, a quantidade vai depender do dimensionamento feito pelo engenheiro responsável.

*Figura 13- Reforço estrutural em viga com fibra de carbono*



Fonte: ASOPEENGENHARIA (2023)

As fibras de carbono além da resistência e rigidez possuem excelente resistência à fadiga, características de amortecimento de vibrações, resistência térmica e estabilidade dimensional. Elas possuem também boa resistência elétrica e térmica e são quimicamente inertes, exceto quanto à oxidação. Calister, (2002).

A combinação de fibras e polímeros permite que o elemento de reforço seja confeccionado para atender a uma solução particular, tanto em relação à sua geometria quanto às suas propriedades mecânicas (Beber, 1999b).

Uma das principais desvantagens da utilização do sistema composto com fibra de carbono é alta energia para sua produção elevando com isso seu custo. (GUDONIS et al.; 2013.)

É essencial ressaltar a importância de haver um engenheiro projetista especializado em manta de fibra de carbono para a realização do dimensionamento do projeto estrutural, para que assim, se possa ter um reforço de qualidade.

### **3.1.4 REFORÇO DE VIGAS POR PROTENSÃO**

O reforço estrutural por protensão é uma técnica utilizada para o aumento da resistência à tração. É utilizado principalmente para reforços de vigas, lajes e pontes. A principal diferença entre a protensão e o concreto armado é a adição de cabos de aço, que são aplicados e tracionados no concreto, garantindo uma maior resistência. Geralmente utilizada em vigas para vencer grandes vãos.

Pode ser utilizada em casos de fissuras na estrutura da viga, falhas do projeto, ações físicas, biológicas, e do tempo, e até mesmo em casos de alterações no uso da própria estrutura da edificação.

Reforçar uma viga por meio da protensão externa consiste em se protender cordoalhas, fios ou barras que, após ancorados, transmitam à viga os esforços que se deseja. Para conseguir o efeito desejado, pode-se variar a posição dos cabos ao longo do vão, o que é feito por meio de elementos chamados desviadores. A posição de ancoragem dos cabos também pode ser variada. Os cabos de protensão podem ficar ancorados nos pilares de apoio das vigas, nas lajes ou até mesmo nas extremidades das vigas. Projeto e detalhes construtivos adequados para desviadores e ancoragens são muito importantes para o bom desempenho do reforço. (ALMEIDA, 2001).

*Figura 14- Reforço estrutural em concreto protendido.*

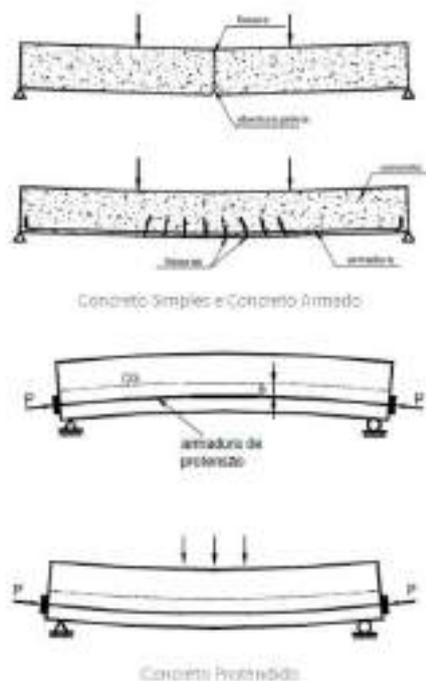


Fonte: TELMEC (2023)

Para a utilização da técnica por meio de protensão não é preciso que a viga se deforme para que o reforço comece a atuar sobre ela e nem é necessário corrigir deformações antes de realizar o reforço, é bastante utilizado também, em edificações que precisam receber uma carga maior.

. É um método bastante parecido com o do reforço por concreto armado, aumentando também a seção transversal da peça. O que diferencia essas duas técnicas é a adição de cabos de aço que irão atravessar toda a estrutura da viga a ser reforçada, onde esses cabos serão submetidos a ensaios para a comprovação de suas características mecânicas.

Figura 15- Concretos



Fonte: CARLUC (2023)

São introduzidos os cabos de aço ao longo da viga, e após isso, são aplicados os aços que se dá por meio de encaixes. Em seguida, a viga é encaixotada e logo após isso, é feita a concretagem e espera-se o tempo de cura.

A aplicação da protensão melhora o comportamento em serviço e aumenta a capacidade portante das vigas. Em menor escala, contribui também para resistência ao cisalhamento. O aumento de rigidez proporcionado pela protensão, decorrente do melhor controle da fissuração do concreto, pode reduzir as flechas e a vibração das pontes, bem como reduzir a variação de tensões aumentando a resistência à fadiga. (DE ALMEIDA, 2001).

Algumas vantagens a serem destacadas são a maior impermeabilidade, maior controle de fissuras e aceitação de cargas móveis, choque e vibração, equipamentos leves e de fácil operação, além de elevar a resistência da estrutura da edificação por meio de introduções de tensões.

Essa é uma técnica bastante específica, é necessário equipamentos e acessórios de protensão que sejam altamente tecnológicos, para a garantia de

qualidade e evitando problemas na obra. Por esse motivo, é preciso de mão de obra especializada. Além de precisar de um projetista estrutural com amplo conhecimento nessa área de protensão para o cálculo de dimensionamento, caso contrário, as chances de fissuramento são altas. A ruína em um só ponto pode inutilizar todo o cabo, havendo perda significativa do reforço total da obra. Essas são algumas desvantagens do reforço por protensão.

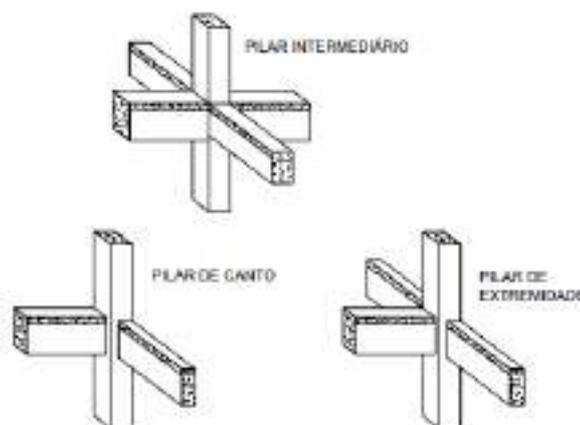
### 3.2 PILARES

Os pilares são “Elementos lineares de eixo reto, usualmente dispostos na vertical, em que as forças normais de compressão são preponderantes.” (NBR 6118/20141, item 14.4.1.2).

Servem para receber as cargas transmitidas da cobertura, laje e viga, e transferi-las para as fundações da edificação e assim chegando até o solo. São dimensionados para resistir a compressão e a flambagem. Precisam receber armadura longitudinal e secundárias, para que sirvam de apoio para a armadura principal.

Existem três tipos de pilares nas edificações, o pilar de canto, pilares centrais ou intermediários e pilares laterais ou de extremidades.

*Figura 16- Tipos de pilares*



Fonte: Fusco. (1981)

Os pilares de cantos estão localizados nos cantos da edificação. Segundo Lima (2009), os pilares de canto são os que são submetidos à flexão composta oblíqua, ou seja, ocorre a atuação conjunta de um momento fletor fora dos eixos principais do pilar mais o esforço de compressão axial. A flexão oblíqua composta nestes pilares deve-se a interrupção das vigas nas duas direções sobre o pilar.

Os pilares centrais ou intermediários se encontram no centro da edificação. Segundo Bastos (2015), considera-se a compressão centrada na situação de projeto, pois como as lajes e vigas são contínuas sobre o pilar, pode-se admitir que os momentos fletores transmitidos ao pilar sejam pequenos e desprezíveis.

Os pilares laterais ou de extremidades estão localizados na borda do edifício. De acordo com Fusco (1981), os esforços solicitantes iniciais são constituídos pela força normal e por um momento fletor atuante no plano perpendicular a borda em que se situa o pilar. A situação de projeto dos pilares de extremidade é, portanto, a deflexão normal composta.

### **3.2.1 REFORÇO DE PILARES COM CONCRETO ARMADO**

Essa técnica é bastante comum e utilizada em reforços de edificações por suas vantagens econômicas, rapidez e facilidade na execução. Ela se dá por meio do aumento da seção transversal do pilar, com concreto de resistência adequado para o reforço e adição de armaduras transversais e longitudinais. Não é feito necessariamente em todo o contorno do pilar, podendo ser aplicado em apenas algumas das faces.

Do ponto de vista do projeto estrutural, o reforço de pilares torna-se problemático se comparado com os demais elementos estruturais. Isso ocorre porque os pilares são os últimos elementos de sustentação antes das fundações. Logo, uma etapa considerada complexa é o alívio das cargas que atuam sobre o pilar que necessita do reforço, pois para executar o descarregamento seria necessário dimensionar uma estrutura auxiliar que recebesse o carregamento existente. É justamente por isso que, na maioria das vezes, o reforço de pilares

é feito sem o descarregamento da estrutura e o reforço é dimensionado para receber cargas adicionais (MOURA, 2013).

*Figura 17- Execução de recuperação e reforço de pilar de concreto*



Fonte: M2P (2023)

Para realizar essa técnica, como todas as outras, é necessário o dimensionamento feito pelo engenheiro estrutural. Após isso, a primeira coisa a ser feita é a preparação do concreto para receber o encamisamento, por conta que não adianta obter um excelente material se não houver uma boa interação da estrutura com o encamisamento. Essa limpeza da superfície é feita através do desgaste da mesma por meio do apicoamento, para que se tenha uma maior porosidade e um aumento de rugosidade da base.

Após isso, são feitos furos no concreto com o diâmetro ideal para que o elemento químico envolva todo o perímetro da barra encaixada. Segundo Andrade. 2018, o diâmetro do furo deve ser de 1,5 vezes o diâmetro da barra, e a profundidade do furo deve ser de 12 à 15 vezes o diâmetro da mesma.

*Figura 18- Apicoamento manual de superfície de concreto*



Fonte: SIACI (2023)

É necessário que seja feita a limpeza dos furos, para a retirada das impurezas existentes. Isso é feito através da pistola de extensão com filtro, onde irá encaixar a pistola no furo liga-la e retirá-la, para que as impurezas sejam retiradas, dando a continuidade da limpeza, utiliza-se uma escova de aço nos furos e logo em seguida, repete o processo com a pistola de extensão com filtro.

Para a fixação das armaduras no concreto, é necessário aplicar o chumbador químico nos furos e em seguida realiza o engaste das armaduras. É importante destacar, que para a realização desse processo, é preciso aplicar a cola química e ancorar o aço nos furos, um por vez, porá que o epóxi não entre em processo de cura antes do ancoramento das barras e assim não haja um engastamento ideal.

Logo em seguida, é feito a montagem da forma para iniciar, lembrando que em caso de reforço estrutura, o concreto utilizado não é o comum. O graute é bastante aplicado em casos de reforços, e as indicações para o uso, é dada pelos fabricantes.

Figura 19- Esquema de montagem de pilar



Fonte: PEDREIRÃO (2023)

É preciso realizar dois furos na laje, próximos a ponta do pilar. A norma diz que o concreto não pode ser lançado a mais de 2 metros de altura, porque ele pode desagregar, então o ideal na concretagem de pilar, que é preciso fazer um preenchimento perfeito dos vazios, é a adição de um cachimbo na metade dele, adiciona o graute e fecha a forma, em seguida, lança em cima pelos furos feitos na laje para completar o preenchimento. Após todo esse processo, é preciso realizar o escoramento da forma pela lateral e então esperar o tempo de cura.

Uma desvantagem bastante comentada é a alteração arquitetônica, modificando o espaço e diminuindo a área útil do ambiente, alterando assim, as dimensões previstas no projeto, já que haverá um aumento na área da seção.

### 3.2.2 REFORÇO DE PILARES COM CHAPAS E PERFIS METÁLICOS

O reforço estrutural com chapas e perfis metálicos é frequentemente utilizado no Brasil, pela rapidez na execução e carregamento da estrutura, além de obter alto desempenho dos adesivos epóxis. Essa técnica surgiu na década de 60 e é bastante utilizada em reforços de vigas e pilares. Nos pilares utiliza-se cantoneiras metálicas ou se dá também, pelo encamisamento metálico.

*Figura 20- Encamisamento de um pilar com chapas metálicas*



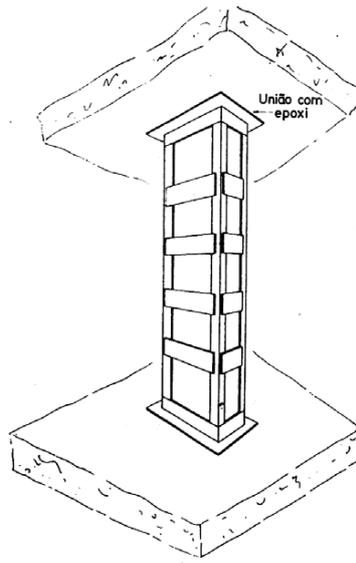
Fonte: (HTECNIC, 2016)

Assim como o reforço na viga, é preciso realizar a preparação da superfície do concreto do pilar através do apicoamento, sendo ele manual ou mecânico, isso para que possa ser retirado os materiais de baixa resistência ou mal aderidos, para que haja uma superfície limpa, longe de impregnação.

Para a preparação, utiliza-se também jatos de água sob pressão e para a secagem, jatos de ar comprimido. Se existir alguma fissura na superfície do concreto, é necessário realizar o selamento, que se dá por meio da injeção de resinas apropriadas para o preenchimento da fissura, caso contrário, pode haver fuga da resina no colamento das chapas de aço, assim, gerando consequências negativas ao reforço.

É preciso realizar o arredondamento dos cantos para o melhor encaixe das quatro cantoneiras, que se dá por meio da resina epóxi e são soldadas lateralmente umas nas outras. O encaixe das cantoneiras também é feito na união dos pilares com as vigas, lajes e fundações. A fixação das chapas de aço no pilar se dá por meio da colagem, utilizando a resina epóxi, que possui baixa retração durante a cura, boa aderência, baixa absorção de umidade, além de possuir ótima resistência química.

Figura 21- Pilar reforçado com armaduras exteriores



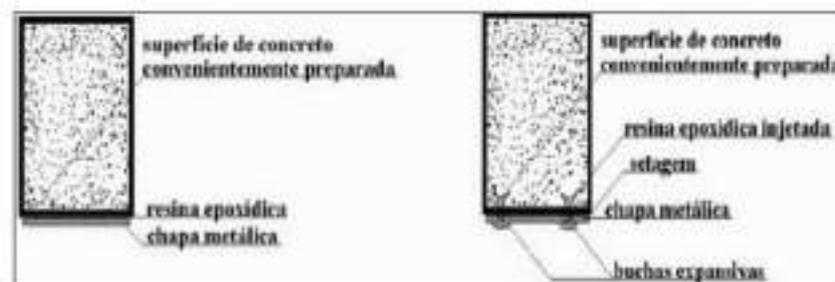
Fonte: (TAKEUTI, 1999).

Um fator importante, é a decapagem do aço antes da colagem das chapas no pilar, isso é realizado por meio do jato abrasivo, onde é necessário para o aumento da rugosidade do aço e assim haja uma melhor aplicação das chapas na superfície do pilar.

De acordo com Helene (1992), esses são os seguintes passos para a preparação e a aplicação das chapas de aço no pilar a ser reforçado:

1. Imprimador primário: Selagem dos poros do substrato estabelecendo uma ponte de aderência entre os meios.
2. Regularizador de superfície: Calafetação e regularização do substrato garantindo uma superfície desempenada
3. Preparação da chapa: lixamento elétrico, limpeza e secagem da superfície instante antes da aplicação, a chapa deve ter furos de 3 mm de diâmetro a cada 15 cm, aplicação do adesivo epóxi com controle de espessura;
4. Para a aplicação da chapa de aço: Aplicar a chapa de aço no substrato pressionando contra a superfície do componente estrutural e retirar o excesso do adesivo.

Figura 22- Exemplos de reforço com chapa colada e com buchas expansivas



Fonte: SOUZA e RIPPER (1998).

Segundo Cánovas. (1988), conseguindo-se a correta união do capitel às vigas ou lajes, deve-se prosseguir com a montagem do reforço, encaixando as extremidades superior e inferior das cantoneiras à base e ao capitel, realizando-se em seguida, o ponteamto com solda 59 nestas uniões, prosseguindo posteriormente para a união do restante do reforço. Para que haja a correta adaptação de todos os elementos colocados ao concreto, é conveniente eliminar os cantos vivos dos pilares de concreto, fazendo com que as cantoneiras encaixem de forma mais eficiente nas quinas dos pilares.

De acordo com Falkemberg e Garcez (2015), no final do processo de reforço tem-se um elemento estrutural composto por concreto-resina-aço, possibilitando à estrutura uma resistência maior ao esforço cortante e ao momento fletor. Isso torna o pilar mais rígido, resultando em pequena deformação antes de iniciar um eventual colapso. É de fundamental importância que a resina utilizada para fazer a colagem concreto-aço seja de qualidade comprovada e a superfície do concreto e do aço sejam preparadas adequadamente.

Algumas desvantagens dessa técnica, é a baixa resistência em temperaturas elevadas, como em casos de incêndios, por exemplo. Outra desvantagem a ser destacada, é a tendência de deslocamento das extremidades das chapas, isso se dá devido à alta concentração de tensão existente nessa região.

### 3.2.3 REFORÇO DE PILARES COM FIBRAS DE CARBONO

As fibras de carbono possuem uma elevada rigidez e resistência mecânica, possuindo baixa massa específica, além do aumento da seção transversal ser quase imperceptível. É pouco utilizado no Brasil em relação ao reforço por encamisamento de concreto armado e chapas e perfis metálicos.

*Figura 23- Manta de fibra de carbono*



Fonte: Juvandes et al. (2001).

De acordo com Sleifer (2017), a forma mais produzida e comercializada para uso da construção civil em reforço de estruturas de concreto armado, com a finalidade de aumento da ductilidade e/ou resistência das estruturas, são as folhas flexíveis pré-impregnadas. Sistema do qual os feixes de filamento de fibras de carbono são agrupados de forma contínua aderidos a uma manta ou folha de suporte impregnada de resina epoxídica, assumindo espessura da ordem de décimos de milímetro, criando uma matriz altamente resistente.

Beber (2003), diz que esse material se destaca principalmente por apresentar maior relação entre resistência e rigidez com seu peso próprio; manter a alta resistência e rigidez sob temperaturas elevadas; quando em temperatura ambiente, não ser afetado pela umidade e ação de vários solventes, ácidos e bases; e apresentar diversidade de características físicas e mecânicas, permitindo que os compósitos apresentem versatilidade de aplicação na construção civil.

Para a realização dessa técnica, assim como outras, é preciso realizar a limpeza da superfície e se houver algum defeito na base a ser revertida com a manta, este deverá ser reparado com a massa epóxi especificada. Além disso,

é preciso arredondar as arestas dos pilares, para a melhor aplicação da manta de fibra de carbono.

Feito isso, é necessário executar a aplicação do prime colante, para melhorar a aderência e garantir a adesão da fibra. Em seguida, aplica-se o estruturante, essa aplicação é feita tanto na manta de fibra de carbono, quanto na superfície preparada, depois desse processo, é necessário a aplicação do estruturante novamente.

Para a espessura do epóxi ficar uniformizada, é ideal a passagem do rolo tira bolhas no pilar reforçado. Através do dimensionamento realizado pelo engenheiro estrutural, sabe-se quantas camadas de manta de fibra de carbono serão utilizadas para a realização do reforço de forma ideal.

*Figura 24- Reforço estrutural com manta de fibra de carbono*



Fonte: VIAPOL+ (2023)

Segundo Carneiro (2004), as principais desvantagens estão no comportamento linear-elástico até o momento de ruptura podendo causar ductilidade estrutural, maior custo de aplicabilidade do que o aço e possuir coeficiente de dilatação térmica menor do que o concreto, pois não podem ser submetidos a altas temperaturas devidas as resinas empregadas na sua colagem ao elemento estrutural começarem a perder a sua capacidade de resistência sendo essa uma das suas principais desvantagens.

### **3.3 LAJES**

As lajes são elementos estruturais bidimensionais que estão sujeitas a receber cargas transversais, normalmente são apoiadas em vigas, que se apoiam à pilares, além de ser responsável por transmitir as ações do peso e pressão para os mesmos, tendo uma distribuição adequada da carga em uma edificação. Há diversos tipos de lajes, tendo como exemplo a laje maciça, laje nervurada, laje treliçada, laje pré-fabricada com poliestireno (isopor).

De acordo com Bastos (2015), as lajes maciças são aquelas onde toda a espessura é composta por concreto, contendo armaduras longitudinais de flexão e eventualmente armaduras transversais, e apoiada em vigas ou paredes ao longo das bordas. Laje com borda ou bordas livres é um caso particular de laje apoiada nas bordas.

Segundo a NBR 6118:2003 “lajes moldadas no local ou com nervuras pré-moldadas, cuja zona de tração para momentos positivos está localizada nas nervuras entre as quais pode ser colocado material inerte”. Geralmente utilizadas quando se buscam atender maiores vãos na estrutura.

Laje treliçada é um sistema de laje pré-moldada onde é composto por vigotas de concreto com aço em formato de treliças e preenchida por algum material, podendo ser ele cerâmico.

As lajes pré-fabricadas com poliestireno, são basicamente uma cobertura pré-moldada feita com estrutura de concreto e preenchida com placas de poliestireno expandido, popularmente conhecido com isopor. Se destacam pelo rápido e fácil manuseio.

#### **3.3.1 REFORÇO DE LAJES COM CONCRETO ARMADO**

O reforço de concreto armado é muito comum e utilizado no Brasil, tanto pelo custo acessível, quanto pela facilidade de encontrar mão de obra especializada.

Para a execução dessa técnica, a primeira coisa a ser feita após a análise e dimensionamento realizado pelo engenheiro, é o escoramento metálico da laje para que haja o alívio das tensões. Antes de executar o reforço, é preciso

avaliar o grau de deterioramento da laje. Se houver armaduras expostas e corroídas, o ideal é escarificar o concreto para o desgaste dele, e em seguida realizar o reparo das armaduras através do lixamento para a retirada da corrosão e posterior a isso, é aplicada uma pintura de proteção ao aço.

Após a pintura de proteção, geralmente é necessário adicionar uma malha de aço antes do preenchimento com grout, isso, porque o aço que já havia na laje perdeu seção em sua recuperação, então o novo aço também agirá e também receberá tensão da laje, suportando assim, os esforços solicitados.

Outra maneira utilizada nos reforços de laje, é a escarificação da superfície de concreto em toda a laje, esse procedimento é realizado por cima da laje, faz a retirada do piso para a escarificação, e após isso, é instalada as novas armaduras e logo em seguida, é feita a concretagem com o concreto indicado pelo engenheiro.

*Figura 25- Recuperação estrutural de varanda de concreto armado*



Fonte: M2 ENGENHARIA (2023)

Segundo Reis (2001), o sucesso do reparo depende da boa aderência entre o concreto novo e o velho, e da capacidade de transferência de tensões entre os mesmos. A incompatibilidade entre o concreto velho e o material a ser aplicado podem gerar falhas nos reparos, principalmente devido a diferenças de deformação e retração. Cuidados devem ser tomados quanto à limpeza da

superfície das armaduras antes da colocação do novo material, retirando-se todos os produtos da corrosão. Todo o concreto alterado deverá ser removido e também aquele em volta do perímetro da armadura na região da corrosão.

A adição de vigas de concreto armado é um processo bastante utilizado. A viga adicionada tem como função receber os esforços solicitantes da laje e ajudar a suportar as tensões que ela recebe. Para a adição da viga, os pilares de borda serão perfurados e na parte de cima e é realizado a montagem das armaduras de aço e em seguida, realiza-se o encaixotamento para receber a concretagem, que é realizada por meio de um furo na laje ou no próprio caixote.

*Figura 26- Reforço de estruturas*



Fonte: MINUTO ENGENHARIA (2023)

### **3.3.2 REFORÇO DE LAJES COM FIBRAS DE CARBONO**

O reforço estrutural com fibras de carbono em lajes é bastante utilizada e segue a mesma didática das vigas. Possui alta resistência e alta rigidez do material, fazendo com a espessura seja mínima e adicionando praticamente quase nada de carga na estrutura.

Conforme Menon (2008), a fibra de carbono aparece justamente para agregar como item de estudo e uso, pois possui um módulo de elasticidade mais alto que é compatível com as deformações do concreto armado, ultrapassando outras fibras, como as de vidro por exemplo. Ela resiste juntamente com a resina epóxi à deterioração por materiais alcalinos e possui maior aderência e uma cura sem retração aglutinando as fibras.

*Figura 27- Reforço de lajes com fibras de carbono*



Fonte: Habitissimo (2013).

Para a realização do reforço, primeiro é feito o escoramento da laje para garantir a segurança ideal. É importante delimitar a área que receberá o tratamento. Após isso, é necessário realizar a preparação da superfície que receberá o reforço.

Segundo Borges (2016), a preparação da superfície para o recebimento do sistema composto é determinada em função do princípio de funcionamento estrutural que se deseja que ocorra. [...]. Para esse bom funcionamento do sistema de colagem, a superfície deve ser limpa, nivelada e preparada para apresentar boas condições de aderência por procedimentos como: utilização de abrasivos ou jatos de areia ou lixamento com limalhas metálicas, promovendo assim um nivelamento e uma limpeza que remova poeira, pó, substâncias oleosas ou graxas, partículas sólidas e os recobrimentos como pintura e argamassas. Para superfícies pequenas, podem ser utilizadas politrizes com aspirador integrado.

Se na laje houver casos de armaduras expostas e corroídas, é importante tratá-las e realizar a cobertura da área com concreto para garantir uma superfície lisa e contínua para o recebimento da manta. Para evitar perdas de material, o ideal é realizar o levantamento prévio do tamanho das tiras, com largura e o comprimento, e realizar o corte, com o intuito de agilizar e não obter perda de tempo na execução.

*Figura 28- Reforço com fibras de carbono*



Fonte: INTECH (2023)

Em seguida, para iniciar a fixação da MFC na laje, é aplicado o prime é aplicado na superfície preparada e na manta de fibra de carbono para impregnação dos poros no concreto para a garantia da aderência entre os elementos. Feito isso, com a manta já cortada, é feita a sua aplicação na superfície e em seguida, aplica-se novamente o estruturante na manta já colada. Após esse procedimento, para uniformizar a espessura do epóxi utiliza-se o rolo tira bolhas, comprimindo assim, o compósito e eliminando os vazios.

Soares (2006), cita como vantagem do uso das fibras de carbono as excelentes características mecânicas, o elevado módulo de elasticidade longitudinal, baixa massa específica, elevada condutibilidade elétrica, elevada estabilidade dimensional, baixo coeficiente de dilatação térmica, bom comportamento a elevadas temperaturas (sem oxigênio), inércia química (exceto em ambientes fortemente oxidantes), e boas características de amortecimento estrutural. Como desvantagem, Soares destaca a reduzida resistência ao impacto, elevada condutibilidade térmica, fratura frágil, baixa deformação antes da fratura, baixa resistência à compressão e o elevado custo.

### **3.3.3 REFORÇO DE LAJES COM CHAPAS E PERFIS METÁLICOS**

O reforço com chapas e perfis metálicos é bastante conhecido e utilizado no Brasil no âmbito de engenharia civil. Atua no reforço a compressão,

cisalhamento, flexão e há aumento na rigidez, além de não houver um aumento significativo da seção.

Antes de executar o reforço, é realizado o escoramento da laje para aliviar as cargas presente e por motivos de segurança. É importante realizar a marcação da laje em pontos estratégicos e que serão necessário a recuperação. Feito isso, inicia-se a preparação da superfície da laje através do lixamento do concreto e a limpeza do mesmo.

Em seguida é preciso posicionar as chapas metálicas nos locais demarcados e fixa-las por meio da resina epóxi, para obter-se a aderência necessária e para ajudar na fixação, utiliza-se parafusos. Após isso, se existir espaço entre a chapa e o concreto, o ideal é realizar a aplicação da injeção do adesivo de baixa viscosidade, e assim obter um resultado de qualidade e esperado no reforço.

Conforme Gentil (2002), os revestimentos epóxi quando aplicados na armadura funcionam como barreira física. Gentil afirma também, que a resina epóxi é um dos mais importantes meios para o combate à corrosão. Ela possui boas propriedades de aderência e resistência química, alta resistência à abrasão e ao impacto.

É preciso realizar o escoramento da laje antes de iniciar a execução do reforço na laje, pois segundo Zucchi (2015), a estrutura deverá ser aliviada de todas as cargas possíveis. O concreto existente deverá ser preparado: a camada deteriorada deverá ser removida, e a rugosidade da superfície aumentada através de escarificação, porém, a rugosidade não deverá ser excessiva, a fim de não haver desperdício de adesivo colante em espessuras elevadas. A utilização de adesivo epóxi exige que não haja umidade na região de aplicação.

*Figura 29- Fixação com parafusos*



Fonte: SOTER, Stilo Shopping e Offices

A adição de viga metálica também é uma solução utilizada em reforços de lajes. Transfere-se os esforços para a mesma, e assim, garante uma resistência maior na edificação. Assim como é feito na adição de viga de concreto armado, os pilares de borda serão perfurados para o encaixe da viga metálica, e sua fixação é feita através de parafusos na laje.

*Figura 30- Projeto e execução estrutural em sala comercial-Niterói/RJ*



Fonte: M2P ENGENHARIA (2023)

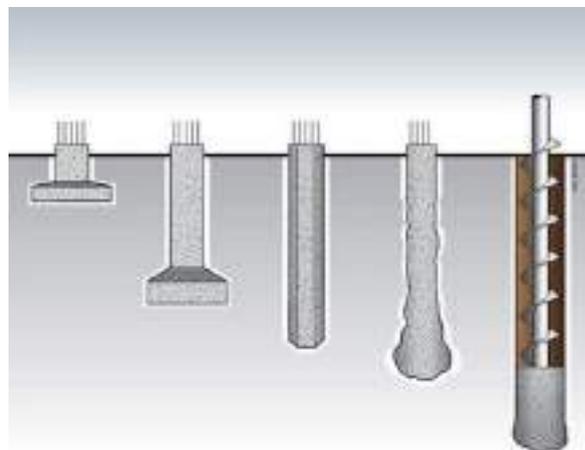
As chapas e perfis de aço deverão ser protegidos contra a ação do fogo através de barreiras de proteção ou pinturas que garantam proteção de, no mínimo, 30 minutos (JUVANDES, 2002).

### 3.4 FUNDAÇÕES

As fundações são elementos estruturais cujo a principal função é transmitir as cargas da edificação para o solo, de forma segura e adequada, sem causar nenhum risco para a edificação. São classificadas como diretas (rasas) e indiretas (profundas), onde há diversos tipos de fundações, as mais conhecidas e utilizadas na engenharia civil são as sapatas, blocos, radier, estacas e tubulões. Para a definição da sapata adequada a ser utilizada, dependerá da análise feita do tipo de solo e do porte da edificação.

O reforço em fundações tem como objetivo principal a recuperação da eficiência, para melhorar o desempenho da fundação e atender as solicitações desejadas para garantir segurança na edificação. Geralmente é definido que uma edificação precisa de reforço nas fundações através de aparecimento de trincas diagonais, principalmente em cantos de portas, janelas e de outras aberturas existentes.

*Figura 31- Os 10 principais tipos de fundações*



Fonte: INOVACIVIL, (2023)

Segundo a NBR 6122/2010, a sapata é um “elemento de fundação superficial, de concreto armado, dimensionado de modo que as tensões de tração nele resultantes sejam resistidas pelo emprego de armadura

especialmente disposta para esse fim”. É utilizada em edificações onde as cargas são classificadas entre baixo e médio porte.

Os blocos, segundo a NBR 6122/2010 tem como definição “elemento de fundação superficial de concreto, dimensionado de modo que as tensões de tração nele produzidas possam ser resistidas pelo concreto, sem necessidade de armadura. Pode ter suas faces verticais, inclinadas ou escalonadas e apresentar normalmente em planta seção quadrada ou retangular”. Sua utilização é recomendada para obras de pequeno porte e com solo adequado, que tenha boa capacidade de suporte.

De acordo com a NBR 6122/2010, o radier é definido como “elemento de fundação superficial que abrange todos os pilares da obra ou carregamentos distribuídos (por exemplo: tanques, depósitos, silos, etc.)”. Semelhante à laje de concreto armado, onde abrange toda a área da a ser construída. Fundação para construções de pequeno porte, onde recebe a carga e descarrega sobre uma grande área do solo.

A NBR 6122/2010 diz que estaca é considerada como “elemento de fundação profunda executado inteiramente por equipamentos ou ferramentas, sem que, em qualquer fase de sua execução, haja descida de operário. Os materiais empregados podem ser: madeira, aço, concreto pré-moldado, concreto moldado in situ ou mistos”. Bastante utilizadas em solos com pouco de resistência, e tem seu comprimento muito superior à sua largura.

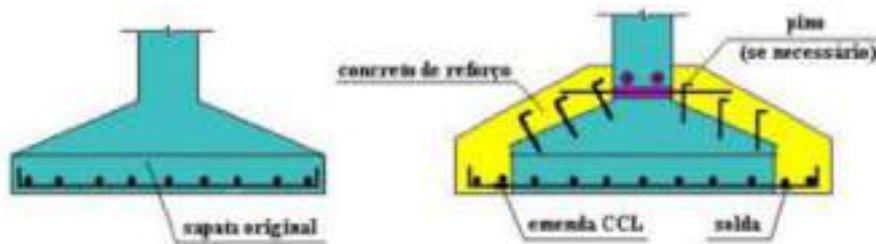
“Elemento de fundação profunda, cilíndrico, em que, pelo menos na sua etapa final, há descida de operário. Pode ser feito a céu aberto ou sob ar comprimido (pneumático) e ter ou não base alargada. Pode ser executado com ou sem revestimento, podendo este ser de aço ou de concreto. No caso de revestimento de aço (camisa metálica), este poderá ser perdido ou recuperado”. É como a NBR 6122/2010 classifica os tubulões. Eles podem conter uma base alargada, e são comumente utilizados quando o solo não apresenta características de resistência e deformidade exigidas pelo projeto.

### 3.4.1 REFORÇO DE FUNDAÇÕES COM CONCRETO ARMADO

O reforço estrutural de concreto armado em fundações é uma técnica muito comum e utilizada no Brasil. Geralmente utilizadas em fundações comprometidas devido à fatores como recalques diferenciais, erros de projeto, erosão do solo, ausência, insuficiência, má qualidade ou má interpretação das investigações geotécnicas, dentre outros fatores.

Nessa técnica é adicionado novos elementos de concreto armado na fundação existente, com o intuito de aumentar a capacidade de suporte de carga. Como todo reforço, é preciso uma análise detalhada do projeto e uma execução adequada por profissionais qualificados.

Figura 32- Esquema de fundação reforçada com concreto armado



Fonte: MAGALHÃES (2023)

Para a inicialização do reforço, é necessário a preparação da fundação, realizar a remoção dos pedaços da área deterioradas que não poderão ser utilizados, limpar a superfície e realizar o tratamento das armaduras prejudicadas pela corrosão.

São adicionadas as novas armaduras para o fornecimento da resistência à tração e complementam na capacidade fundamental do concreto armado. As barras de aço devem ser posicionadas estrategicamente de acordo com o projeto estrutural dimensionado pelo engenheiro responsável.

*Figura 33- O Reforço de fundações pode ser feito para corrigir problemas de recalque*



Fonte: AECWEB (2023)

## 4 RESULTADOS

Através da confecção da tabela abaixo, foi especificado qual solução de reforço estrutural seria recomendada para cada peça estrutural citada neste trabalho.

Tabela 1- Resultados

Peça estrutural	Método de Reforço	Recomendação	
Vigas	<i>Concreto Armado</i>	RECOMENDADO	APENAS PARA VIGAS DE GRANDES VÃOS
	<i>Chapas e perfis metálicos</i>	RECOMENDADO	
	<i>Fibras de Carbono</i>	RECOMENDADO	
	<i>Protensão</i>	RECOMENDADO	
Pilares	<i>Concreto Armado</i>	RECOMENDADO	
	<i>Chapas e perfis metálicos</i>	NÃO RECOMENDADO	
	<i>Fibras de Carbono</i>	RECOMENDADO	
	<i>Protensão</i>	NÃO RECOMENDADO	
Lajes	<i>Concreto Armado</i>	RECOMENDADO	
	<i>Chapas e perfis metálicos</i>	RECOMENDADO	
	<i>Fibras de Carbono</i>	RECOMENDADO	
	<i>Protensão</i>	NÃO RECOMENDADO	
Fundações	<i>Concreto Armado</i>	RECOMENDADO	
	<i>Chapas e perfis metálicos</i>	NÃO RECOMENDADO	
	<i>Fibras de Carbono</i>	NÃO RECOMENDADO	
	<i>Protensão</i>	NÃO RECOMENDADO	

Fonte: Tabela elaborada pelo autor

## 5 CONCLUSÕES

A partir das leituras e estudos realizados por meios de sites, livros, artigos e teses, para o desenvolvimento dessa revisão bibliográfica, conclui-se que as manifestações patológicas se desenvolvem ao longo do tempo por erros de projeto e execução, e também, por agentes químicos, físicos e biológicos, além de desgaste de velhice da própria estrutura.

Conclui-se também, que o reforço estrutural é algo essencial para a reabilitação das estruturas, resultando o prolongamento da vida útil da edificação e garantindo a segurança adequada.

Com os estudos relacionados no desenvolvimento deste trabalho, têm-se como os seguintes resultados:

Em vigas, é recomendado e utilizado as quatro técnicas de reforços citadas, tendo como protensão indicada apenas para vigas de grandes vãos.

Nos pilares, são recomendados o uso de concreto armado e fibras de carbono.

Nas lajes, são recomendados os usos das técnicas por concreto armado, fibras de carbono e adição de chapas e perfis metálicos;

Nas fundações, o ideal é o uso de concreto armado.

## REFERÊNCIAS

AMORIM, Denis Cley de Souza. **Técnicas de reforço estrutural para edificações antigas. estudo de caso na cidade de Rio Branco – Acre**, Belém, 2013.

BASTOS, Paulo Sérgio dos Santos. Flexão normal simples-Vigas. Notas de aula da disciplina de Estruturas de concreto I. **Pilares de concreto armado**, Bauru-SP, 2015.

BASTOS, Paulo Sérgio dos Santos. Lajes de concreto. **Universidade Estadual Paulista, São Paulo**, 2015.

BASTOS, Paulo Sérgio dos Santos. Pilares de concreto armado. **Notas de aula da disciplina de Estruturas de concreto II**, Bauru-SP, 2015.  
BEBER, A. J. Comportamento estrutural de vigas de concreto armado reforçadas com compósitos de fibra de carbono. 2003. 317 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2003.

BOLINA, Fabricio Longhi; TUTIKIAN, Bernardo Fonseca; HELENE, Paulo. **Patologia de estruturas**. Oficina de Textos, 2019.

BORGES, Igor de Oliveira. Estudo de reforço de vigas e lajes com compósitos de fibra de carbono colados. 2016.

CÁNOVAS, Manuel Fernández. Patologia e Terapia do Concreto Armado. 1 Ed. Tradução de M. C. Marcondes; C. W. F. dos Santos; B. Cannabrava. São Paulo: Ed. Pini, 1988.

CARNEIRO, L. A.V. Reforço de vigas e pilares de concreto com materiais compósitos de resina e fibras. Tese (Doutorado)- Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. 2004.

DANE, F. Research methods. Brooks/Cole Publishing Company: California, 1990

DE ALMEIDA, Tatiana Gesteira Martins. **Reforço de vigas de concreto armado por meio de cabos externos protendidos**. São Carlos–SP, 2001.

DE LIMA, Carlos Henrique Martins. **Comparação entre o dimensionamento de pilares de canto de acordo com a NBR 6118/2003 e a NB-1/78**. Fortaleza-CE, 2009.

DE SOUZA, Vicente Custodio Moreira; RIPPER, Thomaz. **Patologia, recuperação e reforço de estruturas de concreto**. Pini, 1998.  
FALKEMBERG, FEK; GARCEZ, M. R. Reforço de pilares com chapas de aço coladas e soldadas estudo de caso. 2015.

FERNANDES, R. M.. **Recuperação Estrutural como Solução Estratégia para prédios antigos**. 01 de fevereiro de 2012. Artigonal – Diretório de Artigos Gratuitos.

FUSCO, P. B. **Estruturas de Concreto: Solicitações Normais**. Rio de Janeiro: Editora Guanabara Dois S.A, 1981.

GENTIL, Vicente. **Corrosão**. 4ª edição. Rio de Janeiro: Editora LTC, 2003.

GIL, Antônio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. Atlas: São Paulo, 2007.

HELENE, Paulo RL. **Manual prático para reparo e reforço de estruturas de concreto**. 1988.

INOUE, Celia Regina. Tipos de revisão de literatura. **Biblioteca Professor Paulo de Carvalho Mattos. Botucatu-SP**, 2015.

JUVANDES, L. F. P. **Reforço e Reabilitação de Estruturas: Módulo 2**. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2002. 184f. Portugal, 2002.

CAMPOS, Luiz Eduardo Teixeira. **Técnicas de recuperação e reforço estrutural com estruturas de aço**. Rio de Janeiro, 2006.

MACHADO, Ari de Paula. Manual de Reforço das Estruturas de Concreto Armado com Fibras de Carbono. 2006.

MENON, Nara Villanova et al. Estudo experimental de sistemas de reforço ao cisalhamento em vigas de concreto armado utilizando-se polímetro reforçado com fibras de carbono (PRFC). 2008.

MOURA, M. Reforço estrutural em estruturas de concreto armado. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Pampa. Alegrete - RS. 2013.

NETO, Adbala; SENA, Gildeon; LIMA, Natália; NASCIMENTO, Mateus. **Conceitos básicos da Patologia das construções**: fins didáticos e informativos. 2018.

NORONHA, Daisy Pires; FERREIRA, Sueli Mara S. P. Revisões de literatura. In: CAMPELLO, Bernadete Santos; CONDÓN, Beatriz Valadares; KREMER, Jeannette Marguerite (orgs.) Fontes de informação para pesquisadores e profissionais. Belo Horizonte: UFMG, 2000.

PEREIRA, Matheus Vince Esgalha et al. Reforço de viga por aumento de seção transversal com concreto e novas armaduras: estudo de caso. **Revista Técnico-Científica**, n. 32, 2023.

REIS, L. S. N. Sobre a Recuperação e Reforço das Estruturas de Concreto Armado. 2001. 114f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Estruturas) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2001.

SARAIVA, Victor Alexandre Henrique Silva. **Sistema de recuperação e reforço estrutural de concreto armado**. 2016.

SLEIFER, M. Avaliação da Degradação da Fibra de Carbono Aplicada como Reforço sob o Efeito de Elevadas Temperaturas. Lajeado, 2017.  
SOTO, Rafael Cavalcante. **Reforço e recuperação de vigas de concreto armado**. 2013.

SOARES, C. M. **Reforço de Estruturas de Betão Armado com CFR - 1ª** Edição, Universidade Fernando Pessoa (UFP). Porto - Portugal, 2006.

SOUZA, Vicente Custódio Moreira de & RIPPER, Thomaz. **Patologia, Recuperação e Reforço de Estruturas de Concreto**. 1ª edição. São Paulo: Editora Pini, 1998.

WANDERLEY, Leonardo Victor Pereira; SALGUEIRO, Alynne Lopes; GOMES, Wandesson Marques de Sousa; CERQUEIRA, Valdívio Rodrigues. **O uso da fita de fibra de carbono como reforço estrutural na construção civil: conhecimento, uso e divulgação**. Acta tecnológica v.12, nº 2, 2017.

ZUCCHI, FERNANDO LUIZ. Técnicas para o reforço de elementos estruturais. **Trabalho de conclusão de curso de Graduação em Engenharia Civil– Universidade Federal de Santa Maria (UFSM)**. Santa Maria, 2015.