

FACULDADE DOCTUM
CHRYSYTIAN VASCONCELOS MADEIRA
DIEGO CAMPOS
GISELE DE SOUZA REIS

**ESTUDO DO REFORÇO NAS ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO NOS
PROCESSOS DE REFORMA: ESTUDO DE CASO DO REFORÇO DE PILAR**

Juiz de Fora

2018

CHRYSYTIAN VASCONCELOS MADEIRA

DIEGO CAMPOS

GISELE DE SOUZA REIS

**ESTUDO DO REFORÇO NAS ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO NOS
PROCESSOS DE REFORMA: ESTUDO DE CASO DO REFORÇO DE PILAR**

Monografia de Conclusão de Curso, apresentada ao curso de Engenharia Civil, Faculdade Doctum de Juiz de Fora, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador (a): Prof^a. MSc. Daniela Silva Santurio

Juiz de Fora

2018

Ficha Catalográfica elaborada pela Biblioteca Faculdade Doctum/JF

Vasconcelos, Chrystian Madeira; Campos, Diego; Reis, Gisele de Souza.

Estudo do Reforço nas Estruturas de Concreto Armado nos Processos de Reforma: Estudo de Caso do Reforço de Pilar / Chrystian Vasconcelos Madeira; Diego Campos; Gisele de Souza Reis - 2018. 98 f.

Monografia (Curso de Engenharia Civil) – Faculdade Doctum Juiz de Fora.

1. Estrutura. 2. Seção. 3. Encamisamento 4. Reforço 5. Reforma

I. Título. II Faculdade Doctum Juiz de Fora

**CHRYSYTIAN VASCONCELOS MADEIRA
DIEGO CAMPOS
GISELE DE SOUZA REIS**

**ESTUDO DO REFORÇO NAS ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO NOS
PROCESSOS DE REFORMA: ESTUDO DE CASO DO REFORÇO DE PILAR**

Monografia de Conclusão de Curso,
submetida à Faculdade Doctum de Juiz de
Fora, como requisito parcial à obtenção do
título de Bacharel em Engenharia Civil e
aprovada pela seguinte banca
examinadora.

Prof^a. MSc. DANIELA SILVA SANTURIO
Orientadora e Docente da Faculdade Doctum – Unidade Juiz de Fora

Prof. MSc. KLEBER DE ALMEIDA GONÇALVES
Docente da Faculdade Doctum – Unidade Juiz de Fora

Prof. MSc. LEANDRO MOTA PERES
Docente da Faculdade Doctum – Unidade Juiz de Fora

Examinada em: ___/___/___.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar agradamos a Deus, pela saúde e força a nós concedida para concluir essa etapa tão importante em nossas vidas.

Agradecemos aos nossos pais pelos ensinamentos, amor e apoio dados a nós por todo esse tempo.

Aos nossos professores que durante o curso nos forneceram todo seu conhecimento com a mais boa vontade e construíram nossos conhecimentos com uma base sólida para enfrentar os desafios da vida profissional.

A todos os nossos colegas de turma pelos momentos vividos durante o curso de Engenharia Civil, onde sorrimos e choramos com as provas e trabalhos.

A nossa orientadora Daniela Silva Santurio, pelo profissionalismo e dedicação empregados no desenvolvimento deste trabalho.

E por fim a todos que contribuíram direta e indiretamente para que este trabalho fosse feito da melhor forma possível:

O nosso muito obrigado!!!!

RESUMO

VASCONCELOS MADEIRA, CHRYSTIAN; CAMPOS, DIEGO; DE SOUZA REIS, GISELE; **Estudo do reforço nas estruturas de concreto nos processos de reforma**. 97f. Monografia de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil). Faculdade Doctum, Juiz de Fora, 2018.

Este trabalho apresenta a realização de um estudo sobre o dimensionamento e detalhamento do reforço de um pilar em um caso hipotético de uma obra de reforma com adição de pavimento, gerando aumento de carga nas estruturas. Neste trabalho é apresentado uma breve história do surgimento do concreto armado, algumas definições que estão no âmbito da reforma, certas patologias que acometem as construções, determinados métodos de reforço das estruturas de concreto armado e um estudo de caso hipotético sobre um reforço do pilar mais carregado de uma edificação projetada durante a disciplina “Projeto Integrador” ministrada na Faculdade Doctum, onde são mostrados os cálculos necessários para se reforçar um pilar, por não suportar a nova carga inserida, mostrando com esse estudo que, nem todos os casos há a necessidade do encamisamento completo da estrutura do pilar. Pretende-se com o estudo deste tema influenciar a busca por dados mais específicos para a realização de reformas com a necessidade de um reforço estrutural, onde foi constatado que o método de reforço apresentado não possui uma metodologia de cálculo específica e também não possui normas que a regulamentam.

Palavras-chave: Estrutura, seção, encamisamento, reforço, reforma

ABSTRACT

This work presents the accomplishment of a study on the dimensioning and detailing of the reinforcement of a pillar in a hypothetical case of a renovation work construction because of an addition of pavement, increasing weight in the original structures. This paper presents a brief history of the advent of reinforced concrete, some definitions that are in the scope of remodelations, certain pathologies that affect constructions, certain methods of reinforcement of reinforced concrete structures, and a hypothetical case study on the reinforcement of the pillar of a building designed during the discipline "Integrator Project" taught at Faculty Doctum, necessary calculations are shown to reinforce a pillar, since its load exceeded by not supporting the new inserted load, showing with this study that, not all cases there is a need for complete coating of the pillar structure. The aim of this study is to influence the search for more specific data to carry out reforms with the need for a structural reinforcement, where it was found that the calculation methods do not follow a standard.

Keywords: Structure, section, cladding, reinforcement, renovation

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Barco e concreto armado de Lambot	17
Figura 2 - Evolução do concreto armado	18
Figura 3 - Ponte em concreto armado de Monier.....	19
Figura 4 - Evolução da NBR 6118.....	21
Figura 5 - Dimensões das Lajes.....	22
Figura 6 - Dimensões das Vigas	23
Figura 7 - Dimensões dos Pilares	23
Figura 8 – Fundações Rasas	24
Figura 9 - Tubulão e Estaca	25
Figura 10 - Fissura	31
Figura 11 - Trincas	31
Figura 12 - Rachaduras.....	32
Figura 13 - Exemplo de Corrosão em Pilar	33
Figura 14 - Exemplo de Corrosão da Armadura em Viga.....	33
Figura 15 - Exemplo de nicho de concretagem	34
Figura 16 - Preparação das Faces do Pilar	38
Figura 17 - Esquemas do reforço de pilares por aumento de seção.	38
Figura 18 - Reforço por Encamisamento dos Pilares	39
Figura 19 - Reforço do Pilar por Jateamento de Concreto	40
Figura 20 - Reforço Concreto Convencional Aditivado.....	41
Figura 21 - Reforço com perfis metálicos	42
Figura 22 - Reforço de pilar com cantoneira	43
Figura 23 - Reforço de lajes com chapas metálicas com adesivo e parabolts.	43
Figura 24 - Detalhe pilar de canto	49
Figura 25 - Seção do Pilar P4	51

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Valores da Vida Útil de Projeto (VUP).....	27
Tabela 2 - Vantagens e desvantagens para os tipos de reforços existentes.	36
Tabela 3 - Características físicas da fibra de carbono	44
Tabela 4 - Parâmetros pilar antes e depois do aumento de carga.	50
Tabela 5– Valores dos coeficientes de l_e de acordo com as vinculações dos pilares	52
Tabela 6 - Parâmetros.....	56
Tabela 7 - Ancoragem armaduras transversal e longitudinal	58
Tabela 8 - Comparativo resultados finais	59

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

ABNT NBR – Norma Brasileira aprovada pela Associação Brasileira de Normas Técnicas.

VUP – Vida Útil de Projeto

PRFC – Polímeros Reforçados com Fibra de Carbono.

LISTA DE SÍMBOLOS

N_d – Normal de cálculo;

f_{cd} – Resistência de cálculo do concreto;

A_c – Área de concreto;

A_s – Área de aço;

f_{yd} – Resistência de cálculo do aço;

$\frac{1}{r}$ – Curvatura aproximada;

h - Comprimento da seção transversal adotado;

ν – Coeficiente adimensional da normal.

$M_{1,dmin}$ – Momento fletor mínimo;

h – Altura em cm da direção considerada.

e_1 – Excentricidade de primeira ordem;

M_d – Momento fletor das vigas nas direções x e y;

γ_n – Coeficiente de majoração da força normal (1,40)

γ_r – Coeficiente de majoração de reforço (1,20)

N_k – Normal atuante no pilar

λ – Índice de esbeltez;

h – área da seção do pilar;

l_e – Altura equivalente do Pilar.

λ_1 – Limite de esbeltez;

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
1.1 OBJETIVOS	16
1.1.1 <i>Objetivo geral</i>	16
1.1.2 <i>Objetivo específico</i>	16
2 ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO	17
2.1 HISTÓRIA DAS ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO	17
2.2 ESTRUTURAS DE CONCRETO E SEUS ELEMENTOS PRINCIPAIS	21
3 OBRAS DE REFORMAS EM EDIFICAÇÕES	26
3.1 PATOLOGIAS DAS ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO.....	29
4 REFORÇO DE ESTRUTURAS DE CONCRETO	35
4.1 REFORÇO UTILIZANDO O CONCRETO ARMADO	37
4.2 REFORÇOS COM PERFIS E CHAPAS METÁLICAS	41
4.3 REFORÇOS COM MATERIAIS POLIMÉRICOS REFORÇADOS COM FIBRAS DE CARBONO (PRFC)	44
5 METODOLOGIA	46
6 ESTUDO DE CASO DO REFORÇO DO PILAR P4 DO EMPREENDIMENTO SÃO JORGE	48
6.1 METODOLOGIA DE CÁLCULO DO REFORÇO DO PILAR P4	49
6.1.1 <i>Esforços solicitantes</i>	50
6.1.2 <i>Pré-dimensionamento da nova seção do pilar P4</i>	50
6.1.3 <i>Índice de esbeltez</i>	51
6.1.4 <i>Limite de esbeltez</i>	52
6.1.5 <i>Excentricidade de 2ª ordem</i>	54
7 CONCLUSÃO	60
REFERÊNCIAS	62
APÊNDICE	69
ANEXOS	94

1 INTRODUÇÃO

No momento em que o ser humano deixou de ser nômade e passou a construir moradias fixas, observou-se a necessidade da utilização de estruturas resistentes para a realização de construções seguras, desta forma, no princípio houve a utilização de materiais encontrados na natureza para tais construções.

Dentro desta ótica, as construções evoluíram exigindo que a engenharia das estruturas à acompanhasse. Esta evolução pode ser notada nas antigas construções dos povos egípcios e gregos, que aplicavam conhecimentos empíricos de tentativa e erro utilizando as rochas como material estrutural. Junto a evolução das construções ocorreu também a evolução dos materiais utilizados, surgindo o concreto, tornando-se um dos materiais empregados pelos romanos em seus projetos.

A partir de seu surgimento, o concreto passou a ser utilizado em grande escala nas estruturas das edificações, contudo, seu uso era restrito a pequenos vãos, visto que como as rochas, suas características físicas delimitavam o emprego deste material por apresentar grande capacidade de compressão e baixa capacidade de tração. Com o intuito de sanar este problema, foi adicionado aço ao concreto simples surgindo assim o concreto armado. Entretanto, primeiramente seu uso sucedeu fora da engenharia onde o concreto armado, segundo Fernandes e Porto (2015), tornou-se o material mais utilizado na concepção das estruturas nos dias atuais.

No Brasil, tem-se notícia que as primeiras obras utilizando o concreto armado são datadas do século passado, o que mostra o envelhecimento das construções e a necessidade de intervenções para restaurar suas capacidades físicas e arquitetônicas. Deste modo, tal envelhecimento, requer mudanças socioeconômicas e com o aquecimento do setor de reformas devido à crise nas novas construções, demonstram que, as reformas e o reforço de estruturas de concreto armado estão cada vez mais presentes no cotidiano dos profissionais de engenharia civil.

Segundo o Conselho de Arquitetura e Urbanismo (CAU) (2018), o setor de execução e projetos de reforma é o que mais vem se sobressaindo no cenário da construção civil atualmente, apresentando uma inclinação para o crescimento, onde no ano de 2016 teve um aumento de 4%, 13% em 2017 e já neste ano mostrou acréscimo de 15% apenas nos primeiros 6 meses.

Ainda de acordo com o CAU, este superávit nas obras de reformas está ligado a queda no mercado de novas construções devido à crise que vem acometendo o setor de construção civil nos últimos anos, as novas construções tiveram queda de 7% o que gerou o aquecimento nas atividades de reforma em edificações.

De maneira geral, neste cenário, as reformas vêm se destacando como solução para atender a demanda habitacional da população. A relação entre os valores sociais e econômicos levando em conta obras que vêm passando de geração em geração, vem mudando de acordo com as tendências familiares, necessitando assim, de alterações em seu perfil. Normalmente nota-se a mudança de edificações unifamiliares para multifamiliares, onde novas análises do acréscimo de carga devem ser feitas para a conclusão da necessidade ou não do reforço da estrutura.

Além disso, o envelhecimento das cidades trouxe também o envelhecimento das construções que as compõe. Segundo a ABNT NBR (Norma Brasileira aprovada pela Associação Brasileira de Normas Técnicas) 15575:2012, os sistemas que compõe um projeto devem obedecer a um tempo de vida útil, sendo a durabilidade das estruturas prevista por uma VUP (vida útil de projeto – tempo em que a estrutura é utilizada) de maior ou igual a 50 anos. Assim, com o decorrer do tempo os sistemas das construções perdem-se a sua funcionalidade, gerando riscos para os usuários e provocando a necessidade de intervenções para recuperação de suas estruturas.

Nessa perspectiva, o tema “reforço nos processos de reforma” está ligada a várias situações que o engenheiro enfrenta no seu dia a dia de trabalho. Segundo o Dossiê técnico da ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas) (2015) o tema ostenta importância para a sociedade, a medida que existe demanda crescente e o surgimento do desgaste físico das construções com o passar do tempo, existindo a necessidade de procedimentos na intervenção das mesmas por queda na função ou qualidade.

Portanto, surgiu a questão: quais providências devem ser tomadas para uma reforma que envolva reforço estrutural, quais os aspectos técnicos devem ser observados e quais os métodos de reforço nas estruturas de concreto existem?

Deste modo, para atingir os objetivos foram realizadas pesquisas bibliográficas sobre estruturas de concreto, reforma e reforço nas estruturas de concreto armado,

contando ainda com um estudo de caso hipotético, onde pretende-se reformar a edificação e construir um novo pavimento.

Assim, parte-se da hipótese que o reforço nos pilares de concreto seja executado utilizando a técnica chamada: Aumento das seções dos elementos estruturais ou, encamisamento. Esta consiste basicamente em aumentar a seção transversal dos elementos reforçados para suportar os novos esforços.

No tópico 1 do segundo capítulo é mostrado a história das estruturas, quando começaram a ser utilizadas, em que momento surgiu as estruturas de concreto armado, a história do concreto armado no Brasil e o surgimento da norma que regulamenta a construção das estruturas de concreto até os dias de hoje. No tópico 2 são descritos os elementos que compõe uma estrutura de concreto armado e suas funções.

No capítulo 3 temos os conceitos de reforma, manutenção e *retrofit*, que são muito importantes para se entender e distinguir as intervenções mais utilizadas no campo da reforma de edificações. No primeiro tópico deste capítulo foi tratado o tema das patologias, visto que, as reformas também estão ligadas às “doenças” que as edificações apresentam.

No capítulo 4 é apresentado o tema reforço nas estruturas de concreto armado, onde mostra que o reforço pode estar ligado as patologias fazendo os componentes das estruturas necessitarem de reforço por perda de resistência ou por acréscimo de carga. No tópico 4.1 é apresentado o reforço utilizando o concreto armado, que pode ser feito por dois métodos, o concreto armado convencional ou o concreto projetado. No tópico 4.2 tem-se o reforço por emprego de perfis metálicos podendo ser chapas ou perfis. E no último tópico deste capítulo é demonstrado o reforço utilizando materiais poliméricos reforçados com fibras de carbono.

No capítulo 5 é mostrado a metodologia deste trabalho, utilizando de pesquisas em vários meios de publicações de trabalhos e de autores que dissertaram sobre os temas abordados, apresentando ainda, o estudo de caso hipotético com o cálculo do reforço de um pilar, que foi utilizado como parâmetro para se empregar os conhecimentos adquiridos com as pesquisas bibliográficas.

O capítulo 6 caracteriza o estudo de caso hipotético utilizado neste trabalho, apresentando suas características juntamente com os resultados, onde foram apresentados todos os cálculos necessários para a realização do reforço do pilar mais carregado da edificação

Por fim, o capítulo 7 mostra a conclusão dos autores sobre todos os objetivos idealizados, avaliando a hipótese citada, além dos problemas e dificuldades encontrados para a realização dos estudos do reforço.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo geral

A partir da construção de um novo pavimento residencial unifamiliar será definido o acréscimo de carga atuante na estrutura onde serão analisados os novos esforços para que seja possível a conclusão da necessidade ou não, de se alterar as estruturas existentes com a implementação do reforço no pilar mais solicitado da edificação

1.1.2 Objetivo específico

- a) Apresentar o layout e definir o acréscimo das cargas atuantes no pilar a ser reforçado referente ao novo pavimento;
- b) Compatibilizar os elementos estruturais novos e antigos;
- c) Definir o modelo e dimensionar os reforços do pilar mais carregado da estrutura.

2 ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO

2.1 História das estruturas de concreto armado

Segundo Gilbert, Leet e Uang (2009), a engenharia das estruturas vem sendo empregada desde os tempos antigos pelos egípcios e gregos. Nas grandes obras eles utilizavam como material estrutural as rochas em processos empíricos de tentativa e erro, já nos dias atuais foram desenvolvidos sistemas sofisticados de cálculo, junto a utilização de diversos materiais como o aço e o concreto armado que facilitaram esse processo.

Para Bastos (2006), estima-se que o concreto armado, material constituído de concreto (pasta derivada da junção de cimento Portland, agregados graúdos, miúdos e água) e armadura em seu interior (composta por barras de aço), seja o elemento mais utilizado atualmente no mundo para a construção de estruturas na engenharia civil, embora acredita-se que sua utilização aconteceu primeiramente fora da engenharia civil, como mostra a Figura 1.

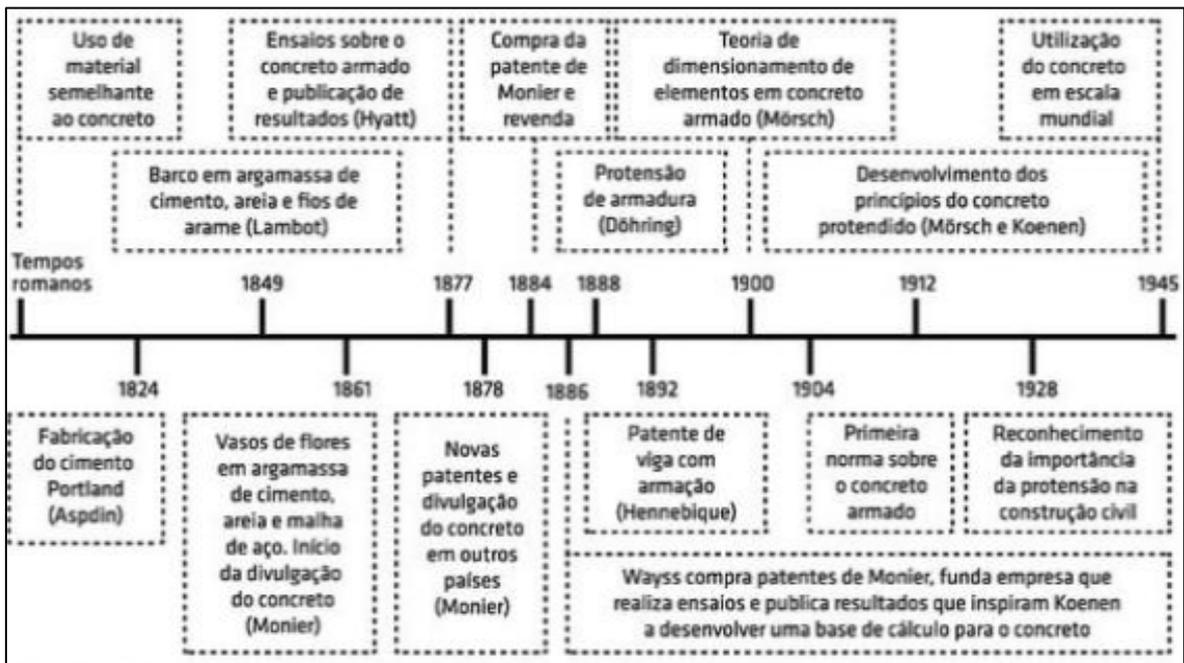
Figura 1 - Barco e concreto armado de Lambot



Fonte: Site "O século XX" (2014).

Para Bastos (2006, p.02), “Considera-se que o concreto armado surgiu na França, no ano de 1849, com o primeiro objeto do material registrado pela História sendo um barco, do francês Lambot, o qual foi apresentado oficialmente em 1855.” A Figura 2 mostra a evolução do concreto armado.

Figura 2 - Evolução do concreto armado



Fonte: Fernandez e Porto (2015).

Segundo os autores Fernandez e Porto (2015), no ano de 1861 como mostra a figura 2, o paisagista e horticultor francês Joseph Monier, utiliza a tecnologia do barco de Lambot para a construção de vasos e caixas de concreto armado como solução para a durabilidade e umidade de suas peças. Entre as peças patenteadas por Monier estão: vasos para horticultura e jardinagem (1867), tubos e tanques (1868), painéis decorativos para fachadas de prédio (1969), reservatórios de água (1872), pontes e passarelas (1873 e 1875) e vigas em concreto armado (1878). A Figura 3 mostra a primeira ponte em concreto armado criada por Monier.

Figura 3 - Ponte em concreto armado de Monier.



Fonte: Página da web “As pontes da minha vida” (2013).

De acordo com Carvalho (2008), na data de 1886, Gustav Adolf Wayss engenheiro alemão comprou as patentes de Monier após desenvolver pesquisas em sua empresa Wayss&Freytag e publicar seus resultados em 1887, na mesma publicação, o construtor Mathias Koenen apresenta certo método de dimensionamento empírico, surgindo assim, a primeira base de cálculo do concreto armado. O alemão executou várias obras com essa tecnologia na Alemanha, Áustria e França, propagando a utilização do concreto armado.

A partir daí, segundo Fernandez e Porto (2015), surgem os primeiros experimentos para a aplicação da tecnologia na concepção de edifícios. François Hennélique foi um engenheiro francês que pesquisou sobre o reforço do concreto auxiliado por ferragens, tendo seu primeiro contato com as peças de Monier na Exposição de Paris de 1867. Em 1879, Hennélique desenvolveu lajes de piso de concreto armado e em 1892 foi registrado a patente de uma viga com armação muito parecida com as atuais, com barras de aço na longitudinal, para combater os esforços de tração e estribos para os esforços cortantes.

Ainda de acordo com os autores, no ano de 1900 na companhia Wayss&Freytag, o engenheiro alemão Emil Mörsch dá continuidade aos estudos de Koenen, fundamentado em vários ensaios, Mörsch publica seus resultados em 1902

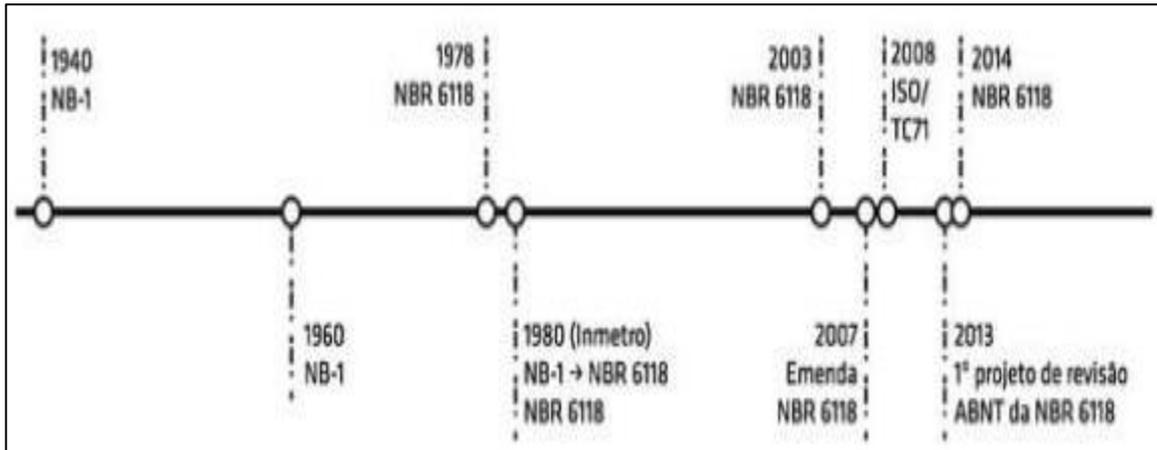
originando os fundamentos da teoria de dimensionamento dos elementos em concreto armado, sendo considerado um dos sumos contribuintes para a evolução do material. Em 1904 na Alemanha, é divulgada a primeira norma que regulamentaria o projeto e a construção de concreto armado.

No Brasil conforme Freitas (2010), pouco se sabe das primeiras aparições do concreto armado. O relato mais antigo sobre o tema foi a publicação “Construções de cimento armado” do professor Antônio de Paula Freitas (1904) da Escola Polytechnica do Rio de Janeiro, que menciona a primeira utilização do cimento armado (nome utilizado na época) em construções habitacionais no bairro de Copacabana a cargo do engenheiro Carlos Poma pela “Empresa de Construções Civis”, que em 1892 obteve a patente do sistema Monier executando diversas obras no país como: reservatórios d’água, fundações, muros, escadas e prédios.

Para Fernandez e Porto (2015, p.16), “Acredita-se que os primeiros cálculos de estruturas em concreto armado no país foram por Carlos Euler e seu auxiliar Mario de Andrade Martins Costa, em um projeto de uma ponte sobre o rio Maracanã, por volta de 1908”.

Segundo Fusco (2008), no ano de 1940, a Associação Brasileira de Normas Técnicas desenvolveu uma norma específica para o projeto e dimensionamento das estruturas em concreto armado a “NB-1: cálculo e execução de estruturas em concreto armado”, na qual previa-se o dimensionamento dos elementos em serviço, apoiados no estado limite último e em Tensões admissíveis. Formada por 24 páginas em formato A5 e consumada em decreto pelo presidente Getúlio Vargas, a regente de todas as obras públicas na época não acompanhou o avanço das construções e observou-se assim, a necessidade de sua evolução, desenvolvendo novas técnicas construtivas e aperfeiçoamento dos materiais. A Figura 10 mostra a sequência de evoluções e revisões da norma até a vigente atual.

Figura 4 - Evolução da NBR 6118



Fonte: Fernandez e Porto (2015).

Os autores Carvalho e Filho (2015, p.28), mencionam que:

A ABNT NBR 6118 define os critérios gerais e requisitos básicos que regem o projeto de estruturas de concreto simples, armado e protendido, sejam elas de edifícios, pontes, viadutos, obras hidráulicas, arcos, silos, torres, portos ou aeroportos, estruturas de off-shore etc., mais ela deve ser complementada, quando for o caso, por outras normas brasileiras que estabeleçam critérios para estruturas específicas, tanto no que se refere ao projeto como nas técnicas construtivas não convencionais.

2.2 Estruturas de concreto e seus elementos principais

Uma estrutura deve ser construída para atender as necessidades dos proprietários, sendo fundamental satisfazer as condições de segurança, utilização, econômicas, estéticas, ambientais, construtivas e legais, tendo como resultado final a previsão do comportamento da estrutura que possa atender todas as condições de segurança necessárias.

Os autores Gilbert, Leet e Uang (2009), definem estruturas como um conjunto tridimensional complexo constituído por elementos estruturais, que trabalham mutualmente para desempenhar uma determinada função.

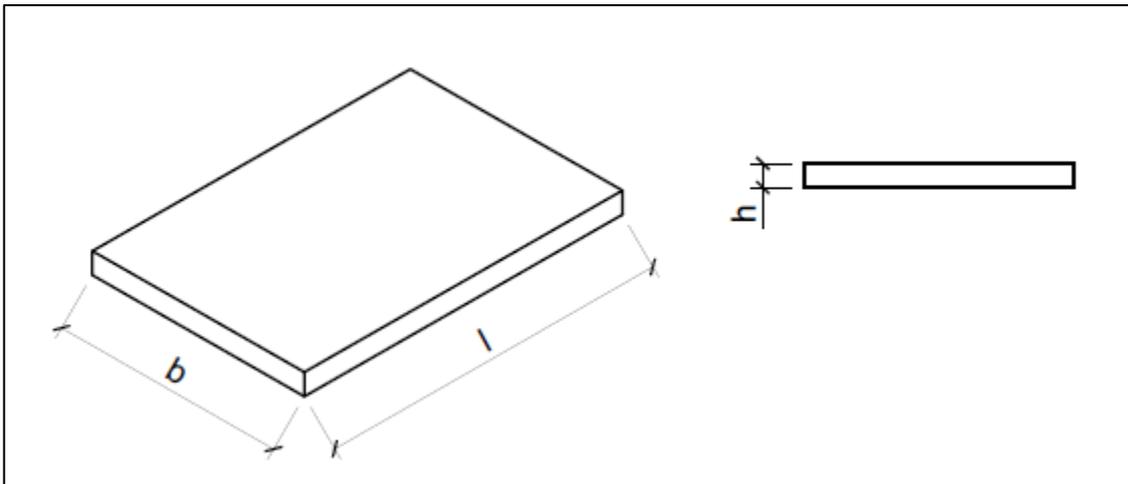
A função de uma estrutura de concreto armado é transmitir as forças atuantes na construção para o solo, distribuindo as cargas de forma segura, onde, para isso, utiliza-se de lajes, vigas, pilares e fundações.

Bastos (2015, p.02) conceitua:

As lajes são classificadas como elementos planos bidimensionais, que são aqueles onde duas dimensões, o comprimento e a largura, são da mesma ordem de grandeza e muito maiores que a terceira dimensão, a espessura. As lajes são também chamadas elementos de superfície, ou placas. Destinam-se a receber a maior parte das ações aplicadas numa construção, normalmente de pessoas, móveis, pisos, paredes, e os mais variados tipos de carga que podem existir em função da finalidade arquitetônica do espaço que a laje faz parte.

As lajes são utilizadas em sua maioria como piso ou cobertura, recebendo a maior parcela de ações verticais geralmente de paredes, pisos, pessoas, móveis e diversas cargas imprevisíveis com origens variadas, que originam-se dependendo da função que o elemento exerce no ambiente em que foi inserido. Assim, as cargas geralmente são transmitidas para as vigas de bordo, pois existem casos que são transmitidas diretamente para os pilares. A Figura 5 mostra as dimensões l (largura), b (base) e h (altura) das lajes.

Figura 5 - Dimensões das Lajes

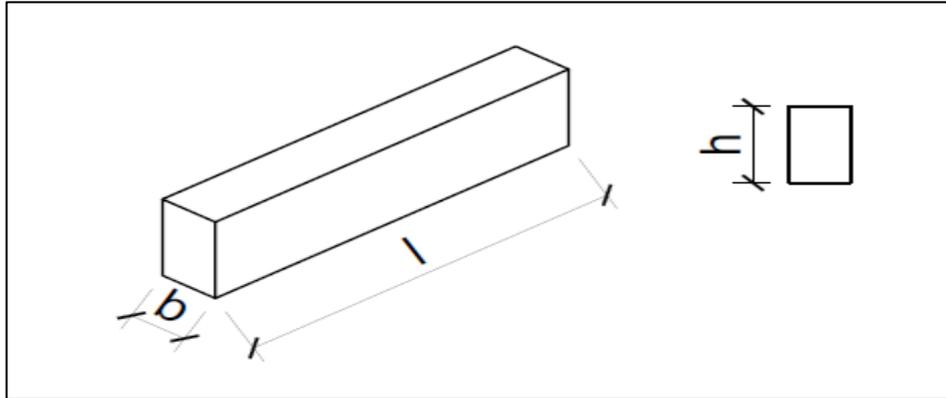


Fonte: Autores (2018)

Segundo a NBR 6118/2014, item 14.4.1.1, quando se trata de vigas, esta é definida como “elemento linear em que a flexão é preponderante” (p.83). As vigas têm como função vencer os vãos da estrutura e redirecionar os esforços para os apoios. Para Almeida (2006, p.03) as vigas “são elementos lineares com duas dimensões (b e h) bem menores que a terceira (l). Os carregamentos são perpendiculares ao maior elemento (l) e estão submetidos a momentos fletores. Não devem estar submetidas à

torção.” E são elas as responsáveis por transmitir os esforços aos pilares. A Figura 6 mostra o esquema das dimensões das vigas.

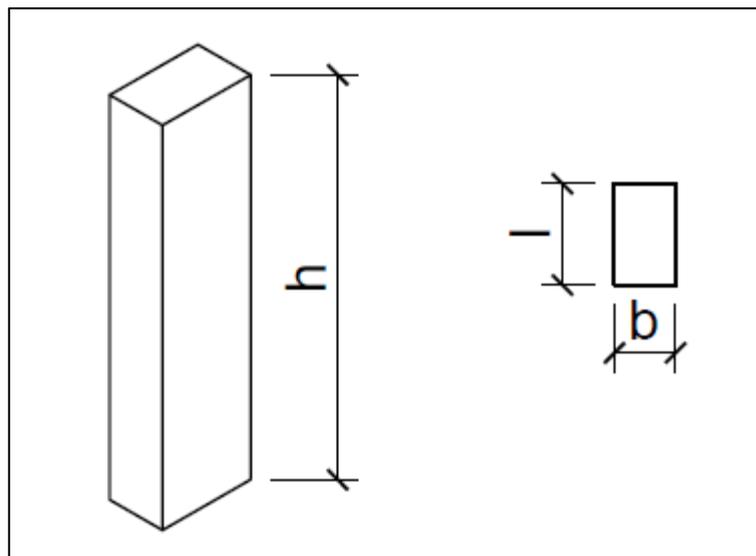
Figura 6 - Dimensões das Vigas



Fonte: Autores (2018).

Segundo ainda sobre a NBR 6118/2014, no item 14.4.1.2, especifica que os pilares são “Elementos lineares de eixo reto, usualmente dispostos na vertical, em que as forças normais de compressão são preponderantes” (p.84). Para Almeida (2006), os pilares têm duas dimensões (b e l) muito menores que a terceira (h), seus carregamentos são aplicados verticalmente à maior dimensão e são responsáveis por transmitir as cargas para a fundação. A Figura 7 mostra as dimensões dos pilares.

Figura 7 - Dimensões dos Pilares

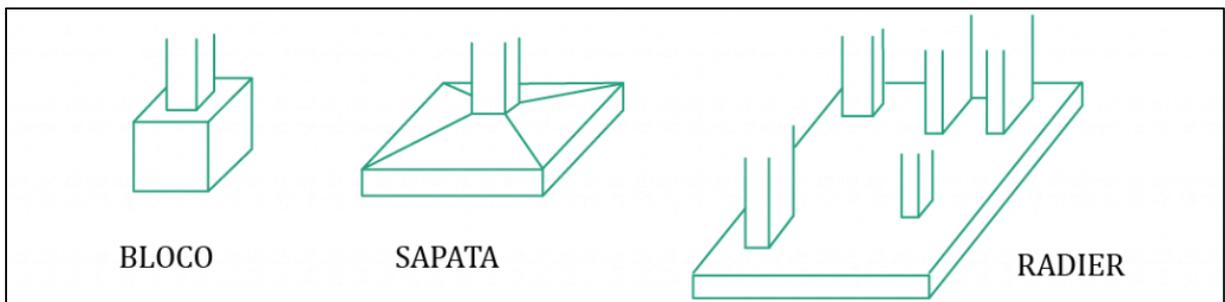


Fonte: Autores (2018).

De acordo Azeredo (1988), citado por Beilfuss (2012, p.18) “Fundações são os elementos estruturais cuja função é transmitir as cargas da estrutura ao terreno onde ela se apoia”. Podem ser divididas em dois grupos: fundações rasas e fundações profundas.

No item 3.1 a ABNT NBR 6122:2010 conceitua fundação rasas como, “elemento de fundação em que a carga é transmitida ao terreno pelas tensões distribuídas sob a base da fundação, e a profundidade de assentamento em relação ao terreno adjacente A fundação é inferior a duas vezes a menor dimensão da fundação” (p.02). Podem ser: Sapatas, bloco e *radier*. A Figura 8 mostra os exemplos de fundações rasas.

Figura 8–Fundações Rasas

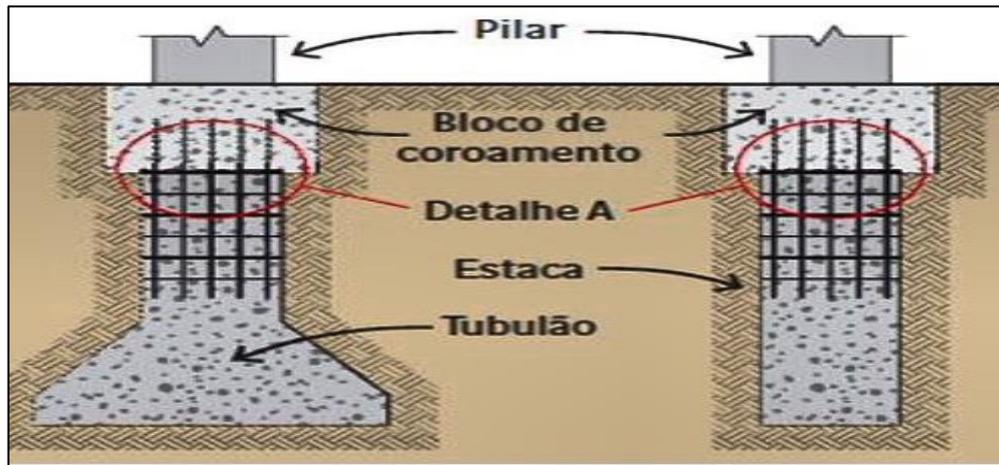


Fonte: Página da web “Me passa aí” (2016)

Já na Figura 9 apresenta-se um exemplo de fundação profunda que a ANBT NBR 6122:2010, no item 3.7 define como:

[...] um elemento de fundação que transmite a carga ao terreno ou pela base (resistência de ponta) ou por sua superfície lateral (resistência de fuste) ou por uma combinação das duas, devendo sua ponta ou base estar assente em profundidade superior ao dobro de sua menor dimensão em planta, e no mínimo 3,0 m. Neste tipo de fundação incluem-se as estacas e os tubulões. (p.03).

Figura 9 - Tubulão e Estaca



Fonte: Revista Técnica (2013)

De acordo com a ABNT NBR 15575:2012, as estruturas são projetadas para um tempo mínimo de utilização, sendo este tempo maior que 50 anos para as estruturas. Assim, com o passar dos anos, estes elementos das edificações perdem suas características para qual foram projetadas necessitando que sejam feitas intervenções para restaurar suas propriedades de projeto, para que continuem sendo utilizadas sem que ajam riscos para os usuários das edificações.

3 OBRAS DE REFORMAS EM EDIFICAÇÕES

Para se compreender as atividades de intervenção nas edificações é necessário o conhecimento de alguns termos utilizados para classificar estas atividades na engenharia civil. Seus conceitos muitas vezes são confundidos e geram dúvidas quanto sua classificação. São eles: a reforma, a manutenção e o *retrofit*.

De acordo com a ABNT NBR 16280:2014 item 3.5, constitui-se como reforma, toda e qualquer mudança nas condições da edificação existente, com ou sem mudança de função, visando recuperar, melhorar ou ampliar suas condições de habitabilidade, uso de segurança, e que não seja manutenção.

Como descrito pela ABNT NBR 5674:2012, a manutenção é o conjunto de ações executadas a fim de preservar ou recuperar a capacidade funcional da edificação e seus elementos para suprir as necessidades e segurança dos utilizadores.

Segundo o portal VGV (2013), tratando-se de uma central de transferência de conhecimentos referentes ao mercado imobiliário, retrata o *Retrofit* como:

[...]“Retrofit”, significa “colocar o antigo em forma” (retro do latim “movimentar-se para trás” e fit do inglês, adaptação, ajuste), termo cada vez mais ouvido no mercado de construção civil, aplicado ao processo de revitalização de edifícios. Mais do que uma simples reforma, ele envolve uma série de ações de modernização e readequação de instalações. O objetivo é preservar o que há de bom na construção existente, adequá-la às exigências atuais e, ainda, estender a sua vida útil.

Dentro destes conceitos destaca-se também o termo “vida útil”. A ABNT NBR 15575:2012 no item 3.42 conceitua vida útil como:

período de tempo em que um edifício e/ou seus sistemas se prestam às atividades para as quais foram projetados e construídos considerando a periodicidade e a correta execução dos processos de manutenção especificados no respectivo Manual de Uso, Operação e Manutenção (a vida útil não pode ser confundida com prazo de garantia legal e certificada).

A ABNT 15575 diz ainda que deve ser especificado em projeto um valor teórico para a VUP (vida útil de projeto) dos sistemas que constituem uma edificação. A Tabela 1 mostra tais valores.

Tabela 1 - Valores da Vida Útil de Projeto (VUP)

Sistema	VUP mínima em anos
Estrutura	≥ 50 segundo ABNT NBR 8681-2003
Pisos internos	≥ 13
Vedação vertical externa	≥ 40
Vedação vertical interna	≥ 20
Cobertura	≥ 20
Hidrossanitário	≥ 20
* Considerando periodicidade e processos de manutenção especificados no respectivo Manual de Uso, Operação e Manutenção entregue ao usuário elaborado em atendimento à ABNT NBR 5674.	

Fonte: NBR 15575:2012

Na área da Construção o desejo de muitos engenheiros civis é de prolongar a vida útil dos edifícios, fazendo com que a estrutura possa ser mais segura para quem venha a construir. Desta maneira, para Helene (2001) cita dois conceitos importantes quando se trata de vida útil de uma edificação, esses conceitos são durabilidade e desempenho.

Durabilidade, segundo a ABNT NBR 15575:2012 no item 3.13, é “capacidade da edificação ou de seus sistemas de desempenhar suas funções, ao longo do tempo e sob condições de uso e manutenção especificadas”.

Desempenho, como conceitua Souza e Ripper (2009), é a conduta em serviço de cada sistema ao longo de sua vida útil e estará sempre ligado aos trabalhos iniciais de desenvolvimento do projeto, construção e manutenção dos sistemas que compõe a edificação.

A queda do desempenho dos sistemas que compõe uma edificação obriga que sejam feitas intervenções para restaurar seu comportamento de projeto, estas intervenções têm por finalidade recompor a segurança e suas características físicas perdidas, para que os usuários possam utilizar a edificação sem riscos.

De acordo com Barbosa (2012), em todos os tipos de ações de reforma são encontradas particularidades em comparação as novas construções, como os riscos de se comprometer a segurança, a falta de conhecimento dos sistemas estruturais e

instalações, a execução das obras de reforma com as edificações em uso e a não conformidade entre as peculiaridades da edificação com as necessidades do projeto.

Deste modo a ANBT NBR 16280:2015, segundo os autores Barbosa e Andery (2016, p.2882),

De forma sucinta, as exigências definem os meios de prevenção da perda de desempenho decorrente das intervenções propostas; o planejamento, os projetos e as análises técnicas; a condução das alterações; a descrição das características da execução da obra; a garantia da segurança da edificação, entorno e usuários; o registro documental dos procedimentos utilizados e da situação da edificação pré e pós-obra; e a supervisão técnica do processo.

Ainda de acordo com a norma, os requisitos gerais para os serviços de reformas devem atender a um plano formal de diretrizes, contemplando:

- Preservação dos sistemas de segurança existentes na edificação;
- Meios que protejam os usuários das edificações de eventuais danos ou prejuízos decorrentes da execução dos serviços de reforma e sua vizinhança;
- Descrição dos processos de forma clara e objetiva, atendendo aos regulamentos exigíveis para a realização das obras e sua forma de comunicação;
- Quando aplicável, o registro e a aprovação nos órgãos competentes e pelo condomínio, exigidos para sua execução;
- Definição dos responsáveis e suas atribuições em todas as fases do processo;

A norma define alguns termos baseados na NBR 5674:2012, como “empresa capacitada” e “empresa especializada” como um modelo orientativo para a realização de obras, delegando a responsabilidade a cada uma, de acordo com o respectivo serviço a ser executado, conforme mostra a tabela do Anexo 1.

A norma contempla em suas diretrizes meios que protejam os usuários das edificações de eventuais danos ou prejuízos, com a definição dos responsáveis capacitados para a execução, garantindo que a reforma não prejudica a continuidade dos diferentes tipos de manutenção das edificações, após a obra.

Todavia um estudo do Datafolha encomendado pelo CAU/BR, publicado em 2015 revelou que 54% da população economicamente ativa no Brasil, já construiu ou reformou imóvel, entretanto, apenas 14,60% desse grupo contratou engenheiros ou arquitetos para o planejamento e execução do serviço.

A pesquisa também relatou a insatisfação dos usuários quanto ao serviço realizado por mestre de obras ou pedreiros após a contratação, alegando a falta de comprometimento, e a violação do orçamento e do prazo, além da incapacidade técnica em solucionar determinados problemas. Segundo Silva (2017, p.18), O Art. 927 do código civil, adverte que "aquele que por ato ilícito, causar dano a outrem, fica obrigado a repará-lo". Na ausência de legislação, as técnicas da ABNT têm força de lei, e se torna obrigatório o cumprimento de suas diretrizes.

Como conceitua Munhoz (2010), citado por Urias e Gonzalez (2016), assim como a construção, a reforma também necessita de processos, métodos e técnicas construtivas bem definidas, para um bom desempenho, atingindo assim um resultado com uma melhor qualidade. Toda edificação é construída para atender aos usuários por muito tempo, entretanto, estes não se planejam para atender as necessidades da edificação a longo prazo.

Assim, Barbosa (2016) citado por Pereira (2017, p.06), diz que toda edificação possui uma vida útil que delimita a garantia de sua confiabilidade e função. Após construída, a estrutura se deteriora com as intempéries a que está submetida, como maresias, chuvas ácidas (extremamente prejudiciais ao cobrimento e a armação da estrutura), impactos respectivos de cada região do país e ainda, pode ocorrer desgaste por ação de cargas e sobrecargas, estáticas, dinâmicas e vibrações, podendo desenvolver patologias em suas estruturas.

3.1 Patologias das estruturas de concreto armado

O termo patologia (páthos, doença, e lógos, estudo) é de origem grega e contextualizado na construção civil, onde segundo Benigno (2011) é relacionada de forma similar a medicina onde teve sua origem, trata-se da investigação de alterações estruturais e funcionais de acordo com cada respectivo ramo de atividade.

Conforme explica Degussa (2008), citado por Albuquerque (2015, p.18) patologia entende-se como a parte da engenharia que estuda os sintomas, os mecanismos, as causas e origens dos efeitos das construções civis, e a solução compreende-se em tratar e corrigir os problemas patológicos inclusive aqueles causados por envelhecimento natural.

Kilvia (2011, p.11) refere-se ao termo na engenharia civil, quando há perda ou queda de desempenho de um conjunto ou componente estrutural. Retirado da área da saúde, o conceito de patologia na construção deve comprometer algumas exigências, seja sua manifestação mecânica, funcional ou estética.

Das origens mecânicas, ainda citado pela autora, define-se como ações mecânicas “as cargas excessivas, não presumidas no projeto, podem provocar fissuração excessiva, abrindo, assim, caminhos para que outras formas de deterioração se instalem.” (p.17).

De acordo com a NBR 6118 a fissuração em elementos estruturais de concreto é inevitável, devido à baixa resistência a tração do concreto valores críticos de tensões são atingidos mesmo em ações de serviço (utilização), sendo necessário a classificação dessas aberturas visando um bom desempenho em relação as armaduras e aceitação sensorial dos usuários. A norma limita uma abertura máxima de 0,2 mm a 0,4 mm sob ações de combinações frequentes, variando de acordo com a respectiva agressividade ambiental em que está inserida a construção, sendo insignificante sua influência na corrosão das armaduras passivas nesses casos.

Albuquerque (2015, p.44) explica que o conceito de fissura pode conflitar com os termos “trinca” e “rachadura”.

As trincas se assemelham às fissuras no que diz respeito ao tratamento, diferenciando-se apenas na dimensão. Trincas possuem aberturas maiores que 0,5mm. As rachaduras têm características que diferenciam das demais, possuem abertura acentuada e profunda. A dimensão da patologia é superior a 1mm, sendo que em alguns casos pode abrir fendas de um lado ao outro da parede. A partir da espessura de 1,5 mm, pode-se chamar de fenda.

Em alguns casos é possível diagnosticar os danos da estrutura através das patologias aparentes, em outros casos é importante a verificação do projeto para conclusão dos danos causados. Abaixo é possível observar alguns exemplos comuns de fissuras (Figura 10), trincas (Figura 11) e rachaduras (Figura 12).

Figura 10 - Fissura



Fonte: Shutterstock (2018).

Figura 11 - Trincas



Fonte: Gilberto Abelha/Arquivo/Gazeta do Povo

Figura 12 - Rachaduras



Fonte: Joe Mabel (2015).

A abertura de fissuras impede que o cobrimento isole o aço de agentes externos. O aço submetido a corrosão pode aumentar seu volume em até oito vezes na parte afetada pela armadura, provocando tensões além da capacidade do concreto em resistir segundo Albuquerque (2015).

Cascudo (1995) citado por Kilvia (2011, p.23) define corrosão como sendo a alteração de um metal em íon metálico pela sua alteração química e eletroquímica com o meio ambiente. Trata-se de um processo evolutivo em que sua deterioração conseqüentemente provoca a perda de seção das barras de aço, e a formação de produtos de corrosão com caráter expansivo, provocando o deslocamento do concreto.

Figura 13 - Exemplo de Corrosão em Pilar



Fonte: Congresso Brasileiro de Química (CBQ-2014)

Figura 14 - Exemplo de Corrosão da Armadura em Viga



Fonte: Plugin (2018)

Conforme Souza e Ripper (2009) é na etapa de execução em que ocorre o maior índice de erros, devido ao processo de produção que é prejudicado devido a problemas socioeconômicos, a baixa qualificação dos trabalhadores, assim como a

falta de fiscalização, levam a graves erros e prejudicam a qualidade e durabilidade da estrutura, uma delas é o nicho como mostra a Figura 15.

Figura 15 - Exemplo de nicho de concretagem



Fonte: Página da web "E-Civil".

As falhas no processo de lançamento ou adensamento do concreto, resultam em nichos ou vazios de concretagem que afetam diretamente a capacidade de resistência do elemento estrutural. Outro fator que contribui com a formação de nichos são os erros no detalhamento da armadura, quando são utilizados agregados graúdos em locais onde o espaçamento da armadura se torna insuficiente. Explica o engenheiro Selmo Chapira em entrevista à revista *tèchne*.

Outra patologia que quando ocorre é preciso utilizar técnicas de reforço para que a estrutura não venha ao colapso é a deformação excessiva dos elementos da estrutura, ao se modelar uma estrutura admite-se que tanto o aço como o concreto tenham um comportamento elástico quanto linear, causando pequenas deformações.

Ao se executar uma construção, se não dimensionada de acordo com as reais cargas admitidas para aquela estrutura ou ao atribuir um aumento de cargas sem o consentimento de um profissional, pode vir a causar deformações além do limite estabelecido, gerando patologias mais sérias, e necessitando de um estudo de reforço mais detalhado.

4 REFORÇO DE ESTRUTURAS DE CONCRETO

Segundo Campos (2006, p. 28),

Todos os materiais utilizados em uma edificação estão propensos a danificar-se ou deteriorar-se após um longo período de uso, podendo ser necessário, entretanto, empreender ações corretivas de reforço das estruturas enfraquecidas. As mudanças de uso da edificação podem exigir um aumento de sua resistência para suportar os novos carregamentos.

O engenheiro Dirceu Carlos da Silva, em entrevista para revista construir (2010), diz que, reforço de uma estrutura é a alteração das características físicas dos componentes estruturais, buscando restaurar a capacidade inicial de projetos em casos de deterioração dos elementos, ou adequá-la a novas sobrecargas.

Na visão de Reis (2001), seja qual for a técnica adotada para o reforço requer como atividade inicial a identificação das prováveis soluções para se atingir um sistema harmonioso entre os reforços, arquitetura e custos. Devem ainda ser considerados o método de execução, a administração da qualidade do procedimento e ainda técnicas de monitoramento das estruturas.

Para executar uma recuperação ou uma reforma de estruturas de concreto, é necessário a análise de todas as causas e todo o estudo dos efeitos causados na composição dos elementos. Ao se aplicar as técnicas de reforço é realizada a previa para toda a preparação e realização do cálculo necessário.

Ao se realizar o dimensionamento e os processos de construção é necessário obedecer a uma série de recomendações. Os autores Juvandes e Figueiras (2000), recomendam em sua obra que, dependendo do tipo de reforço das estruturas de concreto não deve ultrapassar os 50% da sua resistência inicial, e na ocorrência do colapso do reforço o restante do sistema tenha segurança residual acima de 1.0 para que não aja a ruína de toda a estrutura. Recomendam ainda que deve ser observada a condição imposta pela capacidade global da estrutura, garantindo que o comportamento geral do sistema suporte à adição de novas cargas derivadas dos reforços.

A grande dificuldade encontrada ao se executar um reforço estrutural advém do não conhecimento da composição dos componentes da estrutura, dificultando assim o cálculo do engenheiro ou na grande maioria dos casos a utilização dessa

estrutura antiga para minimizar os esforços no reforço em execução, fazendo com que para assegurar a segurança seja necessário o cálculo de uma estrutura que suporte as novas sobrecargas.

Segundo Souza e Ripper (2009, p.142), uma série de fatores podem levar os elementos de uma estrutura de concreto armado a necessidade de reforço, são eles:

[...]correção de falhas de projeto ou de execução; aumento da capacidade portante da estrutura, para permitir modificações em seu uso; regeneração da capacidade portante, diminuída em virtude de acidentes (choques, incêndios, etc.) ou de desgaste ou deterioração; e modificação da concepção estrutural, como o corte de uma viga, por exemplo, por necessidade arquitetônica ou de utilização.

Deste modo Zucchi (2015) destaca que, cada caso se torna único para a execução do sistema de reforço. Assim, a escolha deste sistema deve ser feita de acordo com as exigências de cada caso, ponderando entre as vantagens e desvantagens dos tipos de reforço. Logo, dentre as técnicas de reforço podem ser destacadas as que utilizam o concreto armado, os perfis metálicos e os sistemas compósitos de polímeros reforçados com fibras (FRP). A tabela 2 mostra os tipos de reforços estudados:

Tabela 2 - Vantagens e desvantagens para os tipos de reforços existentes.

Tipo de Reforço	Vantagens	Desvantagens
Concreto Armado	<ul style="list-style-type: none"> • Materiais de uso comum e de fácil acesso • Técnica corriqueira nos canteiros de obra 	<ul style="list-style-type: none"> • Interferência arquitetônica/ aumento de sessão • Cuidado com a aderência das camadas • Suspensão do uso da estrutura para execução do reforço e para ganho de resistência • Sujeira e nível elevado de ruído
Perfis Metálicos	<ul style="list-style-type: none"> • Execução rápida e simples 	<ul style="list-style-type: none"> • Visibilidade do elemento estrutural prejudicada • Manutenção recorrente
Polímero Reforçado com Fibras de Carbono	<ul style="list-style-type: none"> • Resistência à tração elevada • Baixo peso específico • Elevado módulo de elasticidade • Para aplicação de cargas cíclicas • Imunes à corrosão • Maior quantidade de produtores • Opção de se usar os laminados 	<ul style="list-style-type: none"> • Custo elevado

Fonte: Zucchi (2015)

Ainda sobre o autor, é mencionado que além das vantagens e desvantagens a serem estudadas é de suma importância controlar a demasia de peso, buscando

prever todo tipo de material a ser empregado para que todas suas características possam transmitir um bom desempenho a estrutura, de acordo com as necessidades de uso, e garantia da economia e longevidade ao reparo realizado.

4.1 Reforço utilizando o concreto armado

Segundo Piancastelli (2005), a utilização do concreto moldado ora por fôrma, ora projetado é de fato o material mais multifacetado no processo de recuperação ou reforço de estruturas de concreto armado, pela sua capacidade de ser utilizado em qualquer tipo de elemento estrutural e nas mais variadas ocorrências e circunstâncias.

Ainda segundo o autor,

Os reforços em concreto armado são muito utilizados, principalmente, pelo fato de exigirem procedimentos, em sua maioria, análogos aos empregados em obras novas. Mesmo os procedimentos específicos são de fácil execução, não exigindo mão de obra muito especializada, desde que criteriosamente detalhados e especificados. Apesar disso, não dispensa os cuidados inerentes a toda e qualquer intervenção de reforço. (p.03)

Para se reestabelecer a recuperação de uma estrutura de concreto, é necessário reconduzir esta estrutura ao seu estado inicial de utilização. De acordo com Zucchi (2015), o concreto armado salienta dificuldades para a sua reconstrução, tal como, quando é necessário o acréscimo de carga ou mesmo quando é necessário o acréscimo de armaduras por envelhecimento da armação, estando a edificação inalterável estruturalmente.

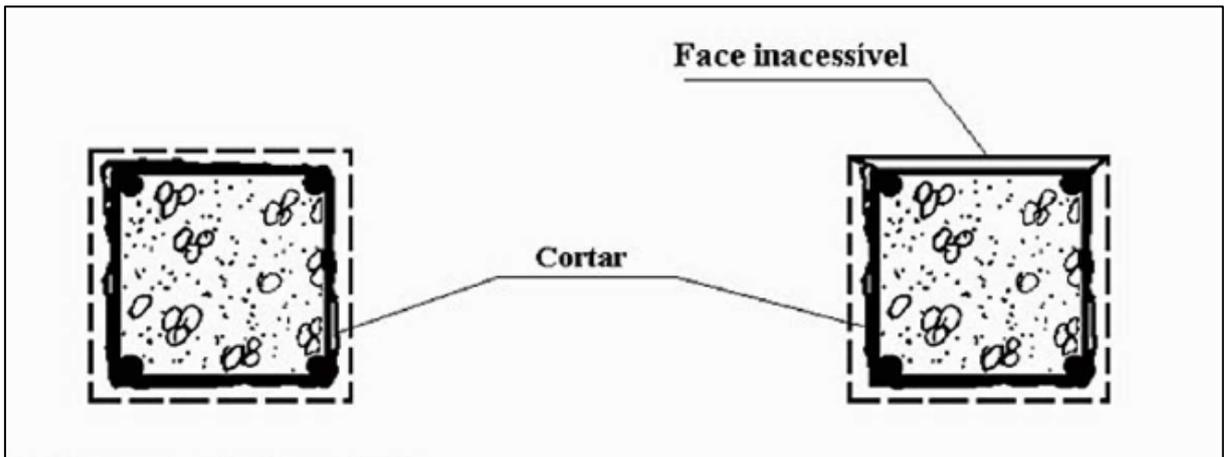
Desta maneira, para que ocorra a reconstrução dos elementos de concreto armado utiliza-se o reforço através do aumento das seções já existentes, onde envolve-se o elemento danificado a ser reforçado com uma nova camada de concreto e armadura necessária pra o novo esforço.

Para Reis (2001), um reforço realizado por encamisamento tem uma grande vantagem por se tratar de um sistema econômico e de fácil execução, porém, tem a grande desvantagem por alterar o sistema arquitetônico da edificação e a interferência no tempo em que a estrutura precisa ficar fora de funcionalidade.

Souza e Ripper (2009), dizem que a utilização deste método no país se trata do baixo custo dos matérias, e por ser os tipos de elementos estruturais mais usados do Brasil. Ainda de acordo com os autores, a metodologia do reforço de pilares

resultará das causas que levaram a imposição do reforço, da disposição do pilar, de razões estéticas e do material encontrado na região. Existem casos que aumentar somente a seção transversal da armadura é o bastante para combater os novos esforços, em contrapartida, em diversas situações também é necessário o aumento da seção de concreto. Outro fator que determina o processo de execução do reforço é seu posicionamento, pilares de difícil acesso à suas faces delimitam que o trabalho seja feito apenas nas faces acessíveis como mostra a Figura 16.

Figura 16 - Preparação das Faces do Pilar



Fonte: Souza e Ripper (2006).

Desta forma, como descreve o autor Pádua et al. (2012), o acréscimo de seção transversal não é obrigatório que seja feito em todas as faces do pilar, podendo ser feita de acordo com as necessidades de projeto e viabilidade arquitetônica, variando entre envolver totalmente o pilar ou apenas parcialmente como mostra a Figura 17.

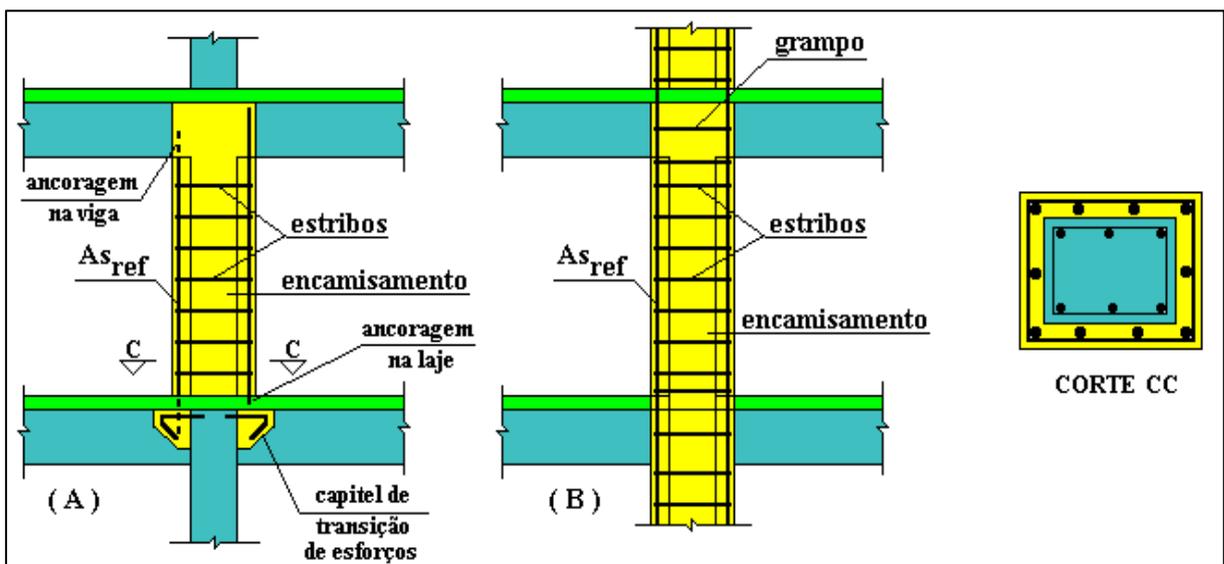
Figura 17 - Esquemas do reforço de pilares por aumento de seção



Fonte: REEC: Revista eletrônica de engenharia civil (2012).

Para o reforço de encamisamento, segundo Piancastelli (2005), o pilar inicial é completamente envolvido pelo concreto armado. A figura a seguir mostra o esquema do reforço de dois tipos de pilares.

Figura 18 - Reforço por encamisamento dos Pilares



Fonte: Piancastelli (2005)

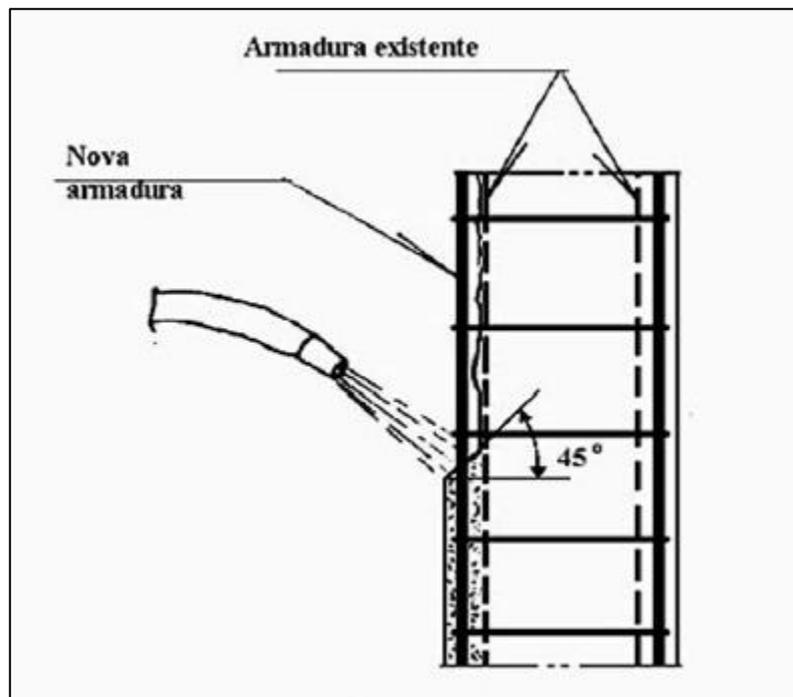
O autor diz ainda que em (A), está sendo mostrado o reforço de apenas um vão do pilar onde,

A transferência de esforços é feita através das vigas e da aderência entre os concretos do pilar original e do reforço. A armadura longitudinal de reforço é ancorada nas vigas e na laje inferior por colagem com resina, e estendida até a face inferior da laje superior. A execução de capitel no pilar subjacente, pode ser necessária para uma melhor transferência dos esforços do reforço. (p.09)

Já em (B) é possível observar segundo o autor que, o reforço é contínuo ou seja segue por diversos vãos do pilar, dando a importância da sequência da armadura longitudinal do reforço, quando possível, como acontece quando atravessa-se apenas as lajes.

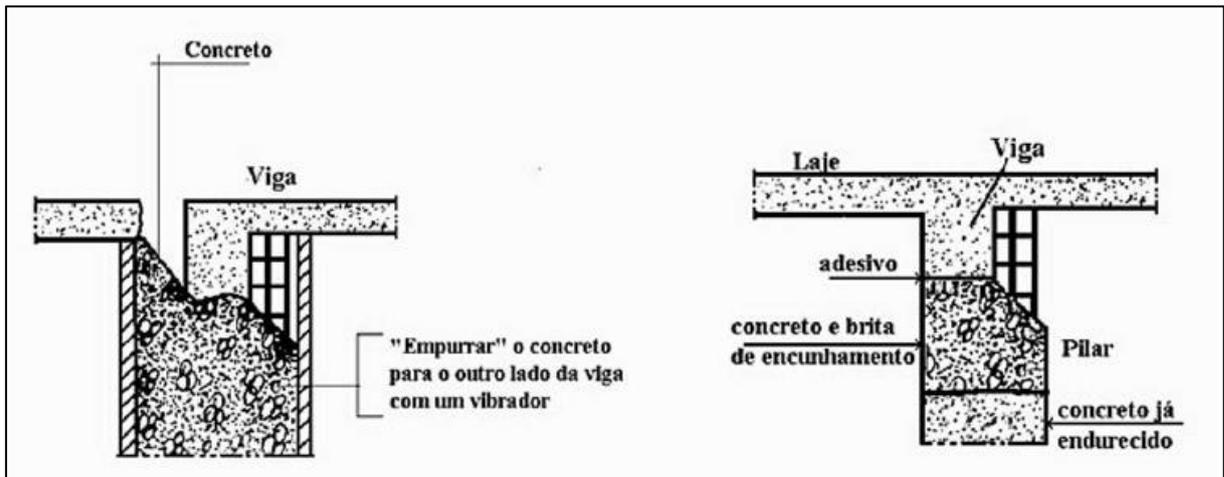
Como descrito por Souza e Ripper (2009), o reforço pode se dar de duas maneiras, por jateamento de concreto como mostra a Figura 19 ou concreto convencional aditivado com aditivo plastificante e expensor, de modo que esta segunda opção a concretagem deve ser feita em parcelas, normalmente de metro em metro, da base do pilar até sua extremidade superior, sendo que ao se chegar na última parcela a ser concretada, está deve ser feita através de abertura na laje ou argamassa farofa caso não seja possível fazer uma abertura na laje como se pode ver na Figura 20.

Figura 19 - Reforço do Pilar por Jateamento de Concreto



Fonte: Souza e Ripper (2006)

Figura 20 - Reforço Concreto Convencional Aditivado



Fonte: Souza e Ripper (2006).

Segundo Cánovas citado por Takeuti (1999) é importante fornecer uma melhora na aderência da estrutura original com a nova estrutura reforçada, fazendo com que a peça reforçada trabalhe monoliticamente. Para tal, é recomendado a utilização de pontes de aderência tendo como exemplo uma camada de resina epóxi, garantindo a união dos elementos de concreto. Havendo ainda a possibilidade de criação de dentes em toda altura do pilar também para a melhora desta aderência.

Para os autores Sousa e Ripper (2009), a ligação entre a barra de aço do reforço e a estrutura de concreto depende de algumas características referente a transferência do esforço aço-concreto. Assim experimentos com resina epóxica ou grout com o concreto em boas condições demonstraram que a ancoragem necessária é substancialmente inferior aos utilizados tradicionalmente, sendo utilizado em média $0,4l_b$ para os casos de ancoragem utilizando resina e $0,7l_b$, sendo l_b comprimento de ancoragem, para os casos de ancoragem com grout, ou ainda, conforme Fernandes (2011), mostra que para a resina epóxi pode se adotar também 5 vezes o diâmetro da barra, considerando um furo de inserção 3 mm maior que este diâmetro.

4.2 Reforços com perfis e chapas metálicas

De acordo com Reis (2001), o uso de perfis metálicos é considerado um dos critérios mais tradicionais para o reforço das estruturas. É popularmente usado em circunstâncias emergenciais, isso por não alterar significativamente a geometria das

peças. Os perfis podem ser aplicados por chumbamento, com o auxílio de buchas expansíveis e preenchidos com resinas.

O reforço com perfis metálicos também pode ser considerado uma reforma exterior a uma edificação existente, Zucchi (2015) aponta que, pode ser utilizado dentro deste tipo de reforço chapas e perfis, sendo unidos com adesivo epóxi, auxilia na ligação do aço com o concreto, podendo também ser auxiliado por chumbadores parabolts.

Conforme Cánovas (1988), citado por Silva (2006, p.55), conceitua que o reforço por perfis metálicos “...é talvez uma das técnicas mais antigas dentro do campo dos reforços.”

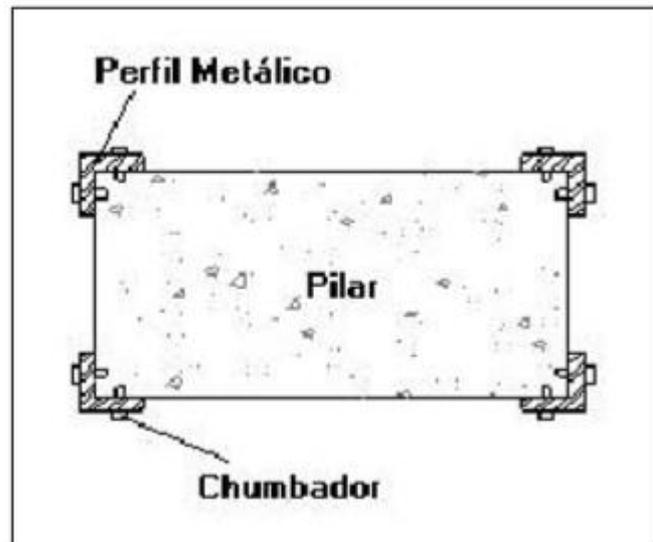
Figura 21 - Reforço com perfis metálicos



Fonte: Almeida Guimarães (2018).

Para a realização dos reforços em pilares, o perfil mais utilizado é o tipo cantoneira, mais também pode-se observar o uso de perfis do tipo “U”, sendo menos frequente por necessitar de um peso maior em aço.

Figura 22 - Reforço de pilar com cantoneira



Fonte: Metálica (Silva2006, Rigazzo 2003)

Reis (2001), mostra que além da execução do reforço através de perfis metálicos é pertinente o uso da técnica de chapas de aço colada quando há deficiência nos elementos existentes e não em sua dimensão ou qualidade do concreto.

Para Silva (2006), o objetivo das chapas é resistir as solicitações tanto de flexões, como cortante e torsão dos elementos.

Figura 23 - Reforço de lajes com chapas metálicas com adesivo e parabol.



Fonte: Página da web "Tecnic".

O autor diz ainda que em todo processo de reforço de uma estrutura, é indispensável que ela esteja aliviada de todas as cargas viáveis para se iniciar seu reparo. Ao se iniciar esse processo de reforço é importante a retirada de toda camada danificada, não podendo haver a presença de umidade, pois interfere na aplicação do adesivo epóxi.

4.3 Reforços com materiais poliméricos reforçados com fibras de carbono (PRFC)

Segundo Souza e Ripper (2009), devido a permanente ameaça de abalos sísmicos no distrito de Kanto, o governo japonês iniciou a investigação de novas tecnologias para o reforço dos elementos estruturais, surgiu assim, a idealização de se adequar a aplicação de compósitos de fibras de carbono (PRFC), amplamente utilizado em soluções de reforço, principalmente nos setores automobilísticos, naval, aeroespacial e aeronáutico nos reforços das estruturas de concreto.

Na visão de Machado as fibras de carbono originam-se de um tratamento térmico das fibras antecessoras chamado de carbonização em meio inerte, estas fibras podem ser decorrentes do petróleo ou carvão ou orgânicas como o poliacrilonitril e ainda por meio de fibras de rayon.

O autor diz ainda que a resultante deste processo são fibras em que os átomos de carbono estão perfeitamente alinhados ao longo do material precursor, conferindo assim resistência mecânica impressionante ao produto final. A Tabela 3 mostra algumas das características físicas deste material.

Tabela 3 - Características físicas da fibra de carbono

Tipo da Fibra de Carbono	Módulo de Elasticidade (GPa)	Resistência Máxima de Tração (MPa)	Deformação de Ruptura (%)
De uso geral	220 - 235	< 3.790	> 1,2
Alta resistência	220 - 235	3.790 – 4.825	> 1,4
Ultra alta resistência	220 - 235	4.825 – 6.200	> 1,5
Alto módulo	345 - 515	> 3.100	> 0,5
Ultra alto módulo	515 - 690	>2.410	>0,2

Fonte: Manual de reforço das estruturas de concreto armado com fibras de carbono.

De acordo com Silva (2006), os reforços com aplicação de fibras de carbono são executados sobretudo nos reforços de pilares, com a atribuição de melhorar o desempenho principalmente em viadutos e pontes, reforçando-os em meio confinante pelas folhas de fibra de carbono. Podendo também ser aplicadas em vigas e lajes para aumentar sua resistência tanto a tração como ao esforço transversal.

5 METODOLOGIA

Para o desenvolvimento deste trabalho foram realizadas pesquisas bibliográficas sobre os diversos temas abordados, utilizando como fonte livros de autores da área da Engenharia Civil, dissertações, revistas e também pesquisa eletrônica utilizando a internet. Para a abordagem do tema reforço das estruturas de concreto armado nos processos de reforma foi pesquisado conteúdos sobre as estruturas de concreto, reforma e reforço das estruturas de concreto armado.

Primeiramente foi feito um levantamento sobre todo o contexto que envolve as estruturas de concreto armado para que fosse feita uma introdução sobre as mesmas, iniciando com sua história e terminando com os elementos que fazem parte de uma estrutura, utilizando como base de pesquisa diversos autores como Gilbert, Leet e Uang (2009), Bastos (2006), Fernandez e Porto (2015), Carvalho (2008), Freitas (2010), Fusco (2008), Carvalho e Filho (2015), Martha (1955), Rebello (2000), Azeredo (1988), Almeida (2006) e ainda as ABNT NBR 6118:2014 e 6122:2010.

Dando continuidade as pesquisas que envolvem o tema, com a finalidade de adquirir conhecimento sobre os conceitos de reforma em edificações foram abordadas as concepções sobre reforma, manutenção e *retrofit*, empregando os conceitos das normas ABNT NBR 16280:2014 e 5674:2012 que regem estas atividades e ainda os autores Barbosa (2012), Munhoz (2010) e Barbosa e Andrey (2016).

Em sequência, nas pesquisas sobre o assunto reforma observou-se que este está ligado as patologias. A partir desta observação foi constatado que o conhecimento sobre as patologias que acometem as estruturas é de extrema importância para este trabalho, tendo em vista a necessidade de se observar a existência das patologias em trabalhos futuros de reforma.

Após pesquisas bibliográficas sobre as patologias foram descritos os tipos que atingem as estruturas de concreto armado, tendo como base os autores Cascudo (1995), Degussa (2008), Benigno (2011), Kilvia (2011) e Albuquerque (2015) onde, foi constatado inúmeras patologias que podem acometer uma edificação.

Enfim iniciou-se as pesquisas sobre o reforço das estruturas de concreto, onde foi descoberto um gama de métodos para se reforçar uma estrutura, e por opção dos

autores foram escolhidos os métodos de reforço utilizando concreto armado, por perfis e chapas metálicas e por compósitos de polímeros reforçado por fibra de carbono. Para esta pesquisa foram utilizados diversos meios e autores que dissertaram sobre o tema como: Silva (2006), Machado, Reis (2001), Cánovas (1988), Souza e Ripper (2006) e Piancastelli (2005).

Posteriormente foi utilizado um estudo de caso hipotético, utilizando o projeto desenvolvido por um dos autores durante a disciplina oferecida pela instituição chamada “Projeto Integrador”, na qual, foi de responsabilidade do aluno, projetar uma edificação multifamiliar, projetando os diversos sistemas que fazem parte de uma edificação.

6 ESTUDO DE CASO HIPOTÉTICO DO REFORÇO DO PILAR P4 DO EMPREENDIMENTO SÃO JORGE

Uma das características do “Projeto Integrador”, era de que, o estudo fosse feito em um lote real. Para seu desenvolvimento foi escolhido o lote localizado na rua Plácido de Magalhães Gomes, Loteamento Residencial São Carlos, quadra A lote 20 com área igual a 360m², o projeto se caracteriza por ser uma edificação multifamiliar com 3 pavimentos sendo o primeiro pavimento uma garagem e os outros dois pavimentos moradias unifamiliares, onde o primeiro andar possui 64m² distribuídos entre cozinha, área de serviço, banheiro, sala, suíte, quarto e varanda coberta e os demais pavimentos possuem 64m² e mesma distribuição de cômodos como mostra o projeto no Apêndice 2.

Para que os conhecimentos obtidos com as pesquisas anteriores fossem colocados em prática e para atingir os objetivos deste trabalho optou-se por adicionar um novo pavimento com as mesmas características do terceiro pavimento, como mostra o Apêndice 3, sobre as estruturas já calculadas. Estes cálculos da antiga estrutura foram feitos com auxílio de método computacional, também utilizado para se obter as cargas que irão ser descarregadas nas antigas estruturas como mostra o relatório de cálculo do Apêndice 4, para a finalidade do cálculo do reforço do pilar escolhido.

De acordo com Piancastelli (2005, p.04), é preciso mencionar que a NBR 6118, que padroniza o projeto e execução de obras de concreto armado, não normatiza os cálculos de reforço.

Por isso, projetos de reforços são normalmente desenvolvidos com base na experiência pessoal do engenheiro projetista, que, muitas vezes, adapta preconizações daquela norma ou utiliza critérios isolados de normas de outros países. Convém chamar a atenção para o fato de não existirem normas para reforço tão abrangentes quanto as existentes para obras novas, mesmo nas mais renomadas instituições de normatização.

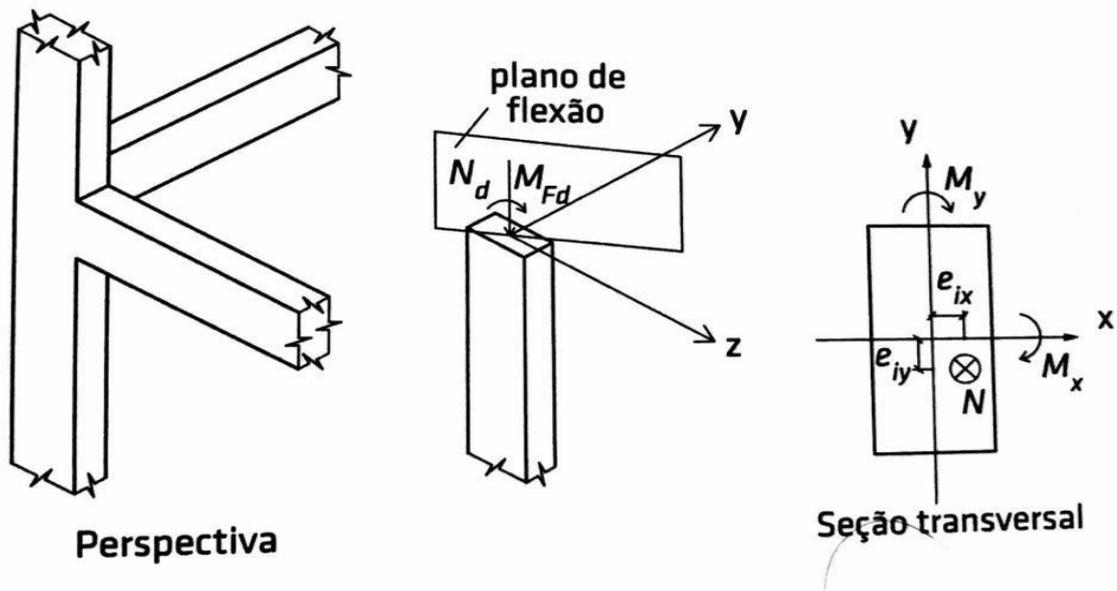
Desta maneira foi estabelecido que os cálculos do reforço seriam feitos com a metodologia de cálculo um pilar novo, adotando novos coeficientes de segurança para majoração das cargas atuantes no pilar e comparação dos dados obtidos.

6.1 Metodologia de cálculo do reforço do pilar P4

A partir dos novos carregamentos foi escolhido o pilar P4 do primeiro pavimento do projeto para o cálculo do seu reforço como mostra o Apêndice 1, por se tratar do elemento mais solicitado da estrutura, visto que nos outros pavimentos não houve a necessidade do redimensionamento deste elemento. Foi utilizado como base os autores Fernandes e Porto (2015) e Bastos (2017), de onde foi retirada a metodologia de cálculo dos pilares.

De acordo com os autores existem 3 classificações de pilares, são eles: pilares solicitados por compressão normal central, por flexão normal composta ou por flexão oblíqua composta. Por se tratar de um pilar de canto, considera-se que o pilar 4 é solicitado por flexão oblíqua composta, onde apresenta excentricidades iniciais em ambos os eixos das ordenadas da seção transversal.

Figura 24 - Detalhe pilar de canto



Fonte: Porto e Fernandes (2015).

A partir desta classificação foram feitos os cálculos do dimensionamento do pilar, utilizando o “método do pilar-padrão com curvatura aproximada”, utilizando os dados da Tabela 4, onde os dados foram retirados do relatório de cálculo do EBERICK que consta no Apêndice 4.

Tabela 4 - Parâmetros pilar antes e depois do aumento de carga.

Comparativo do pilar P4 antes e depois do Acréscimo do Pavimento		
Parâmetros		
	Antes do Acréscimo	Depois do Acréscimo
Seção do Pilar	15cmx40cm	20cmx45cm
Força Normal (Nd)	63886Kgf	87153Kgf
Índice de Esbeltez (λ_x)	27,68	47,05
Índice de Esbeltez (λ_y)	10,38	20,91
Momento Fletor Topo(Mdx)	809kgf/m	1320kgf/m
Momento Fletor Base (Mdx)	771kgf/m	1329Kgf/m
Momento Fletor Topo (Mdy)	2967kgf/m	2239kgf/m
Momento Fletor Base(Mdy)	1031kgf/m	3145Kgf/m
Altura do Pilar	272cm	272cm

Fonte: Autores (2018)

Apartir destes dados foi calculado um novo pilar como mostra os capítulos abaixo e o Apêndice 5, a fim de obter novas áreas de concreto (A_c), e aço do pilar reforçado (A_s).

6.1.1 Esforços solicitantes

A força normal de cálculo que atua no pilar foi obtida a através da fórmula 1 e tem valor igual à 854,96 KN.

$$N_d = \gamma_n \cdot \gamma_r \cdot N_k; \quad \text{Eq. 1}$$

Onde:

N_d – Normal de cálculo

γ_n – Coeficiente de majoração da força normal (1,40)

γ_r – Coeficiente de majoração de reforço (1,20)

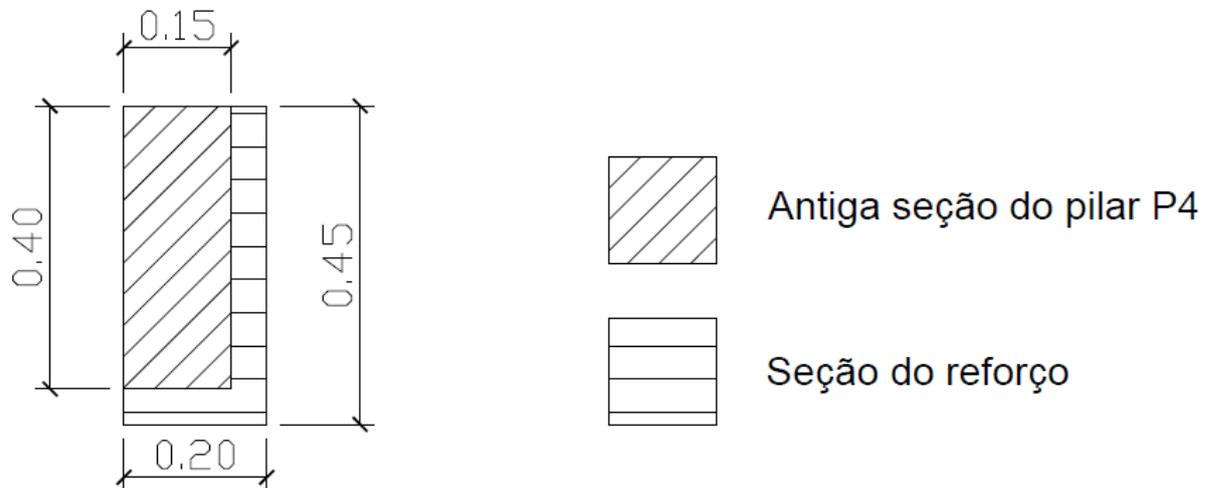
N_k – Normal atuante no pilar

6.1.2 Pré-dimensionamento da nova seção do pilar P4

Respeitando o cobrimento mínimo necessário, foram estimadas as primeiras dimensões do aumento da seção para o pilar P4 cujo valor adotado para primeira

verificação foi de 5 cm de cada lado reforçado, gerando uma área de 900 cm² como mostra a figura 25.

Figura 25 - Seção do Pilar P4



Fonte: Autores (2018)

A partir desta nova dimensão foi calculado um novo pilar para verificar se o aumento da seção utilizado seria o suficiente para suportar as novas cargas nele atribuído.

6.1.3 Índice de esbeltez

Segundo os autores a flambagem é um dos assuntos mais complexos no campo das estruturas e está ligado diretamente ao comprimento da peça (L), e no seu grau de liberdade em se deformar, outro ponto que influencia na flambagem de pilares é sua seção transversal.

Uma excelente medida da flambagem de um elemento comprimido é o índice de esbeltez (λ), pois é uma medida numérica da inclinação que um pilar tem em flambar, onde quanto maior seu valor pior será esta condição. Para verificação do índice de esbeltez no pilar P4, por se tratar de um pilar retangular, foi utilizada a fórmula abaixo nas direções x e y gerando os valores de 47,05 e 20,91 respectivamente.

$$\lambda = \frac{3,46le}{h};$$

Eq. 2

Onde:

λ – Índice de esbeltez;

h – área da seção do pilar;

l_e – Altura equivalente do Pilar.

No qual a variável l_e foi encontrada de acordo com as vinculações das extremidades do pilar, a tabela abaixo mostra os valores do coeficiente de l_e .

Tabela 5– Valores dos coeficientes de l_e de acordo com as vinculações dos pilares

Representação das barras isoladas e seus deslocamentos devido à flambagem						
Legenda: - linhas tracejadas: barra no estado inicial - curvas contínuas: deformações por flambagem						
Comprimento de flambagem (L_{fl}) teórico	0,5 L	0,7 L	1,0 L	1,0 L	2,0 L	2,0 L
Comprimento de flambagem (L_{fl}) prático	0,65 L	0,8 L	1,2 L	1,0 L	2,1 L	2,0 L
em que: L = comprimento da barra isolada.						

Fonte: Porto e Fernandes (2015).

Logo, o Pilar P4 sendo rotulado em suas extremidades foi utilizado o coeficiente de 1 para o calculo de l_e sendo:

$$l_e = 1 \cdot L; \quad \text{Eq. 3}$$

6.1.4 Limite de esbeltez

O limite de esbeltez define se há a necessidade de se considerar os efeitos de segunda ordem nos pilares a serem calculados. Para a verificação desta necessidade foi observada a seguinte condição:

$$\lambda \leq \lambda_1 \quad \text{Não se considera os efeitos de segunda ordem.}$$

Utilizando a equação a seguir para o cálculo de λ_1 :

$$\lambda_1 = \frac{25 + 12,5 \cdot \frac{e_1}{h}}{\alpha b}; \quad \text{Eq. 4}$$

Onde:

λ_1 – Limite de esbeltez;

h – Dimensão da seção na direção considerada;

e_1 – Excentricidade de 1ª ordem

Deste modo, para que fosse possível a verificação da necessidade de se considerar os efeitos de segunda ordem, foi calculado as excentricidades de 1ª ordem no topo e na base utilizando os maiores momentos fletores obtidos com valores de: 1328,54KN.cm para x e 3144,54 KN.cm para y, fornecidos pelo EBERICK, como pode ser visto no anexo 4.

$$e_1 = \frac{M_d}{N_d}; \quad \text{Eq.5}$$

Onde:

e_1 – Excentricidade de primeira ordem;

M_d – Momento fletor das vigas nas direções x e y;

N_d – Normal de cálculo.

Como requisito final para o cálculo do limite de esbeltez foi necessária a verificação dos valores de αb , comparando os valores dos momentos fletores adotados e os valores dos momentos fletores mínimos, valores estes, calculados utilizando a Eq.6.

$$M_{1,dmin} = N_d(1,15 + 0,03h) \quad \text{Eq.6}$$

Onde:

$M_{1,dmin}$ – Momento fletor mínimo;

N_d – Normal de cálculo;

h – Altura em cm da direção considerada.

Adota-se $\alpha b = 1$ quando, $M_{1,dmin} > M_1 d, A$ (valor de cálculo de 1º ordem do momento MA). Logo, para $\lambda_1 x$ foi utilizado o valor de 1, já pra $\lambda_1 y$ foi calculado o αb pela Eq. 7, obtendo o valor de 0,4.

$$\alpha_b = 0,6 + 0,4 \left(\frac{-MA}{MB} \right), \quad \text{para } MB = MA. \quad \text{Eq.7}$$

Por fim, foram feitos os cálculos de $\lambda_1 x$ e $\lambda_1 y$ encontrando os valores de 25,95 utilizando 35 como o valor mínimo para verificação na direção x e 65 na direção y, onde foram desconsiderados os efeitos de 2ª ordem em y como mostra o Apêndice 5.

6.1.5 Excentricidade de 2ª ordem

Para a avaliação dos efeitos de segunda ordem na seção intermediária do pilar, é necessário o cálculo da excentricidade de 2º ordem conforme a Eq. 8, somada a excentricidade mínima, para que o dimensionamento considere a pior combinação gerada.

$$e_{2x} = \frac{l_e^2}{10} \cdot \frac{1}{r}; \quad \text{Eq. 8}$$

O cálculo da excentricidade de 2º ordem, é determinado considerando a relação do l_e com a curvatura e as deformações dos materiais conforme a lei de Navier, derivando em uma expressão reduzida para a curvatura como observado na Eq. 9. A equação considera parâmetros em função da altura da seção na direção considerada do pilar, e um coeficiente adimensional relativo a força normal, denominado ν (Ni).

$$\frac{1}{r} = \frac{0,005}{h(\nu+0,5)}; \quad \text{Eq. 9}$$

Onde:

$\frac{1}{r}$ – Curvatura aproximada;

h - Comprimento da seção transversal adotado;

ν – Coeficiente adimensional da normal.

O valor de N_i é obtido pela expressão da Eq. 10 demonstrado abaixo, onde foram considerados os valores de N_d 854,96 KN, em função da área de concreto adotada 900 cm² e o valor de minoração do concreto de 2,5 MPA / 1,4.

Com os determinados valores obtidos, pode-se assumir um valor de 1,79 cm de excentricidade, e o cálculo do máximo momento fletor de segunda ordem local, a ser aplicado no dimensionamento do pilar, através da Eq. 11, observado no Apêndice 5, admitindo para a continuidade do dimensionamento o momento fletor total de 3.326,14 KN.cm em x, e 3.144,54 KN.cm em y.

$$M_{d,t_0t,x} = \alpha_b M_1 d + N d \frac{le^2}{10} \cdot \frac{1}{r}; \quad \text{Eq. 11}$$

Determinada as excentricidades de 1º ordem de situação de projeto, e situação de cálculo em ambas as seções, topo e intermediária, além da excentricidade de 2º ordem da situação de cálculo para a seção intermediária, avalia-se a pior combinação das excentricidades de acordo com o Apêndice 5. Obteve-se então os valores respectivos de M_i nas direções X e Y em função do momento fletor adotado através da Eq. 12.

$$\mu = \frac{M_{d,t_0t}}{h A_c f_c d}; \quad \text{Eq. 12}$$

A partir de então, foi escolhido a disposição construtiva da armadura do pilar, com a utilização do Ábaco 23A de Venturini presente no Anexo 2, em função do tipo de aço e dos valores obtidos pela Eq. 13 nas direções X e Y, verificados no Apêndice 5, para determinar a taxa mecânica ω ideal correspondente com os valores de (μ_x, μ_y, ν) como pode ser visto na Tabela 6, para o dimensionamento da área de aço conforme a Eq. 14.

Tabela 6 - Parâmetros

Parâmetros utilizados para encontrar a taxa mecânica no ábaco de Venturini.		
μ_x	μ_y	ν
0,10	0,043	0,53

Fonte: Autores (2018)

$$\frac{d'}{h}; \quad \text{Eq. 13}$$

$$A_s = \frac{\omega A_c f_c d'}{f_{yd}}; \quad \text{Eq. 14}$$

Aderindo a uma taxa mecânica de 0,20, obtêm-se a área de aço de 5,17 cm² de acordo com os cálculos presentes no Apêndice 5. Quando comparada com a área de aço existente observou-se que não é preciso acrescentar uma nova área de aço para que o pilar suporte à nova carga, assim, foi utilizado a área de aço mínima para o reforço, onde foi calculada a ancoragem necessária desta armadura para garantir a monoliticidade da peça reforçada. Deste modo, a distribuição da armadura de reforço do pilar se deu em 6 barras com o diâmetro nominal de 8 mm, e espaçamento de 9 cm na face da direção em y, e 6 cm na face da direção de x conforme o detalhamento do projeto no Apêndice 9, compreendidos entre os valores mínimos e máximos mostrados no cálculo do Apêndice 5.

Para garantir a eficácia do reforço do pilar por aumento de seção, é fundamental o dimensionamento da ancoragem da armadura no pilar antigo, de acordo com os métodos adequados para torna-lo monolítico. Tal dimensionamento foi obtido utilizando 0,4 de l_b e comparado com 5 vezes o Φ (diâmetro) da barra na direção ancorada, utilizando o maior valor entre as situações. Desta maneira, os cálculos de l_b se deram através dos valores gerados pelas Equações 15, 16 e 17 demonstrados abaixo, conforme os anexos 6, onde é possível examinar os valores de l_b , l_b, nec e o valor de l_b, min , valor respectivamente adotado por norma, quando o l_b for insuficiente e menor que o mínimo.

$$f_{bd} = \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot \eta_3 \cdot f_{ctd} ; \quad \text{Eq. 15}$$

$$l_b = \frac{\phi f_{yd}}{4 f_{bd}} ; \quad \text{Eq.16}$$

$$l_{b, nec} = \alpha l_b \frac{A_{s, cal}}{A_{s, ef}} \geq l_{b, min} ; \quad \text{Eq.17}$$

Para o dimensionamento das armaduras transversais, adotou-se o diâmetro mínimo de 5mm como ϕ_t conforme pode ser observado no Apêndice 5, de acordo com a prescrição da NBR 6118 pela condição abaixo, onde:

$$5\text{mm} \leq \phi_t \leq \frac{\phi l}{4}$$

ϕ_t – Diâmetro do estribo;

ϕl – Diâmetro das barras longitudinais.

O valor máximo de espaçamento adotado foi de 20cm, obtido pela condição da Eq. 18, considerando o resultado da maior condição estipulada, conforme Apêndice 5.

$$s_{max} \leq \begin{cases} 20\text{cm} \\ b \\ 12\phi l \end{cases} ; \quad \text{Eq.18}$$

Desta maneira obteve-se os valores de ancoragem das armaduras transversais e longitudinais como mostra a Tabela 6, considerando que a este processo seria executado utilizando a resina epóxica para fixação das barras na seção de concreto antiga do pilar.

Tabela 7 - Ancoragem armaduras transversal e longitudinal

Valor de ancoragem das armaduras		
Direção da armadura	Valores encontrados	Valores utilizados
Longitudinal	4 cm	5 cm
Transversal	2,5 cm	3 cm

Fonte: Autores (2018)

A partir dos cálculos, foi possível chegar nas dimensões necessárias para o acréscimo adotado para o reforço do pilar P4 e o esquema de armadura do reforço representado no Apêndice 8, onde foi calculado a capacidade portante da nova seção transversal de concreto e área de aço, considerando que o pilar antigo e o reforço trabalhem monoliticamente. utilizando a Eq. 19, foi encontrado um $N_d = 1440,33$ kN.

$$N_d = 0,85 \cdot f_{cd} \cdot A_c + A_s \cdot f_{yd}; \quad \text{Eq.19}$$

Para:

N_d – Normal de cálculo;

f_{cd} – Resistência de cálculo do concreto;

A_c – Área de concreto;

A_s – Área de aço;

f_{yd} – Resistência de cálculo do aço;

Ao se realizar os cálculos para o aumento da seção do pilar, foi possível obter todos os dados para que o reforço esteja dentro da nova dimensão solicitada como pode ser visto na Tabela 8.

Tabela 8 - Comparativo resultados finais

Valores Obtidos do pilar P4 antes e depois do Acréscimo do Pavimento		
Resultados		
	Antes do Acréscimo	Depois do Acréscimo
<i>Seção do Pilar</i>	15cmx40cm	20cmx45cm
<i>Área de Concreto</i>	600cm ²	900cm ²
<i>Área de Aço</i>	14,14cm ²	17,08cm ²
<i>Capacidade Portante</i>	1615,42KN	2270,50KN

Fonte: Autores (2018)

A tabela mostra o comparativo das características do pilar P4 antes e depois da execução do reforço. Gerando assim, o novo detalhamento do pilar como pode ser visto no Apêndice 9.

7 CONCLUSÃO

Conforme apresentado, o tema “Estudo do Reforço nas estruturas de concreto armado nos processos de reforma”, expõe que em diversos processos de reforma existe a necessidade de intervenções nas estruturas de concreto armado, ocorrendo tal intervenção, por consequência das patologias que acometem as estruturas ou apenas por acréscimo de carga nas estruturas de concreto armado. Ao se apresentar esse tema buscamos nos desenvolver sobre os processos necessários para esse tipo de procedimento, visto que, há um superávit destas atividades no mercado de Engenharia Civil.

Desta forma, foi traçado como objetivo a elaboração de um estudo de caso hipotético, em que, a partir da construção de um novo pavimento foi feita a análise dos novos esforços atuantes nas antigas estruturas, derivado do acréscimo de um novo pavimento, constatando a necessidade do reforço de alguns pilares, sendo detalhado o pilar P4.

Para alcançar este propósito, foi elaborado alguns objetivos para que o estudo fosse capaz de se desenvolver. Inicialmente definiu-se o novo projeto arquitetônico a ser adicionado a estrutura, duplicando o pavimento dois do projeto inicial, gerando novos carregamentos utilizados para definir e dimensionar o reforço aplicado no pilar.

Após definir o layout do novo pavimento foi possível realizar a compatibilização dos elementos estruturais, de forma que, o reforço executado com concreto armado através da técnica de aumento da seção transversal fosse calculado para o pilar mais carregado, obtendo uma nova área de 900cm² de concreto, concluindo que, a área de aço não precisaria de alteração.

Assim, através dos resultados obtidos foi possível a confirmação da hipótese levantada na introdução de que o reforço poderia ser executado por esse tipo de processo, por se tratar de uma técnica onde os materiais são encontrados facilmente no mercado, e sua execução equipara aos processos convencionais.

Por fim, após todos os procedimentos foi possível responder as questões: quais providências devem ser tomadas para uma reforma que envolva reforço estrutural, quais os aspectos técnicos devem ser observados e quais os métodos de reforço nas

estruturas de concreto existem? Deve ser observado o tipo de serviço que será executado de acordo com a ABNT NBR 5674:2012 que define um modelo orientativo para a realização destas intervenções, definindo a responsabilidade a cada tipo de empresa de acordo com as atividades a serem executados. Respondendo a segunda questão um dos aspectos técnicos a serem observados são as patologias que acometem o empreendimento a ser reformado, pois tais patologias influenciam no tipo de reforço a ser empregado, visto que existem diversos métodos, sendo estudado nesse trabalho três tipos principais sendo eles: O Reforço utilizando concreto armado, perfis metálicos e Polímeros reforçados com fibra de Carbono.

Para responder tais questões utilizamos de pesquisas bibliográficas sobre os temas: reforço, reforma e patologias, e ainda dispo de métodos computacionais para o auxílio dos cálculos para o estudo de caso, onde o software EBERICK versão V8 GOLD foi de suma importância na coleta dos efeitos que acometiam a estrutura.

Ao se obter os dados do software, foi necessário a pesquisa referente a execução dos cálculos de reforços, onde nos deparamos com a ausência de informações específicas sobre o dimensionamento do reforço por aumento de seção, sendo os projetos de reforço normalmente elaborados por experiência pessoal de cada responsável técnico. Além do mais, vale destacar a não existência de normas mais específicas para o reforço, mesmo nas mais renomadas instituições normativas.

Diante disso, mostra-se relevante os estudos sobre metodologias de cálculos específicos para o reforço com aumento de seção ou encamisamento, visto que se trata de um método usual e de fácil execução.

REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, Eduardo Buys, **Estudo de Patologias e suas Causas nas Estruturas de Concreto Armado de Obras de Edificações**. Rio de Janeiro, RJ, 2015.: Monografia - Universidade Federal do Rio de Janeiro.

ALMEIDA, Luiz Carlos da. **Elementos Estruturais**. Campinas, SP, 2006. Notas de Aula. Universidade Estadual de Campinas.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15575:2012 Edificações Habitacionais – Desempenho. Rio de Janeiro, 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 16280:2014. Reforma em edificações – Sistema de gestão de reformas – Requisitos. Rio de Janeiro, 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5674:2012. Requisitos para o sistema de manutenção. Rio de Janeiro, 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6118:2014. Projeto de estruturas de concreto – Procedimento. Rio de Janeiro, 2014.

BARBOSA, A, C; ANDERY, P, R. **Desenvolvimento de um Modelo para coordenação de projetos de edificações em obras de reforma referenciado na ANBT NBR 16280:2015**. ENTAC. XVI Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, set. 2016. ISSN 2879 – 2893. São Paulo, 2016.

BARBOSA, Arthur César Esteves Ottoni. **A coordenação de projetos de edificações em obras de reforma: Um modelo baseado na ABNT 16280:2015**. 51 p. Trabalho de Conclusão de curso apresentado ao Curso de Especialização, Produção e Gestão do Ambiente Construído do Departamento de Engenharia de Materiais e Construção, da Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2012.

BASTOS, Paulo Sérgio dos Santos. **Fundamentos do Concreto Armado**. Bauru, SP, 2006.: faculdade de engenharia. Notas de Aula. Faculdade de engenharia – Unesp.2006.

BASTOS, Paulo Sérgio dos Santos. **Lajes de Concreto**. Bauru, SP, 2015. Notas de Aula. Faculdade de engenharia – Unesp.

BASTOS, Paulo Sérgio dos Santos. **Pilares de concreto armado**. Bauru, SP, 2017.: faculdade de engenharia. Notas de Aula. Faculdade de engenharia – Unesp.2017.

BEILFUSS, Tatiane. **Estudo Comparativo da Fundação de um Edifício Modelo: Estaca x Tubulão**.143 p. Trabalho de Conclusão de Curso, Engenharia Civil, Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul ,2012.

BENIGNO, F, S. **Patologia das construções: uma especialidade na engenharia civil**. Ed. 174, p. 19-29, set. 2011. Disponível em:<<http://www.phd.eng.br/wp-content/uploads/2011/07/Artigo-Techne-174-set-2011-Prof.pdf>>. Acesso em 18 de outubro de 2018.

BENIGNO, Fernando da Silva. **Patologia das Construções: uma especialidade na Engenharia civil**. Técnica. Edição 174. Set. 2011.

BLOG ME PASSA AÍ. **Tipos de fundações e terminologia**: Disponível em: <<http://blog.mepassaai.com.br/tipos-de-fundacoes-e-terminologia/>>. Acesso em: 12 de outubro de 2018.

BRASIL. Código civil, de 10 de janeiro de 2002. Brasília, DF. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/2002/l10406.htm>. Acesso em: 18 out. 2018.

CAMPOS, Luiz Eduardo. **Técnicas de recuperação e reforço estrutural com estruturas de aço**. 102 p. Dissertação de Mestrado, Engenharia Civil, Universidade do estado do Rio de Janeiro, 2006.

CARVALHO, JOÃO DIRCEU NOGUEIRA. **Sobre as origens e desenvolvimento do concreto**. Revista Tecnológica. 2008.

CARVALHO, R, C; FILHO, J, R, F. **Cálculo e Detalhamento de Estruturas Usuais de Concreto Armado**: Segundo a NBR6118:20014. 4 eds. São Carlos: Editora Edufscar, 2015.

CBQ. **Estudo Teórico do Processo corrosivo da ponte sobre o rio calhau na avenida litorânea em São Luiz – MA.** Disponível em: <<http://www.abq.org.br/cbq/2014/trabalhos/5/4940-16756.html>>. Acesso em: 10 de novembro de 2018.

CONSELHO DE ARQUITETURA E URBANISMO DO BRASIL. **Mercado de Arquitetura e Urbanismo cresce 5% no primeiro semestre de 2018.** Disponível em: <<http://www.caubr.gov.br/mercado-em-expansao-2018/>>. Acesso em 26 de setembro de 2018.

CONSELHO DE ARQUITETURA E URBANISMO DO BRASIL. **Percepções da sociedade sobre arquitetura e urbanismo.** Disponível em: <<http://www.caubr.gov.br/pesquisa-caubr-datafolha-revela-visoes-da-sociedade-sobre-arquitetura-e-urbanismo/>> Acesso em: 16 Out. 2018.

DOSSIÊ TÉCNICO DA ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 16280: Reforma em edificações – Sistema de gestão de reformas. São Paulo, 2015.

E-CIVIL. **Nicho de Concretagem.** Disponível em: <<https://www.ecivilnet.com/dicionario/o-que-e-nicho-de-concretagem.html>>. Acesso em: 10 de novembro de 2018.

E-CIVIL. **Rachadura.** Disponível em: <<https://www.ecivilnet.com/dicionario/o-que-e-rachadura.html>>. Acesso em: 18 de novembro de 2018.

E-CIVIL. **Trincas, fissuras e rachaduras: Saiba como identificar e resolver os problemas.** Disponível em: <<https://www.gazetadopovo.com.br/haus/arquitetura/trincas-fissuras-e-rachaduras-saiba-como-identificar-e-resolver-o-problema/>>. Acesso em: 18 de novembro de 2018.

ENTREVISTA SOBRE REFORÇO DE ESTRUTURAS. Disponível em: <<http://reforcodeestruturas.com.br/fibradecarbono/entrevista-sobre-reforco-de-estruturas/>>. Acesso em: 23 de junho de 2018.

FENANDES, D, S, G; PORTO, T, B. **Curso Básico de Concreto Armado.** São Paulo: Editora Oficina de Textos, 2015.

FRANCISCO, Jorge Ricardo. **Dicas para o tratamento de fissuras**. Disponível em: <<http://maisumaengenharia.blogspot.com/2014/06/dicas-para-o-tratamento-de-fissuras.html>> Acesso em: 13 de out. 2018.

FREITAS, M. L. **As tecnologias construtivas aplicadas a habitação social: um preâmbulo pela história do concreto armado no Brasil na primeira metade do século 20**. In: Encontro Nacional da Associação Nacional de Pesquisa e Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo, 1., 2010, Rio de Janeiro. 2010.

FUSCO, P, B. **Tecnologia do Concreto Estrutural**. 1 ed: Editora PINI, 2008.

GILBERT, A, M; LEET, K, M; UANG, C, M. **Fundamentos da Análise Estrutural**. 3 ed: Editora AMGH EDITORA Ltda, 2009.

GRUPO HCT. **Curso: Corrosão em armaduras de concreto**. Disponível em: <<https://plugin.grupohct.com.br/tag/corrosao-em-armaduras-de-concreto/>>. Acesso em: 15 de out. 2018.

GUIMARÃES, Almeida. **Reforço estrutural com viga metálica em obra de Pub na regente Feijó Tatuapé**. Disponível em: <<https://projetoestruturaisp.com.br/blog/projetos-estruturais/reforco-estrutural-com-viga-metalica-em-obra/>>. Acesso em: 10 de novembro de 2018.

H TÉCNIC. **Portfólio/Reforços estruturais com elementos Metálicos**. Disponível em: <<http://www.htecnic.pt/obra.php?id=276>>. Acesso em: 9 de novembro de 2018.

HELENE, P, R, L. **Introdução da durabilidade no projeto das estruturas de concreto**. Ambiente Construído, V 1, n.2, Jul / Dez de 1997. INNS 45 – 57.

INFORMATIVO SOBRE FISSURAS, TRINCAS E RACHADURAS. Disponível em: <<http://klickyes.com/rachaduras-nas-paredes.html>>. Acesso em: 13 de out. 2018.

INFORMATIVO SOBRE NICHOS DE CONCRETAGEM. Disponível em: <<https://www.ecivilnet.com/dicionario/o-que-e-nicho-de-concretagem.html>>. Acesso em: 13 de out. de 2018.

INFORMATIVO SOBRE PATOLOGIAS. **Fissura em Concreto Armado**. Disponível em: <<https://www.stanch.com.br/single-post/2017/10/01/Fissura-em-concreto-armado>> Acesso em: 10 de out. 2018.

JUVANDES, L; FIGUEIRAS, J.A: **Conceitos de dimensionamento e segurança para projetos de reforço com sistemas compósitos de FRP**. In: actas do Encontro Nacional Sobre Betão Estrutural, BE 2000, p.413-422, Porto. 2000

KILVIA, Luiza da Silva, **Levantamento de Manifestações Patológicas em estruturas de Concreto Armado no Estado do Ceará**. Fortaleza, CE, 2011.: Monografia - Universidade Federal do Ceará.

MACHADO, Ari de Paula. **Manual de reforço das estruturas de concreto com fibras de carbono**. São Paulo. Viapol

MAPA DA OBRA. **Problemas com fissuras em paredes e pisos de concreto?** Disponível em: <<https://www.mapadaobra.com.br/negocios/fissuras-em-paredes-e-pisos-de-concreto/>>. Acesso em: 18 de novembro de 2018.

MARTHA, LUIZ FERNANDO. **Análise de Estruturas: Conceitos e métodos básicos**: Rio de Janeiro: Elsevier, 1955.

O SÉCULO XX. **A origem do concreto armado**. Disponível em: <<http://oseculoxx.blogspot.com/2014/12/a-origem-do-concreto-armado.html>>. Acesso em: 15 de agosto de 2018.

Pádua, Rafael Crissóstomo, et all. **Pilares de concreto armado reforçados por meio de encamisamento**. REEC: Revista eletrônica de engenharia civil, online, v 5, n. 1, 6 de novembro de 2012. ISSN 75-86. Disponível em:<<http://revistas.ufg.br/index.php/reec/index>>. Acesso em 7 de novembro de 2018.

PEREIRA, Lucas Araújo. **Aspectos Técnicos e Legais em Obras de Reforma em Edificações**.96 p. Trabalho de Conclusão de Curso, Engenharia Civil, Escola Politécnica da Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2017.

PIANCASTELLI, ÉLVIO MOSCI: **Patologia e Terapias das Estruturas**. 2005. Notas de Aula. Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG.

PLUGIN. **Curso: Corrosão em Armaduras de Concreto.** Disponível em: <<https://plugin.grupohct.com.br/tag/corrosao-em-armaduras-de-concreto/>>. Acesso em: 10 de novembro de 2018.

PONTES DA MINHA VIDA. Disponível em: <<https://pontesvida.wordpress.com/2013/11/19/53-ponte-de-chazelet/>>. Acesso em 15 de agosto de 2018.

PORTAL VGV.**O que é Retrofit? Saiba o significado desta importante ação no mercado imobiliário.** Disponível em: <<https://www.portalvgv.com.br/site/o-que-e-retrofit-saiba-o-significado-desta-importante-acao-no-mercado-imobiliario/>>. Acesso em 09 de outubro de 2018.

REBELLO, YONAPAN CONRADO PEREIRA. **A Concepção Estrutural e a Arquitetura:** São Paulo, Ziguarte 2000.

REIS, Lília Silveira Nogueira. **Sobre a recuperação e reforço de estruturas de concreto armado.** Belo Horizonte, MG, 2001.:UFMG. Disponível em: <http://www.bibliotecadigital.ufmg.br/dspace/bitstream/handle/1843/BUDB-8AKG76/sobre_a_recupera_o_e_refor_o_das_estruturas_do_concreto_armado.pdf;sequence=1>

Silva, A.L. (UEMA); Monteiro, T.O. (UEMA); Santos, M.S. (UEMA); Duarte, D.S. (UEMA); Santos, K.M.S. (UEMA); Menezes, S.L. (UEMA). **Estudo teórico do processo de corrosivo da ponte sobre o rio calhau na avenida litorânea em São Luís - MA.** Disponível em: <<http://www.abq.org.br/cbq/2014/trabalhos/5/4940-16756.html>>. Acesso em: 14 de out. 2018.

SILVA, Danilo dos Santos, **Estudo sobre o cumprimento da norma brasileira de reforma em edificações - ABNT NBR 16280:2015, em Aracaju/SE.** Aracaju, SE, 2017.: Monografia - Instituto Federal de educação, ciência e tecnologia de Sergipe.

SILVA, Erick Almeida. **Técnicas de Recuperação e reforço de Estruturas de Concreto Armado.**2006. 84p.Trabalho de Conclusão de Curso-Universidade Anhembi Morumbi, São Paulo, 2006.

SOUSA, V, C; RIPPER, T. **Patologia, Recuperação e Reforço de Estruturas de concreto**. PINI Ltda. São Paulo, 2009.

TAKEUTI, Adilson Roberto. **Reforço de pilares de concreto armado por meio de encamisamento com concreto de alto desempenho**. São Carlos, 1999. Universidade de São Paulo.

TÉCHNE. **Preparo da cabeça de tubulões e de estacas para ligação com blocos de coroamento**. Disponível em: <<http://techne17.pini.com.br/engenharia-civil/191/preparo-da-cabeca-de-tubuloes-e-de-estacas-de-concreto-285989-1.aspx>>. Acesso em: 12 de outubro de 2018.

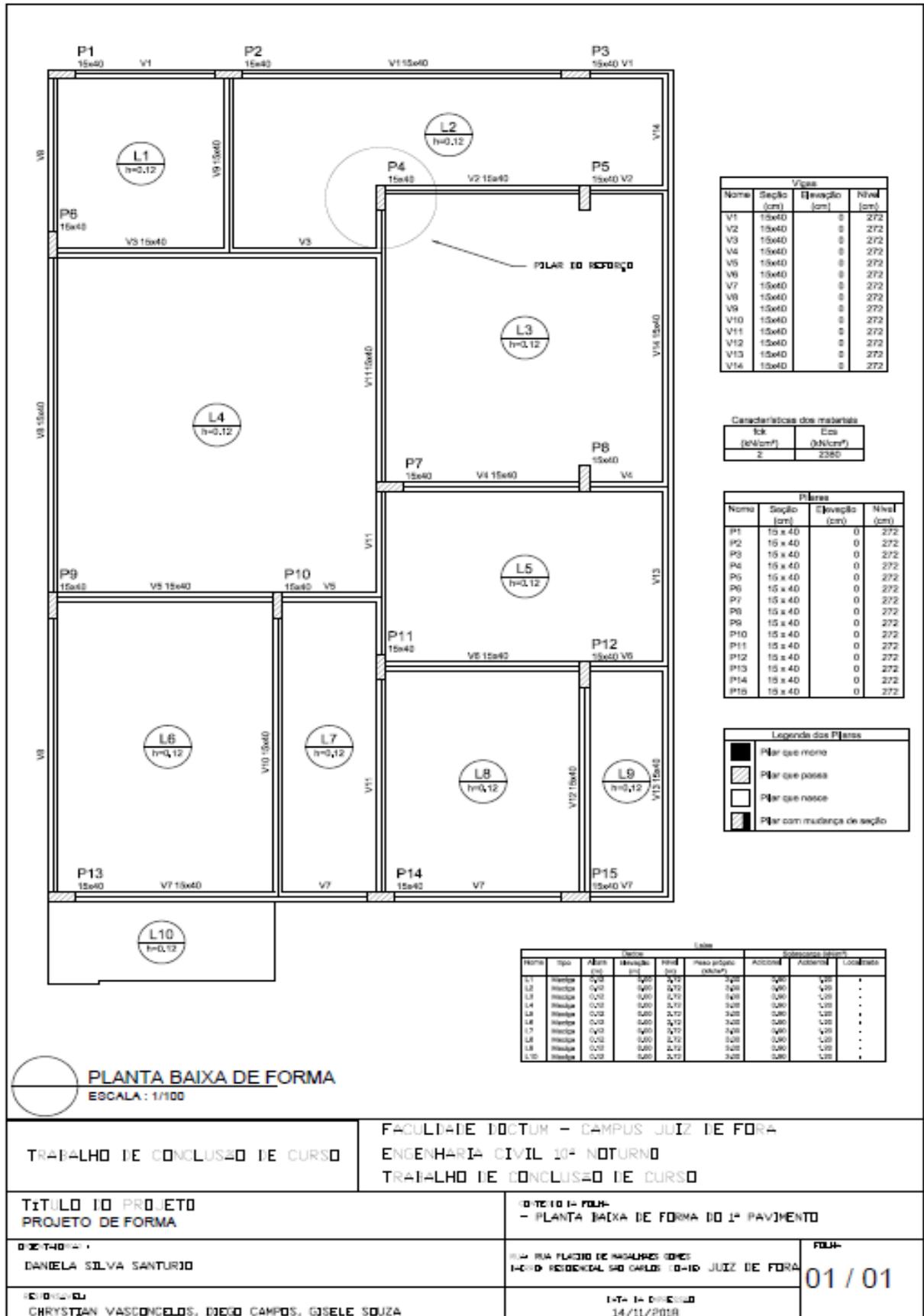
TÉCHNE. **Vazios de Concretagem**: Disponível em: <<http://techne17.pini.com.br/engenharia-civil/109/artigo287074-1.aspx>>. Acesso em: 10 de novembro de 2018.

URIAS, CARINA BUSCHINI; GONZALEZ, EDINALDO FAVARETO. REFORMA EM EDIFICAÇÕES CONFORME A NBR 16.280. REVISTA UNINGÁ REVIEW, [S.I.], v. 28, n. 3, jan. 2018. ISSN 2178-2571. Disponível em: <<http://revista.uninga.br/index.php/uningareviews/article/view/1894>>. Acesso em: 18 outubro de 2018.

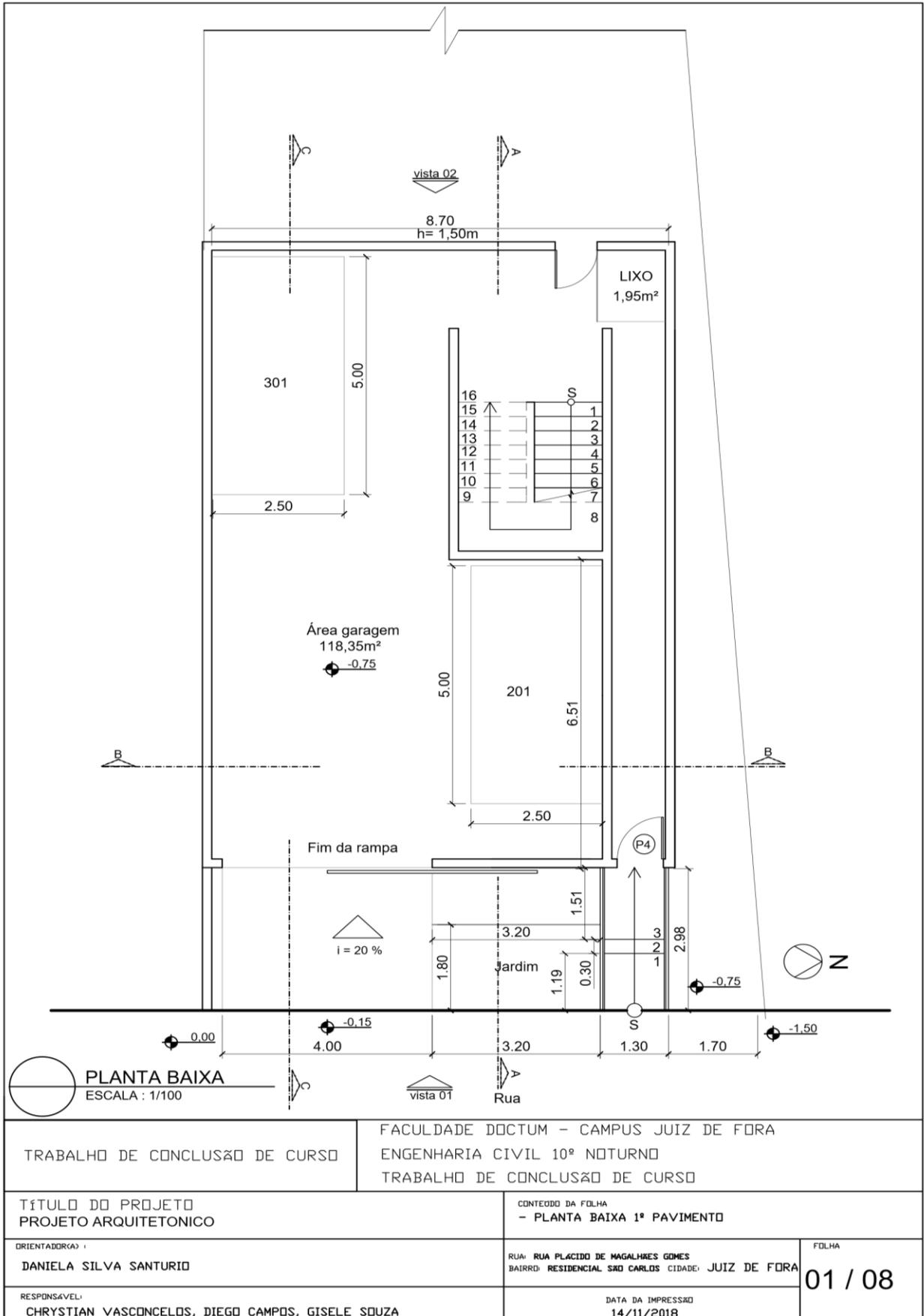
ZUCCHI, Fernando Luiz. **Técnicas para o reforço de elementos estruturais**. Santa Maria, MG, 2015.: Universidade federal de santa maria. Disponível em: <http://coral.ufsm.br/engcivil/images/PDF/2_2015/TCC_FERNANDO%20LUIZ%20ZUCCHI.pdf>. Acesso em 5 de setembro de 2018.

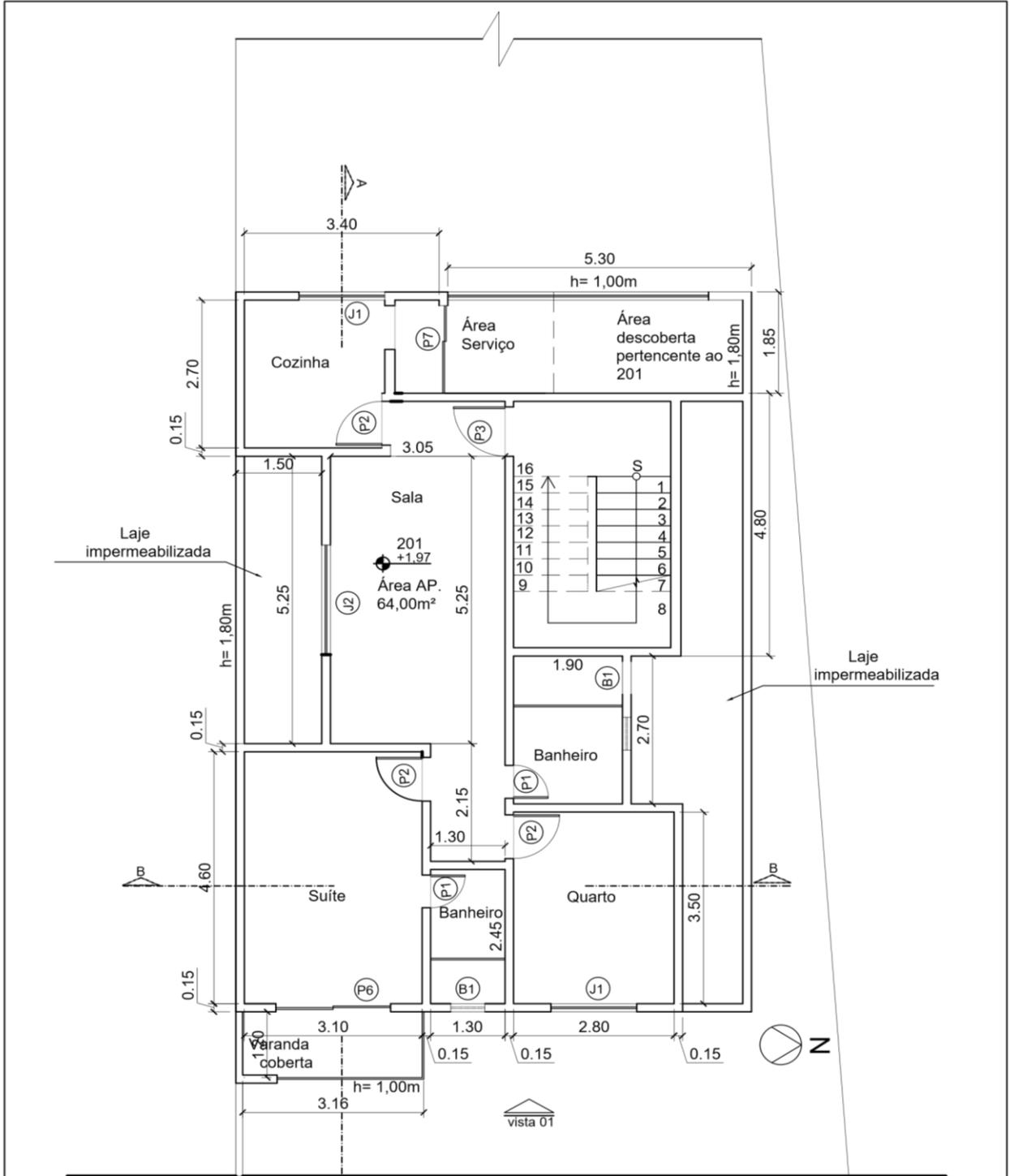
APÊNDICE

Apêndice 1 – Planta de forma do 1º pavimento.



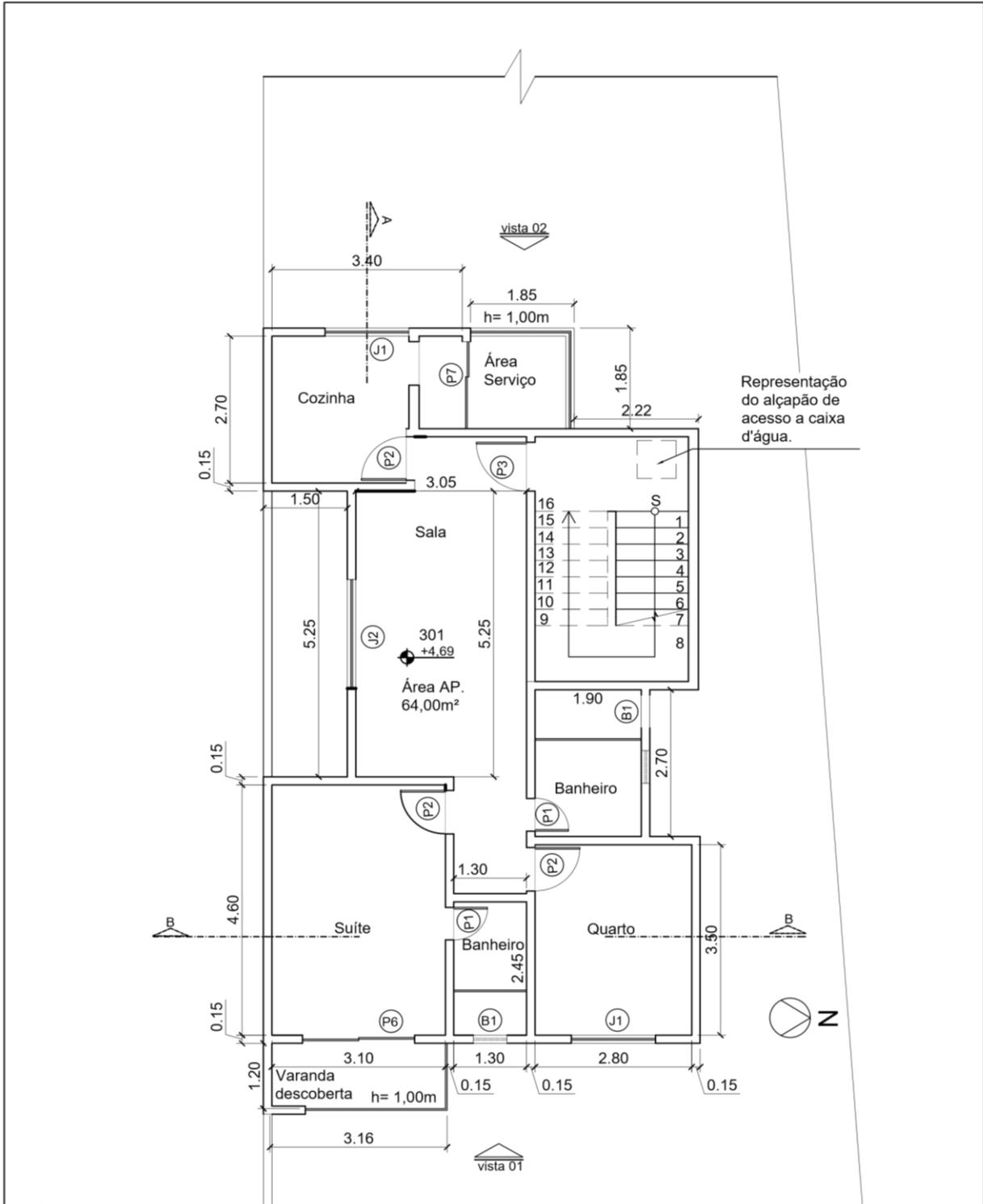
Apêndice 2 – Projeto Arquitetônico Residencial São Jorge.





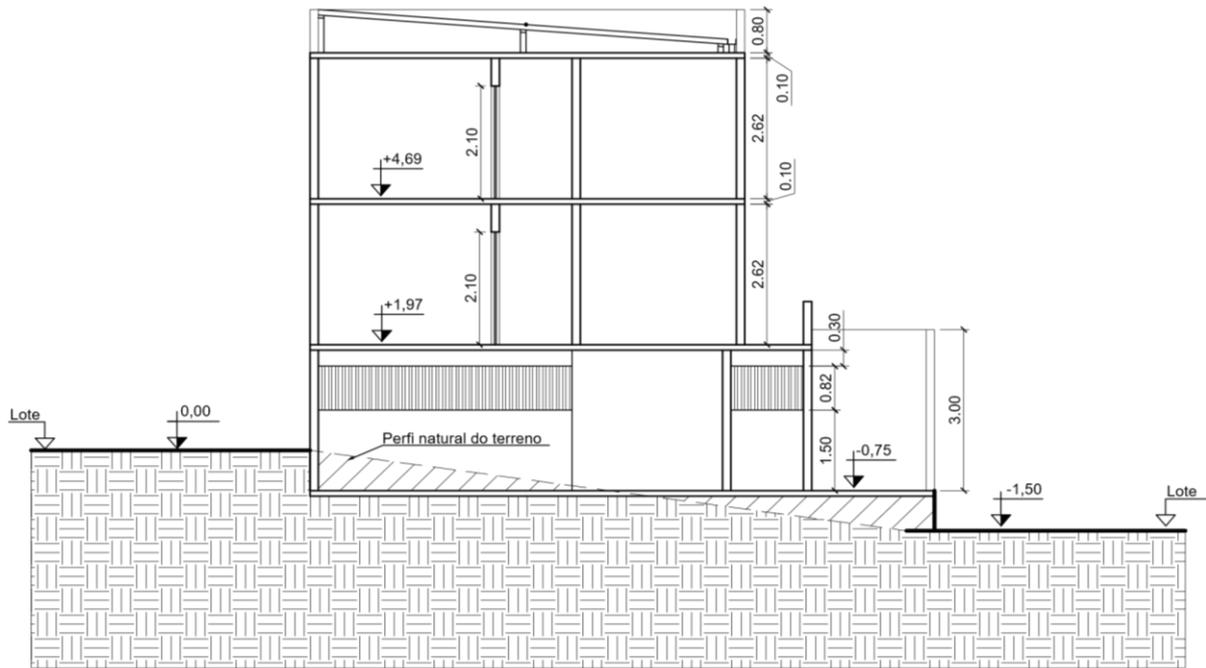
PLANTA BAIXA
ESCALA : 1/100

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO		FACULDADE DOCTUM - CAMPUS JUIZ DE FORA ENGENHARIA CIVIL 10º NOTURNO TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO	
TÍTULO DO PROJETO PROJETO ARQUITETONICO		CONTEUDO DA FOLHA - PLANTA BAIXA 2º PAVIMENTO	
ORIENTADORA : DANIELA SILVA SANTURID		RUA: RUA PLACIDO DE MAGALHES GOMES BAIRRO: RESIDENCIAL SAO CARLOS CIDADE: JUIZ DE FORA	FOLHA 02 / 08
RESPONSÁVEL: CHRYSIAN VASCONCELOS, DIEGO CAMPOS, GISELE SOUZA		DATA DA IMPRESSÃO 14/11/2018	



PLANTA BAIXA
ESCALA : 1/100

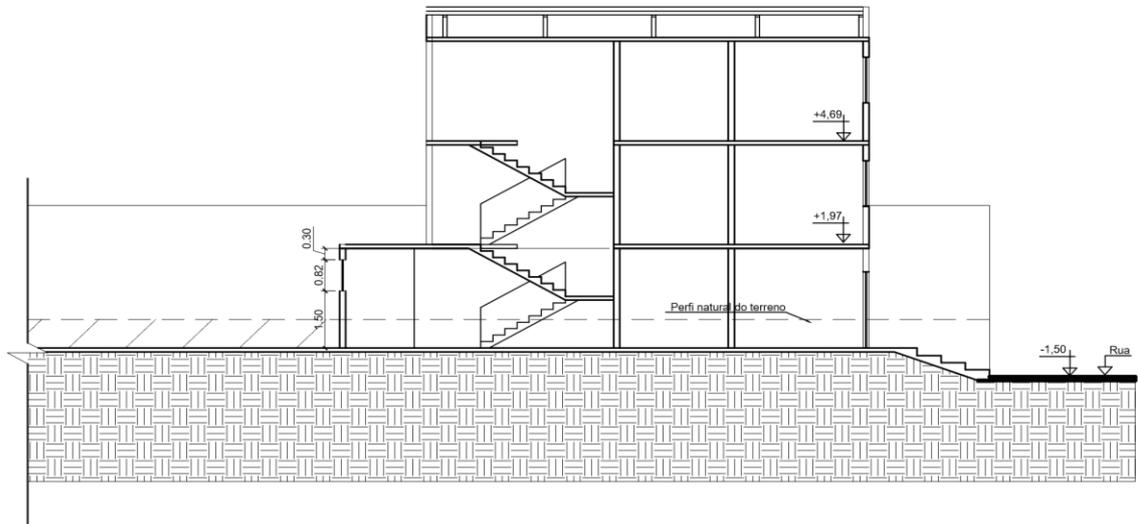
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO		FACULDADE DOCTUM - CAMPUS JUIZ DE FORA ENGENHARIA CIVIL 10º NOTURNO TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO	
TÍTULO DO PROJETO PROJETO ARQUITETÔNICO		CONTEÚDO DA FOLHA - PLANTA BAIXA PAVIMENTO TIPO	
ORIENTADOR(A) : DANIELA SILVA SANTURIO		RUA: RUA PLÁCIDO DE MAGALHES GOMES BAIRRO: RESIDENCIAL SÃO CARLOS CIDADE: JUIZ DE FORA	FOLHA 03 / 08
RESPONSÁVEL: CHRISTIAN VASCONCELOS, DIEGO CAMPOS, GISELE SOUZA		DATA DA IMPRESSÃO 14/11/2018	



CORTE TRANSVERSAL

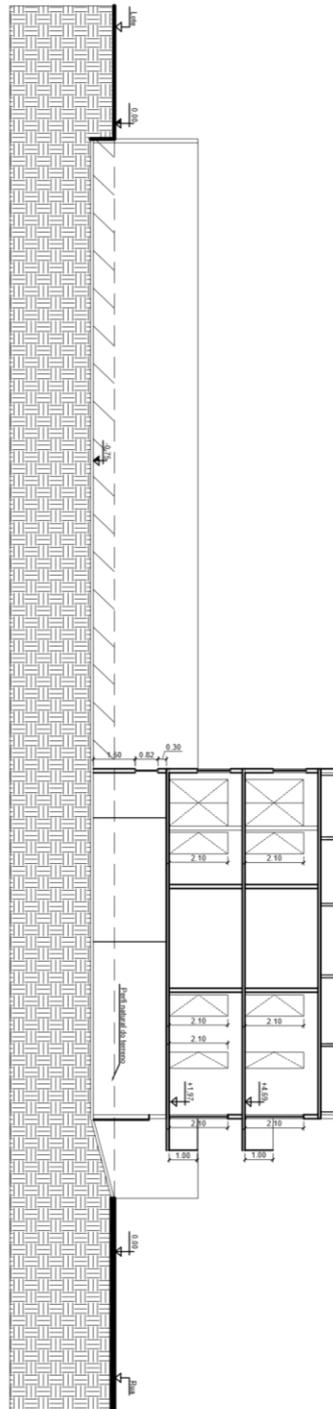
ESCALA : 1/125

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO	FACULDADE DOCTUM - CAMPUS JUIZ DE FORA ENGENHARIA CIVIL 10º NOTURNO TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO	
TÍTULO DO PROJETO PROJETO ARQUITETÔNICO	CONTEÚDO DA FOLHA - CORTE TRANSVERSAL BB	
ORIENTADORA : DANIELA SILVA SANTURID	RUA: RUA PLÁCIDO DE MAGALHÃES GOMES BAIRRO: RESIDENCIAL SÃO CARLOS CIDADE: JUIZ DE FORA	FOLHA 04 / 08
RESPONSÁVEL: CHRYSYIAN VASCONCELOS, DIEGO CAMPOS, GISELE SOUZA	DATA DA IMPRESSÃO 14/11/2018	



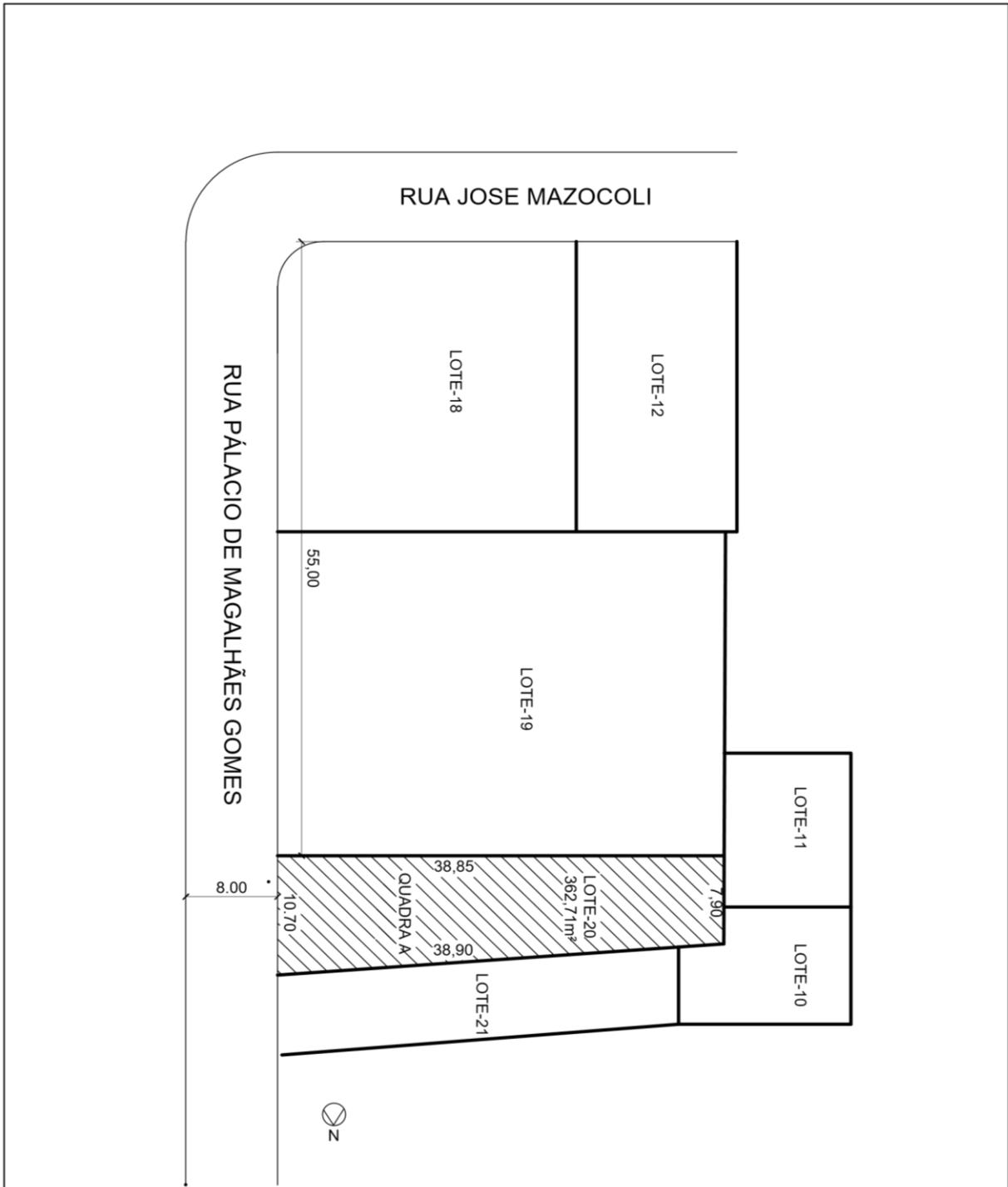
CORTE LONGITUDINAL
ESCALA : 1/175

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO		FACULDADE DOCTUM - CAMPUS JUIZ DE FORA ENGENHARIA CIVIL 10º NOTURNO TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO	
TÍTULO DO PROJETO PROJETO ARQUITETÔNICO		CONTEÚDO DA FOLHA - CORTE LONGITUDINAL AA	
ORIENTADOR(A) : DANIELA SILVA SANTURIO		RUA: RUA PLÁCIDO DE MAGALHÃES GOMES BAIRRO: RESIDENCIAL SÃO CARLOS CIDADE: JUIZ DE FORA	FOLHA 05 / 08
RESPONSÁVEL: CHRYSYIAN VASCONCELOS, DIEGO CAMPOS, GISELE SOUZA		DATA DA IMPRESSÃO 14/11/2018	



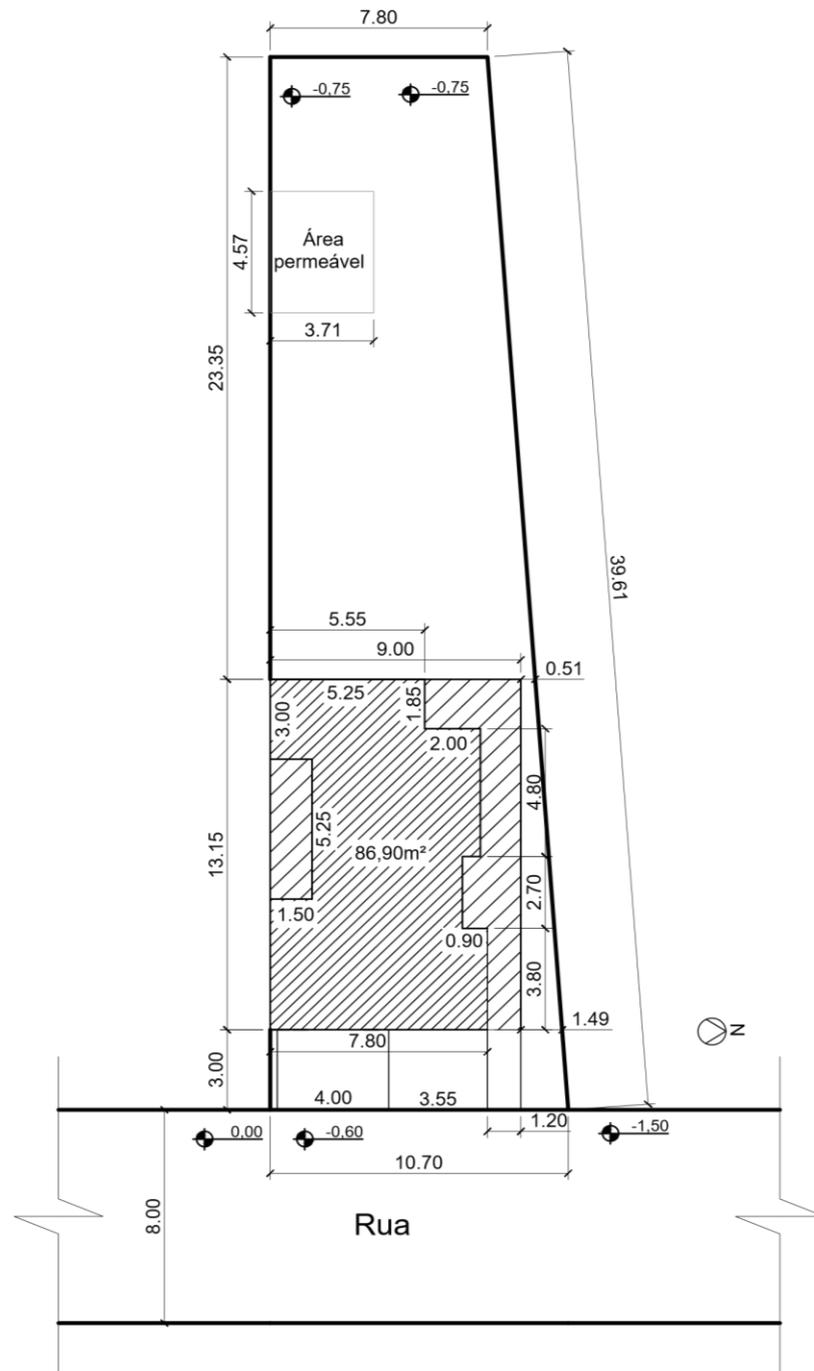

CORTE LONGITUDINAL
 ESCALA : 1/250

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO		FACULDADE DOCTUM - CAMPUS JUIZ DE FORA ENGENHARIA CIVIL 10º NOTURNO TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO	
TÍTULO DO PROJETO PROJETO ARQUITETÔNICO		CONTEÚDO DA FOLHA - CORTE LONGITUDINAL CC	
ORIENTADORA: DANIELA SILVA SANTURID		RUA: RUA PLACIDO DE MAGALHÃES GOMES BAIRRO: RESIDENCIAL SÃO CARLOS CIDADE: JUIZ DE FORA	FOLHA 06 / 08
RESPONSÁVEL: CHRISTIAN VASCONCELOS, DIEGO CAMPOS, GISELE SOUZA		DATA DA IMPRESSÃO 14/11/2018	



PLANTA DE SITUAÇÃO
 ESCALA : 1/500

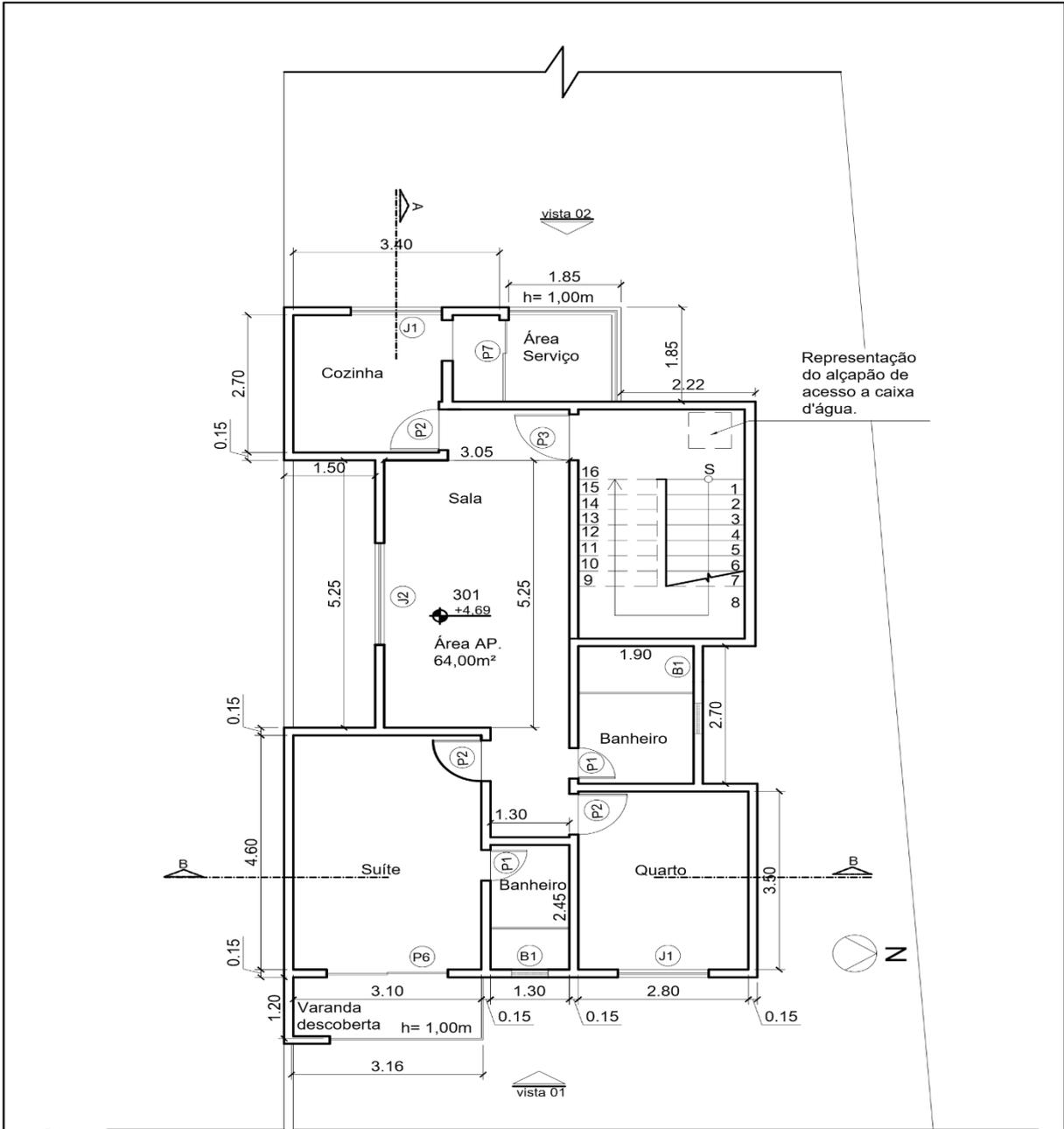
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO		FACULDADE DOCTUM - CAMPUS JUIZ DE FORA ENGENHARIA CIVIL 10º NOTURNO TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO	
TÍTULO DO PROJETO PROJETO ARQUITETONICO		CONTEUDO DA FOLHA - PLANTA DE SITUAÇÃO	
ORIENTADORA : DANIELA SILVA SANTURIO		RUA: RUA PLACIDO DE MAGALHÃES GOMES BAIRRO: RESIDENCIAL SÃO CARLOS CIDADE: JUIZ DE FORA	FOLHA 07 / 08
RESPONSÁVEL: CHRYSIAN VASCONCELOS, DIEGO CAMPOS, GISELE SOUZA		DATA DA IMPRESSÃO 14/11/2018	



PLANTA DE LOCAÇÃO
 ESCALA : 1/250

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO		FACULDADE DOCTUM - CAMPUS JUIZ DE FORA ENGENHARIA CIVIL 10º NOTURNO TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO	
TÍTULO DO PROJETO PROJETO ARQUITETÔNICO		CONTEÚDO DA FOLHA - PLANTA DE LOCAÇÃO	
ORIENTADORA : DANIELA SILVA SANTURID		RUA: RUA PLÁCIDO DE MAGALHÃES GOMES BAIRRO: RESIDENCIAL SÃO CARLOS CIDADE: JUIZ DE FORA	FOLHA 08 / 08
RESPONSÁVEL: CHRYSYIAN VASCONCELOS, DIEGO CAMPOS, GISELE SOUZA		DATA DA IMPRESSÃO 14/11/2018	

Apêndice 3 – Planta pavimento adicionado



PLANTA BAIXA
ESCALA : 1/100

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO		FACULDADE DOCTUM - CAMPUS JUIZ DE FORA ENGENHARIA CIVIL 10º NOTURNO TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO	
TÍTULO DO PROJETO PROJETO ARQUITETONICO		CONTEUDO DA FOLHA - PLANTA BAIXA PAVIMENTO TIPO	
ORIENTADOR(A) DANIELA SILVA SANTURIO		RUA: RUA PLACIDO DE MAGALHES GOMES BAIRRO: RESIDENCIAL SAO CARLOS CIDADE: JUIZ DE FORA	FOLHA 01 / 01
RESPONSÁVEL CHRISTIAN VASCONCELOS, DIEGO CAMPOS, GISELE SOUZA		DATA DA IMPRESSÃO 14/11/2018	

Apêndice 4 – Informações de carregamento Eberick do acressimo do 4º pavimento



AltoQi Eberick V8 Gold

1

Diego
19/11/2018
09:09:04

Cálculo dos Pilares

Pavimento 1
Lance 2

fck = 25.00 MPa

E = 23800 MPa
cobr = 3.00 cm

Peso Espec = 2500.00 kgf/m³

Dados					Resultados			
Pilar	Seção (cm)	lib vinc esb B lib vinc esb H (cm)	Nd máx Nd mín (kgf) ni Zr	MBd topo MBd base MHd topo MHd base (kgf.m)	MBsdtopo MBsdcentro MBsdbase MHsdtopo MHsdcentro MHsdbase (kgf.m)	Madtopo Madcentro Madbase MB2d MBcd MH2d MHcd (kgf.m)	Processo de Cálculo	As b(cm²) As h % armad
P1	15.00 X 40.00	272.00 RR 272.00 RR 23.53	24485 -63 0.00 0 0	494 500 3008 4165	0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0		Erro D3
P2	15.00 X 40.00	392.00 RR 90.42 272.00 RR 23.53	46930 19365 0.44 0 0	925 178 4466 4877	772 460 8 4466 1951 4877	532 303 755 1357 347 85 52	(*2) Msd(x) = 2960 kgf.m Msd(y) = 2341 kgf.m Mrd(x) = 3025 kgf.m Mrd(y) = 2392 kgf.m Mrd/Msd=1.02	2.45 2 ø 12.5 9.82 8 ø 12.5 3.3
P3	15.00 X 40.00	272.00 RR 62.74 272.00 RR 23.53	25125 12362 0.23 0 0	149 477 2542 3753	7 75 120 2514 1457 3643	309 241 220 273 19 105 21	Msd(x) = 408 kgf.m Msd(y) = 4372 kgf.m Mrd(x) = 480 kgf.m Mrd(y) = 5144 kgf.m Mrd/Msd=1.18	1.57 2 ø 10.0 2.36 3 ø 10.0 0.8
P4	15.00 X 40.00	272.00 RR 272.00 RR 23.53	87153 50946 0.81 1 0	1320 1329 2239 3145	1312 531 1329 1706 682 1419	891 746 891 958 435 85 53		Erro D9
P5	15.00 X 40.00	272.00 RR 62.74 272.00 RR 23.53	51886 27895 0.48 0 0	1526 1201 914 2321	1526 610 1195 647 259 531	491 246 491 645 199 114 14	Msd(x) = 2421 kgf.m Msd(y) = 777 kgf.m Mrd(x) = 2469 kgf.m Mrd(y) = 792 kgf.m Mrd/Msd=1.02	1.57 2 ø 10.0 4.71 6 ø 10.0 1.6
P6		392.00 RR	62193	1458	821	617		Erro D9



AltoQi Eberick V8 Gold

2

Diego
19/11/2018
09:09:04

Dados					Resultados			
Pilar	Seção (cm)	lib vinc esb B lib vinc esb H (cm)	Nd máx Nd mín (kgf) ni Zr	MBd topo MBd base MHd topo MHd base (kgf.m)	MBsdtopo MBsdcentro MBsdbase MHsdtopo MHsdcentro MHsdbase (kgf.m)	Madtopo Madcentro Madbase MB2d MBcd MH2d MHcd (kgf.m)	Processo de Cálculo	As b(cm²) As h % armad
	15.00 X 40.00	272.00 RR 23.53	36393 0.58 0 0	450 3230 3497	500 17 1371 1284 1153	385 867 2493 685 59 55		
P7	15.00 X 40.00	272.00 RR 62.74 272.00 RR 23.53	71854 39449 0.67 0 0	1408 1022 3394 4168	784 314 475 1766 1231 3078	799 832 799 990 239 189 62	Msd(x) = 2850 kgf.m Msd(y) = 1478 kgf.m Mrd(x) = 3015 kgf.m Mrd(y) = 1563 kgf.m Mrd/Msd=1.06	2.45 2 ø 12.5 9.82 8 ø 12.5 3.3
P8	15.00 X 40.00	272.00 RR 62.74 272.00 RR 23.53	53739 27469 0.50 0 0	1996 1574 1565 1569	1996 798 1574 1203 724 4	489 244 489 680 249 114 28	Msd(x) = 2982 kgf.m Msd(y) = 1444 kgf.m Mrd(x) = 2994 kgf.m Mrd(y) = 1450 kgf.m Mrd/Msd=1.00	1.57 2 ø 10.0 7.85 10 ø 10.0 2.6
P9	15.00 X 40.00	272.00 RR 62.74 272.00 RR 23.53	50363 29377 0.47 0 0	1274 1032 2453 2337	1274 510 1032 1185 474 849	567 304 567 703 184 132 21	Msd(x) = 2210 kgf.m Msd(y) = 1422 kgf.m Mrd(x) = 2252 kgf.m Mrd(y) = 1449 kgf.m Mrd/Msd=1.02	1.57 2 ø 10.0 4.71 6 ø 10.0 1.6
P10	15.00 X 40.00	272.00 RR 62.74 392.00 RR 33.91	69285 43060 0.65 0 0	1823 1563 1560 1367	1823 729 1563 961 685 271	750 375 750 936 373 395 87	Msd(x) = 3087 kgf.m Msd(y) = 1153 kgf.m Mrd(x) = 3170 kgf.m Mrd(y) = 1184 kgf.m Mrd/Msd=1.03	2.45 2 ø 12.5 9.82 8 ø 12.5 3.3
P11	15.00 X 40.00	392.00 RR 272.00 RR 23.53	51368 29766 0.48 0 0	987 609 2958 2715	981 392 609 816 732 607	522 357 522 1968 391 355 27		Erro D9



Dados					Resultados			
Pilar	Seção (cm)	lib vinc esb B	Nd máx Nd mín (kgf) ni	MBd topo MBd base	MBsdtopo MBsdcentro MBsdbase	Madtopo Madcentro Madbase	Processo de Cálculo	As b(cm ²)
		lih vinc esb H (cm)	Zr	MHd topo MHd base (kgf.m)		MB2d MBcd		As h
						MH2d MHcd (kgf.m)		% armad
P12	15.00 X 40.00	392.00 RR	52908	1335	476	519		Erro D9
			29297	444	293	451		
		272.00 RR	0.49	1068	18	726		
		23.53	0	2660	7	1953		
			0		85	353		
			0		136	353		
						10		
P13	15.00 X 40.00	272.00 RR	61972	807	416	699	Msd(x) = 2425 kgf.m Msd(y) = 1947 kgf.m	2.36 3 ø 10.0 6.28 8 ø 10.0
			35700	643	167	836		
		272.00 RR	0.58	4056	276	726	Mrd(x) = 2420 kgf.m Mrd(y) = 1942 kgf.m Mrd/Msd=1.00	2.4
		23.53	0	3759	4056	866		
			0		1622	153		
			0		3759	205		
						68		
P14	15.00 X 40.00	272.00 RR	66975	861	464	637	Msd(x) = 1321 kgf.m Msd(y) = 6904 kgf.m	2.36 3 ø 10.0 7.07 9 ø 10.0
			36219	676	186	728		
		272.00 RR	0.63	5753	297	637	Mrd(x) = 1322 kgf.m Mrd(y) = 6909 kgf.m Mrd/Msd=1.00	2.6
		23.53	0	5413	5753	789		
			0		2301	161		
			0		5413	233		
						95		
P15	15.00 X 40.00	272.00 RR	40337	1009	549	252	Msd(x) = 960 kgf.m Msd(y) = 5034 kgf.m	2.45 2 ø 12.5 3.68 3 ø 12.5
			12228	794	219	142		
		272.00 RR	0.38	4195	342	252	Mrd(x) = 1007 kgf.m Mrd(y) = 5277 kgf.m Mrd/Msd=1.05	1.2
		23.53	0	3925	4195	312		
			0		1678	51		
			0		3921	121		
						34		

(*) Quantidade de barras alterada pelo usuário (para mais)

Apêndice 5 – Cálculos

①

Pilar P4

Considerando 4 pavimentos

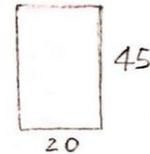
$$N_d = 72,627 \text{ tf} \times 9,81 \cdot 712,47 \text{ KN}$$

Adotado o valor de $F_d = 87,152 \text{ tf}$ devido a 1 das dimensões ser menor de 19cm. NORMA

PRÉ DIMENSIONAMENTO DO PILAR:

$$A_c = \frac{1,5 N_d}{0,5 f_{ck} + 0,4} \Rightarrow \frac{1,5 \times (87,152 \times 9,81)}{2,5 \cdot 0,5 + 0,4} = \frac{1.282,44}{1,65}$$

$$A_c = 777,23 \text{ cm}^2 \Rightarrow \text{Adotado } \underline{900,00 \text{ cm}^2}$$



Índice de Esbeltez

$$\lambda_x = \frac{3,46 L_c}{h_x} \Rightarrow \frac{3,46 \times (1,00 \times 272)}{20} = 47,05$$

↳ Vínculo = K = 1,00
Retolado

$$\lambda_y = \frac{3,46 L_c}{h_y} \Rightarrow \frac{3,46 \times (1,00 \times 272)}{45} = 20,91$$

Momento fletor mínimo:

$$M_{d,min} = N_d (1,5 + 0,03h)$$

$$x = \frac{854,96 (1,5 + 0,03 \cdot 20)}{854,96 \text{ KN}} = \frac{1.795,41 \text{ KN} \cdot \text{cm}}{854,96 \text{ KN}} = 2,10 \text{ cm}$$

$$y = \frac{854,96 (1,5 + 0,03 \cdot 45)}{854,96 \text{ KN}} = \frac{2.436,63 \text{ KN} \cdot \text{cm}}{854,96 \text{ KN}} = 2,85 \text{ cm}$$

$$e_{l,x,min} = 2,10 \text{ cm} \quad x = \frac{13,03 \text{ KN} \cdot \text{m}}{854,96} = 0,0152 \text{ m} = 1,52 \text{ cm}$$

↳ Eberick

$$e_{l,y,min} = 2,85 \text{ cm} \quad y = \frac{23,90 \text{ KN} \cdot \text{m}}{854,96} = 0,0279 \text{ m} = 2,79 \text{ cm}$$

↳ Eberick

②

Eslbeltez Limite

$$\lambda_{1,x} = \frac{25 + 12,5 \frac{\alpha_1}{h}}{1,0} \rightarrow \alpha_{1,x} = \frac{1.328,54 \text{ Kg.f.m} \cdot \frac{1}{\sqrt{32}}}{854,96 \text{ kN}} = 1,52 \text{ cm}$$

$$\lambda_{1,y} = \frac{25 + 12,5 \frac{\alpha_b}{h}}{0,4} \rightarrow \alpha_{1,y} = \frac{3.144,54 \times 9,81}{854,96} = 3,60 \text{ cm}$$

$$854,96 \times 1,52 = 1.328,54 \text{ Km.cm}$$

$$854,96 \times 3,60 = 3.144,54 \text{ Km.cm}$$

\rightarrow Mom. Fletor Mínimo
 X - 1.328,54 < 1.795,41 \rightarrow Adota-se $\alpha_b = 1,0$
 Y - 3.144,54 > 2.436,63 \rightarrow α_b deve ser calculado

Para $\lambda_{1,y}$

$$\alpha_b = 0,6 + 0,4 \frac{(-3.144,54)}{3.144,54} = 0,2 \gg 0,4 \Rightarrow \alpha_b = 0,4$$

$$\lambda_{1,x} = \frac{25 + 12,5 \frac{1,52}{20}}{1,0} = 25,95 < 35$$

$$\lambda_{1,y} = \frac{25 + 12,5 \frac{3,60}{45}}{0,4} = 65$$

Sendo assim:

$$\left. \begin{array}{l} \lambda_x = 47,05 > 35 \\ \lambda_y = 20,91 < 65 \end{array} \right\} \begin{array}{l} \text{Efeitos de 2}^\circ \text{ ordem considerados} \\ \text{apenas em x.} \end{array}$$

③

Excentricidade de 2ª Ordem

$$e_{2x} = \frac{l_e^2}{10} = \frac{1}{r}$$

$$\rightarrow \frac{0,005}{h(0,53 + 0,50)} = \frac{0,005}{20(0,53 + 0,50)} = 0,000242 \text{ em}^{-1}$$

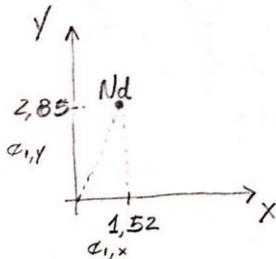
$$\rightarrow \nu = \frac{N_d}{A_c \cdot f_{cd}} = \frac{854,96}{900 \cdot \frac{2,5}{1,4}} = 0,53$$

$$e_{2x} = \frac{272^2}{10} \cdot 0,000242 = e_{2x} = 1,79 \text{ cm}$$

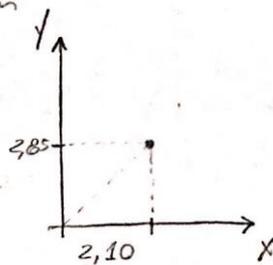
$$M_{d,tot,x} = 1,0 \cdot 1.793,41 + 854,96 \cdot \frac{272^2}{10} \cdot 0,000242 = 3.326,14$$

$$M_{d,tot,x} = 3.326,14 \text{ Kv.cm} > 1.793,41$$

$$M_{d,tot,y} = 3.144,54 \text{ Kv.cm}$$



S. P.

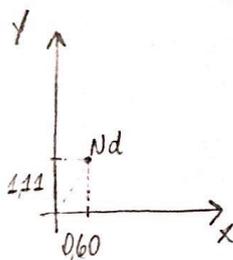


1º s.c.

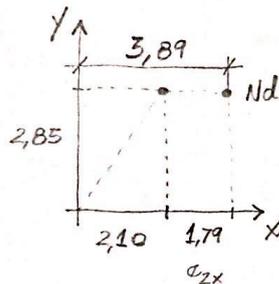
} TOPO

$$\textcircled{4} \quad \begin{cases} 0,6 \cdot c_{1x} + 0,4 \cdot c_{2x} \\ 0,4 \cdot c_{1x} \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} 0,6 \cdot 1,52 + 0,4 \cdot (-1,52) = 0,30 \text{ em} \\ 0,4 \cdot 1,52 = 0,60 \text{ em} \end{cases}$$

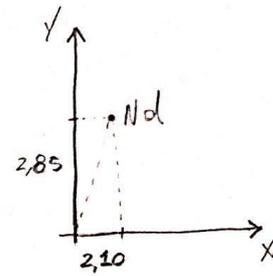
$$\begin{cases} 0,6 \cdot 2,79 + 0,4 \cdot (2,79) = 0,55 \text{ em} \\ 0,4 \cdot 2,79 = 1,11 \text{ em} \end{cases}$$



S.P.



1º s.c.



2º s.c.

INTERMEDIÁRIO

$$K_x = \frac{M_{d, tot, x}}{h_x \cdot A_c \cdot f_{cd}} \Rightarrow \frac{3.326,14}{20 \cdot 900 \cdot \frac{2,5}{1,4}} = 0,10$$

$$K_y = \frac{M}{h} \Rightarrow \frac{3.144,54}{45 \cdot 900 \cdot \frac{2,5}{1,4}} = 0,043$$

$$\frac{d'_x}{h'_x} = \frac{3,0}{20} = 0,15$$

$$\frac{d'_y}{h'_y} = \frac{3,0}{45} = 0,066$$

De acordo com o ABACO-23A (VENTURINI).
O valor ρ $w = 0,2$

$$A_s = \frac{0,14 \cdot 900 \cdot \frac{2,5}{1,4}}{\frac{50}{1,15}} = 5,17 \text{ cm}^2$$

⊕ P4

ARMADURAS LONGITUDINAIS

Diâmetro Mínimo Barras Longitudinais

$$\phi_l \begin{cases} \geq 10 \text{ mm} \\ \leq \frac{b}{8} \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} \geq 10 \\ \leq \frac{5}{8} = 0,62 \end{cases} \quad 10 \geq \phi_l \geq 0,62$$

Armadura Mínima

$$A_{s, \min} = 0,15 \frac{N_d}{f_{yd}} \geq 0,004 A_c$$

$$N_d = 854,96$$

$$f_{yd} = \frac{50}{1,15} = 43,47$$

$A_c = 300 \text{ cm}^2$ (considerado apenas a área adhecida para o reforço)

$$A_{s, \min} = 0,15 \cdot \frac{854,96}{\frac{50}{1,15}} = 2,94 \geq 1,2 \quad \left. \begin{array}{l} 2,94 \text{ cm}^2 \\ 0,80 \end{array} \right\} \cong 4 \text{ barras}$$

$$\phi = 8 \text{ mm} \quad \frac{\pi \cdot 10}{4} = 0,80 \text{ cm}^2$$

ARMADURA MÁXIMA

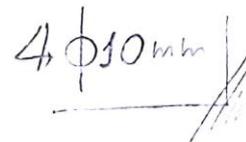
$$A_{s, \max} = 0,08 \cdot A_c$$

$$A_{s, \max} = 0,08 \cdot 300 = 24 \text{ cm}^2$$

Espaçamentos Min, Max

$$\text{Min } d_L \geq \begin{cases} 20 \text{ mm} \\ \phi \\ 1,2d \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} 20 \text{ mm} \\ 8 \text{ mm} \\ 1,2 \cdot 19 = 22,80 \end{cases}$$

$$\text{Max } d_{\max} \leq \begin{cases} 2b \\ 400 \text{ mm} \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} 2 \cdot 20 = 40 \\ 400 \text{ mm} \end{cases}$$



⑥ Cálculo Resistência de Aderência

$$f_{bd} = \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot \eta_3 \cdot f_{ctd}$$

Onde f_{ctd} = Resistência de cálculo do concreto à tração direta

$$f_{ctd} = \frac{0,7 \cdot 0,3}{\gamma_c} \sqrt[3]{f_{ck}^2}$$

$$f_{ctd} = \frac{0,7 \cdot 0,3}{1,4} \sqrt[3]{25^2} = 0,15 \times 8,54 = 1,28$$

$$f_{bd} = 2,25 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,28 = 2,88$$

η_1 = Parâmetro que considera a rugosidade da barra de aço = 2,25

η_2 = Parâmetro que considera a posição da barra = 1,0
(situação de boa aderência, conforme NBR 6118 9.3.1, 2)

η_3 = Parâmetro que considera o diâmetro da barra = 1,0

Cálculo Comprimentos de Ancoragem Básica e Necessário

$$l_b = \frac{\phi}{4} \frac{f_{yd}}{f_{bd}} \Rightarrow \frac{0,8}{4} \cdot \frac{250}{2,88} = 30,19 \leq \frac{25 \times 8}{200}$$

$$l_{b, \text{ nec}} = \alpha l_b \frac{A_{s, \text{ calc}}}{A_{s, \text{ ef}}} \geq l_{b, \text{ min}} \Rightarrow 10 \cdot 30,19 \cdot \left(\frac{2,94}{3,00} \right) = 29,58 \text{ cm}$$

$$l_{b, \text{ min}} \geq \begin{cases} 0,3 l_b \\ 10 \phi \\ 100 \text{ mm} \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} 0,3 \cdot 30,19 = 0,90 \\ 10 \cdot 0,8 = 8 \text{ cm} \\ 100 \text{ mm} = 10 \text{ cm} \end{cases} \quad 10,00 > 2,95$$

Apêndice 7–Pilar P4 sem acréscimo de pavimento



AltoQi Eberick V8 Gold

1

Diego
19/11/2018
09:34:48

Cálculo dos Pilares

Pavimento 1
Lance 2

fck = 25.00 MPa

E = 23800 MPa
cofr = 3.00 cmPeso Espec = 2500.00 kgf/m³

Dados					Resultados			
Pilar	Seção (cm)	lib vinc esb B lib vinc esb H (cm)	Nd máx Nd mín (kgf) ni Zr	MBd topo MBd base MHd topo MHd base (kgf.m)	MBsdtopo MBsdcentro MBsdbase MHsdtopo MHsdcentro MHsdbase (kgf.m)	Madtopo Madcentro Madbase MB2d MBcd MH2d MHcd (kgf.m)	Processo de Cálculo	As b(cm ²) As h % armad
P1	15.00 X 40.00	272.00 RR 62.74 272.00 RR 23.53	14557 1733 0.14 0 0	328 381 1949 2645	40 31 19 1947 1016 2539	25 13 19 33 2 19 6	Msd(x) = 23 kgf.m Msd(y) = 3077 kgf.m Mrd(x) = 28 kgf.m Mrd(y) = 3748 kgf.m Mrd/Msd=1.22	1.57 2 ø 10.0 2.36 3 ø 10.0 0.8
P2	15.00 X 40.00	392.00 RR 90.42 272.00 RR 23.53	34463 17315 0.32 0 0	904 117 2903 3034	782 467 5 2734 1213 3034	391 195 555 1044 228 52 26	Msd(x) = 2322 kgf.m Msd(y) = 1456 kgf.m Mrd(x) = 2343 kgf.m Mrd(y) = 1470 kgf.m Mrd/Msd=1.01	1.57 2 ø 10.0 4.71 6 ø 10.0 1.6
P3	15.00 X 40.00	272.00 RR 62.74 272.00 RR 23.53	18141 10148 0.17 0 0	136 355 1729 2421	29 86 124 1729 968 2421	266 209 206 255 14 85 11	Msd(x) = 395 kgf.m Msd(y) = 2905 kgf.m Mrd(x) = 657 kgf.m Mrd(y) = 4832 kgf.m Mrd/Msd=1.66	1.57 2 ø 10.0 2.36 3 ø 10.0 0.8
P4	15.00 X 40.00	272.00 RR 62.74 272.00 RR 23.53	63886 38314 0.60 0 0	809 771 2967 1031	213 89 223 2547 1464 160	826 949 816 897 135 198 63	Msd(x) = 2484 kgf.m Msd(y) = 1757 kgf.m Mrd(x) = 2527 kgf.m Mrd(y) = 1787 kgf.m Mrd/Msd=1.02	1.57 2 ø 10.0 7.07 9 ø 10.0 2.4
P5	15.00 X 40.00	272.00 RR 62.74 272.00 RR 23.53	39616 23122 0.37 0 0	1184 835 861 1881	1184 474 832 498 260 650	401 200 401 521 118 93 10	Msd(x) = 1902 kgf.m Msd(y) = 597 kgf.m Mrd(x) = 1973 kgf.m Mrd(y) = 620 kgf.m Mrd/Msd=1.04	1.57 2 ø 10.0 2.36 3 ø 10.0 0.8
P6		392.00 RR	46117	1261	1174	518	(*2)	2.45



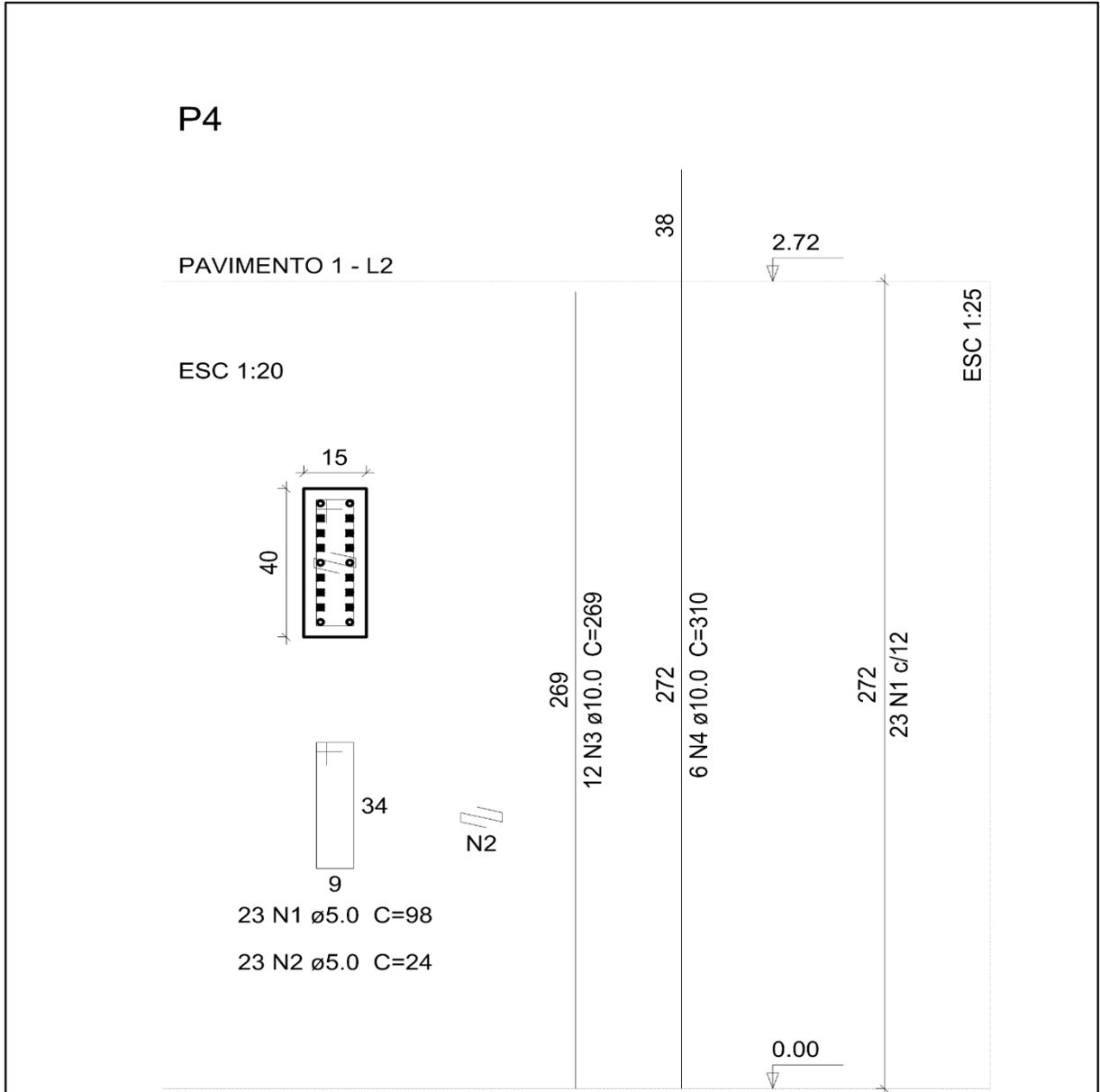
Dados					Resultados			
Pilar	Seção (cm)	lib vinc esb B lih vinc esb H (cm)	Nd máx Nd mín (kgf) ni Zr	MBd topo MBd base MHd topo MHd base (kgf.m)	MBsdtopo MBsdcentro MBsdbase MHsdtopo MHsdcentro MHsdbase (kgf.m)	Madtopo Madcentro Madbase MB2d MBcd MH2d MHcd (kgf.m)	Processo de Cálculo	As b(cm²) As h % armad
	15.00 X 40.00	90.42 272.00 RR 23.53	28327 0.43 0 0	261 2508 1218	638 166 1451 868 7	259 577 1395 487 41 29	Msd(x) = 3335 kgf.m Msd(y) = 1041 kgf.m Mrd(x) = 3656 kgf.m Mrd(y) = 1142 kgf.m Mrd/Msd=1.10	2 ø 12.5 11.04 9 ø 12.5 3.7
P7	15.00 X 40.00	272.00 RR 62.74 272.00 RR 23.53	54145 31106 0.51 0 0	1290 897 2408 2732	1290 516 897 688 275 516	568 298 568 703 191 132 16	Msd(x) = 2229 kgf.m Msd(y) = 825 kgf.m Mrd(x) = 2243 kgf.m Mrd(y) = 830 kgf.m Mrd/Msd=1.01	1.57 2 ø 10.0 3.93 5 ø 10.0 1.3
P8	15.00 X 40.00	272.00 RR 62.74 272.00 RR 23.53	41147 23459 0.38 0 0	1518 1128 1671 1205	1518 607 1128 1331 849 125	408 204 408 557 148 113 24	Msd(x) = 2312 kgf.m Msd(y) = 1598 kgf.m Mrd(x) = 2424 kgf.m Mrd(y) = 1675 kgf.m Mrd/Msd=1.05	1.57 2 ø 10.0 5.50 7 ø 10.0 1.8
P9	15.00 X 40.00	272.00 RR 62.74 272.00 RR 23.53	38531 23470 0.36 0 0	917 659 1995 1884	917 367 659 1090 436 844	430 250 430 533 100 100 14	Msd(x) = 1617 kgf.m Msd(y) = 1308 kgf.m Mrd(x) = 1806 kgf.m Mrd(y) = 1462 kgf.m Mrd/Msd=1.12	1.57 2 ø 10.0 2.36 3 ø 10.0 0.8
P10	15.00 X 40.00	272.00 RR 62.74 392.00 RR 33.91	52907 33044 0.49 0 0	1293 1064 1514 1043	1293 517 1064 1042 748 309	575 307 575 712 195 303 64	Msd(x) = 2241 kgf.m Msd(y) = 1250 kgf.m Mrd(x) = 2290 kgf.m Mrd(y) = 1278 kgf.m Mrd/Msd=1.02	1.57 2 ø 10.0 4.71 6 ø 10.0 1.6
P11	15.00 X 40.00	392.00 RR 90.42 272.00 RR 23.53	36340 21625 0.34 0 0	570 368 1714 1708	101 40 64 22 731 1233	483 543 520 1534 91 277 18	Msd(x) = 2650 kgf.m Msd(y) = 877 kgf.m Mrd(x) = 2680 kgf.m Mrd(y) = 887 kgf.m Mrd/Msd=1.01	1.57 2 ø 10.0 5.50 7 ø 10.0 1.8



Dados					Resultados			
Pilar	Seção (cm)	lib vinc esb B lib vinc esb H (cm)	Nd máx Nd mín (kgf) ni Zr	MBd topo MBd base MHd topo MHd base (kgf.m)	MBsdtopo MBsdcentro MBsdbase MHsdtopo MHsdcentro MHsdbase (kgf.m)	Madtopo Madcentro Madbase MB2d MBcd MH2d MHcd (kgf.m)	Processo de Cálculo	As b(cm²) As h % armad
P12	15.00 X 40.00	392.00 RR 90.42 272.00 RR 23.53	40413 24032 0.38 0 0	855 252 1356 1635	407 248 9 267 804 1162	446 391 630 1678 210 303 23	Msd(x) = 3033 kgf.m Msd(y) = 964 kgf.m Mrd(x) = 3003 kgf.m Mrd(y) = 955 kgf.m Mrd/Msd=0.99	1.57 2 ø 10.0 7.07 9 ø 10.0 2.4
P13	15.00 X 40.00	272.00 RR 62.74 272.00 RR 23.53	44160 26693 0.41 0 0	722 551 3310 2484	452 181 300 3310 1324 2484	493 527 493 611 86 156 39	Msd(x) = 1134 kgf.m Msd(y) = 3972 kgf.m Mrd(x) = 1153 kgf.m Mrd(y) = 4038 kgf.m Mrd/Msd=1.02	1.57 2 ø 10.0 2.36 3 ø 10.0 0.8
P14	15.00 X 40.00	272.00 RR 62.74 272.00 RR 23.53	48598 28186 0.45 0 0	849 631 5148 4070	557 223 358 5148 2059 4070	489 478 489 605 103 193 62	Msd(x) = 1255 kgf.m Msd(y) = 6177 kgf.m Mrd(x) = 1312 kgf.m Mrd(y) = 6456 kgf.m Mrd/Msd=1.05	4.02 2 ø 16.0 6.03 3 ø 16.0 2.0
P15	15.00 X 40.00	272.00 RR 62.74 272.00 RR 23.53	28798 12569 0.27 0 0	915 683 3085 2445	604 242 381 3085 1234 2443	233 116 233 295 41 102 20	Msd(x) = 1004 kgf.m Msd(y) = 3702 kgf.m Mrd(x) = 1028 kgf.m Mrd(y) = 3791 kgf.m Mrd/Msd=1.02	1.57 2 ø 10.0 2.36 3 ø 10.0 0.8

(*) Quantidade de barras alterada pelo usuário (para mais)

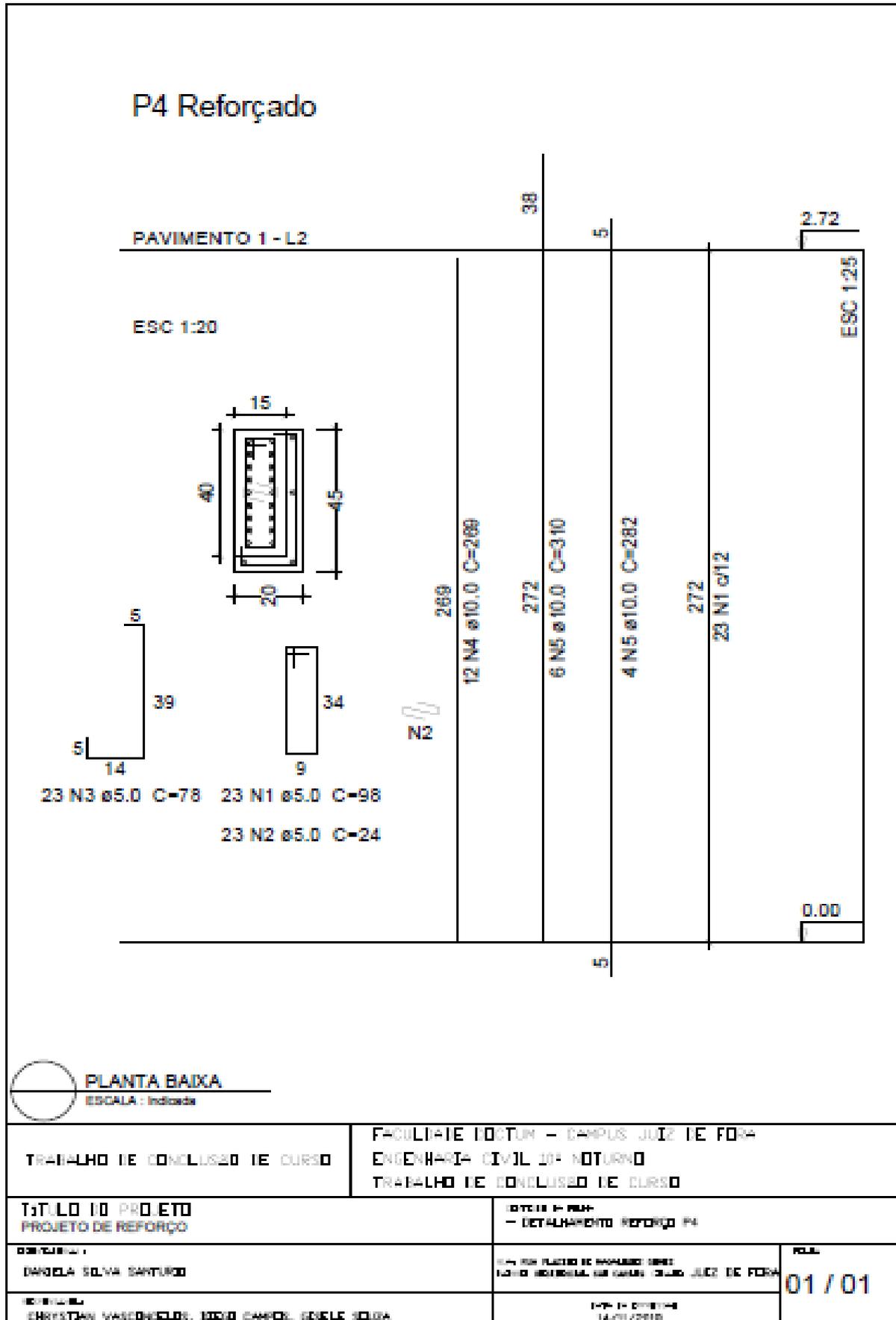
Apêndice 7 – Detalhe Armadura pilar P4



PLANTA BAIXA
 ESCALA : 1/20

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO		FACULDADE DOCTUM – CAMPUS JUIZ DE FORA ENGENHARIA CIVIL 10º NOTURNO TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO	
TÍTULO DO PROJETO PROJETO ARQUITETÓNICO		CONTEÚDO DA FOLHA - Detalhe Armadura Pilar P4	
ORIENTADOR(A) : DANIELA SILVA SANTURIO		RUA: RUA PLACIDO DE MAGALHES GOMES BAIRRO: RESIDENCIAL SÃO CARLOS CIDADE: JUIZ DE FORA	FOLHA 01 / 01
RESPONSÁVEL: CHRYSIAN VASCONCELOS, DIEGO CAMPOS, GISELE SOUZA		DATA DA IMPRESSÃO 14/11/2018	

Apêndice 8 – Detalhe pilar reforçado



ANEXOS

Anexo 1 – Modelo orientativo para realização de obras de reforma em edificações

Modelo com exemplos não restritivos para os sistemas das edificações.

Sistema	Atividade Responsável	
Equipamentos Industrializados	Qualquer reforma para instalação de equipamentos industrializados, com características diferentes das previstas originalmente em projeto.	Empresa especializada
	Reforma para continuidade de uso do equipamento	Empresa capacitada
Hidrossanitário	Qualquer reforma para alteração do sistema ou adequação para instalação de equipamentos com demanda diferente do originalmente projetado	Empresa especializada
	Reforma de dispositivos com manutenção das características originais	Empresa capacitada
Prevenção e combate a incêndio	Qualquer reforma para alteração do sistema ou adequação para instalação de equipamentos com demanda diferente do originalmente projetado	Empresa especializada
	Reforma de dispositivos com manutenção das características originais	Empresa capacitada
Instalações elétricas	Qualquer reforma para alteração do sistema ou adequação para instalação de equipamentos com demanda diferente do originalmente projetado	Empresa especializada
	Reforma de dispositivos com manutenção das características originais	Empresa capacitada
Instalações de gás	Qualquer reforma para alteração do sistema ou adequação para instalação de equipamentos com demanda diferente do originalmente projetado	Empresa especializada
	Reforma de dispositivos com manutenção das características originais	Empresa capacitada

Dados e comunicação	Qualquer reforma para alteração do sistema ou adequação para instalação de equipamentos com demanda diferente do originalmente projetado	Empresa especializada
	Reforma de dispositivos com manutenção das características originais	Empresa capacitada
Automação	Qualquer reforma para alteração do sistema ou adequação para instalação de equipamentos com demanda diferente do originalmente projetado	Empresa especializada
	Reforma de dispositivos com manutenção das características originais	Empresa capacitada
Ar-condicionado, exaustão, ventilação	Qualquer reforma para alteração do sistema ou adequação para instalação de equipamentos com demanda diferente do originalmente projetado	Empresa especializada
	Reforma de dispositivos com manutenção das características originais	Empresa capacitada
Novos componentes a edificação	A instalação de qualquer componente à edificação, não previsto no projeto original ou em desacordo com o manual de uso, operação e manutenção do edifício ou memorial descritivo. Qualquer obra que implique alteração de áreas da edificação ou da unidade autônoma	Empresa especializada
Revestimentos	Troca de revestimentos desde que não sejam utilizados martelos ou ferramentas de alto impacto, para retirada do revestimento anterior	Empresa capacitada
	Troca de revestimentos com uso de martelos ou ferramentas de alto impacto, para retirada do revestimento anterior	Empresa especializada

Impermeabilização	Qualquer reforma para substituição ou que interfira na integridade ou na proteção mecânica	Empresa especializada
Vedação	Qualquer reforma que interfira na integridade, alteração de disposição original, retirada ou inserção de novos elementos	Empresa especializada
Esquadrias e fachadas cortina	Qualquer reforma, para alteração do sistema ou adequação para instalação de esquadrias ou fachadas-cortina e seus componentes com especificação diferente a originalmente projetada	Empresa especializada
	Reforma ou substituição de componentes com manutenção das características originais	Empresa capacitada
Estrutura	Qualquer intervenção em elementos da estrutura, como: furos e aberturas alteração de seção de elementos estruturais alteração do carregamento previsto no projeto que implique aumento ou redução de carga. reforços estruturais recuperação estrutural restauração estrutural alteração de área construída alteração da função ou uso da edificação ou de partes remoção ou acréscimo de paredes	Empresa especializada

A.1.1. Empresas especializadas apresentam anotações de responsabilidade técnica sobre os trabalhos executados. Estes documentos classificam as atividades e informam o nome do profissional responsável por elas.

Anexo 2 – Ábaco de Venturini.

23A

