ANEXO V

LAUDO TÉCNICO PARA AVALIAÇÃO ESTRUTURAL – DELEGACIA DA RECEITA FEDERAL DE MACEIÓ – AL.

PJL CONSTRUÇÕES
CNPJ: 30.635.870/0001-06

MACEIÓ – AL, OUTUBRO/2023.

Este documento não tem títulos. Para adicionar títulos ao Sumário, vá para Página Inicial > Estilos

1. IDENTIFICAÇÃO DOS SERVIÇOS

Contratante: UNIÃO, POR INTERMÉDIO DA SUPERINTENDÊNCIA REGIONAL DA RECEITA FEDERAL DA 4ª REGIÃO (SRRF04).
CNPJ: 00.394.460/0083-98
Endereço: Rua Alfredo Lisboa, N° 1152, Bairro do Recife, Recife/PE.
Processo n°: 13083.033607/2023-40
Dispensa Eletrônica n°: 27/2023
Termo de Contrato n°: 18/2023
Assunto: Laudo de Avaliação Estrutural
Escopo: Elaboração de Laudo de Avaliação Estrutural do Prédio da Delegacia da Receita Federal de Maceió/AL.

2. HISTÓRICO

Em atendimento a solicitação da Superintendência Regional da Receita Federal da 4ª região (SRRF04) – Recife/PE, iniciou-se no dia 08 de Agosto de 2023, às 08:30 h, o levantamento in loco das estruturas de concreto do Prédio da Delegacia da Receita Federal, localizado na Rua Sá e Albuquerque, 541 – Jaraguá – Maceió/AL. E no fim do mesmo dia foi concluído.

3. OBJETIVO

O presente laudo tem como objetivo identificar as patologias nas estruturas de concreto da edificação, apontar as possíveis causas desses sinistros e soluções para recuperação destas estruturas.

4. PRESSUPOSTOS, RESSALVAS E FATORES LIMITANTES

As conclusões deste trabalho são baseadas em inspeções visuais realizadas in loco, com referência à bibliografia técnica pertinente.

Para alcançar o objetivo deste trabalho técnico, adotou-se a seguinte linha

de procedimentos:

1 - Análise dos projetos existentes;

2 - Inspeção in loco;

3 - Relatório fotográfico;

4 - Análise das configurações das manifestações patológicas;

5 - Recomendações estruturais;

6 - Técnicas para recuperação e reforço estrutural;

7 - Conclusões.

Obs: Não foi disponibilizado, o projeto estrutural e o projeto de fundação da edificação analisada.

5. MÉTODOS E PROCEDIMENTOS

Este documento será formulado com base na vistoria de engenharia, realizada na inspeção predial, definida na Norma de Inspeção Predial do IBAPE/SP – (Instituto Brasileiro de Avaliações e Pericias de Engenharia de São Paulo) e na Norma de Inspeção Predial Nacional do IBAPE Nacional.

Também serão consultadas as normas técnicas publicadas pela ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas a seguir relacionadas:

a) NBR 6.118/2014 - Execução de estrutura de concreto - Procedimentos;

b) NBR 13.752 – Perícias de engenharia na construção civil.

O IBAPE classifica os níveis e tipos de inspeção predial, as anomalias e falhas, graus de risco e de condição de uso da seguinte forma:

a) Quanto ao tipo;

Definição da natureza do elemento construtivo a ser inspecionado.

b) Quanto ao nível;

NÍVEL 1:

Consiste na identificação e avaliação de anomalias e falhas aparentes. Esta vistoria deve ser realizada por um profissional habilitado na área de conhecimento que tenha total capacidade para avaliar uma edificação menos complexa.

NÍVEL 2:

Corresponde à execução de uma inspeção mais detalhada. Nesse caso, vários profissionais de diferentes áreas de atuação realizam uma vistoria mais complexa com o auxílio de equipamentos específicos. Além disso, há uma análise de documentos técnicos para identificar a gravidade dos problemas encontrados no edifício.

NÍVEL 3:

Nesta etapa, o objetivo central é identificar as anomalias aparentes e ocultas. Os parâmetros utilizados para identificar a vida útil do prédio são testes locais e laboratoriais, ensaios e exames. Sendo assim, podemos dizer que o nível 3 é uma junção do nível 2 com uma análise mais profunda.

c) Quanto às anomalias;

ENDÓGENA:

Originaria da própria edificação (projeto, materiais e execução).

EXÓGENA:

Originaria de fatores externos a edificação, provocados por terceiros.

NATURAL:

Originaria de fenômenos da natureza.

FUNCIONAL:

Originaria da degradação de sistemas construtivos pelo envelhecimento natural e, consequente, término da vida útil.

d) Quanto ao grau de risco;

CRÍTICO:

Risco de provocar danos contra a saúde e segurança das pessoas e do meio ambiente; perda excessiva de desempenho e funcionalidade causando possíveis paralisações; aumento excessivo de custo de manutenção e

recuperação; comprometimento sensível de vida útil.

MÉDIO:

Risco de provocar a perda parcial de desempenho e funcionalidade da edificação sem prejuízo à operação direta de sistemas, e deterioração precoce.

MÍNIMO:

Risco de causar pequenos prejuízos à estética ou atividade programável e planejada, sem incidência ou sem a probabilidade de ocorrência dos riscos críticos e regulares, além de baixo ou nenhum comprometimento do valor imobiliário.

e) Quanto a condição de uso.

USO REGULAR:

Quando a edificação inspecionada, encontra-se ocupada e utilizada de acordo com o uso previsto no projeto.

USO IRREGULAR:

Quando a edificação inspecionada, encontra-se ocupada e utilizada de forma irregular, com o uso divergente do previsto no projeto.

6. DA VISTORIA, IDENTIFICAÇÃO DAS PATOLOGIAS E ANÁLISE TÉCNICA

A vistoria técnica foi realizada no dia 08/08/2023, na Sede do Prédio da Delegacia da Receita Federal de Maceió – AL. Edificação composta por prédio administrativo e prédio anexo, conforme figuras 1 e 2.

Quanto ao tipo de construção, a edificação caracteriza-se como uma edificação em concreto armado, com alvenaria de vedação em tijolo de barro cru. E sua condição de uso é regular.

O levantamento realizado é de Nível 1, e através deste foi possível identificar as principais patologias encontradas na edificação e determinar suas prováveis causas.



Figura 1: Fachada principal (Prédio Administrativo e Prédio anexo).

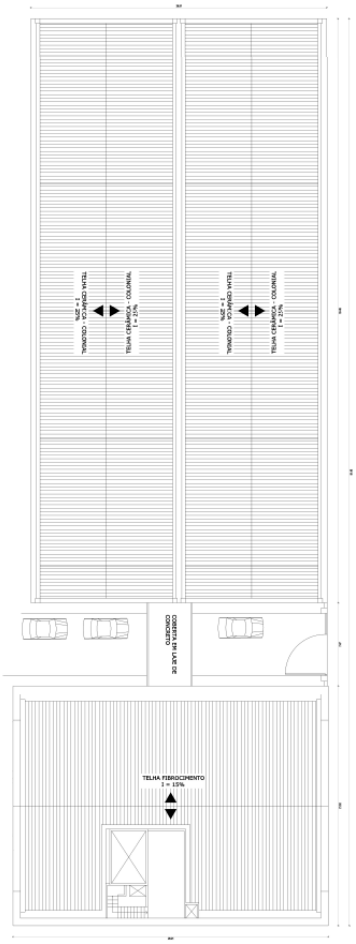


Figura 2: Planta da Coberta.

6.1 PRÉDIO ANEXO

A figura a seguir, corresponde a planta baixa do prédio anexo da Delegacia da Receita Federal de Maceió - AL. E a localização das patologias identificadas está disposta conforme, Figura 3.



Figura 3: Planta Baixa – Prédio Anexo.

6.1.1 PATOLOGIAS IDENTIFICADAS – PILAR (Pa)

A figura 4 a seguir, corresponde ao pilar (Pa), situado no Prédio Anexo, sala do CAC (Centro de atendimento ao contribuinte), e que apresenta fissuras e trincas aparentes em sua estrutura.



Figura 4: Vista frontal e Vista lateral do Pilar (Pa), localizado na sala do CAC.

• CLASSIFICAÇÃO DO PROBLEMA

Anomalia Endógena.

• RISCO

Crítico.

• MANIFESTAÇÕES

Fissuras e Trincas verticais nas paredes do pilar. Essas anomalias surgem na base do pilar, e se propagam para cima, acompanhando as barras longitudinais da armadura.

• POSSÍVEIS CAUSAS DA FISSURAÇÃO

1 – Cobrimento das armaduras, inadequado à classe de agressividade do ambiente (Classe de agressividade III).

2 – Erros de execução (armadura mal posicionada, materiais inadequados

ou sem controle de qualidade, cura deficiente, etc).

3 – Efeito da retração hidráulica impedida, devida à perda de água para o meio ambiente com maior velocidade que essa mesma perda de água no bloco de fundação. Permitindo a corrosão das barras de aço, agora expostas ao meio ambiente agressivo, e expansão diametral(inchaço) do concreto, que fica entre a barra de aço e a superfície da estrutura.

• RECOMENDAÇÕES

1 – Recuperação estrutural, realizando a injeção de resina epóxi em fissuras e trincas superficiais.

2 – Recuperação estrutural, em regiões danificadas apresentando trincas com abertura superior a 3 mm e armaduras expostas. Não sendo constatada a perca da seção de aço original, superior a 15%.

3 – Reforço estrutural, através da técnica de encamisamento. Quando a seção de aço comprometida supera os 15% da seção original.

• PROPOSTA DE SOLUÇÃO PARA A SITUAÇÃO VERIFICADA

Reforço do pilar de concreto armado, através da técnica de encamisamento.

6.1.2 PATOLOGIAS IDENTIFICADAS – PILAR (Pb)

A figura 5 a seguir, corresponde ao pilar (Pb), situado no Prédio Anexo, hall de circulação, e que apresenta fissuras e trincas aparentes em sua estrutura.



Figura 5: Vista frontal do Pilar (Pb), localizado no hall de circulação.

• CLASSIFICAÇÃO DO PROBLEMA

Anomalia Endógena.

• RISCO

Crítico.

• MANIFESTAÇÕES

Fissuras e Trincas verticais nas paredes do pilar. Essas anomalias surgem na base do pilar, e se propagam até uma altura de cerca de 2 m.

• POSSÍVEIS CAUSAS DA FISSURAÇÃO

1 – Cobrimento das armaduras, inadequado à classe de agressividade do ambiente.

2 – Erros de execução (armadura mal posicionada, materiais inadequados ou sem controle de qualidade, cura deficiente, etc).

3 – Concentração de tensões de tração em barras verticais, em região com insuficiência de armadura transversal (Estribos).

• RECOMENDAÇÕES

1 – Recuperação estrutural, realizando a injeção de resina epóxi em fissuras e trincas superficiais.

2 – Recuperação estrutural, em regiões danificadas apresentando trincas com abertura superior a 3 mm e armaduras expostas. Não sendo constatada

a perca da seção de aço original, superior a 15%.

3 – Reforço estrutural, através da técnica de encamisamento. Quando a seção de aço comprometida supera os 15% da seção original.

• PROPOSTA DE SOLUÇÃO PARA A SITUAÇÃO VERIFICADA

Reforço do pilar de concreto armado, através da técnica de encamisamento.

6.2 COBERTA EM LAJE

A figura a seguir, corresponde a coberta em laje de concreto, situada no hall de acesso aos prédios (Administrativo e Anexo), da Delegacia da Receita Federal de Maceió - AL. E a localização das patologias identificadas está disposta conforme, planta da coberta, Figura 6.

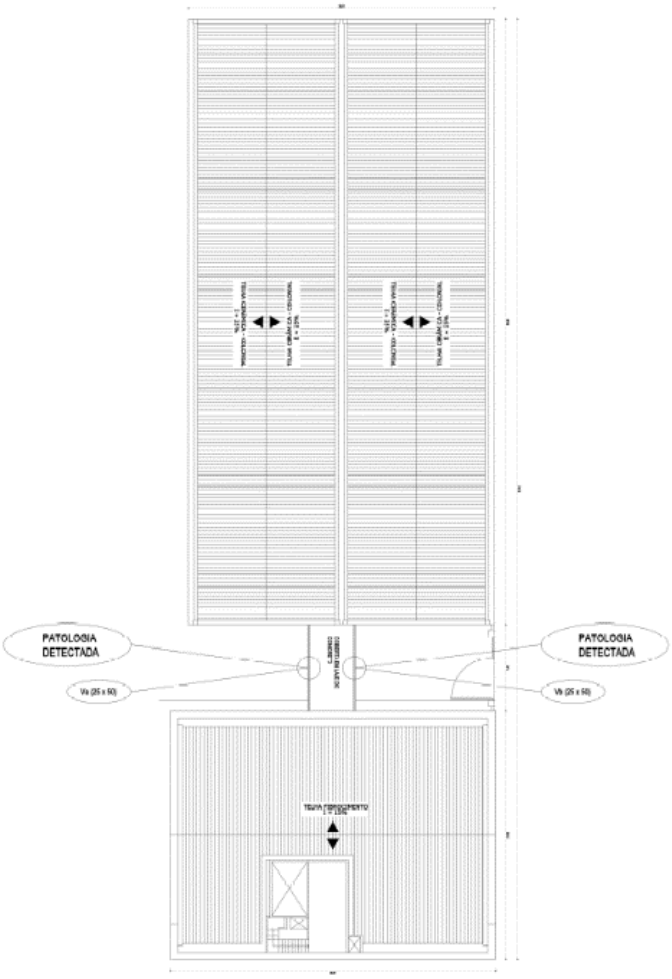


Figura 6: Planta da Coberta.

6.2.1 PATOLOGIAS IDENTIFICADAS – VIGAS (Va) E (Vb)

As figuras 7 e 8 a seguir, correspondem as vigas (Va) e (Vb), situadas na laje de concreto, e que apresentam fissuras e trincas aparentes em suas estruturas.



Figura 7: Vista frontal e inferior da Viga (Va), localizada no hall de acesso.



Figura 8: Vista frontal e inferior da Viga (Vb), localizada no hall de acesso.

• CLASSIFICAÇÃO DO PROBLEMA

Anomalia Endógena.

• RISCO

Crítico.

• MANIFESTAÇÕES

Fissuras e Trincas longitudinais na face inferior de cada viga. Essas anomalias surgem próximas ao centro das vigas (região mais solicitada), e se propagam em direção aos apoios (pilares).

• POSSÍVEIS CAUSAS DA FISSURAÇÃO

1 – Cobrimento das armaduras, inadequado à classe de agressividade do

ambiente.

2 – Erros de execução (armadura mal posicionada, materiais inadequados ou sem controle de qualidade, cura deficiente, etc).

3 – Corrosão da armadura. Edificação próxima ao mar, logo, as estruturas estão propícias a ação de cloretos nos poros do concreto, atingindo as armaduras. As fissuras apresentam-se no sentido das armaduras longitudinais da viga, em direção aos apoios (pilares).

• RECOMENDAÇÕES

1 – Recuperação estrutural, realizando a injeção de resina epóxi em fissuras e trincas superficiais.

2 – Recuperação estrutural, em regiões danificadas apresentando trincas com abertura superior a 3 mm e armaduras expostas. Não sendo constatada a perca da seção de aço original, superior a 15%.

3 – Reforço estrutural, através da técnica de encamisamento. Quando a seção de aço comprometida supera os 15% da seção original.

• PROPOSTA DE SOLUÇÃO PARA A SITUAÇÃO VERIFICADA

Recuperação estrutural das vigas de concreto armado, nas regiões danificadas, com utilização de argamassa polimérica de base cimentícia ou graute.

6.3 PRÉDIO ADMINISTRATIVO

A foto a seguir, corresponde ao Reservatório de água, em concreto, localizado na coberta do prédio administrativo da Delegacia da Receita Federal de Maceió - AL. E a localização das patologias identificadas está disposta conforme, planta da coberta, Figura 9.

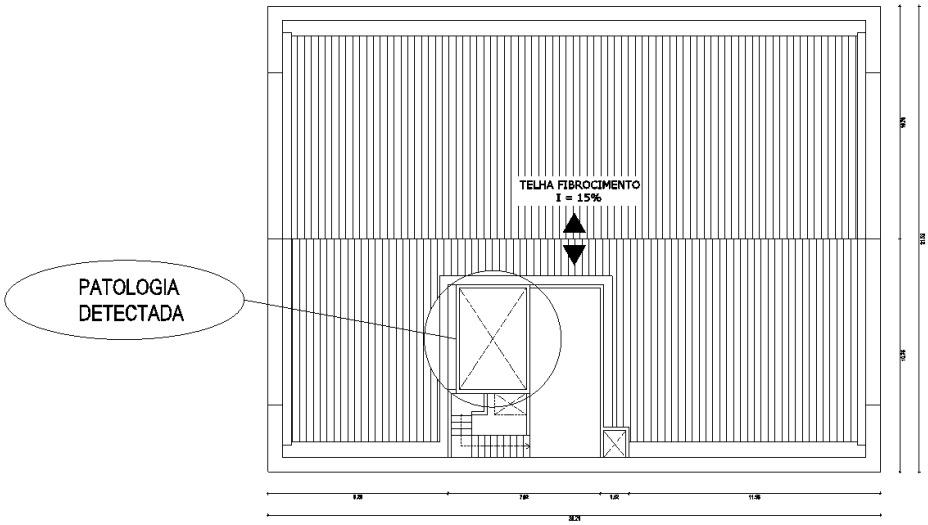


Figura 9: Planta da Coberta.

6.3.1 PATOLOGIAS IDENTIFICADAS – RESERVATÓRIO DE ÁGUA

As figuras 10, 11, 12 e 13 a seguir, correspondem a estrutura do reservatório de água, em concreto, situada na coberta do Prédio Administrativo, e que apresenta fissuras e trincas aparentes, em todo o perímetro da laje da tampa e nas paredes de concreto.



Figura 10: Vista frontal do Reservatório em concreto.



Figura 11: Vista lateral do Reservatório em concreto.

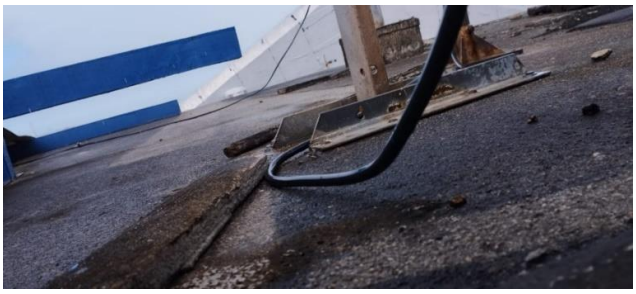


Figura 12: Vista superior do Reservatório em concreto.



Figura 13: Parede lateral esquerda do Reservatório em concreto.

• CLASSIFICAÇÃO DO PROBLEMA

Anomalia Endógena.

• RISCO

Médio.

• MANIFESTAÇÕES

1 – Fissuras e Trincas horizontais nas paredes do reservatório de concreto. Essas anomalias surgem no topo das paredes do reservatório, e se propagam paralelamente ao comprimento da laje do reservatório.

2 – Área de concreto (parede) com cobrimento rompido e malha de aço com aparente oxidação.

3 – Infiltrações na laje da coberta do reservatório.

• POSSÍVEIS CAUSAS DA FISSURAÇÃO

1 – Dilatação plana da laje e abaulamento (curvatura) provocado pelo gradiente de temperaturas. Essas movimentações introduzem tensões de tração e cisalhamento nas alvenarias, completando seu mecanismo de ruptura.

2 – No caso de ruptura do concreto das paredes. Cobrimento das armaduras, inadequado à classe de agressividade do ambiente (Classe de agressividade III). E erros de execução (armadura mal posicionada, materiais inadequados ou sem controle de qualidade, cura deficiente, etc).

• RECOMENDAÇÕES

1 – Demolição da laje da tampa do reservatório, seguida de concretagem de uma nova laje.

2 – Restauração das paredes do reservatório.

• PROPOSTA DE SOLUÇÃO PARA A SITUAÇÃO VERIFICADA

1 – Remover todo o concreto danificado (onde houver ruptura do concreto das paredes), substituir as armaduras corroídas (se estas tiverem mais de 15% de sua seção original comprometida), restaurar o concreto das paredes, com: concreto projetado, argamassa polimérica ou graute.

2 – Concretagem de uma nova laje, com utilização de elementos de baixa aderência (neoprene, manta asfáltica, etc) entre a (cinta ou parede) e a laje. Permitindo o deslocamento dos elementos individualmente, ou seja, o elemento redutor de atrito resultará em uma junta de dessolidarização.

3 – Isolar termicamente a laje da tampa do reservatório.

7. TÉCNICAS PARA RECUPERAÇÃO E REFORÇO ESTRUTURAL

Para escolha da técnica de recuperação adequada, exige-se um conhecimento prévio das causas que deram origem ao problema, propriedades e características de desempenho dos materiais utilizados, equipamentos apropriados e mão-de-obra especializada. Cabe ressaltar que a recuperação do elemento danificado só é eficaz, quando não se constata o recalque das

fundações da edificação, pois neste caso representaria apenas uma maquiagem do problema, encobrindo o estado crítico da estrutura.

A técnica de reforço estrutural, utilizada neste trabalho está acompanhada de cálculo estrutural. Optando-se pela utilização desta, uma vez que, o tipo de vistoria efetuada, não identifica o estado de corrosão das armaduras das estruturas de concreto armado. Restando ao projetista, estimar as cargas atuantes na edificação, e proceder com o cálculo de aço e concreto necessário a resistir aos esforços solicitantes.

As etapas adotadas para reparo ou reforço de estruturas de concreto são:

1 – SISTEMAS TEMPORÁRIOS DE TRANSMISSÃO DE CARGAS

Escoramento de vigas e lajes no andar localizado, abrangendo toda área de influência de cargas.

2 – REMOÇÃO MECÂNICA DE PARTÍCULAS SOLTAS

Remover todo o concreto na região fissurada e/ou com ninhos de pedra ou concreto segregado ou desagregado, mediante processo manual e/ou mecânico, com a utilização de ponteiro e marreta, e/ou martelete dotado de ponteiro, tomando-se o cuidado de não danificar a armadura existente.

3 – JATEAMENTO COM AREIA

A ferragem exposta danificada (corroída) deverá receber jateamento com areia para que os elementos comprometidos sejam retirados. Após o jateamento, deverá ser executada a limpeza de aço com lixamento e escovamento com escova de aço, até a completa remoção de partículas soltas, materiais indesejáveis e corrosão.

4 – PREPARAÇÃO COM FUNDO CONVERTEDOR DE FERRUGEM

A ferragem após a limpeza deve passar pela aplicação de pintura com produto convertedor de ferrugem, para que qualquer possível resquício de ferrugem seja devidamente neutralizado.

5 – PINTURA ADESIVA (PONTE DE ADERÊNCIA)

Deverá ser aplicado resina epóxi, a fim de proporcionar aderência do concreto velho existente com a argamassa de recomposição. O produto, deverá ser aplicado como pintura (com pincel ou trincha). A superfície deve

estar limpa, livre de impurezas, pinturas, poeira, óleo, graxa, desmoldantes, nata de cimento, ferrugem, etc. É imprescindível a leitura do manual e/ou ficha técnica do produto utilizado por parte do responsável técnico e do mestre de obras para que haja total entendimento sobre a aplicação do produto.

7.1. REFORÇO POR ENCAMISAMENTO

O reforço de pilares por encamisamento, consiste no aumento da seção transversal do pilar, com concreto ou graute de resistência adequada e com a utilização de armaduras suplementares. O acréscimo de seção não precisa ser feito em todo contorno do pilar, podendo ser feito em apenas algumas faces, ou seja, este tipo de reforço pode envolver total ou parcialmente a seção original da estrutura existente.

Os procedimentos adotados para o reforço estrutural por encamisamento, serão descritos em etapas, e ilustrados conforme figura 14.

As etapas a serem adotadas no encamisamento de pilares, são:

a) são executadas duas aberturas (janelas) na laje, próximas à cabeça do pilar, uma para o lançamento e outra para o refluxo de massa; o concreto existente é apicoado com ponteiro e a poeira removida com escova ou jato de ar;

b) a armadura suplementar é posicionada e a resina epóxi é aspergida contra a superfície do pilar;

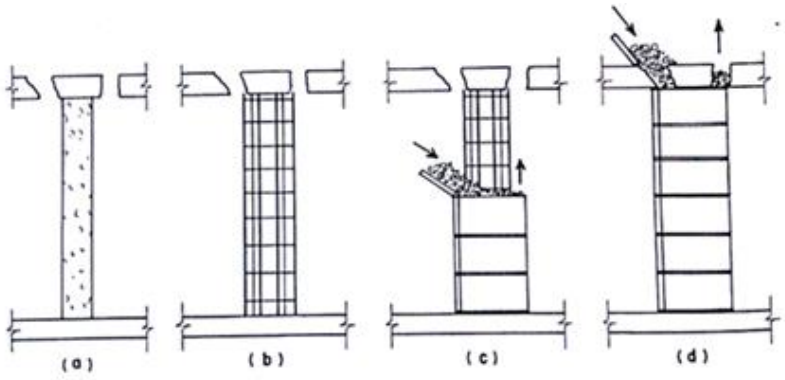
c) as formas, previamente preparadas, vão sendo colocadas em etapas, assim como se vai procedendo ao lançamento e ao adensamento do concreto;

d) a última aduela de forma é posicionada; o concreto é lançado e vibrado por uma das janelas inicialmente abertas, refluindo pela outra.

obs: No caso da impossibilidade de abertura de janelas, por exemplo por presença de vigas, o concreto deve ser lançado até a máxima altura

possível; o enchimento do último segmento com poucos centímetros de altura é então executado com argamassa de cimento e areia (1:2 ou 1:3), com consistência de farofa, energicamente apiloada contra a superfície do pilar e a superfície da viga ou laje superior.

Figura 14: Reforço de pilar com concreto e armaduras suplementares.



Fonte: ERCIO THOMAS (2020).

7.2. RECUPERAÇÃO OU REPARO ESTRUTURAL

A técnica de recuperação ou reparo estrutural, consiste na recomposição da área de concreto danificada, uma vez que, não seja constatada uma perca de seção de aço, superior a 15% da original. Podendo em alguns casos serem utilizadas armaduras de complementação, com furação no concreto existente, e utilização de ancoragem química (resina epóxi injetável ou graute).

7.2.1 EM VIGAS DE CONCRETO

Os procedimentos adotados para a recuperação ou reparo estrutural em vigas de concreto, serão descritos em etapas, e ilustrado conforme figura 15.

As etapas a serem adotadas na recuperação de vigas, são:

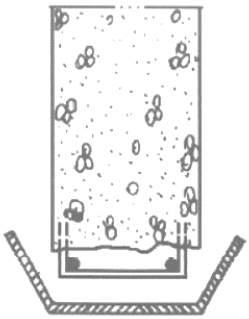
a) Montagem de forma;

b) Preenchimento com argamassa polimérica estrutural ou graute;

c) Desforma e corte do excesso do material de preenchimento;

d) Promover a cura úmida por molhagem com água por um período de sete dias.

Figura 15: Forma para recomposição de Viga.



Fonte: VICENTE CUSTÓDIO, THOMAZ RIPPER (1998).

7.2.2 EM PILARES DE CONCRETO

Os procedimentos adotados para a recuperação ou reparo estrutural, em pilares de concreto, serão descritos em etapas, e ilustrados conforme figuras 16, 17 e 18.

As etapas a serem adotadas no reparo do pilar, são:

a) Armaduras suplementares (transversais);

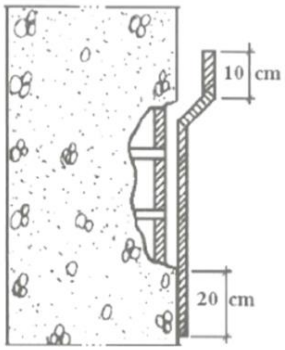
b) Montagem de forma provida de cachimbo;

c) Preenchimento com argamassa polimérica estrutural ou graute;

d) Desforma e corte do excesso do material de preenchimento (cachimbo);

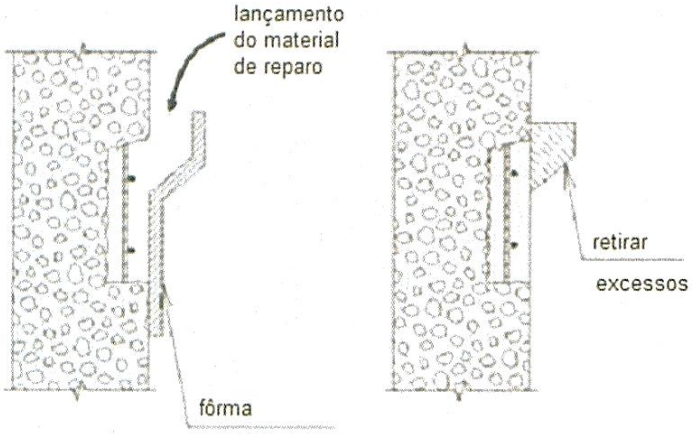
e) Promover a cura úmida por molhagem com água por um período de sete dias.

Figura 16: Forma para recomposição de Pilar.



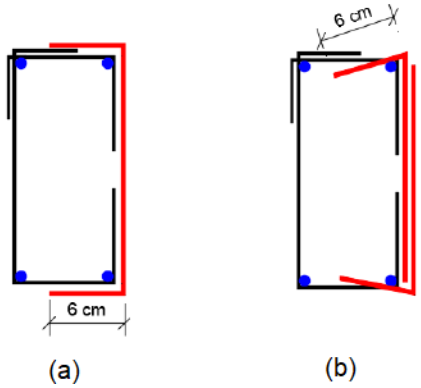
Fonte: VICENTE CUSTÓDIO, THOMAZ RIPPER (1998).

Figura 17: Ilustração de lançamento e desforma do concreto estrutural.



Fonte: Autor, 2023.

Figura 18: Estribo ancorado com arame recozido (a) e Estribo ancorado com chumbador químico (b).



Fonte: Autor, 2023.

7.2.3 EM PAREDES DE CONCRETO

Os procedimentos adotados para a recuperação ou reparo estrutural, em paredes de concreto, serão descritos em etapas, e ilustrado conforme figura 19.

As etapas a serem adotadas no reforço das faces das paredes, são:

a) Montagem e fixação de tela de aço galvanizado, com conectores;

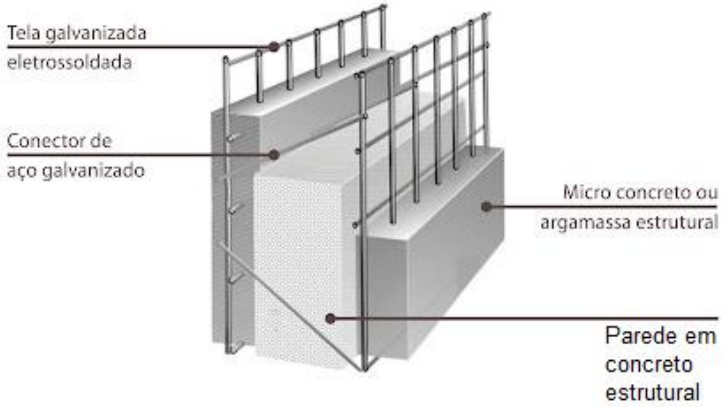
b) Preenchimento com argamassa polimérica estrutural ou graute;

c) Promover a cura úmida por molhagem com água por um período de sete dias.

d) Impermeabilização das superfícies recuperadas.

Obs: A utilização de tela de aço galvanizado ocorrerá somente, onde houver regiões das paredes de concreto com aparente degradação e armadura exposta, devendo ser retirado o concreto em volta das armaduras corroídas, deixando, no mínimo, 2 cm livres em seu contorno. Já o preenchimento ou recomposição de paredes, com argamassa polimérica estrutural ou gruate, abrangerá todas as faces das paredes do reservatório, atendendo um cobrimento nominal mínimo de 5 cm, conforme estabelece a NBR 6118/2014.

Figura 19: Ilustração da ligação tela galvanizada/parede de concreto.



Fonte: Autor, 2023.

8. MEMÓRIA DE CÁLCULO

Este memorial vem para complementar a técnica de reforço estrutural utilizada nos Pilares (Pa) e (Pb). Através do cálculo das armaduras longitudinais e transversais destes elementos estruturais, bem como, o detalhamento e a disposição das barras.

Também será realizado o cálculo das armaduras de uma nova laje de concreto armado, que será utilizada como tampa do reservatório de água.

a) DADOS DO DIMENSIONAMENTO – PILAR (Pa)

- Pilar de extremidade.
- Seção do pilar:
  hx = 70
  hy = 35
- Carga (Nk) de 200 KN, atuando no pilar (Pa), valor estimado
- Mk = 82,4 KN.m → (Momento característico oriundo da viga)
- Fck = 25 Mpa
- Fyk = 500 Mpa = 50 KN/cm²
- γf = 1,4
- γn = 1,0
- Cobrimento (c) de 4 cm, conforme NBR 6118/2014.
- d' = 5 cm
- αb = 1,0 → (para pilares biapoiados com cargas transversais significativas ao longo da altura)

- DOS CÁLCULOS

• Força normal de cálculo (Nd)

Nd = γf x Nk = 1,4 x 200 Kn = 280 KN

Md = γf x γn x Mk = 1,4 x 1,0 x 82,4 KN.m = 115,36 Kn.m ou 11536 KN.cm

Fcd = Fck/γf = (2,5 Kn/cm²)/1,4 = 1,78 KN/cm²

• Índice de Esbeltez

$\lambda x = 3{,}46 \times \frac{Lex}{hx} = 3{,}46 \times \frac{400}{70} = 19{,}77 \rightarrow$ (Pilar curto na direção x) → ($\lambda \leq 35$)

$\lambda y = 3{,}46 \times \frac{Ley}{hy} = 3{,}46 \times \frac{400}{35} = 39{,}54 \rightarrow$ (Pilar médio na direção y) → ($35 < \lambda < 90$)

obs: Considerar efeitos de 2ª ordem na direção y.

• Momento fletor mínimo (M1d,mín) e Excentricidades iniciais de 1ª ordem

- M1d,mín = Nd x (1,5 + 0,03 h), com h em cm. O momento fletor mínimo, em cada direção, é:

Dir. x: M1d,mín,x = 280 x (1,5 + 0,03 . 70) = 1008 kN.cm;

$e1x,mín = \frac{M1d,mínx}{Nd} = 1008/280 = 3{,}6$ cm

Dir. y: M1d,mín,y = 280 x (1,5 + 0,03 . 35) = 714 kN.cm;

$e1y,mín = \frac{M1d,mínx}{Nd} = \frac{714}{280} = 2{,}55$ cm

- Excentricidade inicial devido ao momento já existente no pilar

$e1x = \frac{Md}{Nd} = \frac{115{,}36}{280} = 0{,}41$ cm

- Índice de Esbeltez limite

$$\lambda_1 = \frac{25 + 12{,}5\,\frac{e_1}{h}}{\alpha_b}$$

$\lambda x = [25 + (12{,}5 \times \frac{3{,}6}{70})] / 1 = 25{,}64$

$\lambda y = [25 + (12{,}5 \times \frac{2{,}55}{35})] / 1 = 25{,}91$

• Momentos de 2ª ordem

- Força Normal Adimensional

$$\nu = \frac{N_d}{A_c \cdot f_{cd}}$$

v = (280 KN) / (35 cm x 70 cm x 1,78 KN/cm²) = 0,06

- Raio de Giração em y

$$\frac{1}{r} = \frac{0,005}{h\,(\nu + 0,50)} \leq \frac{0,005}{h}$$

$\frac{1}{r}$ = [0,005] / [35(0,06 + 0,50)] = 2,55 x 10^-4

$\frac{0,005}{hy}$ = 0,005 / 35 = 1,42 x 10^-4

Usaremos: $\frac{1}{r}$ = 1,42 x 10^-4

- Excentricidade de 2ª ordem

$$e_{2y} = \frac{\ell_e^{\,2}}{10}\frac{1}{r}$$

e2y = (400²/10) x (1,42 x 10^-4) = 2,27 cm

- Excentricidade no centro do pilar

e1c = 0,40 * e1x = 0,40 * 0,41 cm = 0,16 cm

- Considerando o momento mínimo de 1ª na direção y, temos:

Md.tot.y = αb * M1d.min.y + Nd * e2y

Md.tot.y = (1 * 714 KN.cm) + (280 KN * 2,27 cm) = 1349,6 KN.cm

- Momento máximo de 2ª ordem em y

M2d.máx.y = Md.tot.y - M1d.mín.y

M2d.máx.y = 1346,6 KN.cm – 714 KN.cm = 635,6 KN.cm

• Cálculo de μ (Fator Ábaco de Venture)

$$\mu = \frac{M_{d,tot,x}}{h_x \,.\, A_c \,.\, f_{cd}}$$

$$\mu = \frac{M_{d,tot,y}}{h_y \,.\, A_c \,.\, f_{cd}}$$

- Direção X

μx = (11536 KN.cm) / (70 cm * 70 cm * 35 cm * 1,78 KN/cm²) = 0,04

- Direção y

μy = (1349,6 KN.cm) / (35 cm * 70 cm * 35 cm * 1,78 KN/cm²) = 8,84 * 10^-3

Adotar para pior situação: μx = 0,04

- Escolha do Ábaco:

d'/hx = (5cm) / (70cm) = 0,07 → (Utilizar o Ábaco A-25)

Pelo Ábaco A-25, temos: w = 0,05

• Cálculo de área de aço com base no w = 0,05

$$A_s = \frac{\omega \, A_c \, f_{cd}}{f_{yd}}$$

As = [(0,05 * 70 cm * 35 cm * 1,78 KN/cm²)] / [(50/1,15)] = 5,01 cm²

Logo adotar 7 Ø 12,5 mm, com área total de aço igual a 8,75 cm², satisfazendo o cálculo acima.

• Detalhamento do pilar

- Armadura Transversal

Estribos:

$$\phi t \geq \begin{cases} 5mm \\ \phi l/4 \end{cases}$$

$$\phi t \geq \begin{cases} 5mm \\ 12{,}5/4 = 3{,}125 \end{cases} \therefore 5mm$$

Espaçamento mínimo

$$Smáx \leq \begin{cases} 20\ cm \\ b \\ 12\phi\ (CA50) \end{cases}$$

$$Smáx \leq \begin{cases} 20\ cm \\ 35\ cm \\ 12\ x\ 1{,}25 = 15\ cm \end{cases} \therefore 14\ cm$$

- Detalhe dos Estribos nas faces do pilar

A figura 20 em anexo 01, representa o corte da seção transversal do pilar (Pa), após à execução da técnica de encamisamento.

b) DADOS DO DIMENSIONAMENTO – PILAR (Pb)

- Pilar intermediário.
- Seção do pilar:

  hx = 50

  hy = 40
- Carga (Nk) de 484 KN, atuando no pilar (Pb), valor estimado.
- Fck = 25 Mpa
- Fyk = 500 Mpa = 50 KN/cm²
- γf = 1,4
- γn = 1,0
- Cobrimento (c) de 4 cm, conforme NBR 6118/2014.
- d' = 5 cm
- αb = 1,0 → (para pilares biapoiados com cargas transversais significativas ao longo da altura)

- DOS CÁLCULOS

• Força normal de cálculo (Nd)

Nd = γf x Nk = 1,4 x 484 Kn = 677,6 KN ~ 678 KN

Fcd = Fck/γf = (2,5 Kn/cm²)/1,4 = 1,78 KN/cm²

• Índice de Esbeltez

γx = 3,46 x $\frac{Lex}{hx}$ = 3,46 x $\frac{400}{50}$ = 27,68 → (Pilar curto na direção x) → ($\gamma \leq 35$)

$\aleph y = 3{,}46 \times \frac{Ley}{hy} = 3{,}46 \times \frac{400}{40} = 34{,}60 \rightarrow$ (Pilar curto na direção y) → ($\aleph \leq 35$)

• Momento fletor mínimo (M1d,mín) e Excentricidades iniciais de 1ª ordem

- M1d,mín = Nd x (1,5 + 0,03 h), com h em cm. O momento fletor mínimo, em cada direção, é:

Dir. x: M1d,mín,x = 678 x (1,5 + 0,03 . 50) = 2034 kN.cm;

e1x,mín = $\frac{M1d,mínx}{Nd}$ = 2034/678 = 3,0 cm

Dir. y: M1d,mín,y = 678 x (1,5 + 0,03 . 40) = 1830,60 kN.cm;

e1y,mín = $\frac{M1d,mínx}{Nd}$ = 1830,60/678 = 2,70 cm

- Índice de Esbeltez limite

$$\lambda_1 = \frac{25 + 12{,}5\,\frac{e_1}{h}}{\alpha_b}$$

λx = [25 + (12,5 x $\frac{3{,}0}{50}$)] / 1 = 25,75 (Efeitos de 2ª ordem na direção x).

λy = [25 + (12,5 x $\frac{2{,}70}{40}$)] / 1 = 25,84 (Efeitos de 2ª ordem na direção y).

• Momentos de 2ª ordem

- Força Normal Adimensional

$$\nu = \frac{N_d}{A_c \,.\, f_{cd}}$$

v = (678 KN) / (40 cm x 50 cm x 1,78 KN/cm²) = 0,19

- Raio de Giração em x

$$\frac{1}{r} = \frac{0{,}005}{h\,(\nu + 0{,}50)} \leq \frac{0{,}005}{h}$$

$\frac{1}{r}$ = [0,005] / [50(0,19 + 0,50)] = 1,44 x 10^-4

$\frac{0{,}005}{hx}$ = 0,005 / 50 = 1,00 x 10^-4

Usaremos: $\frac{1}{r}$ = 1,00 x 10^-4

- Raio de Giração em y

$$\frac{1}{r} = \frac{0{,}005}{h\,(\nu + 0{,}50)} \leq \frac{0{,}005}{h}$$

$\frac{1}{r}$ = [0,005] / [40(0,19 + 0,50)] = 1,81 x 10^-4

$\frac{0{,}005}{hy}$ = 0,005 / 40 = 1,25 x 10^-4

Usaremos: $\frac{1}{r}$ = 1,25 x 10^-4

- Excentricidade de 2ª ordem

$$e_2 = \frac{\ell_e^{\,2}}{10}\frac{1}{r}$$

e2x = (400²/10) x (1,00 x 10^-4) = 1,60 cm

e2y = (400²/10) x (1,25 x 10^-4) = 2,00 cm

- Considerando o momento mínimo de 1ª na direção x, temos:

$Md.tot.x = \alpha b * M1d.min.x + Nd * e2x$

Md.tot.x = (1 * 2034 KN.cm) + (678 KN * 1,60 cm) = 3118,8 KN.cm

- Considerando o momento mínimo de 1ª na direção y, temos:

$Md.tot.y = \alpha b * M1d.min.y + Nd * e2y$

Md.tot.y = (1 * 1830,60 KN.cm) + (678 KN * 2,00 cm) = 3186,6 KN.cm

• Cálculo de μ (Fator Ábaco de Venture)

$$\mu = \frac{M_{d,tot,x}}{h_x \,.\, A_c \,.\, f_{cd}}$$

$$\mu = \frac{M_{d,tot,y}}{h_y \,.\, A_c \,.\, f_{cd}}$$

- Direção X

μx = (3118,80 KN.cm) / (50 cm * 50 cm * 40 cm * 1,78 KN/cm²) = 0,0175

- Direção y

μy = (3186,60 KN.cm) / (40 cm * 50 cm * 50 cm * 1,78 KN/cm²) = 0,018

Adotar para pior situação: μy = 0,018

- Escolha do Ábaco na direção y:

d'/hy = (5cm) / (40cm) = 0,125 → (Utilizar o Ábaco A-3)

w = 0 → (Adotar armadura longitudinal mínima)

- Armadura longitudinal mínima

$A_{s,mín} = (0{,}15\ N_d/f_{yd}) \geq 0{,}004\ A_c$

0,15 * (678/43,47) = 2,34 cm²

0,004 * 50 * 40 = 8,00 cm²

As, mín = 2,34 cm² ≥ 8,00 cm²

As, mín = 8,00 cm²

Logo adotar 7 Ø 12,5 mm, com área total de aço igual a 8,75 cm², satisfazendo o cálculo acima.

• Detalhamento do pilar

- Armadura Transversal

Estribos:

$$\phi t \geq \begin{cases} 5mm \\ \phi l/4 \end{cases}$$

$$\phi t \geq \begin{cases} 5mm \\ 12{,}5/4 = 3{,}125 \end{cases} \therefore 5mm$$

Espaçamento mínimo

$$Smáx \leq \begin{cases} 20\ cm \\ b \\ 12\phi\ (CA50) \end{cases}$$

$$Smáx \leq \begin{cases} 20\ cm \\ 40\ cm \\ 12 \times 1{,}25 = 15\ cm \end{cases} \therefore 14\ cm$$

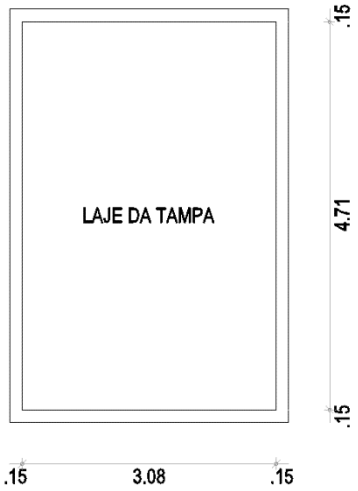
- Detalhe dos Estribos nas faces do pilar

A figura 21 em anexo 02, representa o corte da seção transversal do pilar (Pb), após à execução da técnica de encamisamento.

c) DADOS DO DIMENSIONAMENTO – LAJE DA TAMPA DO RESERVATÓRIO

A laje da tampa tem todas as bordas apoiadas nas vigas-parede. Assim, para a determinação da espessura desse elemento estrutural, pode-se recorrer ao processo da NBR 6118/2014, para avaliação de altura útil. As dimensões dos vãos da laje, estão dispostas conforme figura 22.

Figura 22: Dimensões da laje da tampa do reservatório.



Fonte: Autor, 2023.

- Vãos da laje:

lx = 3,23 m

ly = 4,86 m

ly/lx = 4,86/3,23 = 1,50 ≤ 2 → (Laje armada em duas direções)

- Altura útil da laje (d):

$$d \cong (2{,}5 - 0{,}1n)\ell^{*}$$

n = o número de bordas engastadas

$$\ell^* \leq \begin{cases} \ell_x \\ 0{,}7\ell_y \end{cases} (\text{em m})$$

lx = 3,23

ly = 0,70 * 4,86 = 3,40

Adotar: lx = 3,23

n = 0

fck = 25 Mpa

d = (2,5 – 0,1*0) * 3,23 = 8,08 cm

$$h = d + \phi_\ell/2 + c$$

c = 3,50 cm → (NBR 6118/2014)

h = 8,08 cm + (0,8/2) + 3,50 cm

h = 8,08 cm + (0,8/2) + 3,50 cm

h = 11,98 cm ~ 12,00 cm

- Ações atuantes na laje da tampa

Peso próprio → (0,12 * 25) → 3,00 KN/m²

Revestimento adotado → 1,00 KN/m²

Variáveis → 1,50 KN/m²

Total → 5,50 KN/m²

- Verificação da tensão de cisalhamento

$$V = \nu \frac{p\,\ell_x}{10}$$

• Reação de apoio na direção perpendicular ao eixo x (Vx)

Vx = 3,33 * [(5,50 * 3,23) /10] = 5,92 KN/m

• Reação de apoio na direção perpendicular ao eixo y (Vy)

Vy = 2,50 * [(5,50 * 3,23) /10] = 4,44 KN/m

- Verificação dos momentos fletores

$$m = \mu \frac{p\,\ell_x^{\,2}}{100}$$

• Momento fletor com plano de ação na direção perpendicular ao eixo x (mx)

mx = (7,72 * 5,5 * 3,32²) / 100 = 468 KN.cm/m

• Momento fletor com plano de ação na direção perpendicular ao eixo y (my)

my = (3,89 * 5,5 * 3,32²) / 100 = 223 KN.cm/m

- Cálculo das Armaduras

• Direção X

→ Momento de Cálculo

Md,x = 1,4 * 468 KN.cm/m = 655,20 KN.cm/m

→ Valor de Kc

$$K_c = \frac{b_w . d^2}{M_d}$$

Kc = [100 * 8,08²] / 655,20 = 9,96

βx = 0,08; Ks = 0,024

βx < 0,45 (Ok) → (Verificação do limite dúctil)

βx < 0,26 (Ok) → (Verificação do domínio) → domínio 2

→ Área da Armadura

$$A_s = K_s \frac{M_d}{d}$$

As = [0,024 * 655,20] / 8,08 = 1,95 cm²/m

• Direção Y

→ Momento de Cálculo

Md,y = 1,4 * 223 KN.cm/m = 312,20 KN.cm/m

→ Valor de Kc

$$K_c = \frac{b_w . d^2}{M_d}$$

Kc = [100 * 8,08²] / 312,20 = 20,91

βx = 0,04; Ks = 0,023

βx < 0,45 (Ok) → (Verificação do limite dúctil)

βx < 0,26 (Ok) → (Verificação do domínio) → domínio 2

→ Área da Armadura

$$A_s = K_s \frac{M_d}{d}$$

As = [0,023 * 312,20] / 8,08 = 0,89 cm²/m

- Cálculo das Armaduras mínimas

$$A_{s,mín} = \rho_s . b_w . h = \rho_{mín} . b_w . h$$

• Armadura mínima positiva

As, mín = 0,67 * pmín * bw * h

As, mín = 0,67 * 0,15% * 100 * 12

As, mín = 1,21 cm²/m

- Espaçamento na direção X

• Para barras de Ø 6,3 mm

AsØ = 0,312 cm²/m

• O espaçamento máximo é dado por (NBR 6118/2014, 20.1):

$$s_{máx} \leq \begin{cases} 2.h \\ 20\ \text{cm} \end{cases}$$

$$s_{máx} \leq \begin{cases} 2.h = 2 \,.\, 12 = 24\ \text{cm} \\ 20\ \text{cm} \end{cases}$$

$$s_{máx} \leq 20\ \text{cm}$$

• O espaçamento para barra de Ø 6,3 mm

$$s = \frac{A_{s\phi}}{A_s}$$

S = (0,312 cm²/m) / (1,95 cm²/m) = 0,16 m = 16 cm → (16 cm < 20 cm) → ok

- Espaçamento na direção Y

• Para barras de Ø 6,3 mm

AsØ = 0,312 cm²/m

• O espaçamento máximo é dado por (NBR 6118/2014, 20.1):

$$s_{máx} \leq \begin{cases} 2.h \\ 20\ \text{cm} \end{cases}$$

$$s_{máx} \leq \begin{cases} 2.h = 2 \,.\, 12 = 24\ \text{cm} \\ 20\ \text{cm} \end{cases}$$

$$s_{máx} \leq 20\ \text{cm}$$

• O espaçamento para barra de Ø 6,3 mm

$$s = \frac{A_{s\phi}}{A_s}$$

S = (0,312 cm²/m) / (1,21 cm²/m) = 0,25 m = 25 cm → (adotar S = 20 cm)

• Área efetiva de aço na direção X (Asx,ef)

$$A_{sx,ef} = \frac{A_{s\phi}}{s_{máx}}$$

Asx,ef = (0,312 cm²/m) / 0,16 = 1,95 cm²/m

• Área efetiva de aço na direção Y (Asy,ef)

$$A_{sy,ef} = \frac{A_{s\phi}}{s_{máx}}$$

Asy,ef = (0,312 cm²/m) / 0,20 = 1,56 cm²/m

- Número de barras na direção X (n)

n = 323/16 = 21

- Número de barras na direção Y (n)

n = 486/20 = 25

- Comprimento das barras na direção X (l)

lx,gancho = 10 * Ø = 10 * 0,63 cm = 6,3 cm ~ 7 cm

l = lx + (2 * lx,gancho) = 323 cm + (2 * 7 cm) = 337 cm

- Comprimento das barras na direção Y (l)

ly,gancho = 10 * Ø = 10 * 0,63 cm = 6,3 cm ~ 7 cm

l = ly + (2 * ly,gancho) = 486 cm + (2 * 7 cm) = 500 cm

- Armadura de distribuição

$$As \geq \begin{cases} 0{,}20 \,.\, As,ef \\ 0{,}90 \text{ cm}^2/\text{m} \end{cases}$$

• Direção X

$$As \geq \begin{cases} 0{,}20 \,.\, 1{,}95\ cm^2/m = 0{,}39\ cm^2/m \\ 0{,}90\ cm^2/m \end{cases}$$

Adotar: As,distr = 0,90 cm²/m

• Direção Y

$$As \geq \begin{cases} 0{,}20 \,.\, 1{,}56\ cm^2/m = 0{,}312\ cm^2/m \\ 0{,}90\ cm^2/m \end{cases}$$

Adotar: As,distr = 0,90 cm²/m

• Espaçamento da armadura de distribuição

Ø 6.3 mm → AsØ = 0,312 cm²/m

As,distr = 0,90 cm²/m

$$s = \frac{A_{s\phi}}{A_s}$$

S = [0,312 cm²/m] / 0,90 cm²/m = 0,34 ou 34 cm

• O espaçamento máximo é dado por (NBR 6118/2014, 20.1):

$$s_{máx} \leq \begin{cases} 2.h \\ 20\ \text{cm} \end{cases}$$

$$s_{máx} \leq \begin{cases} 2.h = 2 \,.\, 12 = 24\ \text{cm} \\ 20\ \text{cm} \end{cases}$$

Adotar: Smáx = 20 cm ou 0,20 m

$$A_s = \frac{A_{s\phi}}{s}$$

As,ef = [0,312 cm²] / 0,20 m = 1,56 cm²/m

• Número de barras na direção X

n = 323/20 = 16

• Número de barras na direção Y

n = 486/20 = 24

• Comprimento das barras na direção X (l)

lx,gancho = 10 * ø = 10 * 0,63 cm = 6,3 cm ~ 7 cm

l = lx + (2 * lx,gancho) = 323 cm + (2 * 7 cm) = 337 cm

• Comprimento das barras na direção Y (l)

ly,gancho = 10 * ø = 10 * 0,63 cm = 6,3 cm ~ 7 cm

l = ly + (2 * ly,gancho) = 486 cm + (2 * 7 cm) = 500 cm

- Armadura de borda

As,borda = As,distr = 0,90 cm²/m

ø 5.0 mm → Asø = 0,196 cm²/m

• Espaçamento da armadura de distribuição

ø 5.0 mm → Asø = 0,196 cm²/m

As,borda = 0,90 cm²/m

$$s = \frac{A_{s\phi}}{A_s}$$

S = [0,196 cm²/m] / 0,90 cm²/m = 0,21 ou 21 cm

• O espaçamento máximo é dado por (NBR 6118/2014, 20.1):

$$s_{máx} \leq \begin{cases} 2.h \\ 20\ \text{cm} \end{cases} \quad s_{máx} \leq \begin{cases} 2.h = 2 \,.\, 12 = 24\ \text{cm} \\ 20\ \text{cm} \end{cases}$$

Adotar: Smáx = 20 cm ou 0,20 m

$$A_s = \frac{A_{s\phi}}{s}$$

As,ef = [0,196 cm²] / 0,20 m = 0,98 cm²/m

• Número de barras na direção

$$n = \frac{2 \cdot (lx + ly)}{s}$$

n = [2*(323+486)] / 20 = 80,90 ~ 90

• Comprimento das barras (l)

l,gancho = 10 * Ø = 10 * 0,5 cm = 5,0 cm

$$l = \frac{lx}{5} + (l,gancho)$$

l = [323/5] + 5 cm = 69,60 cm ~ 70,00 cm

- Detalhe da armação

As figuras 23 e 24 em anexo 03, detalham em planta e corte, respectivamente, as armaduras positivas, de distribuição e de borda da laje da tampa.

- Abertura na laje da tampa

Adotar: Abertura de 60 x 60 cm → (Realização de inspeção e manutenção)

Barra → 6,3 Ø

• Comprimento de ancoragem reto

$$\ell_b = \frac{\phi}{4} \cdot \frac{f_{yd}}{f_{bd}}$$

lb = (0,63/4) * [500/(1,15*2,88)] = 23,77 ~ 24 cm

• Comprimento de ancoragem com dobra (a)

$$a = 2h + l_b$$

a = (2 * 12 cm) + (24 cm) = 48 ~ 50 cm

• Área de aço na abertura

As,abertura ≥ As,ef / 2 → (NBR 6118/2014)

→ Direção X

As,abertura ≥ Asx,ef/2 ≥ (1,95 cm²/m)/2 ≥ 0,98 cm²/m → (adotar 2 Ø 8.0 mm)

→ Direção Y

As,abertura ≥ Asy,ef/2 ≥ (1,56 cm²/m)/2 ≥ 0,78 cm²/m → (adotar 2 Ø 8.0 mm)

• Comprimento das barras (l)

l = vão da abertura + 2 . a

l = 60 cm + (2 * 50 cm)

l = 160 cm

- Detalhe da armação

As figuras 25 e 26 em anexo 04, detalham em planta e corte, respectivamente, a abertura na laje da tampa e as armaduras dimensionadas.

9. CONCLUSÕES

Neste laudo, foram analisadas as estruturas de concreto da edificação (Delegacia da Receita Federal de Maceió/AL), que passará por reforma. Na qual, foram identificadas anomalias aparentes que comprometem a função estrutural do prédio.

Observa-se que a edificação possui fachada em estilo colonial, indicando que inicialmente esta era constituída de paredes de alvenaria de tijolo cru, com acabamento em barro, e coberta em madeira e telhas de barro. E que em algum momento passou por uma reforma ampla, passando a ser constituída por sistema de vigas, pilares e lajes em concreto armado. Mantendo apenas as características de sua fachada original.

O projeto executivo para reforma do Prédio da Delegacia da Receita Federal de Maceió/AL, tem em seu escopo: técnicas para reforço estrutural de pilares de

concreto armado, recuperação de vigas de concreto armado e reparação das estruturas do reservatório de água, em concreto (paredes e laje da tampa). Acompanhado de orçamento para execução destes serviços.

Verifica-se que as alterações propostas preliminarmente não alteram o tipo de utilização da estrutura. E que quaisquer anomalias que sejam identificadas na execução da obra devem ser tratadas, ficando ciente que pode ser encontrado algo que não foi identificado na inspeção visual e que deve ser recuperado.

Diante do exposto, conclui-se que a edificação está apta para passar por reforma, e que devem ser executadas as recomendações feitas neste laudo.

Maceió - AL, 02 de Outubro de 2023.

LUÃ MICHEL BRAZ CAVALCANTE
ENGENHEIRO CIVIL
CREA RNP: 0618451579

10. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6.118/2014: Execução de Estruturas de Concreto** – Procedimentos. Rio de Janeiro: ABNT, 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13.752: Perícias de Engenharia na Construção Civil.** Rio de Janeiro: ABNT, 1996.

PUJADAS, Flávia Zoéga Andreatta Pujadas. SALDANHA, Marcelo Suarez Saldanha. **Norma de Inspeção Predial Nacional.** 2012. São Paulo. Pág. 05.

SOUZA, Vicente Custódio Moreira, RIPPER, Thomaz. **Patologia, Recuperação e Reforço de Estruturas de Concreto.** 1ª ed. São Paulo: 5ª tiragem. 2019. Pág. 29.

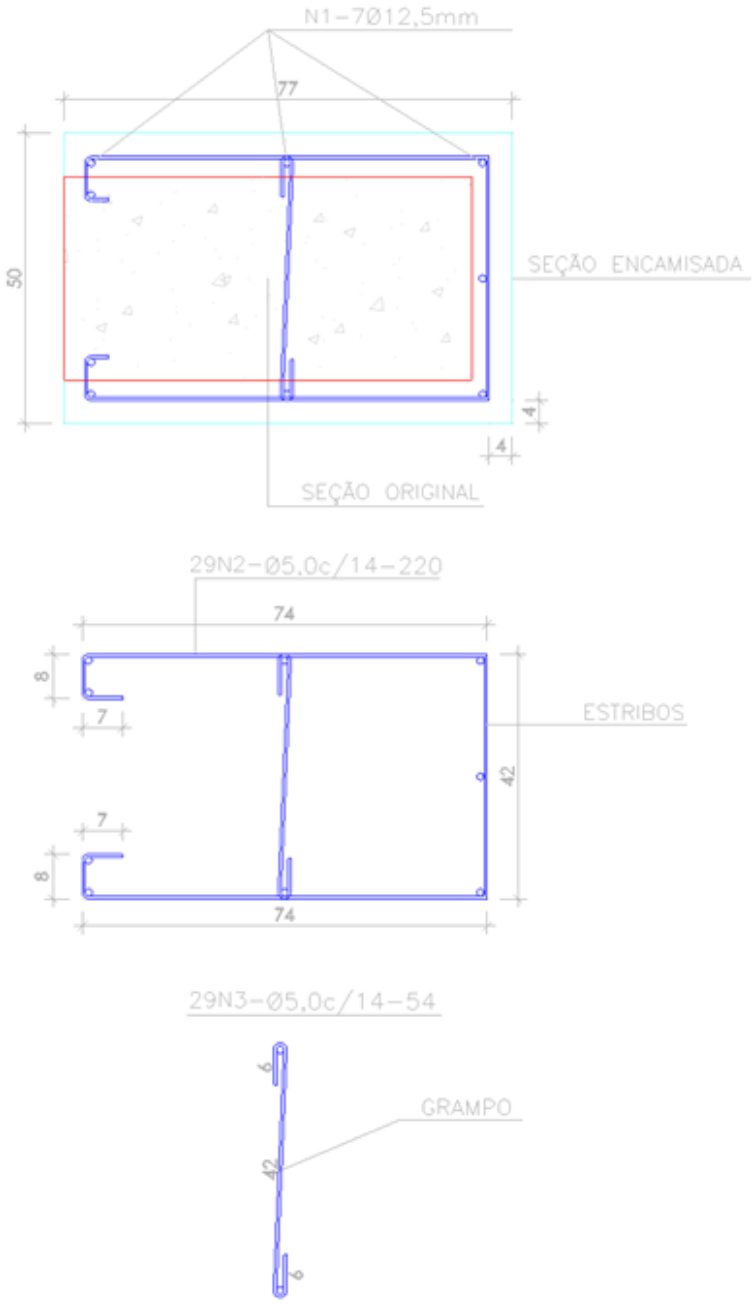
THOMAZ, Prof. Eduardo C. S. **Fissuração -168 Casos Reais.** 30º Reunião Anual do IBRACON, Rio de Janeiro.

THOMAZ, Ercio. **Trincas em Edifícios: causa, prevenções e recuperações.** 2ª ed. São Paulo: 2020.

ANEXOS

ANEXO 01

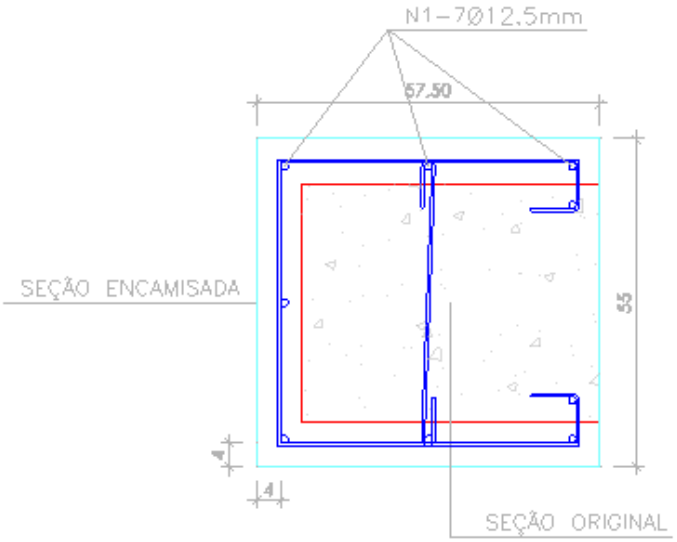
Figura 20: Corte transversal do pilar (Pa)

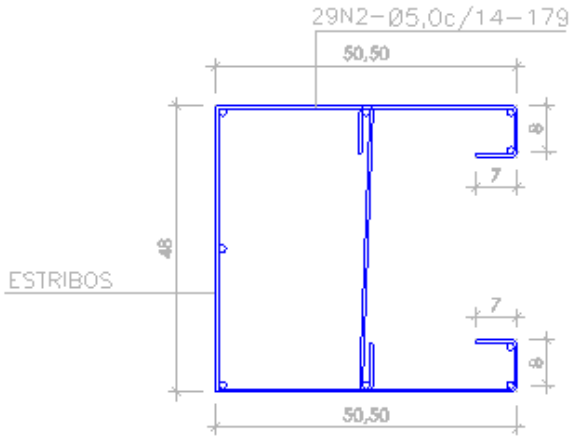


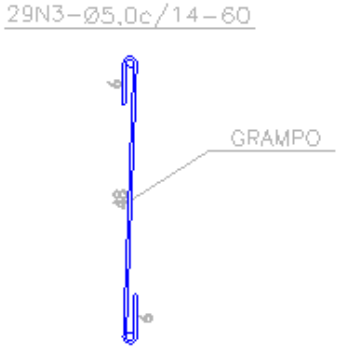
Fonte: Autor, 2023.

ANEXO 02

Figura 21: Corte transversal do pilar (Pb)



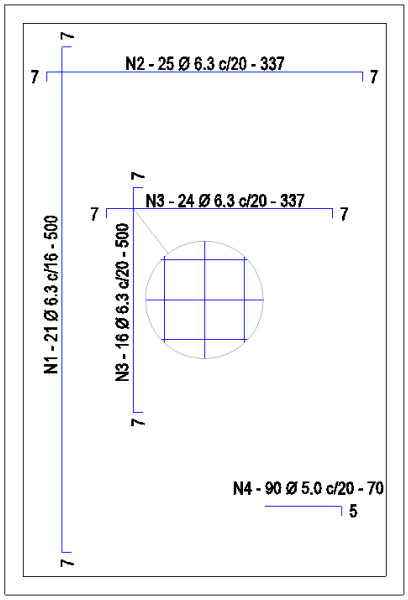




Fonte: Autor, 2023.

ANEXO 03

Figura 23: Distribuição das armaduras em planta.



Fonte: Autor, 2023.

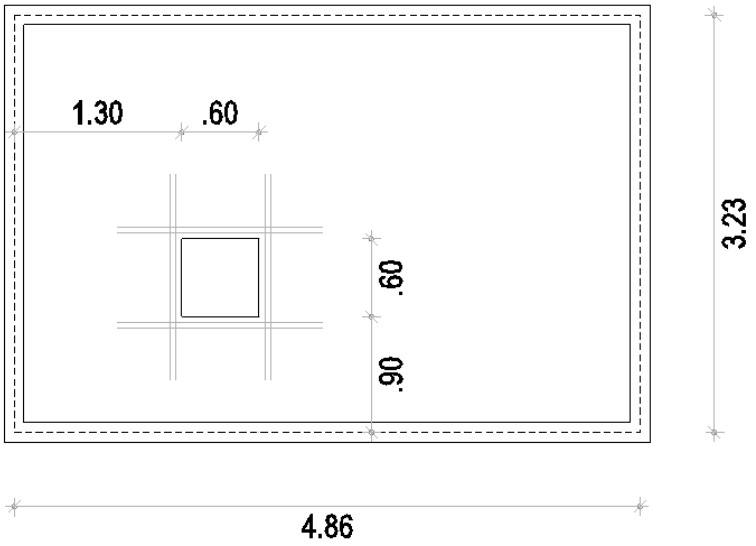
Figura 24: Distribuição das armaduras em corte.



Fonte: Autor, 2023.

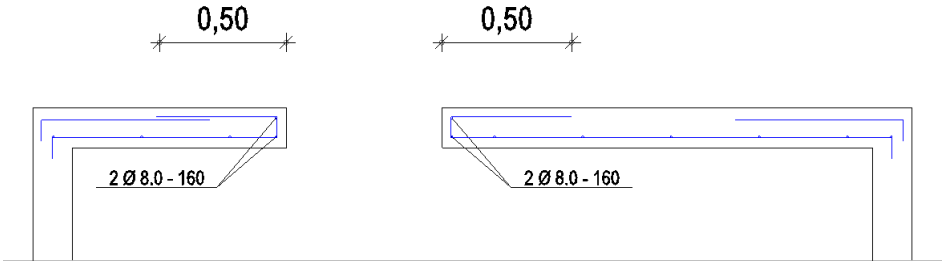
ANEXO 04

Figura 25: Abertura na laje.



Fonte: Autor, 2023.

Figura 26: Distribuição das armaduras em corte.



Fonte: Autor, 2023.