



Ministério da Educação
Universidade Federal da Integração Latino-Americana
Instituto Latino-Americano de Tecnologia, Infraestrutura e Território
Centro Interdisciplinar de Tecnologia e Infraestrutura
Engenharia Civil de Infraestrutura

**EMPREGO DE ENSAIOS NÃO DESTRUTIVOS PARA ANÁLISE DE
MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS
ESTUDO DE CASO PRELIMINAR DO GRESFI FOZ DO IGUAÇU, PR.**

RENATO ENRIQUE DA SILVA

Foz do Iguaçu, PR
Março de 2025



Ministério da Educação
Universidade Federal da Integração Latino-Americana
Instituto Latino-Americano de Tecnologia, Infraestrutura e Território
Centro Interdisciplinar de Tecnologia e Infraestrutura
Engenharia Civil de Infraestrutura

**EMPREGO DE ENSAIOS NÃO DESTRUTIVOS PARA ANÁLISE DE
MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS**
ESTUDO DE CASO PRELIMINAR DO GRESFI FOZ DO IGUAÇU, PR.

RENATO ENRIQUE DA SILVA

Trabalho de conclusão de curso apresentado à Banca Examinadora do Curso de Engenharia Civil de Infraestrutura da UNILA, como parte dos requisitos para obtenção do Grau de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Dr. PAULO JUNGES

Foz do Iguaçu, PR
06 de Março de 2025

RENATO ENRIQUE DA SILVA

**EMPREGO DE ENSAIOS NÃO DESTRUTIVOS PARA ANÁLISE DE MANIFESTAÇÕES
PATOLÓGICAS**

ESTUDO DE CASO PRELIMINAR DO GRESFI FOZ DO IGUAÇU, PR.

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Instituto Latino-Americano de Tecnologia, Infraestrutura e Território da Universidade Federal da Integração Latino-Americana, como requisito para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

BANCA EXAMINADORA

Orientador: Prof. Dr. Paulo Junges
UNILA

Profa. Dra. Edna Possan
UNILA

Prof. Dr. Noe Villegas Flores
UNILA

Foz do Iguaçu, 06 de março de 2025.

Dedico este trabalho aos meus pais, a minha família e meus amigos, por serem sempre minha força e meu alicerce.

AGRADECIMENTOS

A realização deste trabalho foi possível somente com o apoio das pessoas que me acompanharam na minha trajetória me ajudaram a ser sempre uma pessoa melhor.

Agradeço a minha família, meus tios, avós e irmãos, que sempre me apoiaram e me acolheram nos momentos difíceis. A minha mãe Leila Rosane, que sempre foi a minha base e minha inspiração, ao longo de todos os anos de graduação me encorajou a continuar e ser resistente. A meu pai, Celso Cristófoli, que é um exemplo para mim, de resiliência e superação.

Aos amigos que fiz ao longo dos anos, que hoje considero minha família e desejo levar comigo em cada caminhada. É difícil citar nomes, mas dedico a todos aqueles que rimos em festas, choramos em provas, passamos estresse com projetos e professores, passamos por muitas aventuras e histórias.

Gostaria de agradecer especialmente aos meus amigos e colegas destes anos de faculdade, Isaias Vasconcelos e Matheus Davies, aprendemos muito juntos, evoluímos e agora somos novas pessoas, além de que me ajudaram a fazer o *as built*, agradeço também à Hellen Karine por ter me ajudado na criação da planta arquitetônica. A equipe do GRESFI pela autorização de utilização do espaço de memória.

Ao meu orientador Paulo Junges, pela paciência e exímia orientação ao longo deste período, você é um exemplo de profissional que almejo seguir.

A todos os meus professores ao longo da minha trajetória que me levaram até este momento e em especial aos professores do meu curso, cada um de vocês agregou imensamente no profissional que estou me tornando, desde a visão de mundo até a postura ou decisões que um engenheiro civil deve ter. Tenho certeza que sou fruto da dedicação, amparo e disciplina de vocês e percebi que mesmo nos momentos que são rígidos e muito criteriosos, são em verdade para a nossa evolução e aprendizado e por isso agradeço a todos os professores de civil, sem exceção.

Agradeço pôr fim aos professores Edna Possan e Noe Villegas pela avaliação deste trabalho e presença na banca examinadora.

Sem o apoio de todos vocês isso não seria possível.

RESUMO

Quanto maior for a negligência perante a construção civil, ao considerar o efeito holístico, maiores serão os impactos para a sociedade, economia e por consequência o ambiente. Se torna fundamental realizar um bom planejamento das obras, visando a integridade dos elementos durante toda sua vida útil. Todavia, com o passar do tempo, essas estruturas são passíveis de perda de integridade e sujeitas ao aparecimento de manifestações patológicas. Esse fator é muito mais perceptível em edificações longevas e de cunho histórico, as quais necessitam de maior atenção para proporcionar sua preservação. Neste contexto, o presente trabalho tem como objetivo verificar e caracterizar as manifestações patológicas no edifício histórico do Grêmio Esportivo e Social de Foz do Iguaçu (GRESFI). Essa edificação foi o primeiro aeroporto da cidade, denominado “Aeroporto do Parque Nacional do Iguaçu” e atualmente, é patrimônio histórico da região. Edificações tombadas necessitam seguir as diretrizes dos órgãos competentes, como o do Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional (IPHAN), em que limitam as mitigações para aquelas que não alteram as características originárias dos elementos históricos e devido a estas regulamentações a análise não destrutiva das edificações se torna vital. Para a execução do trabalho, foram utilizados ensaios não destrutivos, como pacometria, ultrassom e esclerometria para verificação da integridade da estrutura e fissurômetro e análise visual para analisar as manifestações patológicas. Realizou-se uma análise holística da edificação através do mapeamento das manifestações, proporcionado pela aplicação do As Built. Dentre as manifestações mais recorrentes, destacam-se as fissurações devidas o cisalhamento da alvenaria, umidade ascendente que prejudica as bases das paredes, destacamento de revestimento e deterioração da pintura externa. O diagnóstico de causa e origem, assim como a mitigação das manifestações encontradas, complementada pelo mapeamento dessas ocorrências, contribuiu significativamente para a preservação do patrimônio histórico, além de fornecer uma avaliação da sua integridade.

Palavras-chave: Manifestações Patológicas, Patrimônio Histórico, Ensaios Não Destrutivos, As *Built*, IPHAN.

ABSTRACT

The greater the negligence in civil construction, considering the holistic effect, the greater the impacts on society, the economy, and consequently, the environment. It is essential to carry out proper planning of construction projects, aiming at the integrity of the elements throughout their service life. However, over time, these structures become susceptible to integrity loss and the emergence of pathological manifestations. This factor is even more noticeable in long-standing and historically significant buildings, which require greater attention to ensure their preservation. In this context, the present study aims to identify and characterize the pathological manifestations in the historic building of the Grêmio Esportivo e Social de Foz do Iguaçu (GRESFI). This building was the first airport in the city, called the "Aeroporto do Parque Nacional do Iguaçu," and is now a historical heritage site in the region. Listed buildings must comply with the guidelines of the relevant authorities, such as the National Institute of Historic and Artistic Heritage (IPHAN), which restricts interventions to those that do not alter the original characteristics of historical elements. Due to these regulations, the use of non-destructive testing in the analysis of such buildings becomes essential. In this study, non-destructive tests such as pacometry, ultrasound, and sclerometry were applied to assess the structural integrity, while crack gauges and visual analysis were used to examine pathological manifestations. A holistic analysis of the building was conducted through the mapping of these manifestations, made possible by the application of As-Built documentation. The most recurrent issues identified include cracks caused by masonry shear, rising damp affecting the base of the walls, detachment of coatings, and deterioration of the external paint. The diagnosis of the causes and origins of these manifestations, along with the mapping of occurrences and their proposed mitigation, significantly contributed to the preservation of this historical heritage while also providing an assessment of its structural integrity.

Keywords: Pathological Manifestations, Historical Heritage, Non-Destructive Testing, As Built, IPHAN.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Fissuração Térmica em Alvenaria	16
Figura 2: Encunhamento De Alvenaria em Viga.....	17
Figura 3: Representação de Cisalhamento Por Acúmulo de Tensões	17
Figura 4: Recalque Gerado Por Interferência em Bulbo de Tensões	18
Figura 5: Eflorescência em Laje Nervurada	19
Figura 6: Deterioração de Pintura	20
Figura 7: Cisalhamento Vertical de Alvenaria.....	21
Figura 8: Fissuração Entre as Alvenarias Devido à Falta de Amarração	22
Figura 9: Correta Amarração Entre Interfaces.....	22
Figura 10: Umidade Ascendente Provinda do Solo Para Alvenaria	23
Figura 11: Aplicação do Ensaio de Pacômetria.....	24
Figura 12: Aplicação do Martelo Schmidt.....	25
Figura 13: Aplicação do Ensaio de Esclerometria	26
Figura 14: Utilização do Equipamento Ultrassom.....	27
Figura 15: Medição Direta do Ensaio de Ultrassom.	27
Figura 16: Medição Indireta do Ensaio de Ultrassom.....	28
Figura 17: Medição Semidireta do Ensaio de Ultrassom.....	28
Figura 18: Utilização de Fissurômetro.....	29
Figura 19: Fluxograma Metodológico.	30
Figura 20: Localização do Objeto de Estudo.....	31
Figura 21: Vista frontal do GRESFI.	32
Figura 22: Elaboração do As Built.....	33
Figura 23: Linha do Tempo da Edificação	36
Figura 24: Mapeamento no Pavimento Térreo	37
Figura 25: Legenda do Mapeamento das Manifestações.....	38
Figura 26: Mapeamento no Pavimento Superior e Torre De Controle	38
Figura 27: Deterioração de Pintura	39
Figura 28: Destacamento de Pintura.....	40
Figura 29: Deslocamento de Placas de Rochas.....	41
Figura 30: Cisalhamento de Alvenaria Abaixo da Contra-Verga	42
Figura 31: Cisalhamento de Alvenaria Devido Carga de Telhado.....	43

Figura 32: Cisalhamento das Paredes	43
Figura 33: Eflorescência.....	45
Figura 34: Abertura em Muro	46
Figura 35: Ascensão Capilar Nas Fachadas	47
Figura 36: Ascensão de Água Nas Paredes Internas.....	47
Figura 37: Fissuração em Arco	49
Figura 38: Reforço Estrutural de Arcos	50
Figura 39: Abertura em Marco Revestido Por Rochas	51
Figura 40: Junta de Dilatação.....	53
Figura 41: Absorção de Água Na Parede da Fachada	54
Figura 42: Fissuração Por Amarração Entre As Alvenarias	55
Figura 43: Abertura Devido Recalque Diferencial	56
Figura 44: Deterioração da Madeira na Casa De Máquinas	57
Figura 45: Fissuração Entre as Juntas Do Teto	58
Figura 46: Fissuração em Lajes	59
Figura 47: Reforço Com Fibra de Carbono em Laje.....	60
Figura 48: Verificação de Integridade dos Elementos do Salão	61
Figura 49: Aplicação do Ensaio Esclerométrico	62
Figura 50: Aplicação do Ensaio De Ultrassom	64

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA	12
2 OBJETIVOS	14
2.1 Objetivo Geral	14
2.2 Objetivos Específicos	14
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	15
3.1 Manifestações Patológicas	15
3.1.1 Fissuração Térmica	15
3.1.2 Fissuras Por Falta de Encunhamento	16
3.1.3 Fissuras Por Acúmulo de Tensões	17
3.1.4 Fissuras Por Bulbo de tensões	18
3.1.5 Eflorescência	18
3.1.6 Deterioração de Pintura	19
3.1.7 Cisalhamento de Alvenaria	20
3.1.8 Falta de Amarração Entre As Alvenarias	21
3.1.9 Umidade Ascendente	23
3.2 Ensaio e Equipamentos Não Destrutivos	23
3.2.1 Ensaio De Pacômetria	24
3.2.2 Ensaio Esclerometria	25
3.2.3 Ensaio de Ultrassom	26
3.2.4 Análise Visual	29
4 MÉTODO E MATERIAIS	30
4.1 Estudo de Caso	30
4.2 Coleta De Dados	32
4.3 Mapeamento das Manifestações Patológicas	33
4.4 Ensaio Não Destrutivos	34
5 RESULTADOS	35
5.1 Anamnese da Edificação	35
5.2 Mapeamento das Manifestações Patológicas	36
5.3 Diagnóstico Geral das manifestações	39
5.3.1 Deterioração da pintura	39
5.3.2 Desplacamento de Alvenaria	41
5.3.3 Cisalhamento de Alvenaria	42

5.3.4 Eflorescência.....	44
5.3.5 Abertura em Muro	45
5.3.6 Ascensão Capilar Da Água	46
5.3.7 Fissuração em Arco	48
5.3.8 Junta de Dilatação.....	51
5.3.9 Absorção de Água.....	53
5.3.10 Amarração Entre As Alvenarias	55
5.3.11 Recalque Diferencial	56
5.3.12 Deterioração do Madeiramento de Cobertura	57
5.3.13 Fissuração Entre as Placas De Gesso	58
5.3.14 Deformação Em Laje.....	59
5.3.15 Análise da Integridade de Pilares.....	61
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	65
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	67
APÊNDICE A - Planta Baixa, Pavimento Térreo	72
APÊNDICE B – Planta Baixa Pavimento Superior E Torre De Controle	73
APÊNDICE C – Corte 1 e Fachada Sul.....	74
APÊNDICE D – Mapeamento Pavimento Térreo	75
APÊNDICE E – Mapeamento Pavimento Superior e Torre De Controle.....	76

1 INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA

As manifestações patológicas são um forte indicativo da integridade das edificações, nos aspectos estruturais e arquitetônicos, com implicações diretas no desempenho e na durabilidade das estruturas. Essas irregularidades, podem variar desde pequenas fissuras até falhas graves, afetando o tempo de vida útil da edificação e representam riscos à segurança dos usuários. Segundo a ABNT NBR 15575-1, (2013), as manifestações patológicas são “irregularidades que se manifestam no produto em função de falhas no projeto, na fabricação e na execução, na montagem, no uso ou na manutenção, bem como problemas que decorram do envelhecimento natural”.

Estes problemas podem levar a custos elevados de manutenção, comprometendo o desempenho da estrutura ao longo do tempo. De acordo com MEHTA & MONTEIRO, (2014), o custo de manutenção corretiva em edificações pode ser até 50% maior do que o de manutenção preventiva.

O diagnóstico preventivo pode evitar o agravamento das falhas, minimizando os custos e intervenções futuras. Segundo Silva Neto et al. (2023), atualmente, cerca de 67% das manifestações patológicas resultam de falhas humanas (negligência ou ignorância), sendo 45% por erros gerais de projeto e 22% por falhas gerais na execução. Isso evidencia a importância de um planejamento criterioso, execução qualificada e maior conscientização dos gestores sobre a qualidade da construção, reforçando a necessidade de fiscalização e prevenção.

No caso de edificações históricas, a questão das manifestações patológicas assume ainda maior relevância. Essas construções, além de sua função prática, carregam grande valor cultural e simbólico, sendo um reflexo da identidade e da memória de uma comunidade. Segundo dados do Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional (IPHAN, 2020), aproximadamente 30% dos edifícios tombados apresentam algum nível de patologia estrutural que compromete sua integridade. No Brasil, há cerca de 100 mil imóveis tombados, dos quais aproximadamente 20% precisam de intervenção imediata para evitar danos maiores, (IPHAN, 2020). A preservação dessas estruturas é crucial, não apenas para manter a funcionalidade, mas também para proteger o valor cultural e histórico que elas representam. Conseqüentemente as mitigações e intervenções neste tipo de edificações são

limitadas para as normativas e restrições que os órgãos competentes estabelecem (e.g Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional, IPHAN), como por exemplo, a proibição de: demolição total ou parcial da obra, intervenções que alterem a estrutura, alterações em fachada. Logo, todas as mitigações devem, primeiramente, passar pela aprovação do órgão responsável.

Em Foz do Iguaçu, uma construção histórica muito conhecida e querida pela população da cidade é o Grêmio Esportivo e Social de Foz do Iguaçu (GRESFI). A construção original, com início de negociações em 1933, era um campo de aviação com o objetivo de estabelecer uma linha do Correio Aéreo Militar. Já em 1941 o presidente da república Getúlio Vargas inaugurou no mesmo local o 1º Aeroporto Do Parque Nacional Do Iguaçu (IBGE, 2016), este aeroporto tinha como marco reduzir o trajeto de Foz do Iguaçu de 8 dias para 4 horas. O cuidado com o edifício, hoje com mais de 80 anos é vital, não apenas por uma questão de manter sua funcionalidade, mas também de resguardar o valor cultural que ele representa e para a memória da aviação na região.

Dessa forma, para que se possa garantir a integralidade da estrutura, como também certificar seu uso com o desempenho necessário, é imprescindível a compreensão e a correção das manifestações patológicas existentes.

A compreensão é a capacidade de identificar a origem do problema e avaliar a gravidade dele, englobando o desempenho teórico (desempenho que a estrutura deveria conter) com o desempenho real (aquele que está sendo obtido), entendendo assim a forma em que a estrutura deveria se comportar. Já a correção, envolve mitigar a estrutura danificada, envolvendo métodos que sejam capazes de restaurar um certo grau do seu desempenho, alongando sua vida útil.

Diante desse cenário, a análise desenvolvida se justificou pela necessidade de compreender de forma preliminar as manifestações patológicas presentes no patrimônio cultural histórico do espaço de memória do primeiro aeroporto da cidade de Foz do Iguaçu, PR, localizado no clube GRESFI e a proposição de possíveis alternativas de mitigação. Idealizando abordagens que são permitidas para obras tombadas, visando garantir o cumprimento adequado das restrições e normativas que uma manutenção em edificação histórica provém. Além disso, o uso de ensaios não destrutivos (END) permitiu avaliar a integridade da edificação sem comprometer a mesma, algo essencial quando se trata de edificações tombadas.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Avaliar as manifestações patológicas existentes no edifício histórico GRESFI, caracterizando-as de acordo com a causa e origem a partir de ensaios não destrutivos e inspeções visuais.

2.2 Objetivos Específicos

Para alcançar o objetivo geral, foram traçados os seguintes objetivos específicos:

- a) Realizar um diagnóstico abrangente da edificação, avaliando suas condições estruturais e arquitetônicas;
- b) Analisar a integridade atual da edificação, identificando possíveis falhas e áreas de risco para sua estabilidade e conservação.
- c) Propor alternativas de mitigação das manifestações patológicas encontradas em acordo com diretrizes estabelecidas.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

As estruturas de concreto armado, compreendem um alto nível de necessidade de controle de qualidade, pois é um elemento que influencia na forma de vida e segurança das pessoas, trazendo mais conformidade e condições de vivência muito mais agráveis, idealizando uma estrutura bem projetada, que visa o conforto e a utilização de seus usuários ao longo da vida útil de projeto (ABNT NBR 15575-1, 2013).

Além do mais, é imprescindível que ocorra manutenções periódicas, de cunho preventivo à estas edificações. Reconhece-se que a negligência e a ignorância do usuário levam à depreciação prematura da edificação. Visto isso, as manifestações patológicas além de serem causadas durante o processo de execução e seus materiais utilizados, surgem também pela falta de reparos eficazes durante a utilização da obra.

Edificações históricas, ou patrimônio históricos são um grande exemplo da negligência de seus usuários, que por se tratar de obras antigas (e.g. idade da edificação analisada neste documento), os quais não realizaram os devidos reparos e mitigações, proporcionando o estado que é visualizado hoje em dia.

Neste mesmo cenário é de grande valia verificar quais são as manifestações patológicas que são geradas mais comumente em edificações do mesmo caráter que este estudo de caso analisado.

3.1 Manifestações Patológicas

3.1.1 Fissuração Térmica

As fissurações plásticas têm o acontecimento devido à dilatação elevada que a superfície faceada da estrutura recebe, esta dilatação é devido à grande variação térmica em períodos muito pequenos, o que gera um gradiente térmico maior do que material do elemento pode suportar, levando assim ao descarregamento dessas tensões, gerando as fissurações (**Figura 1**).

A ABNT NBR 6118, (2014) destaca a importância de considerar os efeitos térmicos no projeto de edificações, especialmente em climas com grande variação de

temperatura, que é o caso de Foz do Iguaçu PR. Portanto são necessárias as verificações normativas como forma de garantir a durabilidade e a segurança da edificação.

Figura 1: Fissuração Térmica em Alvenaria



Fonte: Autor 2025

3.1.2 Fissuras Por Falta de Encunhamento

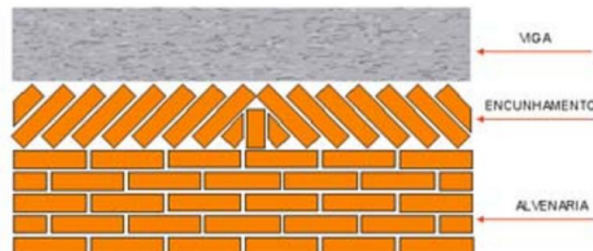
Encunhamento é a etapa final na construção das alvenarias (e.g. paredes de vedação), que consiste no preenchimento do espaço entre a última fiada de tijolos, e o elemento estrutural superior (e.g. Viga, laje), com argamassa (**Figura 2**). A função do encunhamento é garantir que a alvenaria distribua de forma uniforme as tensões residuais que possam vir a ocorrer. Contudo é extremamente necessário que ocorra a aplicação do material de preenchimento correto, e aplicar juntas de dilatação, para que não ocorra outra manifestação patológica, como o cisalhamento da alvenaria.

Todavia, quando não ocorre o encunhamento de forma adequada, ocorre o acúmulo de tensões e, com o tempo, surgem fissuras entre a alvenaria e o elemento estrutural.

Este tipo de manifestação patológica ocorre em função da distribuição desigual das tensões originárias da edificação nas alvenarias. Deve-se levar em consideração que as alvenarias não são elementos estruturais, ou seja, não são responsáveis por

suportar as cargas da edificação. O método executivo correto deve seguir as recomendações da NBR 8545 (ABNT NBR 8545, 1984).

Figura 2: Encunhamento De Alvenaria em Viga



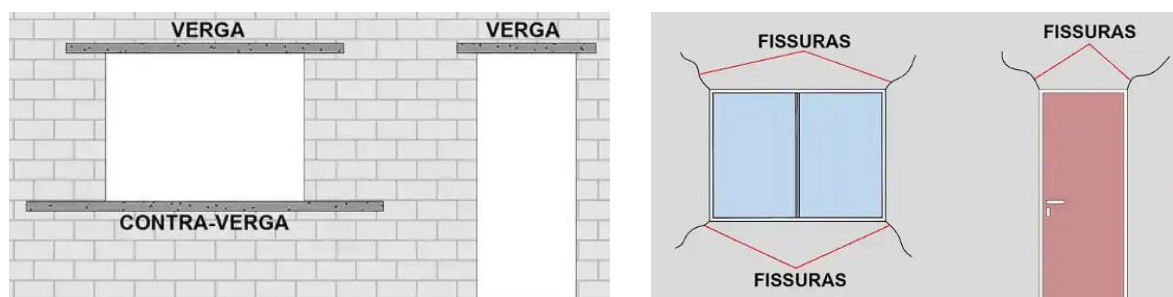
Fonte: Edifica-Consultoria (2021).

3.1.3 Fissuras Por Acúmulo de Tensões

O acúmulo de tensões no geral ocorre em singularidades. No caso das alvenarias, é ocasionado nas condições de contorno delas (e.g. quinas, divisas com outros elementos). Dessa forma, nestes locais se não ocorrer a aplicação do correto tipo de material de ligação, e não aplicar juntas de dilatação, as quais tem a função de possibilitar o deslocamento dos elementos sem que necessitem suportar as tensões, as fissuras irão ocorrer (**Figura 3 b**)

Neste cenário, um local que comumente ocorre o aparecimento desse tipo de fissura, é dada pela falta de verga e contra verga nas janelas e verga nas portas (**Figura 3, a**). Logo, nas quinas das esquadrias, ocorre o acúmulo de tensões normais, provocando uma ruptura da alvenaria por efeito do cisalhamento, essas fissurações ocorrem a 45°. Para evitar esse tipo de problema, as vergas e contravergas devem possuir as dimensões mínimas estipuladas pela (ABNT NBR 8545, 1984).

Figura 3: Representação de Cisalhamento Por Acúmulo de Tensões



a) Correta Utilização de Verga e Contra Verga b) Fissuração Por Acúmulo de tensões

Fonte: Kerne (2021)

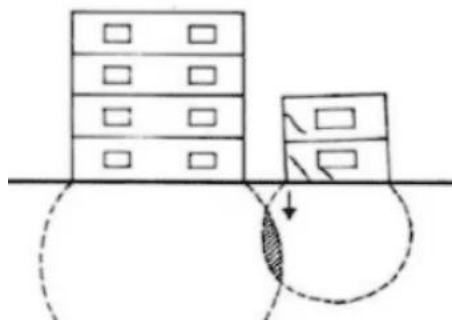
3.1.4 Fissuras Por Bulbo de tensões

Estes tipos de manifestação ocorrem devido a interferência da contribuição de carga de uma certa edificação vizinha em outra. Este fenômeno de distribuição de tensões no solo ao longo da profundidade é chamado de bulbo de tensões (**Figura 4**) e varia de acordo com o tipo de solo no local e a carga gerada pela edificação, PINTO, (2006).

Dessa forma, como a distribuição de tensões provoca uma maior deformação do solo tanto na edificação que está gerando a carga como no solo da edificação ao lado que recebe tal carga, a edificação vizinha passa por uma deformação excessiva e se rompe ao plano deformado. Este fenômeno é denominado recalque diferencial, recalque pela deformação excessiva do solo, e diferencial devido a diferença de deformação entre os planos da edificação.

Este fenômeno é caracterizado por grandes fissuras, que cisalham a alvenaria de vedação da estrutura em 45° em toda uma fachada (**Figura 4**)

Figura 4: Recalque Gerado Por Interferência em Bulbo de Tensões



Fonte: Thomaz (1989)

3.1.5 Eflorescência

A eflorescência é uma patologia que pode ser identificada visualmente por meio de manchas de maneira esbranquiçadas em estruturas de concreto, em paredes, pisos ou tetos, apresentado na **Figura 5**.

Tal fato, pode se dar por meio de dois processos: lixiviação e carbonatação. A lixiviação resultará da entrada da água que em contato com a cal hidratada existente

no concreto formará a eflorescência. Na sequência, na etapa de carbonatação, por conseguinte a eflorescência retornará pelo contato da umidade do concreto com o dióxido de carbono (CO_2) contido no ar, resultando dessa forma no ácido carbônico. Assim, após tal processo, o ácido reage com a cal hidratada contida no concreto, formando carbonato de cálcio (ABNT NBR 9575, 2010).

Para se evitar este tipo de manifestação patológica. Devem ser utilizados materiais de construção de qualidade, os quais possuem reduzidos teores de sais solúveis. Portanto, a utilização de cimentos mais resistentes, como C-III ou CP-IV são boas alternativas. Além disso, a adequada impermeabilização também se faz necessária para garantir a estanqueidade da estrutura (SILVA, 2011).

Figura 5: Eflorescência em Laje Nervurada



Fonte: Autor 2023

3.1.6 Deterioração de Pintura

A pintura é um elemento de vedação importante para a edificação, contendo as funções estéticas, como também de proteção da camada de reboco ou de elementos estruturais das intempéries e agentes externos. A ABNT NBR 13245, (2011) oferece uma série de segmentos para a execução de pinturas externas e internas, indicando que o executor deve adotar um sistema que reflita a maior durabilidade do elemento.

Os sistemas de pintura são constituídos pelo seguimento de substratos, fundo preparador da superfície, líquidos preparadores, massas regularizadoras e pôr fim a tinta de acabamento ABNT NBR 15575-1, (2013) Caso todo esse processo seja

executado corretamente, a vida útil pode chegar a 12 anos, sem a necessidade de manutenções ao longo desses anos.

É importante que ocorra a manutenção preventiva da camada de pintura para reduzir a vulnerabilidade. Segundo SEGAT, (2005) ocorre a redução de 65% do aparecimento de manifestações patológicas como perda de cor, destacamento e bolhas em relação a paredes externas sem manutenção. Além disso se houver a devida manutenção aos longos dos anos, a vida útil do elemento aumentará por causa do aumento de sua durabilidade. A aparência típica de um destacamento por deterioração de pintura, é apresentado na **Figura 6**.

Figura 6: Deterioração de Pintura



Fonte: Autor 2025

3.1.7 Cisalhamento de Alvenaria

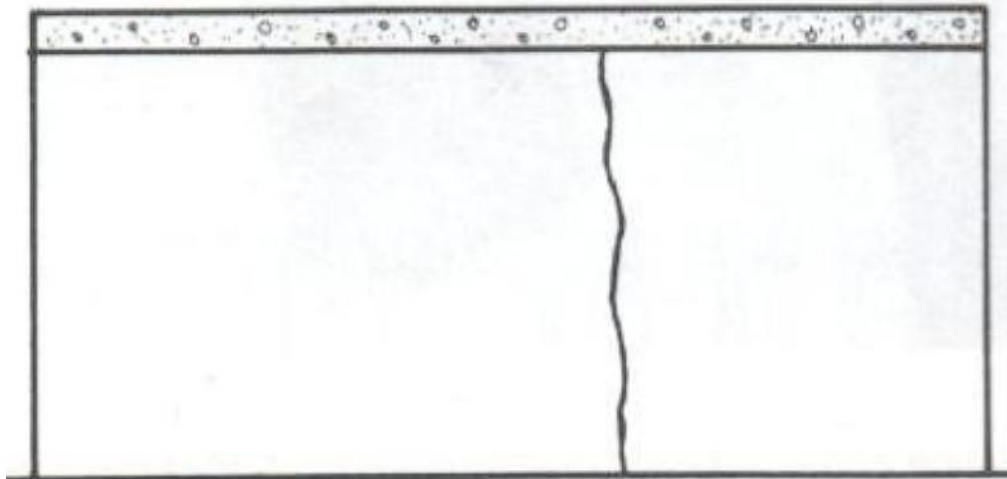
Esse tipo de manifestação patológica ocorre quando um elemento estrutural transfere as cargas solicitantes diretamente para a parede de alvenaria, neste caso, de blocos cerâmicos. A alvenaria, por sua natureza, não possui capacidade de resistir essas tensões, pois não faz parte do sistema estrutural da edificação.

O fenômeno acontece porque as paredes de alvenaria não estão alinhadas com o caminho natural das cargas de uma estrutura. Em um sistema construtivo adequado,

as cargas provenientes da cobertura são transferidas das telhas para as treliças do telhado, que, por sua vez, descarregam seus esforços em vigas, elas transferem essas cargas para os pilares, que, finalmente, as distribuem para as fundações e, conseqüentemente, para o solo. Como as paredes têm a função principal de vedação e não foram projetadas para fins estruturais, qualquer carga excessiva aplicada sobre elas geram tensões que provocam fissuração na matriz cerâmica da parede, podendo levar ao agravamento desta manifestação.

A manifestação dessa patologia pode ser identificada pelo surgimento de fissuras verticais ou inclinadas em 45° ao longo da parede. A espessura dessas fissuras varia de acordo com a intensidade das tensões e com as movimentações estruturais envolvidas. A **Figura 7** apresenta a fissuração vertical.

Figura 7: Cisalhamento Vertical de Alvenaria.



Fonte: THOMAZ (1989).

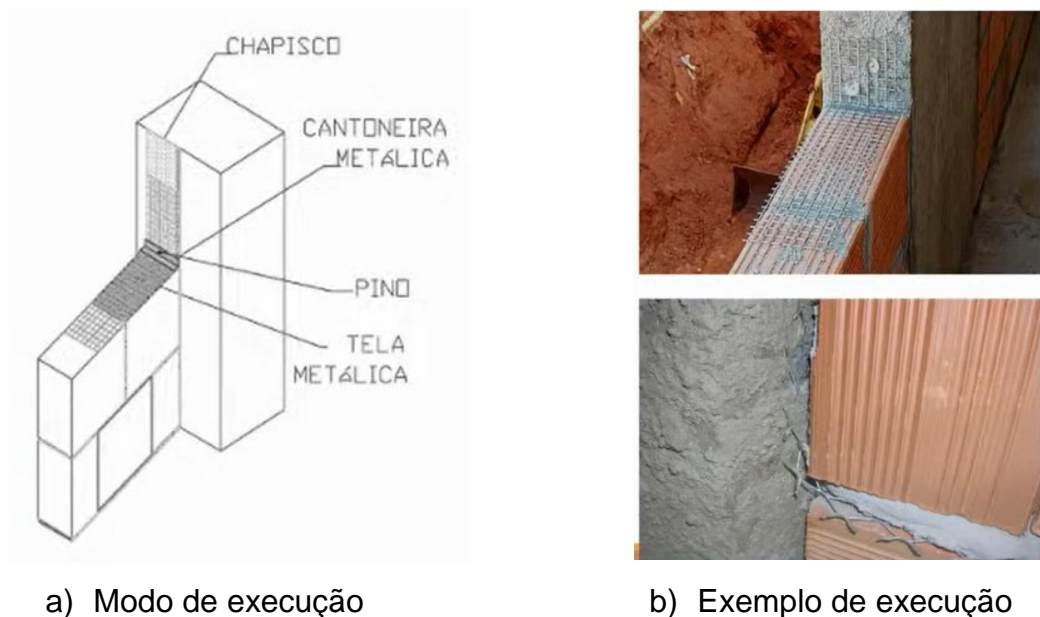
3.1.8 Falta de Amarração Entre As Alvenarias

A amarração entre as interfaces de alvenaria acontece quando as paredes são devidamente engastadas, garantindo que se movimentem de forma conjunta e uniforme. Caso essa execução não for feita corretamente, pode surgir uma fissura vertical no encontro das paredes, evidenciando que os elementos se movimentaram, sofreram deformações térmicas ou movimentações, diferentes. Quando isso ocorre, a argamassa entre as faces não consegue absorver os esforços gerados, levando à ruptura pelo acúmulo de cargas gerando a tensão cisalhante.

Figura 8: Fissuração Entre as Alvenarias Devido à Falta de Amarração

Fonte: Autor 2025

Esse tipo de fixação é essencial não só nos encontros entre paredes, mas também entre paredes e elementos estruturais (e.g. pilares), como ilustrado na Figura 9. Para garantir a correta amarração, deve-se utilizar uma tela metálica a cada três fiadas de alvenaria, com um transpasse de 40 cm e altura de 10 cm. Além disso, os pinos de fixação precisam ser posicionados exatamente na dobra da tela para garantir um desempenho adequado (WALSYWA, 2021).

Figura 9: Correta Amarração Entre Interfaces.

a) Modo de execução

b) Exemplo de execução

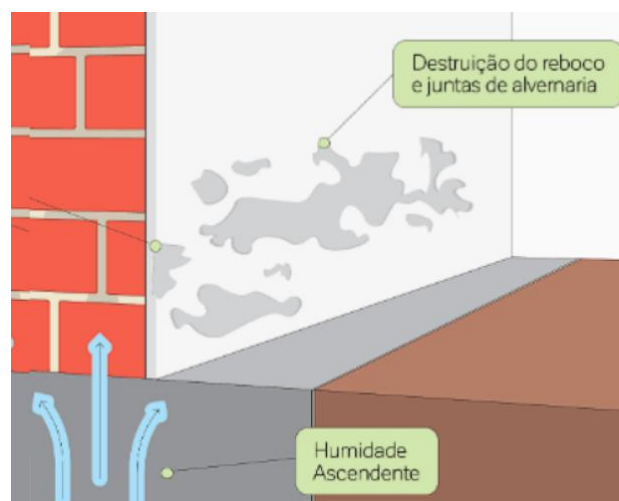
Fonte: LEONI, (2025)

3.1.9 Umidade Ascendente

Este tipo de manifestação patológica é comum e ocorre devido a ascensão capilar da água em alvenarias e revestimentos, como ilustra a **Figura 10**. Essa absorção de água nos componentes gera a aparição de manchas e degradação de revestimentos. O fenômeno de ascensão capilar é uma característica da água e ocorre através dos poros dos elementos de blocos cerâmicos, argamassas de reboco ou concreto. Segundo MEHTA & MONTEIRO, (2014), a altura da ascensão capilar depende do diâmetro e da permeabilidade do material, materiais como tijolos cerâmicos e argamassas tem alta porosidade e permeabilidade o que provoca alta ascensão capilar assim como maior porcentagem de absorção de água.

A ABNT NBR 9575, (2010) destaca a necessidade de barreiras para a absorção de água, como a inclusão de camadas de argamassa impermeáveis ou mantas impermeabilizantes na base da alvenaria, para evitar a ascensão da umidade. Caso não ocorra a devida execução da impermeabilização, o custo para mitigação se eleva quanto mais o tempo passa, pois assim mais degradado estará o elemento com água absorvida, além do impacto ruim esteticamente.

Figura 10: Umidade Ascendente Provinda do Solo Para Alvenaria



Fonte: IMPERTAN, (2022)

3.2 Ensaios e Equipamentos Não Destrutivos

Neste item são apresentados apenas os equipamentos utilizados para o levantamento das manifestações patológicas da edificação em estudo e disponíveis

no inventário da UNILA. Outros equipamentos e ensaios que podem ser utilizados para o mesmo fim não são abordados.

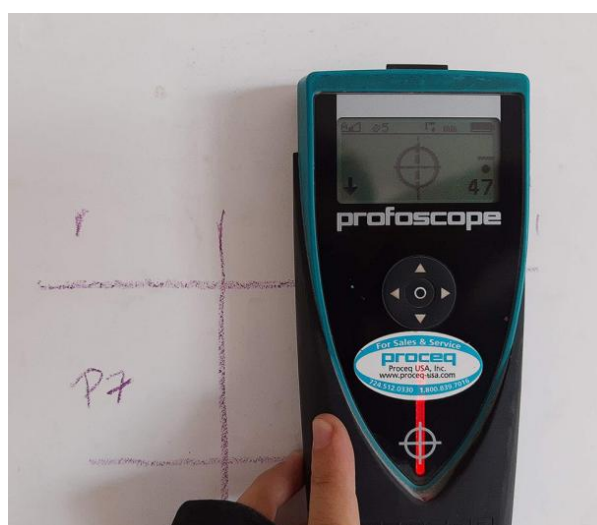
3.2.1 Ensaio De Pacômetria

Representa um ensaio não destrutivo para detectar a posição, quantidade e espaçamento das armaduras em estruturas de concreto armado. O equipamento de ensaio é chamado de pacômetro (**Figura 11**) e tem seu funcionamento por meio da indução de campos magnéticos através do aparelho (HELENE; TERZIAN, 1993) Estes campos interagem com materiais metálicos no interior do elemento analisado (e.g. armaduras em vigas ou pilares).

Este ensaio não destrutivo tem o princípio de funcionamento em indução magnética, emitindo um campo eletromagnético quando ligado. Este campo é perturbado pela presença de materiais metálicos, estimando sua posição em relação a face superficial analisada, assim como a profundidade dos materiais metálicos (e.g. cobertura das armaduras) (ABNT NBR 6118, 2014).

Outra funcionalidade do pacômetro é medir a cobertura do concreto e detecções de tubulações ou dutos metálicos. Este ensaio tem grande importância para auxiliar diagnóstico mais verossímil de alguma possível manifestação patológica que tenha origem na interferência que o aço, ou outras instalações, possam realizar nos elementos estruturais.

Figura 11: Aplicação do Ensaio de Pacômetria.



Fonte: Carmona Engenharia, (2024)

Para utilizar este aparelho (**Figura 11**) é necessário posicioná-lo sobre uma superfície limpa que deseja avaliar, e mover sem retirá-lo da superfície de forma que consiga visualizar a existência de barras de aço. Em seguida é preciso realizar as marcações necessárias dos pontos que ocorre a existência de armaduras verificando a quantidade existente, e em seguida realizar uma análise da malha de armaduras que contenha os pilares, vigas ou lajes.

3.2.2 Ensaio Esclerometria

Este ensaio mede a dureza superficial, por meio do martelo Schmidt (*Schmidt Hammer*), possibilitando a obtenção da uniformidade do concreto e, em alguns casos, estimar a resistência a compressão do concreto. O equipamento consiste em um sistema massa mola que possui uma certa energia de golpe na superfície analisada. Esse sistema (**Figura 12**) é ativado no momento seguinte que se comprime o aparelho em direção a superfície. Com a resposta dada pelo material (índice esclerométrico), é possível relacionar a resistência a compressão com uma relação com a rigidez superficial (ABNT NBR 7584, 2013).

Neste cenário, o esclerômetro permite uma rápida avaliação do estado de conservação dos elementos estruturais da edificação. Além disso, por ter fácil utilização, é possível obter uma maior área de inspeção em um tempo menor.

Figura 12: Aplicação do Martelo Schmidt

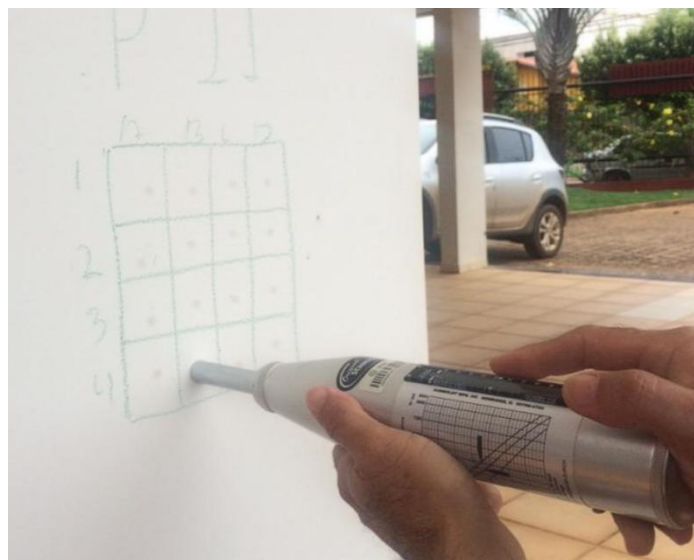


Fonte: Autor, 2025.

A metodologia de execução é dada segundo ABNT NBR 7584, (2013), sendo que a superfície analisada é necessária que esteja lisa e limpa. Segundo a normativa, é necessário que contenha um determinado número mínimo de golpes do martelo Schmidt, distribuídos de forma uniforme construindo uma malha de pontos desenhada na face da estrutura. Para melhor precisão nos dados obtidos são excluídos os dados com um limite de $\pm 10\%$ em relação à média aritmética normal dos resultados obtidos na malha.

Com estes valores de rigidez é possível estimar o valor da resistência a compressão com a curva de calibração em que geralmente é utilizado a curva já existente no aparelho. A **Figura 13** salienta a correta forma da realização da malha para o ensaio.

Figura 13: Aplicação do Ensaio de Esclerometria



Fonte: Concreto Engenharia. 2015

3.2.3 Ensaio de Ultrassom

Este ensaio mede a velocidade de propagação de pulso de uma onda eletromagnética, transpassando o objeto analisado, e a metodologia de execução segue a ABNT NBR 8802, (2013). O equipamento (**Figura 14**) é composto por transdutores, um emissor e outro receptor, além de uma central que emite os pulsos eletromagnéticos e por um visor é apresentado o valor do tempo de transferência da onda, evidenciando a integridade da estrutura ou possíveis falhas.

Este tipo de ensaio possibilita tanto a verificação da homogeneidade da estrutura como a detecção de falhas internas, como fissurações. Em alguns casos, é até possível medir a profundidade das fissuras. Em alguns casos, pode ser feita também uma estimativa da resistência do concreto, com a utilização da velocidade de pulso com valores típicos de concreto.

Figura 14: Utilização do Equipamento Ultrassom

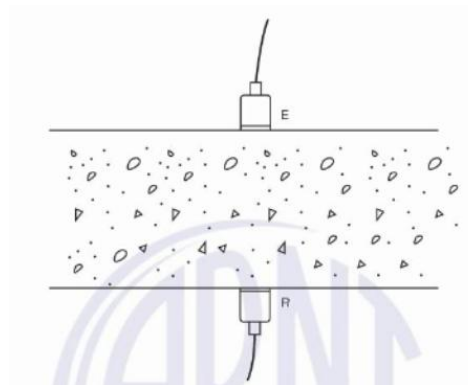


Fonte: Autor. 2024

A metodologia de utilização e análise é realizado de acordo com a ABNT NBR 8802, (2013).

O ensaio é possível de ser realizado de três formas: transmissão direta, indireta ou semidireta. A primeira os transmissores são posicionados diretamente em lados opostos do objeto, alinhados na mesma reta. A viagem das ondas ultrassônicas é de forma direta. A **Figura 15** apresenta um esquema desse tipo de medição.

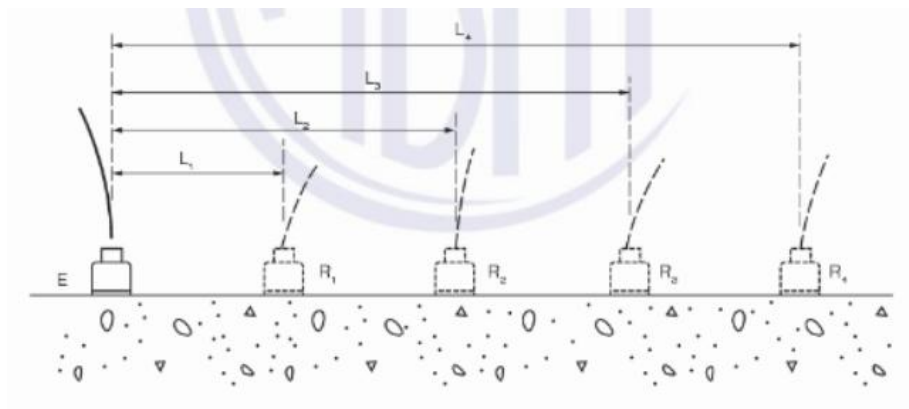
Figura 15: Medição Direta do Ensaio de Ultrassom.



Fonte: ABNT NBR 8802 (2013)

Na medição indireta os transdutores são colocados na mesma superfície em posições separadas, porém próximas. As ondas ultrassônicas viajam de forma superficial, indo do emissor ao receptor de forma parabólica. Este método é utilizado quando não é possível dispor o equipamento entre as faces (e.g. pilares, lajes). A **Figura 16** apresenta um esquema desse tipo de medição.

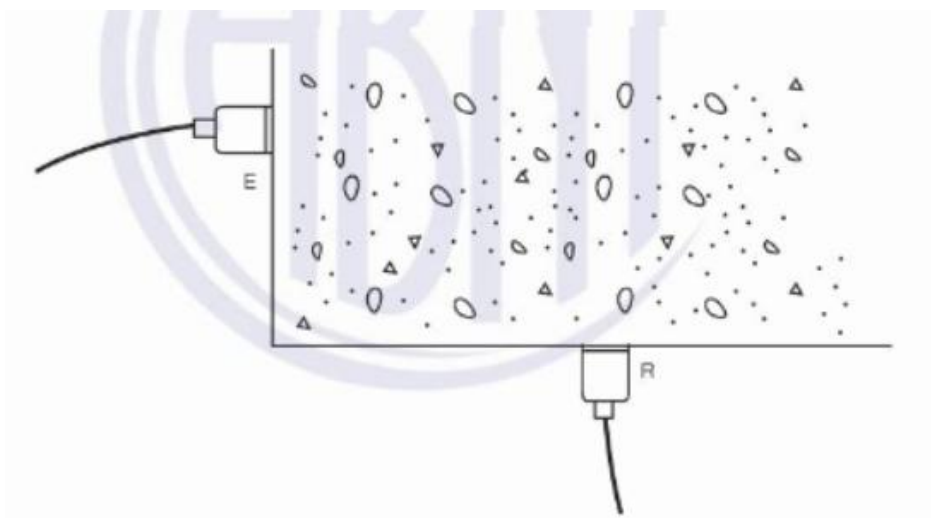
Figura 16: Medição Indireta do Ensaio de Ultrassom.



Fonte: ABNT NBR 8802 (2013)

Por fim, na medição semidireta, os transdutores são colocados nas superfícies adjacentes, formando um ângulo menor que 180° e maior que 0° . As ondas caminham de forma oblíqua. A **Figura 17** apresenta um esquema desse tipo de medição.

Figura 17: Medição Semidireta do Ensaio de Ultrassom.



Fonte: ABNT NBR 8802 (2013)

3.2.4 Análise Visual

Para a análise das fissuras e outras manifestações patológicas, ocorrerá a análise visual, que se fundamenta em verificar a edificação em uma situação de falha. Para cada falha analisada, deve-se observar todo o entorno, compreendendo as causas que originaram aquele fenômeno, expressando de forma técnica e fundamentada, qual o tipo de manifestação patológica está sendo apresentada, assim como o método de mitigação.

Na existência de fissurações ocorrerá a utilização de fissurômetro (**Figura 18**), para verificar o tamanho das fissuras analisadas

Figura 18: Utilização de Fissurômetro

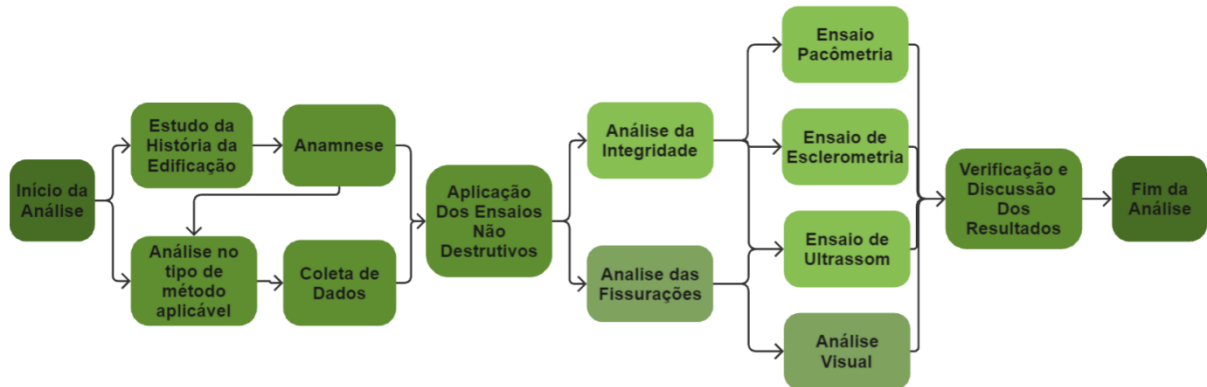


Fonte: Autor 2024

4 MÉTODO E MATERIAIS

O estudo de caso foi segmentado de uma metodologia (**Figura 19**) de análise da estrutura selecionada. A **Figura 19** consta um fluxograma que representa a forma da inspeção.

Figura 19: Fluxograma Metodológico.



Fonte: Autor 2024

De primeira instância foi realizado um estudo histórico da edificação, levantando datas e dados acerca do que essa edificação passou ao longo de toda sua vida útil até a atualidade, esse processo levou à anamnese. Em seguida, foi necessário conhecer o tipo de estrutura que estava sendo analisada para afirmar quais métodos de inspeção seriam utilizados. Após essa etapa, ocorreu a aplicação dos ensaios não destrutivos. Esses ensaios permitiram analisar a integridade da edificação, como também analisar as fissuras existentes. Para o primeiro caso optou-se pelos ensaios de pacômetria, esclerometria e ultrassom, visto que em alguns locais a verificação da integridade é extremamente importante. Já para a análise das fissuras, foram utilizados a análise visual e fissurômetros.

Por fim, todos os resultados obtidos foram verificados e discutidos, expondo os métodos eficazes de mitigação para as avarias encontradas.

4.1 Estudo de Caso

O objeto de estudo se localiza em Foz do Iguaçu, Paraná, na avenida Juscelino Kubitschek, próximo ao 34º Batalhão de Infantaria do Exército (**Figura 20**). O local é cercado por árvores e o local histórico se mantém em meio aos ambientes do clube,

como áreas de lazer e ginásio de esportes, observa-se a diferença devido a presença de telhas cerâmicas coloniais como também a exposição do avião utilizado na época.

Figura 20: Localização do Objeto de Estudo



a) Situação do clube GRESFI.

b) Localização das edificações do GRESFI.

Fonte: Autor 2025

A edificação é composta por três pavimentos, térreo, pavimento superior, torre de controle e uma parte agregada chamada de casa de máquinas, na criação do aeroporto existiam apenas a ala central, o pavimento superior, torre de controle e a casa de máquinas. Segundo LOUVAIN, (2022), as ampliações e reformas serviram para adequar o prédio a novas funções sociais, já que desde a desativação do aeroporto houve ampliações na ala sul como o palco principal e banheiros, já na ala norte foram ampliados para área de cozinha e *gourmet*, como também banheiros femininos e masculinos, os detalhes externos foram feitos para replicar a estética original, sendo denominados por Louvain, como “falsos históricos”.

A estrutura do aeroporto (**Figura 21**) é em sua grande maioria em alvenaria de tijolos cerâmicos maciços com um misto de rochas Ígneas basálticas e estruturas de madeira. Há também alguns locais com estrutura de concreto armado em vigas e pilares que são nas regiões ampliadas. Por fim, as estruturas de cobertura, são de madeira que apoiam as lajes e o telhado são de telhas cerâmicas.

Figura 21: Vista frontal do GRESFI.

Fonte: Autor 2024

4.2 Coleta De Dados

Após o embasamento teórico acerca da edificação, visitas técnicas foram realizadas com objetivo de realizar análises visuais e utilização dos equipamentos na edificação, identificando e categorizando as famílias de manifestações patológicas.

Segundo o Instituto Brasileiro de Avaliações e Perícias de Engenharia de São Paulo (IBAPE, 2021), a coleta dos dados deve ser segmentada de uma vistoria sistêmica, analisando os documentos da edificação e informações obtidas na anamnese. As vistorias possuem como seu maior objetivo constatar anomalias e falhas de manutenção, uso e operação, observando os requisitos de desempenho e conformidade.

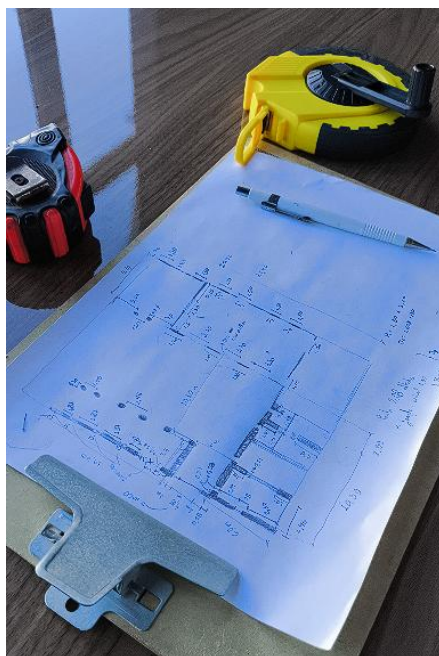
Dessa forma, durante a coleta dos dados, classificou-se as irregularidades constatadas a fim de se inspecionar e categorizar todas as manifestações. Assim, com um trabalho frequente e insistente foi possível executar o levantamento das manifestações patológicas (ABNT NBR 16747, 2020).

As irregularidades foram compiladas de acordo com sua causa e origem, possibilitando a utilização dos ensaios não destrutivos, tanto para a integridade da edificação, quanto para as manifestações patológicas em si.

4.3 Mapeamento das Manifestações Patológicas

Inicialmente, constatou-se que devido a idade da edificação, não foi possível utilizar plantas arquitetônicas disponíveis, em função do grau de deterioração das mesmas, além disso todas as plantas das reformas que o edifício sofreu não estão disponíveis. Sendo assim, em virtude da falta de dados e elementos, verificou-se a necessidade da implementação de um *As built* (**Figura 22**), um levantamento de todas as dimensões pertinentes de um local após a finalização de obra ou reforma, medindo manualmente todos os elementos da edificação para obter a planta arquitetônica.

Figura 22: Elaboração do *As Built*



a) Croqui da Edificação



b) Medições com Fita Métrica

Fonte: Autor 2024

Somente após a etapa de elaboração da planta arquitetônica processou o mapeamento com precisão as manifestações patológicas, permitindo uma análise mais completa da estrutura. Esse mapeamento possibilitou identificar padrões recorrentes e a interação entre diferentes manifestações, oferecendo uma visão mais clara sobre como os danos se distribuem e se influenciam mutuamente, além de embasar medidas mais eficazes para medidas de mitigação e preservação do patrimônio. As plantas arquitetônicas foram produzidas no software REVIT sem a aplicação do grau de agressividade para as manifestações e ao fim deste documento

(APÊNDICE A - Planta Baixa, Pavimento Térreo), irá constar todos as plantas arquitetônicas as *built* que foram executadas e implementadas.

4.4 Ensaios Não Destrutivos

A integridade da edificação será avaliada por meio de ensaios não destrutivos, como pacômetria, esclerometria e ultrassom. Cada um desses ensaios será aplicado conforme o material construtivo e o método utilizado na edificação, como descrito anteriormente. Sempre que necessário, os métodos serão adaptados para melhor atender às particularidades da construção. Além disso, as fissuras e outras manifestações patológicas serão verificadas visualmente, com o uso de um fissurômetro (no caso das fissurações), permitindo uma análise mais precisa do seu comportamento e dos possíveis impactos na edificação.

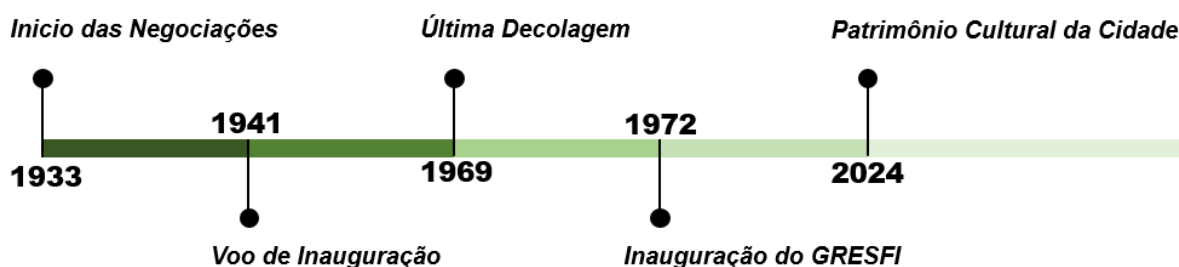
5 RESULTADOS

No presente capítulo serão analisados e apresentados os dados coletados de toda a edificação do GRESFI, seguidos das causas e origem de todas as manifestações patológicas que forem encontradas. Além disso, é realizada uma explicação da manifestação e uma mitigação viável para o problema, visando a preservação do monumento histórico. Para as manifestações em ambientes que se torne necessário, serão analisadas as mitigações segundo a resolução Nº 12/2024 do Conselho Municipal de Patrimônio Cultural (CEPAC) de Foz do Iguaçu. Esta resolução é baseada nas restrições resultantes do art. 36 da Lei nº 4470/16, indicando os cuidados e procedimentos a serem seguidos. A presente resolução de 25 de Julho de 2024, dispõe nos incisos I e II, dos elementos de salvaguarda e tais incisos retratam nas alíneas, restrições resultantes do tombamento, os componentes e características que devem ser mantidas em específico nesta edificação.

5.1 Anamnese da Edificação

O aeroporto, inaugurado em 1941, veio para evoluir a região fronteira, entregando prosperidade mercantil e por consequência econômica e social na região. Há época, a tríplice fronteira ainda tinha um grande espaço para a evolução e, segundo WOJCIECHOWSKI, (2024), ainda não obtinha qualquer desenvolvimento considerável. O Parque Nacional do Iguaçu, idealizado por Santos Dumont, acabara de ser efetivado por Getúlio Vargas e a população da cidade não passava de 1500 pessoas.

O aeroporto do parque nacional serviu de grande valia para o desenvolvimento econômico e social da região até sua última decolagem em outubro de 1969. Após este período, foi estabelecido o clube Grêmio Esportivo e Social de Foz do Iguaçu (GRESFI), fundado na década de 60, por Sargentos e Oficiais das Forças Armadas UNILA, (2021), em que assumiram o antigo terreno do aeroporto em janeiro de 1972 (LOUVAIN, 2022). Por fim a **Figura 23** apresenta a linha do tempo da edificação, considerando os marcos históricos importantes.

Figura 23: Linha do Tempo da Edificação

Fonte: Autor 2024

Pedro Louvain, atual presidente do Conselho Municipal de Patrimônio Cultural (UNILA, 2023), enfatiza em 2021 que manter a história do primeiro aeroporto da cidade ativo, é também resgatar a história do clube (GRESFI) que é parte importante para a comunidade e vizinhança de Foz do Iguaçu. Em uma de suas citações, diz que: "O prédio tem vida, e o Espaço de Memória será mais uma das esferas do clube, juntamente com as esferas social, recreativa, esportiva e cultural" (UNILA, 2021).

O levantamento das informações do caso foi elucidado através do apoio dos administradores do atual clube GRESFI, em que foi relatado todas as reformas realizadas no local, e intervenções pretéritas para manifestações patológicas preocupantes na época. Os administradores do patrimônio também relataram acerca de algumas manifestações que incomodam os visitantes e os trabalhadores, assim como medidas falhas de remediação das manifestações.

5.2 Mapeamento das Manifestações Patológicas

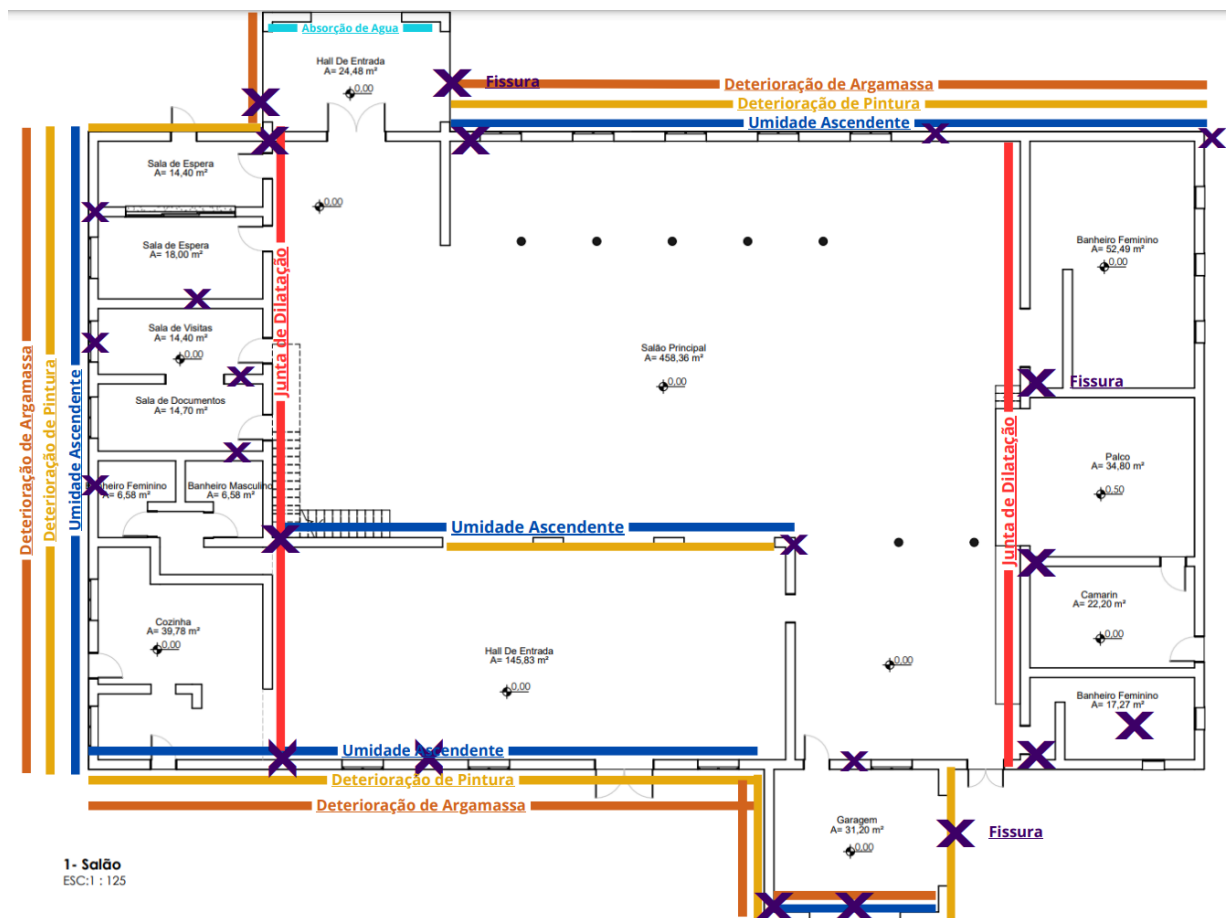
Diante do projeto arquitetônico em mãos, o mapeamento foi realizado com a planta baixa da edificação, inserindo símbolos e legendas que indiquem as manifestações segundo sua localização. Para os locais que apresentarem fissurações de qualquer natureza, a legenda apenas apresentará "Fissura" para evitar a poluição do mapeamento. Dessa forma, ao decorrer do documento será detalhado as diferenças entre as manifestações mapeadas, assim como sua origem, causas e mitigações viáveis, sem prescrever o grau de deterioração das avarias.

O mapeamento apenas levou em consideração a existência das manifestações, sem se aprofundar no grau de agressividade. Além disso, foram

registradas todas as manifestações patológicas encontradas. Essa abordagem permite um diagnóstico mais claro e objetivo, focado nas reais necessidades de intervenção.

As manifestações apresentadas no pavimento térreo (**Figura 24**) são apresentadas em sua grande maioria nas paredes de contorno do edifício e uma vasta quantidade de fissurações ao longo de seu interior.

Figura 24: Mapeamento no Pavimento Térreo



Fonte: Autor 2024

Figura 25: Legenda do Mapeamento das Manifestações

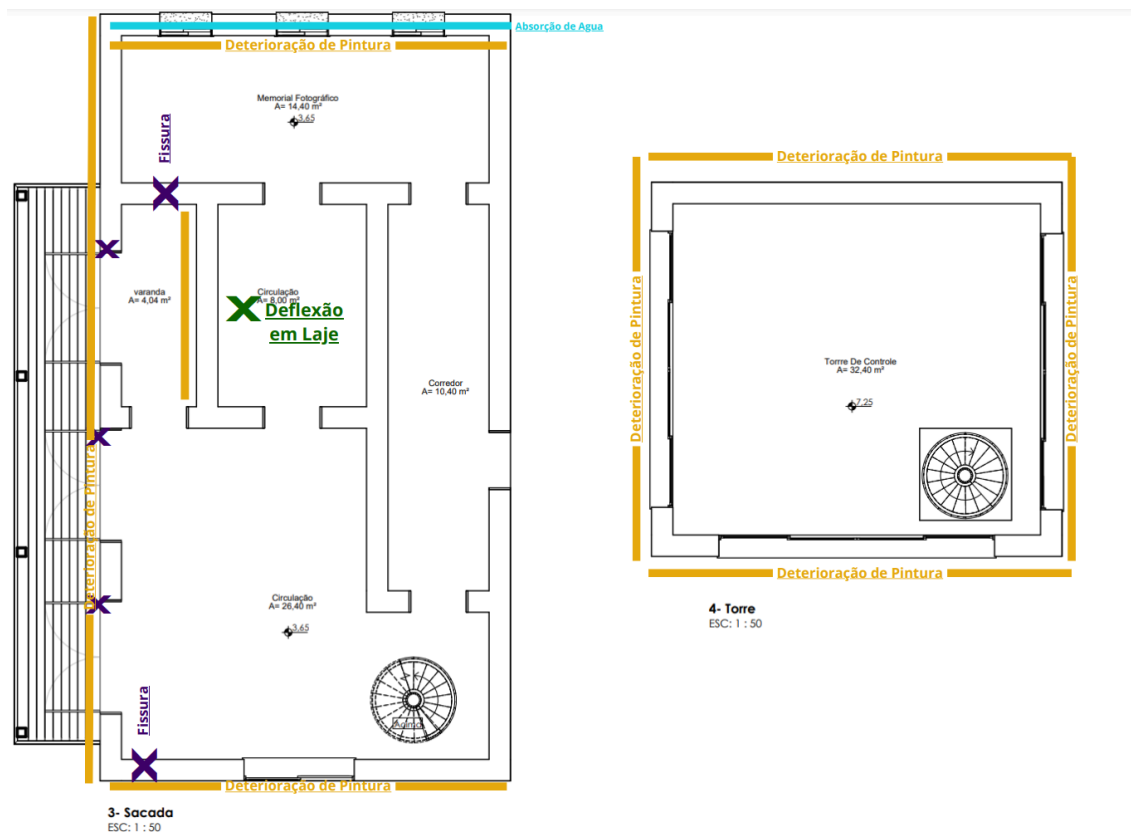
Legenda:

- Deterioração de Pintura
- Deterioração de Argamassa
- Umidade Ascendente
- Junta de Dilatação
- Absorção de Agua
- X Fissura
- X Deflexão em Laje

Fonte: Autor 2024.

Além do primeiro pavimento, aplicou-se o mapeamento para o segundo pavimento e para a torre de controle, sendo o segundo pavimento denominado “Mezanino” e torre de controle como “Torre” (**Figura 26**).

Para o segundo pavimento é visualizado que a maior parte das manifestações se encontra no contorno do local e nos ambientes internos, várias fissurações, como também deteriorações dos elementos.

Figura 26: Mapeamento no Pavimento Superior e Torre De Controle

Fonte: Autor 2024

5.3 Diagnóstico Geral das manifestações

Em sequência é apresentado um diagnóstico com todas as manifestações encontradas, destacando causas, origens, explicações e métodos de mitigação dos problemas.

5.3.1 Deterioração da pintura

Destacamento do revestimento de pintura, apresentando em toda a região. devido a sua idade acentuada sem a presença de reformas ou manutenções. Ocorre também a ascensão capilar de umidade na base da parede devido ao contato por muito tempo com água (**Figura 27**).

Figura 27: Deterioração de Pintura



Fonte: Autor 2024

O deslocamento de pintura no setor sul, apresentado na **Figura 28**, pode ser observado em toda a fachada do edifício, principalmente nas regiões que contém

maior tempo exposto aos raios UV. Nesses locais, a camada de pintura está se deteriorando com destacamento.

A causa dessas manifestações é devido à perda de vida útil da pintura, somado com a falta de manutenção preventiva da mesma. Sua origem se deu pela perda de propriedades da tinta, e com a intensidade da exposição de fatores externos, aliado com uma idade maior de 15 anos (o que foi reportado pelos administradores do local) promoveu a deterioração.

Figura 28: Destacamento de Pintura



Fonte: Autor 2024

Mitigação

A mitigação é a remoção desta camada, limpeza do local com a retirada de impurezas e regularização da superfície, em seguida se recomenda a aplicação de um selador para proteger a superfície e reduzir a absorção de água. Após isso é aplicado a massa acrílica nas áreas externas e por fim a realização de uma nova camada de pintura em que as características sejam mais próximas possíveis as originais, (GRESFI, 2025).

5.3.2 Deslocamento de Alvenaria

Deslocamento das placas de rocha basáltica que comportam toda a fachada da edificação. Estes elementos estão desde a criação do aeroporto, sendo um elemento importante tanto esteticamente quanto estruturalmente para a obra.

Figura 29: Deslocamento de Placas de Rochas



Fonte: Autor 2024

Porém, foi observado que essa manifestação ocorre principalmente no ponto indicado na **Figura 29**, localizado na fachada leste da garagem. Nesse local, o deslocamento está acometendo a maioria das placas. Foi observado também que a argamassa está esfarelando, fenômeno causado pela perda de vida útil em decorrência da elevada idade da edificação. Além disso, pela coloração e consistência é possível diagnosticar que a composição da argamassa é em sua maioria de materiais arenosos com grande quantidade de óxido de ferro em sua composição.

Mitigação

Para este tipo de manifestação, a mitigação se limita na retirada de camada de reboco das paredes externas, integrando uma nova camada com composição ideal para prolongar vida útil dos elementos. Indica-se também a utilização de argamassa própria para o assentamento das placas de rocha basáltica originais, (GRESFI, 2025).

5.3.3 Cisalhamento de Alvenaria

Observou-se que ocorre em vários pontos da edificação o cisalhamento de alvenaria devido a deposição das cargas oriundas do telhado nas paredes. Esse fenômeno recorrente pode ser observado nas **Figura 30**, **Figura 31** e **Figura 32**.

A fissuração de cisalhamento de alvenaria (fachada sul), apresentada na **Figura 30**, apresenta abertura de fissuras de 0,6 mm originadas por falha de execução, causado por falta ou má execução de contra verga. Entende-se que, segundo a ABNT NBR 8545, (1984), as vergas e contra vergas devem exceder o comprimento do vão em no mínimo 20 cm de cada lado com altura de 10 cm.

Figura 30: Cisalhamento de Alvenaria Abaixo da Contra-Verga



a) Falha de execução de contra verga

b) Abertura de Fissura de 0,6mm

Fonte: Autor 2024

Já o cisalhamento de alvenaria ilustrado na **Figura 31**, está localizado na fachada leste, é proveniente do descarregamento de cargas das terças das treliças diretamente apoiadas das paredes. Somado a isso, há, também, mau encunhamento de alvenaria.

Ao se analisar a edificação internamente, nota-se que em grande parte dela há a implementação de uma viga de madeira na parte interna da parede. Porém, nos

pontos que não contêm esta viga, as terças descarregam diretamente na alvenaria gerando fissurações semelhantes a essa da **Figura 31**.

Figura 31: Cisalhamento de Alvenaria Devido Carga de Telhado



a) Encunhamento de Alvenaria



b) Abertura de 2mm

Fonte: Autor 2024

Figura 32: Cisalhamento das Paredes



a) Cisalhamento Alvenaria



b) Abertura de 0,6mm

Fonte: Autor 2024

Por fim, na **Figura 32** se percebe que atrás do ar-condicionado existia uma abertura (janela), a qual foi indevidamente vedada. Além disso, a instalação do ar-condicionado, apoiado neste local, agravou a fissura. Tudo isso gera um acúmulo de tensão nas interfaces de parede e vedação da antiga janela e, por não ter sido realizado a vedação da forma certa, surgiu uma fissuração de cisalhamento da camada de reboco e possivelmente dos blocos cerâmicos.

Mitigação

A mitigação referente à manifestação ilustrada na **Figura 30a** é a correta execução da contra verga. Ademais, sugere-se realizar a troca do revestimento de argamassa já existente na zona fissurada. Porém, devido ao cunho histórico dos detalhes, deve-se realizar uma mitigação local, no caso de fissurações não ativas, retirando apenas a camada de reboco implantada em cima da alvenaria.

A mitigação referente à manifestação mostrada na **Figura 31** é a colocação da viga de madeira para transferir os esforços. Além disso, deve-se trocar a camada de revestimento na zona fissurada. No caso dos blocos cerâmicos também estejam fissurados, deve se proceder com a abertura da fissura, limpeza, colocação de um produto selante com propriedades elásticas (veda trinca) e aplicar uma tela para fissuras. Ao final, deve-se revestir com a nova camada de reboco e por fim pintar a região reformada.

Por fim, a mitigação referente à manifestação apresentada na **Figura 32**, é a vedação executada da forma correta, realizando a amarração entre a vedação e as paredes já existentes. Também deve ser trocado o revestimento na zona fissurada. Para os acabamentos, as condições estéticas devem reestabelecer as características originais do patrimônio, (GRESFI, 2025).

5.3.4 Eflorescência

A manifestação patológica de lixiviação, ilustrada na Figura 31 (fachada sul), é originada pela concentração de carbonato de cálcio, o qual é transportado pelo acúmulo de água em certos locais. Neste caso, ocorreu devido a camada de reboco acima da parede. A origem se deu pela falta de rufo ou impermeabilização da face

voltada para cima, proporcionando a infiltração da água na argamassa, gerando o fenômeno.

Figura 33: Eflorescência



Fonte: Autor 2024

Mitigação

A mitigação desta manifestação se limita à impermeabilização do elemento que já sofreu a manifestação, pois a troca deste elemento não se faz necessário. Ademais, este fenômeno, quando não agravado, não altera as propriedades mecânicas do material. Dessa forma, uma a impermeabilização com resinas e aditivos aplicados da forma correta devem solucionar o problema.

5.3.5 Abertura em Muro

Parcela de muro com deslocamento e abertura (**Figura 34**), evidenciada por fissuração que transpassa os dois lados do muro com uma abertura de 5 mm. É notado que a brecha percorre toda a altura do muro, até sua base, continuando a fissura na parte da frente do muro.

A possível origem é por movimentação excessiva do solo abaixo do muro. Percebe-se que na calçada abaixo do muro há também uma pequena rampa que não foi propositalmente feita, ou seja, uma pequena deformação do solo realizou o recalque diferencial do muro.

Mitigação

Para esta manifestação, a mitigação se circunda na retirada da parcela de muro que contém a abertura. Deve ser verificado se na base do muro foi realizada algum elemento de fundação. Caso exista, o mesmo deve ser reforçado e no caso de não existir fundação, deve ser executada. Somente após contornado o problema de recalque a execução de uma nova parcela de muro poderá ser feita. Essa nova parcela deverá ser devidamente amarrada na parcela antiga, para que não ocorra a aparição de novas fissuras.

Figura 34: Abertura em Muro



a) Frente do Muro

b) Fundo do Muro

c) Abertura de 5mm

Fonte: Autor 2024

5.3.6 Ascensão Capilar Da Água

Verificou-se que em alguns pontos ocorre a ascensão capilar da água, através das bases das paredes em toda a edificação, como apresentado na **Figura 35** e **Figura 36**.

Por meio da ascensão capilar da água entre a camada de pintura e a face das rochas da fachada da edificação (**Figura 35**), percebe-se que a camada de tinta tem certa flexibilidade o que indica uma textura diferente da tinta utilizada nos locais onde há alvenaria.

Figura 35: Ascensão Capilar Nas Fachadas

a) Capilaridade na Camada de Pintura



b) Presença de Mofo nos Poros

Fonte: Autor 2024

Outro fator, é que em toda a fachada externa é notado minimamente alguma absorção de água devido a aparição de mofo, o que pode afirmar que a ascensão capilar na camada de pintura é baixa. Além disso, nos poros das rochas existe acúmulo de mofo. Esta umidade realizou o deslocamento da camada de pintura, como é facilmente percebido na **Figura 35b**.

Figura 36: Ascensão de Água Nas Paredes Internas

a) Parede Interna Fachada Lesta



b) Base dos Arcos Internos do Salão

Fonte: Autor 2024

A manifestação patológica apresentada na **Figura 36** é característica da ascensão capilar da água, conforme detalhado no item **3.1.9**, e é observada em toda a fachada leste da edificação, especialmente na parte interna. Além disso, esse fenômeno se evidencia nos marcos de entrada do salão principal, reforçando a hipótese de que todas as paredes dessa ala estão sendo afetadas pela absorção de umidade.

Na parte externa, a ascensão capilar não é tão visível, pois a água se concentra na camada entre as rochas e a pintura, esse comportamento é explicado pela baixa permeabilidade da rocha, que impede a progressão da umidade. Já no interior da edificação, onde as paredes são constituídas de alvenaria de tijolos cerâmicos revestidos com argamassa, a água encontra um meio mais poroso para ascender, tornando-se perceptível tanto visualmente quanto por seus efeitos sobre os materiais.

Mitigação

A mitigação referente à manifestação apresentada na **Figura 35** é a retirada da camada de pintura em toda a fachada onde a manifestação está presente, seguindo-se de uma impermeabilização na base da alvenaria de rochas, o que é possível com a aplicação de resinas impermeabilizantes. Por fim, deve-se realizar nova camada de pintura dos elementos.

Para as manifestações como ilustradas na **Figura 36**, a mitigação requer um estudo maior da área de influência da absorção de água. O método mais eficiente é a remoção da alvenaria em toda extensão comprometida, em toda a base da parede, em seguida aplicar uma impermeabilização no apoio (e.g. radier, viga baldrame) com manta asfáltica por exemplo, e no final realizar o assentamento dos blocos e o acabamento, priorizando sempre a preservação das características originais, (GRESFI, 2025).

5.3.7 Fissuração em Arco

O arco por ser um elemento autoportante, estruturado pelo contorno de pedras rochosas, suporta os esforços de compressão solicitados, considerando o peso próprio como também as cargas de alvenaria e telhado acima dele. A distribuição é direta para a fundação, dessa forma devido a elevada rigidez do elemento, qualquer

perturbação no equilíbrio da estrutura provoca tensões de tração o que ocasiona fissurações no eixo central, ou seja, no ponto mais solicitado da estrutura.

Neste cenário, a **Figura 37** apresenta manifestações existentes nos dois arcos da garagem, com fissurações de mesmo comportamento e característica de direção nas paredes, além de apresentarem mesma extensão.

Figura 37: Fissuração em Arco



a) Arco 1, Parte Externa



b) Arco 1, Parte Interna



c) Arco 2, Parte interna



d) Abertura de Fissuras de 0,6mm

Fonte: Autor 2024

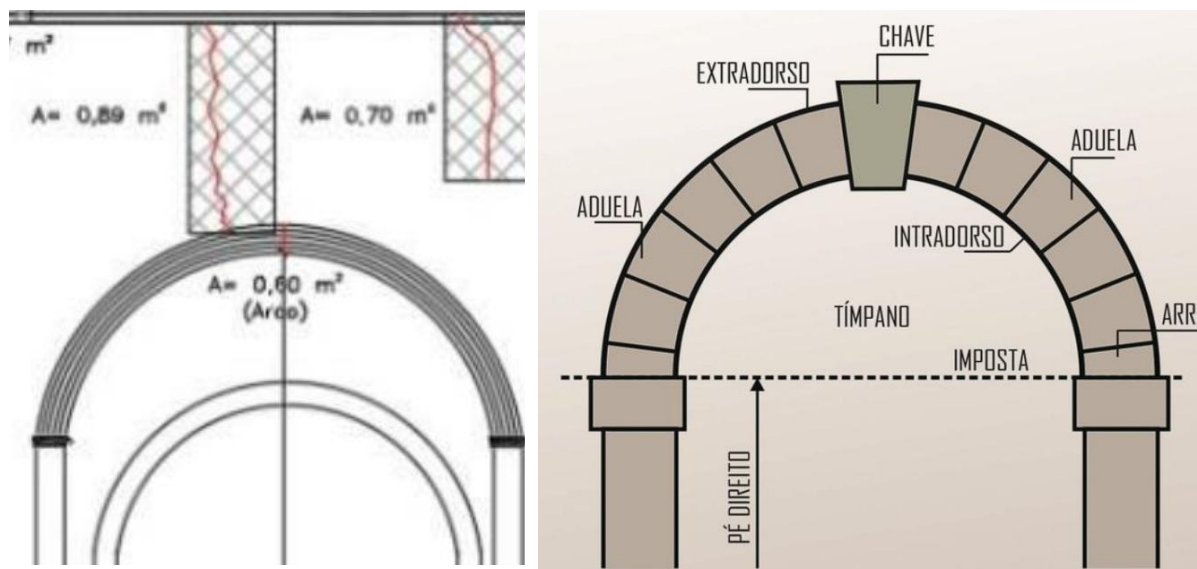
Mitigação

Estudos de LOPES & SILVA SANTOS, (2022) indicam que a solução mais eficiente no quesito de não alterar as propriedades arquitetônicas originais do elemento histórico é reforçar o ponto de maior solicitação da estrutura (local fissurado). O reforço pode ser com telas metálicas soldadas, as quais melhoram a distribuição das tensões. Contudo, esta solução é viável para fissuras não ativas, como demonstrado na **Figura 38a**.

Analisando a **Figura 38, b**, percebe-se a ausência de um elemento no eixo central do arco, chamado chave. Este elemento melhora de forma significativa a estabilidade do arco, direcionando e distribuindo mais uniformemente os carregamentos. A falta deste elemento pode causar as fissurações notadas.

Sendo assim, a manifestação é causada por alguma perturbação no equilíbrio do arco e a mitigação é priorizando sempre a preservação das características originais, na fase de acabamento (GRESFI, 2025).

Figura 38: Reforço Estrutural de Arcos



a) Reforço Estrutural Na Fissura

Fonte: LOPES E SILVA SANTOS et al.,
(2022)

b) Elemento Chave.

Fonte: COLIN, (2013)

5.3.8 Junta de Dilatação

Essa manifestação é ocasionada pelo impacto combinado de algumas manifestações patológicas, sendo o principal um recalque excessivo da parede externa, especialmente na região onde o marco está envolto por rochas e a junta de dilatação da ala sul, como ilustra a **Figura 39**.

Observou-se que, além da grande brecha aberta no lado externo, que dá a impressão de as rochas estarem sendo empurradas para fora, há também a abertura de fissuras na parte interna. A foto da **Figura 39c**, evidencia uma fissura típica de cisalhamento e tração da parede, acompanhada pelo deslocamento do revestimento de argamassa.

. Além disso, próximo ao pilar, há uma área extensa com deslocamento do revestimento, aparentando estar completamente segregada. Vale destacar que a argamassa de revestimento desse local apresenta as mesmas características das argamassas externas, com um tom avermelhado e tendência acentuada ao esfarelamento, indicando que foram aplicadas na mesma época que a argamassa externa.

Figura 39: Abertura em Marco Revestido Por Rochas



a) Fissura em Marco de Rochas.



b) Fissuração na Parte Superior a Porta



c) Fissuração por cisalhamento e tração de alvenaria



d) Desplacamento de revestimento

Fonte: Autor 2024

Diante dessas observações, conclui-se que houve um deslocamento significativo da parede externa, mais especificamente na região do marco revestido por rochas. Esse movimento resultou na ruptura e deslocamento da face interna da parede e, conseqüentemente, na compressão lateral do revestimento de argamassa, levando ao seu destacamento completo. Os administradores relatam que o revestimento continua se desprendendo em pedaços, o que sugere que a movimentação ainda está ativa.

Verificou-se que toda a linha das paredes ao longo da ala sul corresponde a uma junta de dilatação da edificação (**Figura 40**). Isso foi confirmado pelo fato de que, ao longo de toda a extensão, há uma série de fissuras que formam uma linha no ponto de encontro entre a ala original do aeroporto e a ampliação realizada décadas após a desativação do aeroporto, ou seja, muito tempo depois da criação do clube GRESFI.

Figura 40: Junta de Dilatação

a) Lateral do Palco setor sul



b) Entrada do Wc Masculino



c) Entrada do Wc Feminino

Fonte: Autor 2024

Mitigação

Para a primeira família de manifestações, recomenda-se a remoção do marco envolto por rochas, bem como a retirada do revestimento de argamassa antiga que está se destacando, a fim de possibilitar a execução de um novo acabamento. É importante ressaltar que, no caso de uma junta de dilatação, qualquer tentativa de evitar sua formação é falha, pois está lidando com uma fissuração ativa. Nesse contexto, qualquer material rígido aplicado sobre a fissura, com a intenção de impedir seu movimento, acabará sendo novamente fissurado.

Dessa forma, a melhor alternativa para mitigar o problema é a aplicação de um método eficiente para reparação de fissuras ativas. Exemplos disso são as calhas metálicas, que ocultam a manifestação, ou o preenchimento com resina plástica, que permite a movimentação sem gerar novas fissuras. Para o acabamento, o ideal é utilizar um elemento que reproduza as características arquitetônicas originais da edificação.

5.3.9 Absorção de Água

A manifestação patológica, como pode ser observado na Figura 39, é resultado de uma combinação de fatores. O primeiro indício do problema é o deslocamento do

reboco na parte externa, um sinal clássico de infiltração. No interior da edificação, a situação se agrava, com uma infiltração intensa que faz com que a parte superior do revestimento se destaque, comprometendo tanto a estética quanto o revestimento do ambiente.

Figura 41: Absorção de Água Na Parede da Fachada



Fonte: Autor 2024

Para entender a origem do problema, foi realizada uma inspeção no pavimento superior da edificação. Ficou evidente que a falta de uma calha e de um rufo adequados tem permitido a entrada de água ao longo dos anos. Esse processo, que ocorre há décadas, comprometeu toda a fachada devido à absorção contínua de umidade.

Nas partes superiores, o mofo já se espalhou, e o reboco se deteriorou completamente. Na área frontal, o deslocamento do revestimento indica que a camada entre o reboco e a alvenaria cerâmica perdeu aderência, o que agrava ainda mais a situação.

Mitigação

Para resolver esse problema, é essencial instalar uma calha e um rufo de forma eficiente, garantindo a drenagem correta da água e evitando novas infiltrações. Além disso, devido ao avançado estado de deterioração, será necessário substituir todo o reboco comprometido, garantindo uma solução duradoura e segura e condizente com a estética original da edificação, (GRESFI, 2025).

5.3.10 Amarração Entre As Alvenarias

Em diversos encontros de paredes é possível observar uma fissura como a ilustrada na Figura 40. Essa manifestação patológica ocorreu devido à falta de amarração entre as alvenarias (item **3.1.8**), ou seja, um erro executivo que proporcionou uma fissuração no encontro entre as paredes. Observou-se esta abertura de 0,7mm em ambos os lados da parede.

Figura 42: Fissuração Por Amarração Entre As Alvenarias



a) Encontro das Alvenarias



b) Abertura de fissuras de 0,7 mm

Fonte: Autor 2024

Mitigação

Para esta manifestação, devido a mesma ser externa à edificação, e visando o melhor aspecto estético, indica-se a abertura e limpeza da fissura, seguido de preenchimento resina flexível. Além disso, deve-se executar uma tela metálica devidamente amarrada entre as faces das duas alvenarias. Por fim é recomendado o acabamento replicando as condições estéticas originárias.

5.3.11 Recalque Diferencial

O recalque diferencial (Item 3.1.4) da antiga casa de máquinas, como pode ser visualizado na **Figura 43** ocorreu devido ao acúmulo de tensões e à interferência entre os bulbos de tensão, resultando em uma deformação excessiva do solo em uma parte específica do terreno.

Figura 43: Abertura Devido Recalque Diferencial



a) Fachada Sul



b) Abertura 1: 3cm



c) Fachadas Sul e Leste



d) Abertura 2: 1 cm

Fonte: Autor 2024

Acredita-se que a construção do galpão do ginásio, localizado ao lado da edificação, tenha causado esse fenômeno. Como a fundação da casa de máquinas aparentemente é do tipo radier e suas paredes são de alvenaria, apoiadas sobre uma base de rochas unidas com argamassa, a estrutura se torna extremamente rígida e, conseqüentemente, mais suscetível às deformações do solo.

Mitigação

Para mitigar esse problema, é necessário um reforço estrutural que leve em consideração a deformação já existente no solo. Caso uma análise contínua comprove que as fissuras não estão ativas, uma alternativa viável é a aplicação de uma malha metálica na zona afetada além de um reforço no pilar de canto, promovendo a recuperação da homogeneidade do elemento. Em seguida, a aplicação de uma argamassa de revestimento permitirá cobrir o reforço e replicar a aparência original da estrutura.

5.3.12 Deterioração do Madeiramento de Cobertura

A manifestação patológica observada no madeiramento de cobertura da casa de máquinas, ilustrada na Figura 42, retrata uma intensa degradação da madeira do pendural da treliça (elemento estrutural disposto na vertical), além dos banzos superiores e inferiores e das estroncas (elementos dispostos na diagonal).

Essa deterioração ocorreu devido ao ataque biológico ao longo do tempo, agravado pela ausência de manutenção preventiva, como a aplicação de resinas e aditivos que protegem a madeira contra esses agentes.

Figura 44: Deterioração da Madeira na Casa De Máquinas



a) Fachada Sul Casa de Máquinas



b) Fachada Norte Casa de Máquinas

Fonte: Autor 2024

Segundo CARZINO ALCÂNTARA et al., ([s.d.]) o agente biológico responsável por essa degradação provavelmente é o fungo de podridão parda, identificado pela coloração característica do ataque e pelo formato da deterioração observada no elemento ao longo dos anos. Esse tipo de fungo aumenta a absorção de água pela madeira e se alimenta da mesma, acelerando seu processo de degradação.

Mitigação

Devido ao grau de deterioração, é aconselhado a substituição dos elementos da treliça por elementos de madeira novos, porém com resinas protetoras destes agentes. A substituição deve ocorrer de forma cuidadosa, priorizando a integridade da edificação.

5.3.13 Fissuração Entre as Placas De Gesso

Fissuração ocasionada devido a erro executivo na aplicação de gesso acartonado. Percebe-se que a manifestação ocorreu no encontro entre as placas de gesso, e como houve a falta de um elemento primordial, as juntas fissuraram.

O processo foi efeito da falta de uma fita telada (plástico micro perfurado ou fibra de vidro), elemento essencial para uma boa movimentação térmica das placas ou por movimentações pequenas, que são absorvidas pelas fibras. Quando não ocorre tal aplicação, os elementos sofrem pequenas deformações o que devido ao acabamento rígido (geralmente de massa corrida), não suporta as movimentações e se fissa.

Figura 45: Fissuração Entre as Juntas Do Teto



Fonte: Autor 2024

Mitigação

A mitigação da manifestação é lixar a área fissurada, deixando a superfície entre as placas limpa. Na sequência é realizada a aplicação da fita telada como mencionado acima. Segue-se com a execução da massa corrida em cima da fita e por fim realizar uma pintura no gesso todo.

5.3.14 Deformação Em Laje

O fenômeno observado, e no presente trabalho ilustrado na Figura 44, é devido a severa fissuração da laje do segundo pavimento. Verifica-se que ocorre inúmeras fissuras e um forte deslocamento dos elementos da laje. Os administradores do edifício comentam que tentaram remediar a situação aplicando massa corrida e folhetos para tapar as fissurações, o que não funcionou.

Figura 46: Fissuração em Lajes



Fonte: Autor 2024

Esta manifestação ocorreu devido ao fato de terem alocado uma caixa de água de 250L em cima da laje que previamente não foi projetada para tal utilização.

Segundo DAL MOLIN, (1988), o efeito de flexo-compressão nos elementos de laje com características próximas à ruptura, introduz o fenômeno de fissuração apresentado. Nessas situações, a estrutura se encontra no limiar do estado limite último, em que “as linhas de ruptura entre as duas partes da laje passarão pelo ponto de interseção dos respectivos eixos de giro”, o que é verificado pela característica das fissuras, seguindo a orientação em relação a sobrecarga ocasionada pela caixa d’água. A laje representada na imagem é engastada na face norte, e simplesmente apoiada nos outros contornos.

Mitigação

De primeira instância, é preciso realizar a correta alocação da caixa de água acima da laje, apoiando a mesma nas vigas, e distribuindo a sua carga na estrutura.

Deve-se analisar a deflexão da laje com maior rigor, para verificar o melhor método de recuperação estrutural que pode ser aplicado, como por exemplo reforço com armaduras nas duas direções na laje, como retratado em CAMPOS et al., (2012), ou o método de recuperação que está sendo aplicado em patrimônios históricos por causa de sua agilidade na execução e baixo impacto na estrutura previa, chamada de reforço com fibra de carbono aplicado com resina epóxi que é retratado em LUNA DE SOUZA & FAGUNDES, (2020).

Figura 47: Reforço Com Fibra de Carbono em Laje



Fonte: CASTANHEL | ENGENHARIA E CONSTRUÇÃO, (2016)

5.3.15 Análise da Integridade de Pilares

No salão principal há existência de falsos históricos, pois na criação do aeroporto todos os elementos estruturais, como treliças, vigas e pilares, eram constituídos de madeira. Porém, segundo os administradores, ocorreram falhas nestes elementos devido ao tempo, o que levou a necessidade da substituição destes por concreto armado, moldados e finalizados para fornecer um aspecto de madeira, como ilustra a **Figura 48**.

Figura 48: Verificação de Integridade dos Elementos do Salão



Fonte: Autor 2025

Neste cenário ocorreu a necessidade da realização de ensaios para a comprovação que estes elementos estão com uma boa integridade estrutural. Os ensaios não destrutivos realizados foram: pacômetria, esclerometria e ultrassom.

Para o ensaio de pacômetria, verificou que existem armaduras, porém devido a elevada espessura de concreto ao redor, o equipamento não conseguiu diagnosticar com precisão a posição das mesmas, apenas aferindo sua existência. Os demais ensaios foram realizados conforme a metodologia detalhada no item **3.2**. As análises foram feitas em meia altura para a esclerometria (**Figura 49**) e próximo à base para o ultrassom (**Figura 50**).

Figura 49: Aplicação do Ensaio Esclerométricoa) Grid De aplicação Esclerométrico:
(12x12) cm

b) Aplicação do Ensaio

Fonte: Autor 2025

O ensaio de esclerometria foi aplicado nos 5 pilares de concreto armado do salão principal com malha contendo 12cm por 12 cm, constituindo 9 pontos, como apresentado na **Figura 49a**.

A partir do índice esclerométrico, ou seja, da dureza superficial do elemento, utilizou-se a curva de correlação do fabricante para estimar a resistência à compressão. A Tabela 1 apresenta os resultados dos índices esclerométricos medidos em cada pilar.

Tabela 1: índice esclerométrico

Pilares	Índice Esclerométrico
P1	35,2
P2	36,6
P3	36
P4	37,5
P5	34,8

Fonte: Autor 2025

A partir dos dados da Tabela 1, estimou-se a resistência a compressão para cada pilar, conforme apresenta a Tabela 2.

Tabela 2: Resistência à compressão (MPa)

Pilares	Resistência à compressão (MPa)
P1	33,6
P2	35,3
P3	34,2
P4	36,7
P5	31,1

Fonte: Autor 2025

De acordo com LIMA et al., (2024), pilares com bom comportamento estrutural, apresentam valores de resistência a compressão através do ensaio esclerométrico variando entre 24 e 44 MPa.

Em seguida foi realizado o ensaio de ultrassom com medição direta, este ensaio verificou o tempo que o pulso ultrassônico transpassa o material entre os geofones, podendo assim aferir com mais precisão quais as propriedades do elemento analisado.

Os diâmetros dos pilares são de 32,5 cm, a medição ocorreu na mesma altura para todos, como apresentado na **Figura 50**. O equipamento de ultrassom portátil da UNILA contém a capacidade de medir o tempo de propagação da onda, com o diâmetro é possível verificar a velocidade desta onda. A Tabela 3 apresenta os resultados de velocidades para todos os pilares ensaiados.

Tabela 3: Resistência à compressão (MPa)

Pilares	Velocidade de Pulso (m/s)
P1	3306,27
P2	3310,9
P3	3283,1
P4	3225,1
P5	3286,2

Fonte: Autor 2025

Diante dos dados apresentados na Tabela 3, é possível identificar que os elementos são de concreto armado de boa qualidade, pois a velocidade da onda ultrassônica está entre 3000 e 3500 m/s (ADAMATTI; SILVA FILHO, ([s.d.])).

Figura 50: Aplicação do Ensaio De Ultrassom



Fonte: Autor 2025.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo teve como objetivo empregar ensaios não destrutivos para analisar e verificar de modo preliminar as manifestações patológicas no patrimônio histórico de grande importância para a cidade de Foz do Iguaçu, PR. O estudo permitiu identificar a causa e a origem das manifestações, além de propor métodos de mitigação que favorecessem uma restauração eficaz e a redução dos impactos causados por esses problemas.

Entre as diversas manifestações encontradas, as mais recorrentes foram fissurações causadas por cisalhamento nas alvenarias (decorrente de falha de execução), destacamento das camadas de pintura (perda de vida útil dos elementos) e umidade ascendente (falha de execução).

Os equipamentos utilizados serviram para a análise da integridade da estrutura, o ensaio esclerométrico foi fundamental para certificar a rigidez superficial dos elementos, possibilitando diferenciar um pilar de um elemento não estrutural. O ensaio de ultrassom contém o mesmo viés, pois auxiliou na verificação da integridade e homogeneidade do elemento, aferindo se ocorre a existência de fatores que alterem essas propriedades (e.g, fissurações, ninhos de concretagem). Por fim o ensaio com a utilização do pacômetro verificou a existência de armaduras ou elementos metálicos no interior da estrutura.

Os ensaios cumpriram seu propósito ao certificar a integridade dos pilares do salão principal, confirmando que foram substituídos durante as reformas que o clube sofreu, pois os pilares são de concreto armado de boa qualidade, que substituíram os iniciais pilares de madeira. No entanto, observou-se que em alguns locais não foi possível realizar os ensaios, pois os elementos não apresentavam resistência superficial suficiente para o uso do esclerômetro (como as argamassas de revestimento, tanto internas quanto externas), além de não possuírem uma superfície plana e íntegra para a realização do ensaio de ultrassom e sua comparação com a literatura. Neste intuito, para estes locais é indicado que ocorra a execução de outros equipamentos para auxiliar na análise, como câmera termográfica, para indicar com precisão os locais com umidade e descontinuidades na matriz.

O mapeamento das manifestações possibilitou uma análise holística, oferecendo uma visão ampla de como essas patologias se interagem e se distribuem

na edificação. Esse processo permitiu documentar detalhadamente a localização, extensão e gravidade dos danos, tornando-se um aspecto fundamental para futuras intervenções de recuperação e manutenção por parte dos administradores do clube. Além disso, considerando que a edificação é antiga e histórica, sem registros precisos das plantas arquitetônicas originais ou das ampliações realizadas ao longo do tempo, a produção do projeto arquitetônico *as built* se mostrou essencial. Esses documentos são fundamentais para garantir que possíveis futuras reformas ou ampliações sejam conduzidas de forma criteriosa e minimamente invasiva, preservando a identidade do patrimônio.

Dessa forma, este estudo reforça a importância dos ensaios não destrutivos na preservação do patrimônio histórico, permitindo diagnósticos e embasando intervenções mais seguras e eficientes aplicáveis a este tipo de edificação. Além de identificar as manifestações patológicas, suas causas e realizar o mapeamento delas, a pesquisa demonstrou a necessidade de métodos complementares para aprimorar a análise em áreas onde os ensaios convencionais foram limitados.

Por fim, os resultados obtidos servem como uma base inicial para possíveis e futuras ações de manutenção e recuperação, contribuindo para a conservação da edificação e a valorização de seu valor histórico, salientando que todas as mitigações devem cumprir o que for estabelecido pelos órgãos competentes, estipulando as restrições para cada patrimônio em questão.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 13245**. Tintas para construção civil: execução de pinturas em edificações não industriais: preparação de superfície. Rio de Janeiro: [s.n.].

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

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT) **NBR 7584**. Concreto Endurecido- Avaliação da dureza superficial pelo esclerômetro de reflexão- Método de Ensaio. p. 10, 11 jan. 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT) **NBR 8545**. Execução de alvenaria sem função estrutural de tijolos e blocos cerâmicos. Rio de Janeiro.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT) **NBR 8802**. Concreto Endurecido- Determinação da Velocidade de Propagação de Onda Ultrassônica. 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT) **NBR 9575**. Impermeabilização - Seleção e Projeto. 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT) **NBR 15575-1**. Edificações habitacionais Desempenho Parte 1: Requisitos gerais. **Associação Brasileira de Normas Técnicas**, p. 83, 19 jul. 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT) **NBR 16747**. Inspeção Predial- Diretrizes, conceitos, Terminologias e procedimentos. v. 1, p. 14, 21 Maio 2020.

ADAMATTI, D.; SILVA FILHO, L. **Propagação Da Velocidade De Pulso Ultrassônico Na Análise de Estruturas De Concreto Armado: Estudo De**

Parâmetros Tecnológicos Intervenientes. Disponível em: <https://repositorio.jesuita.org.br/bitstream/handle/UNISINOS/6741/Deise+Santos+Adamatti_.pdf?sequence=1>. Acesso em: 16 fev. 2025.

BRASIL. Câmara Municipal de Foz do Iguaçu, Estado do Paraná. **Lei Municipal nº 4470, de 5 de agosto de 2016.** proteção do Patrimônio Cultural, Histórico, Artístico e Ambiental do Município de Foz do Iguaçu. Disponível em: <https://sapl.fozdoiguacu.pr.leg.br/media/sapl/public/documentoacessorio/2022/3186/lei-ordinaria-4470-2016-foz-do-iguacu-pr-consolidada-08-02-2018.pdf>. Acesso em: 21 dez. 2024.

CAMPOS, O. et al. REFORÇO EM LAJES DE CONCRETO ARMADO. **Revista Eletrônica de Engenharia Civil**, v. 4, n. 2, 2012.

CARZINO ALCÂNTARA, M. et al. Efeitos do ataque de fungos de podridão nas características da madeira de eucalipto. [s.d.].

CASTANHEL | ENGENHARIA E CONSTRUÇÃO. **Recuperação Estrutural com Fibra de Carbono.** Disponível em: <<https://www.castanhel.com.br/ver-obra/7/recuperacao-estrutural-com-fibra-de-carbono>>. Acesso em: 19 fev. 2025.

COLIN, S. **Forma Estrutural – I | Coisas da Arquitetura.** Disponível em: <<https://coisasdaarquitetura.wordpress.com/2013/10/12/forma-estrutural-i/>>. Acesso em: 6 fev. 2025.

DAL MOLIN, D. **Fissuras Em Estruturas de Concreto Armado.** Porto Alegre: UFRS, 1988.

GRESFI passa a ter status de Patrimônio Cultural do Município | Grêmio esportivo e social de Foz de Iguaçu - Gresfi. Disponível em: <<https://gresfi.org.br/noticia/gresfi-passa-a-ter-status-de-patrimonio-cultural-do-municipio/>>. Acesso em: 23 mar. 2025.

HELENE, P.; TERZIAN, P. Manual de Reparo, Reforço e Proteção de Estruturas de Concreto. 1993. ISBN 85-7266-010-0

Instituto Brasileiro de Avaliações e Perícias de Engenharia (IBAPE). **NORMA DE INSPECAO PREDIAL**. p. 27, 20 out. 2021.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). **Catálogo-Aeroporto do Parque Nacional do Iguaçu**. Disponível em: <

IMPERTAN. **UMIDADE ASCENDENTE: CONHEÇA ESSE INIMIGO DA IMPERMEABILIZAÇÃO** - Impertan. Disponível em: <

Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional (IPHAN). Conservação de Patrimônios Históricos. **Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional**, 2020.

LEONI, M. **Trincas em edificações: o que você precisa saber sobre isso - YouTube**. Disponível em: <[>". Acesso em: 5 fev. 2025.](https://www.youtube.com/watch?v=RuUC__Uv2tE)

LIMA, J. H. L. M. et al. Resistencia à compressão superficial do concreto em elementos estruturais. **Research, Society and Development**, v. 13, n. 5, p. e0813545659, 4 maio 2024.

LOPES E SILVA SANTOS, P. J. et al. Arquitetura em arcos e soluções de recuperação estrutural: estudo de caso da Igreja Matriz de Nossa Senhora do Amparo, Teresina-PI. **Revista Tecnologia**, v. 42, n. 2, p. 14, 24 nov. 2022.

LOUVAIN, P. O ESPAÇO DE MEMÓRIA DO GRESFI E A COMUNIDADE DE FOZ DO IGUAÇU. p. 11, 2022.

LUNA DE SOUZA, L.; FAGUNDES, F. Reforço Estrutural com Fibra de Carbono. **Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento**, v. 09, n. 11, p. 31–46, 2020.

MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P. J. M. **Concreto: Microestrutura, Propriedades e Materiais**. 2. ed. IBRACON, 2014a.

MEHTA, P.; MONTEIRO, P. J. M. Concreto: Microestrutura, Propriedades e Materiais. **PINI**, 2014b.

PINTO, C. DE S. **Curso Básico de Mecânica dos Solos em 16 Aulas**. 3. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2006.

SEGAT, G. T. **Manifestações patológicas observadas em revestimentos de argamassa: estudo de caso em conjunto habitacional popular na cidade de Caixas do Sul (RS)**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil)—Porto Alegre: Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2005.

SILVA, I. T. S. **Identificação dos fatores que provocam eflorescência nas construções em Angicos**. Angicos.

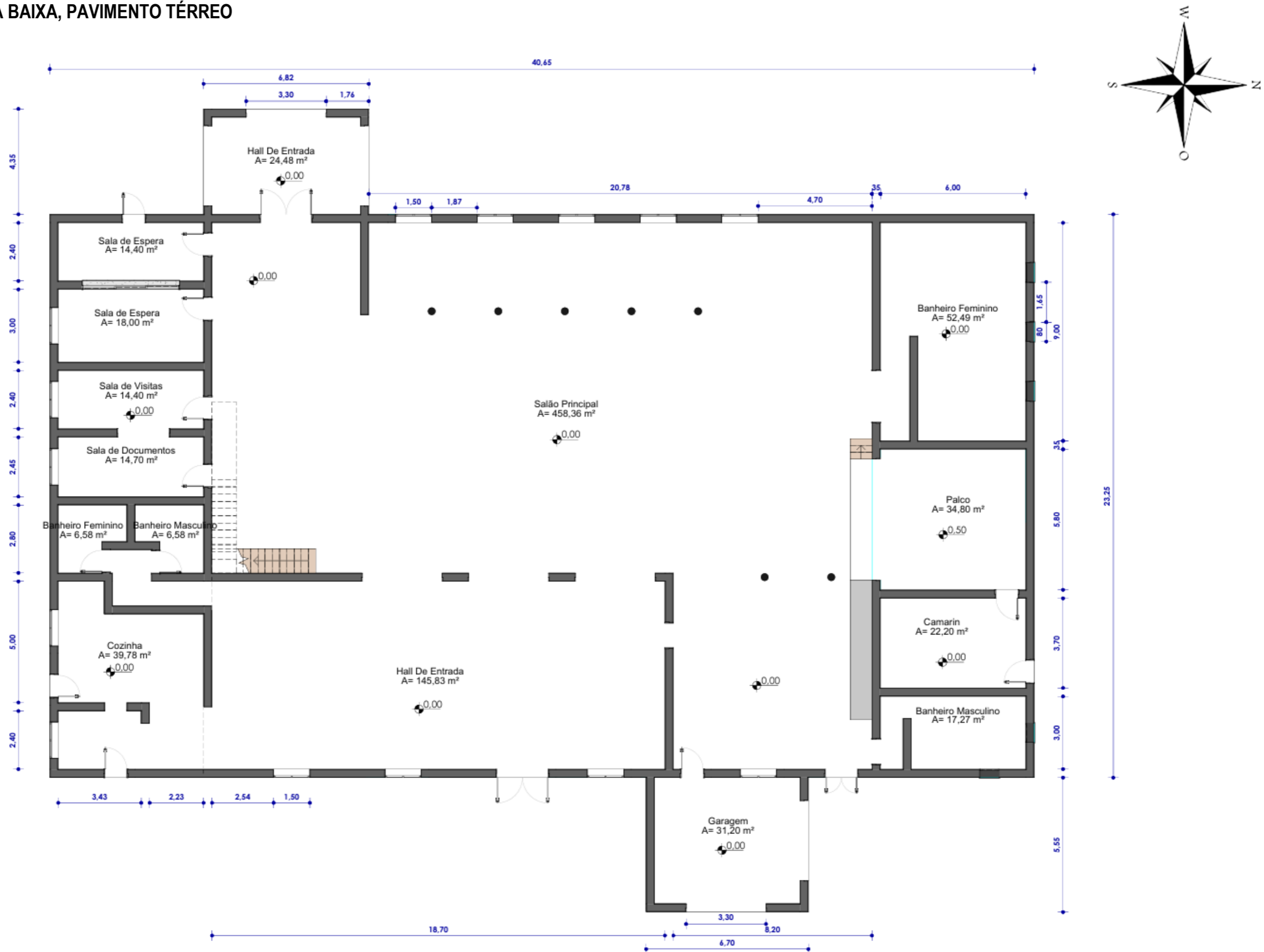
SILVA NETO, F. Frabetti, J, A, G. Cassiano, G, H. Este da Silva, H, M. **Patologias Do Concreto Armado: Estudo De Casos Em Edificações Prediais** – DOI: 10.5281/zenodo.10204027 Acesso em: 17 fev. 2025.

Universidade Federal da Integração Latino-Americana (UNILA). **Primeiro aeroporto de Foz do Iguaçu e Gresfi ganham Espaço de Memória**. Disponível em: <<https://portal.unila.edu.br/noticias/espaco-de-memoria-do-primeiro-aeroporto-de-foz-ganha-aplicativo>>. Acesso em: 2 ago. 2024.

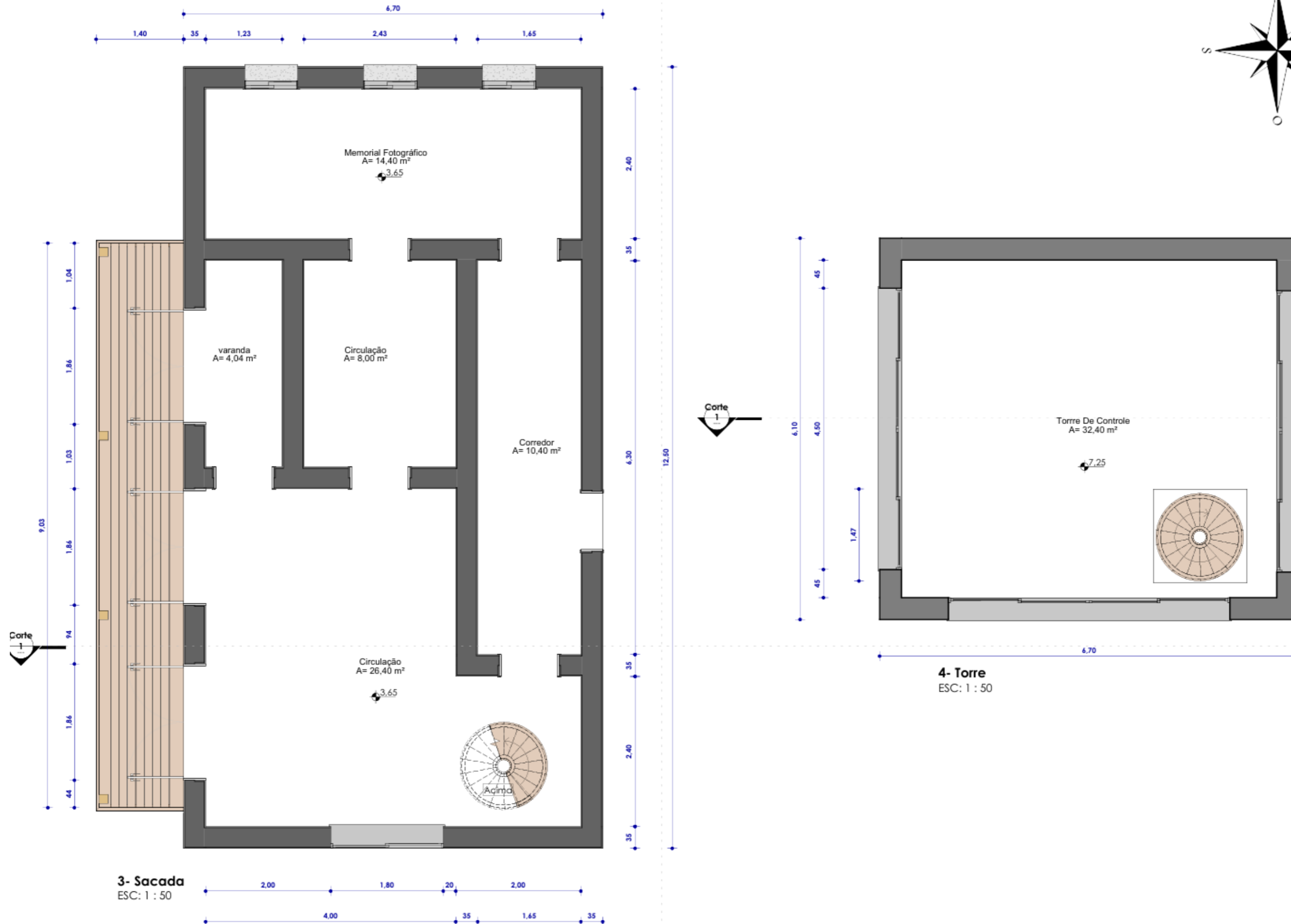
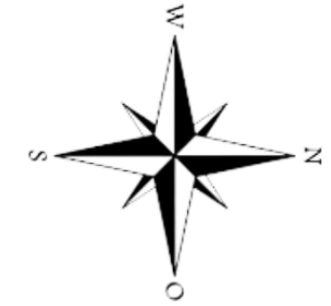
Universidade Federal da Integração Latino-Americana (UNILA). **Patrimônio cultural**. Disponível em: <<https://portal.unila.edu.br/noticias-da-gente/patrimonio-cultural#wrapper>>. Acesso em: 2 ago. 2024.

WOJCIECHOWSKI, G. **Linha do tempo Datas importantes da história de Foz do Iguaçu**. Disponível em: <<https://www.h2foz.com.br/especial/linha-do-tempo-historia-foz-do-iguacu/>>. Acesso em: 2 ago. 2024.

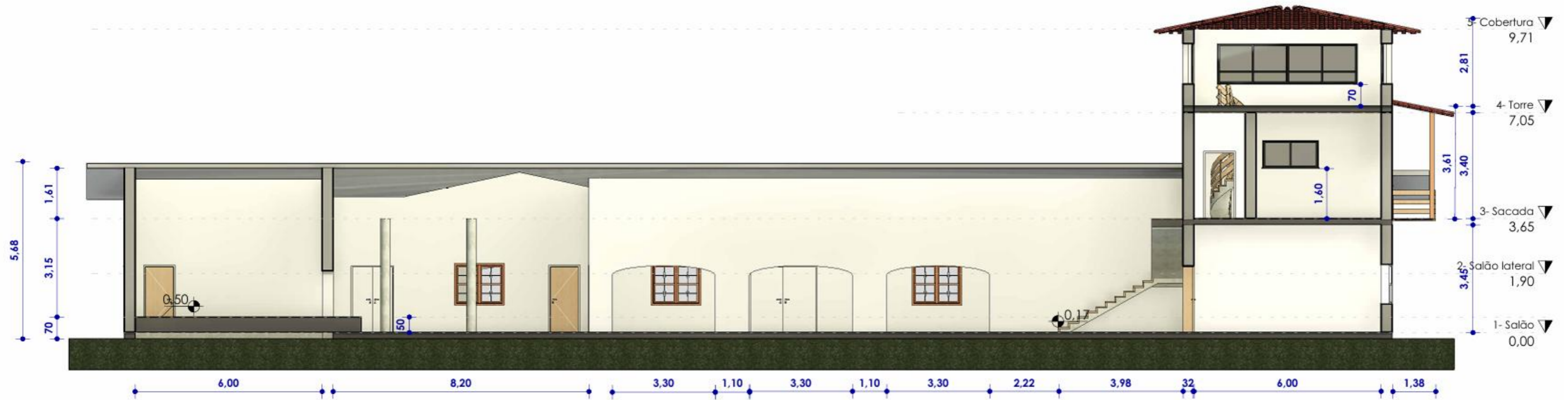
APÊNDICE A - PLANTA BAIXA, PAVIMENTO TÉRREO



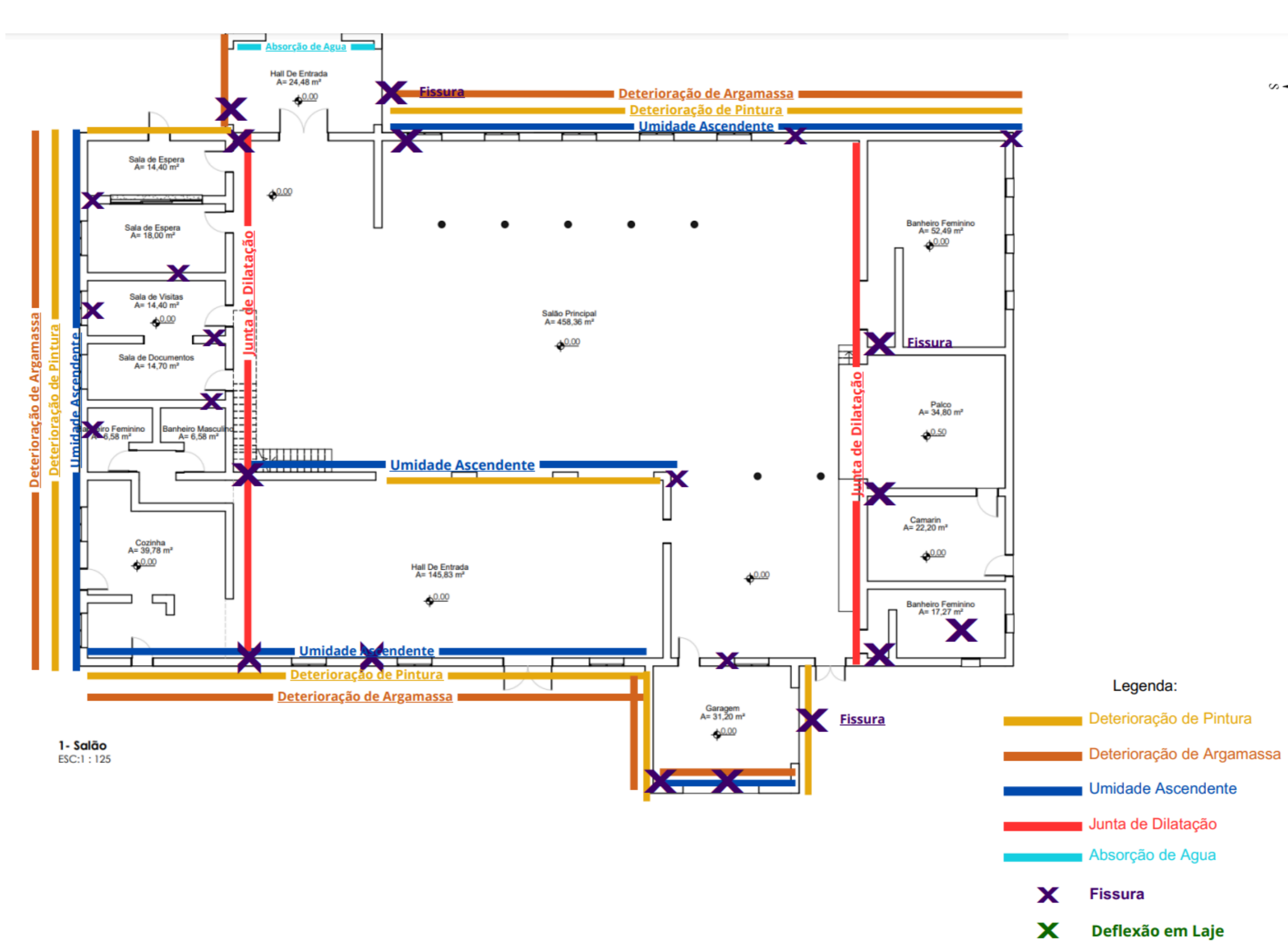
APÊNDICE B – PLANTA BAIXA PAVIMENTO SUPERIOR E TORRE DE CONTROLE



APÊNDICE C – CORTE 1 E FACHADA SUL



APÊNDICE D – MAPEAMENTO PAVIMENTO TÉRREO



APÊNDICE E – MAPEAMENTO PAVIMENTO SUPERIOR E TORRE DE CONTROLE

