

# **LAUDO TÉCNICO**

## **ANÁLISE E REFORÇO ESTRUTURAL DO BLOCO DE LABORATÓRIOS I**

---

Matheus Ananias de Moraes

CREA: 2120935831

Caraúbas/RN

16/08/2022

## 1 INTRODUÇÃO

O presente Laudo Técnico foi solicitado pela Universidade Federal Rural do Semi-Árido – UFERSA e propõe análise situacional das condições das lajes de concreto armado do bloco de Laboratórios I.

Esse documento norteia-se ao disposto na Norma de Inspeção Predial/2012 do IBAPE (Instituto Brasileiro de Avaliações e Perícias de Engenharia – Entidade Nacional), Norma de Manutenção em Edificações NBR 5674/2012, Norma de Perícias de Engenharia na Construção Civil, NBR 13752/1996, e Norma de Inspeção Predial, NBR 16747/2020.

A Inspeção Predial é ferramenta que propicia a avaliação sistêmica da edificação. Elaborada por profissionais habilitados e devidamente preparados, classifica não conformidades constatadas na edificação quanto a sua origem, grau de risco e indica orientações técnicas necessárias à melhoria da Manutenção dos sistemas e elementos construtivos (IBAPE, 2012). O laudo gerado, a partir da inspeção, pode indicar a necessidade de utilização de um diagnóstico mais aprofundado, com o uso de ensaios (sejam eles destrutivos ou não), conforme recomendação da Norma de Inspeção Predial - IBAPE, para indicação de orientações técnicas.

Por fim, a inspeção predial tem como foco evidenciar os problemas existentes ou a ausência deles, não sendo contemplado projeto de reparo, reforço ou recuperação estrutural, esses que serão executados por empresa ou profissional especializado.

## 2 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

### 2.1 DADOS DE IDENTIFICAÇÃO

**Edificação:** Bloco de Laboratórios I.

**Endereço:** Avenida Universitária Leto Fernandes, Sítio Esperança II, Zona Rural.

**Proprietário:** Universidade Federal Rural do Semi-Árido Campus Caraúbas.

**CNPJ:** 24.529.265/0002-20.

**Idade da edificação:** 9 anos.

**Cômodos:** 10 laboratórios, 3 salas técnicas, 8 banheiros (sendo 4 comuns e 4 para pne), 2 salas para depósito e 1 recepção. Conta também com escada, elevador, circulações e vão vertical entre laboratórios para inspeção.

**Elementos Construtivos:** Estruturas de concreto armado, alvenaria de tijolos cerâmicos, piso de granilite de cor cinza, forro de fibra de vidro, bancadas de alvenaria para realização de ensaios laboratoriais e laje nervurada unidimensional e pré-moldada com enchimento do vão de placas de EPS.

**Utilização e ocupação:** Desde sua finalização, o bloco foi utilizado essencialmente para atividades laboratoriais e aulas ministradas e ocupado por alunos, professores, técnicos administrativos e trabalhadores contratados.

## 2.2 SOLICITAÇÃO E BREVE HISTÓRICO

Com o decorrer do uso da edificação, seus ocupantes relataram o aparecimento de aberturas nas lajes dos pavimentos superiores. Especificamente, duas aberturas por sala de laboratório. O que gerou insegurança por parte deles.

Também foi informado que, em algumas salas do pavimento superior, há ocorrência de movimentação considerável do piso no momento do deslocamento de pessoas e objetos.

Esses fatores levaram a Administração da UFERSA campus Caraúbas a solicitar vistoria e análise situacional das condições de uso da edificação.

## 3 VISITA TÉCNICA

A visita técnica iniciou-se em entrevista completa com os técnicos de laboratório que relataram todo o contexto histórico e as condições atuais dos objetos em estudo. Foram executados também inspeção visual completa de toda a parte interna do bloco, em especial das salas de laboratório. Na ocasião, foi realizado registro fotográfico e realizadas anotações que viriam a compor o material do presente laudo.

Figura 1: Medição da base das nervuras



Figura 2: Medição dos vãos com placas de EPS



Figura 3: Armadura positiva das nervuras



#### **4 NÍVEL DE INSPEÇÃO**

Esta inspeção é classificada como “Inspeção de Nível 1”, realizada em edificações com baixa complexidade técnica, de manutenção e de operação de seus elementos e sistemas construtivos. Normalmente empregada em edificações com planos de manutenção muito simples ou inexistentes.

#### **5 LEVANTAMENTO DE DADOS**

Constatou-se inicialmente a presença de aberturas no piso das lajes do pavimento superior. Tais aberturas se situam paralelamente às, e logo acima das, duas vigas transversais e centrais de cada laboratório, mostrando-se maiores a medida que se aproximam do centro do vão.

Dos seis laboratórios, cinco apresentam esse problema, com exceção do Laboratório de Instalações Elétricas e Telecomunicações (LIT) que apresenta junta de dilatação subdividindo as três lajes da sala.

Também foi constatado que há uma bancada construída em alvenaria posicionada em uma das juntas de dilatação da laje do LIT. Tal bancada apresenta falha centrada no alinhamento da junta (Figura 7).

Além disso, em todas as salas, foi constatada vibração excessiva causada pelo deslocamento de pessoas na estrutura, em especial nas lajes dos laboratórios de eletricidade e magnetismo e óptica e relatividade.

Figura 4: Rachadura no laboratório de óptica e relatividade



Figura 5: Medição do afastamento da laje do laboratório de eletricidade e magnetismo



Figura 6: Rachadura no laboratório de eletricidade e magnetismo



Figura 7: Abertura na bancada do LIT



Figura 8: Junta de dilatação do LIT



## 6 ANÁLISE ESTRUTURAL

Foram analisadas as lajes, de acordo com a NBR 6.118:2014, considerando que todas as nervuras apresentam armadura positiva igual à analisada (Figura 3).

Por conta da inviabilidade de execução de uma inspeção mais precisa da laje por ausência de equipamentos apropriados, a análise da espessura da mesa de concreto foi impossibilitada. Assim, foi admitido um valor de 4 cm, por ser o valor mínimo admitido por norma.

Por fim, os valores de resistências características do concreto e do aço foram adotados como sendo 25 e 500 MPa, respectivamente.

- Comprimento da laje – L: 400 cm;
- Distância entre nervuras: 40 cm;
- Largura da nervura: 12,0 cm;
- Altura útil - d: 9,5 cm;
- Concreto - Fck: 25 MPa;
- Aço: CA-50;
- Área de aço por nervura - As: 0,78 cm<sup>2</sup> (2 Ø 4.2 + 1 Ø 8.0).

## 6.1 Flexão

### Momento resistente da nervura

$$X = \frac{A_s \times F_{yd}}{0,68 \times b_w \times F_{cd}} = \frac{0,78 \times 434,78}{0,68 \times 12,0 \times 17,86} = 2,33 \text{ cm}$$

$$M_{rd} = (0,68 \times X \times d - 0,272 \times X^2) \times b_w \times F_{cd}$$

$$M_{rd} = (0,68 \times 0,0233 \times 0,095 - 0,272 \times 0,0233^2) \times 0,12 \times 17857,14 = 2,91 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{rk} = \frac{M_{rd}}{1,4} = \frac{2,91}{1,4} = 2,08 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

### Carga resistida pela laje

$$M = \frac{q \times l^2}{8} \rightarrow q_{nerv} = \frac{2,08 \times 8}{3,80^2} = 1,04 \text{ kN/m/nervura}$$

$$q_{laje} = \frac{1,04}{0,40} = 2,59 \text{ kN/m}^2$$

## 6.2 Cisalhamento

### Cortante resistente da nervura

$$\tau_{Rd} = \frac{0,0525 \times F_{ck}^{2/3}}{1,4} = \frac{0,0525 \times 25^{2/3}}{1,4} = 0,32 \text{ MPa}$$

$$K = 1,6 - d = 1,6 - 0,095 = 1,505$$

$$\rho_1 = \frac{A_s}{B_w \times d} = \frac{0,78}{12 \times 9,5} = 0,006842$$

$$\tau_{Rd1} = \tau_{Rd} \times K \times (1,2 + 40 \times \rho_1) = 0,32 \times 1,505 \times (1,2 + 40 \times 0,006842) = 0,71110 \text{ MPa}$$

$$V_k = \frac{\tau_{Rd1} \times B_w \times d}{1,4} = \frac{0,71110 \times 0,12 \times 0,095}{1,4} = 5,79 \text{ kN}$$

### Carga resistida pela laje

$$V = \frac{q \times l}{2} \rightarrow q = \frac{5,79 \times 2}{4,00} = 2,90 \text{ kN/m/nervura}$$

$$q_{laje} = \frac{2,90}{0,40} = 7,24 \text{ kN/m}^2$$

## 6.3 Cargas atuantes em cada nervura

Peso próprio - g1: 1,62 kN/m<sup>2</sup>;

Contrapiso + forro + piso - g2: 1,30 kN/m<sup>2</sup>;

Carga Variável - q: 3,00 kN/m<sup>2</sup>.

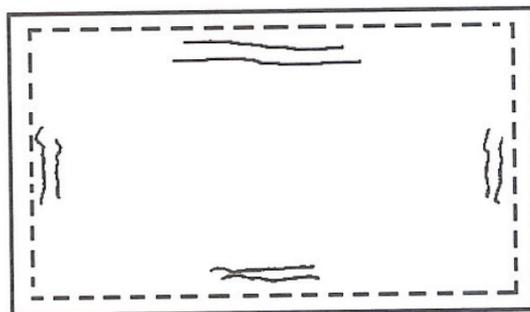
## 7 DIAGNÓSTICO

### 7.1 RACHADURA NAS LAJES

Feita a análise situacional e cálculo estrutural dos elementos submetidos à falha, foi possível identificar que a causa das rachaduras de piso localizadas acima das vigas é a insuficiência/inexistência de armadura para suportar os momentos negativos gerados.

Pelo modo como foi executada a obra, foi possível observar que as três lajes de cada sala compõem um único elemento estrutural unido pela capa de concreto, com exceção do LIT. E esse comportamento monolítico ocasionou o aparecimento de tensões provenientes de momentos negativos na estrutura, sendo seu ponto de maior incidência localizado no alinhamento das vigas. Tais tensões excessivas se mostraram maiores que a capacidade resistente à tração da peça, o que ocasionaram a divisão natural das lajes através das rachaduras nos pisos.

Figura 9: Fissuração de flexão, devido à insuficiência de armadura para os momentos negativos. As fissuras surgem na face superior.



Fonte: SOUZA e ROPPER (2009).

A existência dessas rachaduras no piso dos laboratórios pode ocasionar uma série de problemas, como: A exposição do concreto e aço estrutural à ação de agentes externos, o que pode vir a oxidar a armadura estrutural, reduzindo seu desempenho e enfraquecendo o elemento; a possibilidade de infiltração, transportando água para o forro do pavimento térreo e expondo o interior da estrutura ao líquido, podendo vir a enfraquecê-la; e o dano ao aspecto estético do bloco.

### 7.2 ANÁLISE DE RESISTÊNCIA

Como demonstrado na sessão de análise estrutural do presente laudo, dados os valores apresentados para cálculo, as lajes não apresentam resistência necessária para suportar os esforços de flexão ao qual estão submetidas.

Além disso, na falta de ensaios específicos para o cálculo da frequência própria da estrutura, é possível inferir que a vibração da estrutura proveniente da carga variável se dê pela possibilidade da mesma não respeitar o valor limite estabelecido pela NBR 6118:2014 em sua sessão 23.3.

### **7.3 CLASSIFICAÇÃO DAS ANOMALIAS E RISCO**

As manifestações patológicas apresentadas pelo presente laudo se classificam como anomalias endógenas, ou seja, originárias da própria edificação (projeto, materiais e execução).

Também pode ser classificado o grau de risco de tais anomalias como “crítico”, definido pela norma de inspeção predial nacional do IBAPE como sendo o “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”.

### **8 RECOMENDAÇÕES TÉCNICAS**

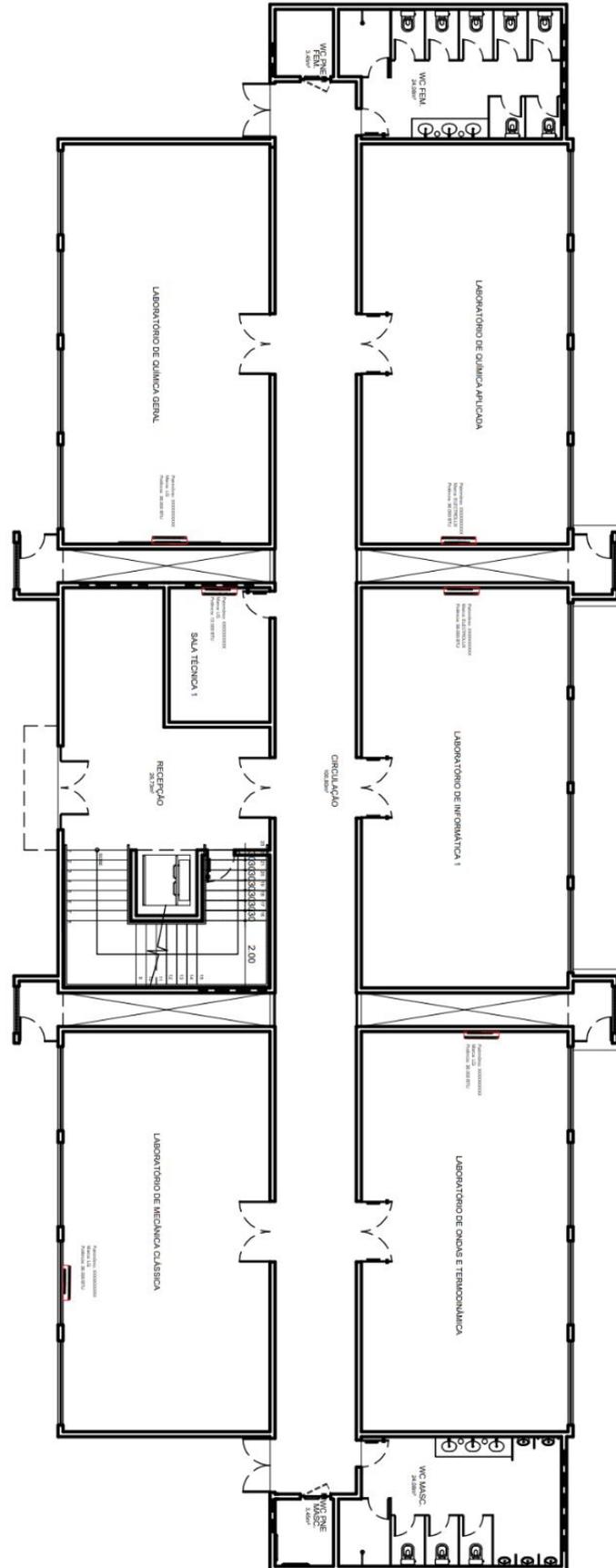
Para a resolução dos problemas estruturais apresentados, sugere-se a execução de vigas metálicas sob todas as lajes de salas do pavimento superior, sendo a recomendação de ao menos uma viga centrada por laje, reduzindo assim seus vãos efetivos e, por consequência, seus esforços internos.

Para tanto, é aconselhável a utilização da viga metálica tipo w-360x32.9 chumbada à viga transversal às nervuras com preenchimento de argamassa de cimento e areia entre a laje e a nova peça estrutural.

Para a implementação dessa possível solução, cálculos e verificações técnicas adequadas deverão ser realizadas para a constatação do comportamento estrutural, quando aos seus estados limites últimos e de serviço, tanto das lajes como das vigas metálicas e de concreto armado.

Quanto às aberturas nas lajes, é sugerida a execução de juntas de dilatação em todas as lajes de salas laboratoriais do pavimento superior, com exceção das do LIT, que já as possui.

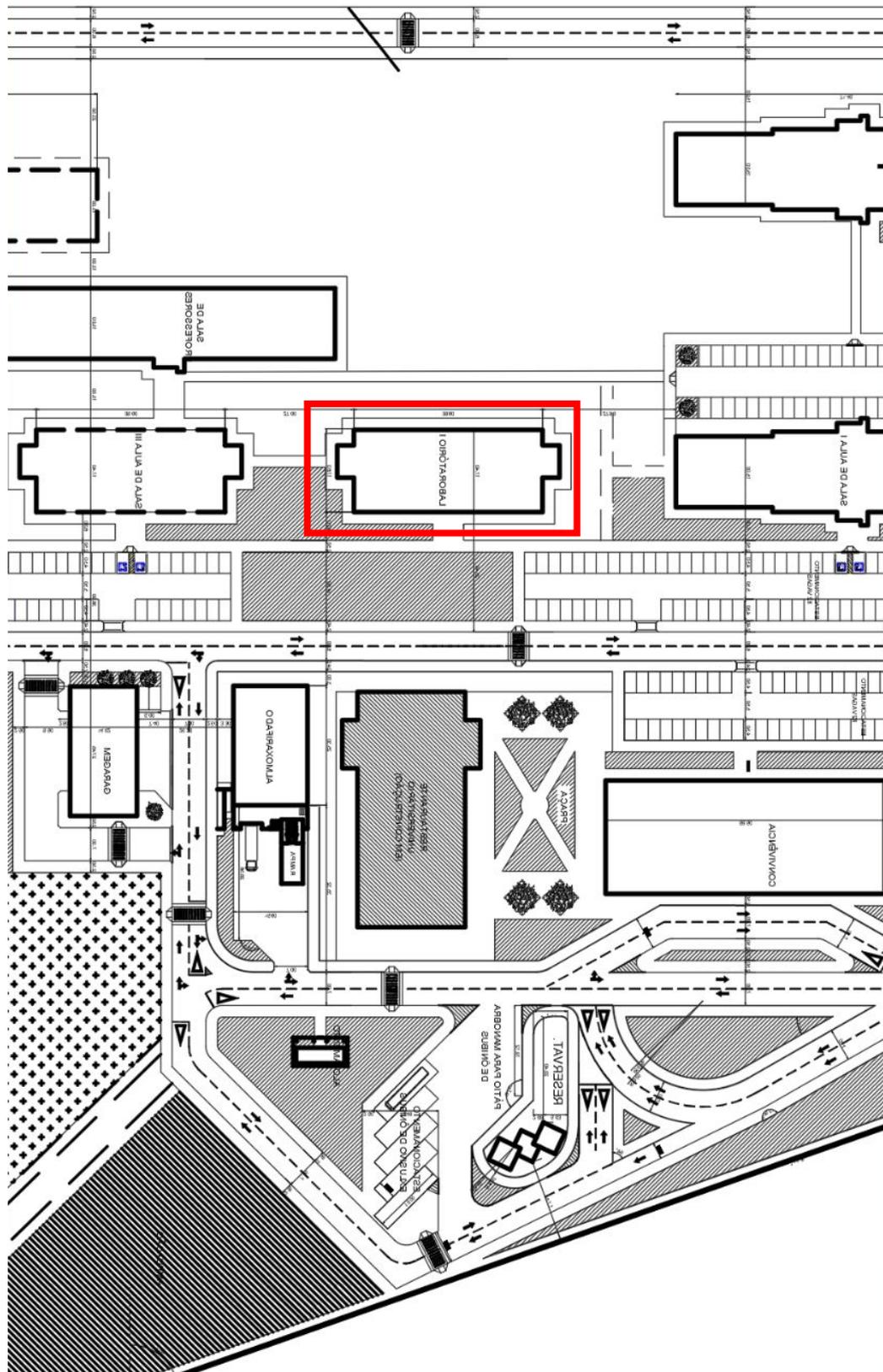
# ANEXO 01: Planta baixa - Pavimento térreo do Bloco de Laboratórios I



Fonte: Acervo do SIN/UFERSA (2022).



### ANEXO 03: Planta de situação - Bloco de Laboratórios I



Fonte: Acervo do SIN/UFERSA (2022).

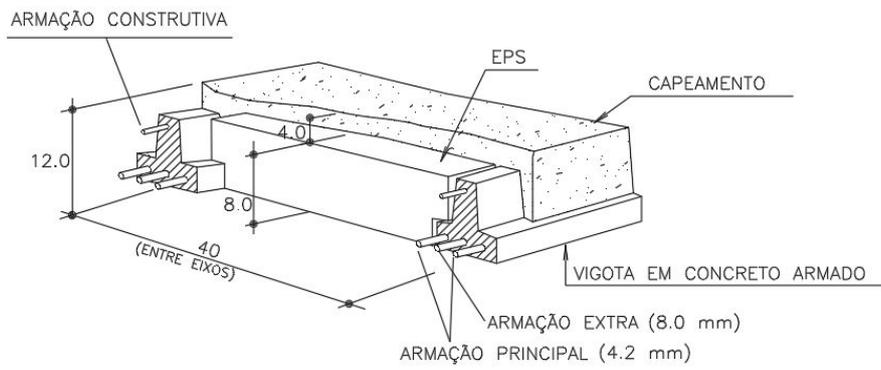
## ANEXO 04: Vista aérea representativa do Bloco de Laboratórios I



Fonte: Google maps (2022).

## APÊNDICE 01: Detalhe da seção da laje

### DETALHE ARMAÇÃO DAS VIGOTAS PRÉ-MOLDADAS



## **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6118 - **Projeto de Estruturas de Concreto – Procedimento**, 2014.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6120 - **Cargas para o cálculo de estruturas de edificações**, 2019.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5674: **Manutenção de edificações – Procedimento**, 1999.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 13752: **Perícias de Engenharia na Construção Civil**, 1996.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 16747: **Inspeção Predial - Diretrizes, Conceitos, Terminologia e Procedimento**, 2020.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7480: **Aço destinado às armaduras para estruturas de concreto armado - Requisitos**, 2022.

IBAPE: **Norma de inspeção predial nacional**. São Paulo. 2012. 18p.

CARVALHO, Roberto Chust; FIGUEIREDO FILHO, Jasson Rodrigues de. **Cálculo e detalhamento de estruturas usuais de concreto armado: segundo a nbr 6118:2014**. 4. ed. São Carlos: Edufscar, 2014.

CARVALHO, Roberto Chust; PINHEIRO, Libânio Miranda. **Cálculo e detalhamento de estruturas usuais de concreto armado: volume 2**. São Paulo: Pini Ltda, 2009.