
**ANÁLISE DO DESEMPENHO DE UM SISTEMA DE PISO ELEVADO
EM UMA LAJE DE COBERTURA: UM ESTUDO DE CASO NA
UNIVERSIDADE ESTADUAL DE PONTA GROSSA**

**ANALYSIS OF THE PERFORMANCE OF AN RAISED FLOOR SYSTEM
IN A COVERING SLAB: A CASE STUDY AT STATE UNIVERSITY OF
PONTA GROSSA**

Michel Zdebski¹; Elias Pereira²; Eduardo Pereira³

¹ Engenheiro Civil, Universidade Estadual de Ponta Grossa, michel_zdebski@yahoo.com.br

² Engenheiro Civil, Universidade Estadual de Ponta Grossa, elpereira@uepg.br

³ Engenheiro Civil, Universidade Estadual de Ponta Grossa, eduardopereira@uepg.br

RESUMO

A laje de cobertura da Reitoria da Universidade Estadual de Ponta Grossa conta com um sistema de piso elevado, composto por placas de concreto apoiadas sobre blocos cerâmicos assentados na face superior da estrutura. Este trabalho tem por objetivo a análise do desempenho do sistema de piso elevado, avaliando se este atende às normativas técnicas e atestando sua viabilidade para a Universidade. A metodologia da pesquisa foi dividida nas seguintes etapas: (i) análise documental dos projetos da cobertura; (ii) vistoria de inspeção predial; (iii) classificação das irregularidades e definição do grau de risco; (iv) análise do desempenho do sistema de cobertura em relação à NBR 15575-5; e (v) análise do desempenho do sistema de piso elevado em relação à NBR 15805. As irregularidades foram classificadas tanto em falhas, quanto em anomalias, tendo origem em problemas relacionados ao projeto, execução, uso e manutenção. O grau de risco geral da cobertura foi classificado como crítico, visto que as irregularidades podem afetar a edificação como um todo. O sistema de cobertura, e o sistema específico de piso elevado implantados na Reitoria não atendem às prerrogativas de desempenho das normativas técnicas. A partir da análise dos resultados obtidos, conclui-se que o sistema de piso elevado não atende aos padrões de desempenho necessários, e não é viável para a Universidade.

Palavras-chave: Piso Elevado. Cobertura. Desempenho.

ABSTRACT

The covering slab of the Rectory of UEPG has an raised floor system, made by concrete plates supported by ceramic blocs on the top of the structure. This work aims to analyze the performance of the raised floor system, evaluate if it is in compliance with the technical regulations and certify its feasibility to the university. The research methodology was divided in following steps: documents analysis of the elevated coverage; building inspection; classification of the irregularities and degree of risk definition; analysis of the performance of the raised floor coverage related to NBR 15575-5; and analysis of the performance of the raised floor related to NBR15805. The irregularities were classified as fails, and anomalies, with their origin in issues related to the project, execution, usage, and maintenance, The general degree of risk of the coverage was classified as critical, since its irregularities may affect the building. The coverage system and the specific raised floor at the Rectory do not meet the performance metrics called by technical regulations. With the analysis of the results, we can conclude that the raised floor system does not meet the necessary standards and it is not feasible to the University.

Keywords: Raised Floor. Roof. Performance.

1 INTRODUÇÃO

Uma obra pública pode ser conceituada como qualquer tipo de construção, reforma, fabricação, ampliação de um bem imóvel público (BRASIL, 2014). Durante o planejamento de uma obra pública deve-se ir além dos conceitos técnicos de engenharia, e considerar que o projeto deve atender ao interesse público e visar a qualidade de vida das pessoas. Além disso, este tipo de obra deve estar ligado aos conceitos de uma boa governança e deve garantir a sustentabilidade socioeconômica, socioambiental, sociocultural e sociopolítica (BONATTO, 2018).

Para Altounian (2016), na gestão de obras públicas os estudos preliminares devem garantir que o interesse público será atendido. Segundo Bonatto (2018), uma boa governança e gestão de obras públicas está condicionada a capacidade de entendimento de como as fases de estudo de viabilidade, termo de referência, licitação de projetos, contratação de projetos, licitação de obra, contratação de obra e pós-ocupação geram influência umas sobre as outras, analisando o processo como um todo, e não apenas em fases separadas.

Em edifícios já em utilização, a fase de pós-ocupação é de suma importância, visto que nesta fase é possível avaliar a satisfação dos usuários em conjunto com a operação e manutenção da edificação, gerando um processo de retroalimentação para projetos futuros (ORNSTEIN, 2019). Vistorias anuais devem ser realizadas por profissional da área de engenharia ou arquitetura, de tal modo que soluções sejam tomadas em função dos problemas encontrados (PARANÁ, 2012).

A NBR 15575-1 (ABNT, 2021) define um sistema de edificação como um conjunto de elementos que tem por objetivo o atendimento a uma macrofunção dentro do edifício. Ainda discorrendo sobre os conceitos da supracitada norma, tem-se que desempenho de uma edificação é o comportamento desta e de seus sistemas durante o seu uso. Juntando-se essas duas definições, pode-se concluir que avaliar o desempenho de um sistema de uma edificação é o mesmo que aferir se este sistema está cumprindo com sua função durante a sua utilização. A norma de desempenho é dividida em seis partes, sendo que as partes 2 a 6 avaliam os seguintes sistemas de edificações respectivamente: sistemas estruturais; sistemas de pisos; sistemas de vedações verticais internas e externas; sistemas de cobertura; e sistemas hidrossanitários.

A NBR 15575-5 (ABNT, 2021), que trata do desempenho dos sistemas de cobertura, define que este tipo de sistema em uma edificação deve garantir aos usuários estanqueidade em relação às águas pluviais, e ajudar na proteção do edifício e dos outros sistemas em função da ação das intempéries. Segundo Oliveira *et al.* (2016), os tipos de cobertura mais comuns no Brasil são as compostas por telhados com telhas cerâmicas, de fibrocimento e de aço.

Outra opção é a adoção de telhados verdes, que segundo Tassi *et al.* (2014), convertem a superfície de um telhado padrão, em um espaço com várias funções, utilizando como material a vegetação. Outro tipo de cobertura existente são as que contam com lajes expostas. Neste último, as lajes ficam expostas as condições de calor, frio e chuva, e devem contar com um sistema de impermeabilização adequado (PINTO e AGUIAR, 2016). Um tipo de sistema que pode ser adotado para coberturas com lajes expostas, é o sistema de piso elevado com placas de concreto. A Figura 1 exemplifica esse tipo de sistema.

Segundo Bernardes (2009), um sistema de piso elevado deve facilitar manutenções na cobertura, visto que permite acesso às instalações existentes no espaço entre a laje e o piso elevado, além de acesso à própria camada de impermeabilização. Além disso, também deve evitar a ocorrência das principais manifestações patológicas presentes nos pisos aderidos, como eflorescências e trincas no revestimento.

A Universidade Estadual de Ponta Grossa - UEPG foi fundada em 1969. O atual prédio da Reitoria, no Campus Uvaranas de Ponta Grossa foi executado em 2003. Dentre seu sistema de cobertura, escopo deste estudo, há lajes expostas (sem telhado), sob um “sombreamento” de um sistema de piso elevado com placas de concreto apoiadas sobre blocos cerâmicos, conforme demonstrado na Figura 2. A cobertura do prédio da Reitoria da UEPG apresenta um histórico de problemas de infiltração e impermeabilização, acarretando o surgimento de manifestações patológicas, conforme demonstrado na Figura 3.

Figura 1 - Exemplo de laje exposta com sistema de piso elevado



Fonte: Blog Strutturare.

Figura 2 - Sistema de piso elevado da Reitoria



Fonte: CCOM UEPG e autor.

Figura 3 - Manifestações patológicas causadas pela infiltração da cobertura



A equipe de manutenção relata dificuldade na realização das manutenções em função das placas de concreto do sistema de piso elevado. Sendo assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar o desempenho como um todo da cobertura da edificação, de tal modo que se possa concluir se o sistema de piso elevado atende a padrões de normativas técnicas, e se o sistema é viável para os padrões da instituição, levando-se em consideração tratar-se de uma edificação pública e as particularidades inerentes a este tipo de edificação.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 NBR 15575: A norma de desempenho Brasileira

A NBR 15575 (ABNT, 2021) foi elaborada com o objetivo de garantir que edificações habitacionais contem com projetos que atendam a parâmetros mínimos de qualidade. O atendimento aos padrões propostos pela norma é de caráter obrigatório para as edificações habitacionais posteriores a sua publicação (PEIXOTO; SOUZA, 2022). Segundo Ono *et al.* (2018), apesar da norma ser relacionada diretamente para edificações habitacionais, os critérios de desempenho podem ser considerados para edificações com outros fins.

Segundo a NBR 15575-1 (ABNT, 2021), são três requisitos dos usuários que devem ser atendidos, conforme demonstrado no Quadro 1.

Quadro 1 - Requisitos dos usuários segundo a NBR 15575

Requisitos do usuário	Requisitos específicos
Habitabilidades	Estanqueidade; desempenho térmico; desempenho acústico; desempenho; saúde, higiene e qualidade do ar; funcionalidade e acessibilidade; conforto tátil e antropodinâmico.
Segurança	Segurança estrutural; segurança contra fogo; segurança no uso e operação.
Sustentabilidade	Durabilidade; manutenibilidade; impacto ambiental.

Fonte: ABNT, 2021

Em função dos requisitos supracitados, a norma estabelece requisitos mínimos de desempenho para cada sistema da edificação. A normativa traz responsabilidades distintas para cada interveniente do projeto. O fornecedor do material e/ou sistema deve caracterizar o desempenho do produto, o projetista deve necessariamente estabelecer uma vida útil de projeto para cada sistema específico, o construtor/incorporador deve elaborar o manual de uso e manutenção atendendo aos requisitos da ABNT NBR 14037, e ao usuário cabe realizar a manutenção de acordo com a ABNT NBR 5674 e o manual fornecido pelo construtor.

A parte 5 da NBR 15575 (ABNT, 2021) se refere aos requisitos relacionados aos sistemas de cobertura. Os sistemas de cobertura devem auxiliar preservando a saúde dos usuários, promovendo condições de salubridade, e também realizando a proteção da própria edificação contra os agentes externos, de tal modo que ocorra influência direta na durabilidade de seus elementos. Além disso, devem garantir que não ocorra a infiltração oriundas das chuvas, e auxiliar evitando que processos de degradação ocorram nos demais sistemas da edificação. A norma traz diversos requisitos necessários para o sistema de cobertura, sendo que estes serão expostos no Quadro 2.

Quadro 2 - Requisitos para cobertura (NBR 15575-5)

(continua)

Requisito Geral	Item	Requisitos específicos	Critérios
Desempenho Estrutural	A1	Resistência e deformabilidade: Segurança contra a ruína e ausência de deformações que prejudiquem a funcionalidade	Comportamento estático e risco de arrancamento de componentes
	A2	Solicitações de montagem ou manutenção: Suportar cargas transmitidas por pessoas e objetos	Cargas concentradas (sistemas acessíveis aos usuários ou não)
	A3	Soluções dinâmicas em coberturas acessíveis aos usuários: Possibilitar o acesso sem ocorrências de danos	Impacto de corpo mole e corpo duro
	A4	Solicitações em forros: Suportar as ações de carga vertical	Peças fixadas em forros
	A5	Ação do granizo e outras cargas acidentais: Não sofrer avarias	Resistência ao impacto
Segurança contra incêndio	B1	Reação ao fogo dos materiais de revestimento e acabamento	Avaliação da reação do fogo nas faces externas e internas
	B2	Resistência ao fogo do sistema de cobertura	Resistência ao fogo do sistema
Segurança no uso e operação	C1	Integridade do sistema de cobertura: Não apresentar partes soltas ou destacáveis	Risco de deslizamento
	C2	Manutenção e operação: propiciar condições seguras para sua montagem e operação	Guarda-corpos, platibandas, segurança no trabalho em coberturas inclinadas, possibilidade de caminhamento, aterramento de coberturas metálicas
Estanqueidade - Condições de salubridade	D1	-	Impermeabilidade: não apresentar escorrimento, gotejamento. Aparecimento de manchas em até 35% da área
	D2	-	Estanqueidade: não apresentar penetração ou infiltração de água que acarrete em escorrimentos/gotejamentos

Quadro 2 - Requisitos para cobertura (NBR 15575-5)

(conclusão)

Estanqueidade - Condições de salubridade	D3	-	Estanqueidade das aberturas de ventilação
	D4	-	Captação e escoamento de águas pluviais: o sistema deve drenar a máxima precipitação passível de ocorrer
	D5	-	Estanqueidade para cobertura impermeabilizada: ser estanque durante toda a vida útil
Desempenho térmico	E1	Desempenho térmico de coberturas	Transmitância térmica
Desempenho acústico	F1	Isolamento acústico de vedações externas	Conjunto sistema cobertura/fachada
	F2	Isolamento a ruídos de impactos	Conjunto do sistema de piso
Desempenho lumínico	G1	-	Conforme NBR 15215
Durabilidade e manutenibilidade	H1	-	Atender a vida útil de projeto
	H2	-	Estabilidade da cor de telhas
	H3	-	Manual de uso, operação e manutenção da cobertura
Saúde, higiene e qualidade do ar	I1	-	Vide NBR 15575-1
Funcionalidade e acessibilidade	J1	Manutenção dos equipamentos e dispositivos do sistema	Permitir fácil e tecnicamente às vistorias de manutenção
Conforto tátil, visual e antropodinâmico	K1	-	Vide NBR 15575-1
Adequação ambiental	L1	-	-

Fonte: Adaptado de ABNT (2021)

2.2 Inspeções e manutenções prediais

Para Gomide *et al.* (2019), qualquer tipo de atividade construtiva, podendo ser tanto um edifício, como uma obra pública, precisa de cuidados técnicos voltados a preservação do desempenho dessas edificações, postergando o processo de degradação.

Para a aplicação destes cuidados técnicos, a aplicação de conceitos ligados as atividades de inspeções e manutenções prediais são de grande valia. Atualmente, as principais normativas técnicas relativas à esta temática são as seguintes:

- ABNT NBR 16747/2020 – Inspeção Predial – Diretrizes, conceitos, terminologia e procedimento;
- IBAPE/2012 - Norma de Inspeção Predial;
- ABNT NBR 5674/2012 – Manutenção de edificações – Requisitos para o sistema de gestão de manutenção.

O objetivo da inspeção predial é constatar o estado de conservação da edificação, de tal modo que as condições mínimas de segurança, habitabilidade e durabilidade da edificação sejam garantidas (ABNT, 2020).

O Instituto Brasileiro de Avaliações e Perícias – IBAPE, por meio da sua Norma de Inspeção Predial Nacional, classificou as Inspeções Prediais em três níveis:

- Nível 1 – Inspeção Predial com baixa complexidade técnica, de manutenção, operação dos sistemas construtivos. Geralmente utilizada para edificações sem planos de manutenção;
- Nível 2 – Inspeção Predial de média complexidade técnica. Utilizada em edificações de vários pavimentos, em que empresas terceirizadas realizam manutenção de alguns equipamentos (bombas, portões, reservatórios);
- Nível 3 – Inspeção Predial em edificações de alta complexidade técnica, com padrões construtivos superiores. Geralmente utilizada em sistemas construtivos com automação. Neste tipo de edificação o Plano de Manutenção é executado com base na NBR 5674.

A NBR 16747 (ABNT, 2020, p. 2-3) discorre que uma das funções da Inspeção predial é classificar as irregularidades constatadas, sendo que estas podem ser divididas em anomalias e falhas. O conceito descrito pela norma para estes termos é o seguinte:

Anomalia: irregularidade, anormalidade e exceção à regra que ocasionam a perda de desempenho da edificação ou suas partes, oriundas da fase de projeto, execução ou final de vida útil, além de fatores externos, podendo, portanto, ser classificadas como anomalia endógena (projeto/execução), anomalia funcional (vida útil) ou anomalia exógena (provocada por terceiros).
Falha (de uso, operação ou manutenção): irregularidade ou anormalidade que implica no término da capacidade da edificação ou de suas partes de cumprir suas funções como requerido, ou seja, atingimento de um desempenho não aceitável.

As duas normativas técnicas, NBR e IBAPE, discorrem que as irregularidades constatadas devem ser classificadas em função de um grau de risco e/ou prioridades definida pelo Inspetor. Porém, apesar de nomenclaturas diferentes para cada caso, o conceito final é o mesmo. O Quadro 3 apresenta uma síntese do que é apresentado pelas normas.

Quadro 3 - Comparativo NBR x IBAPE (Adaptado de ABNT,2020 e IBAPE,2012)

Norma	Nomenclatura	Nível	Conceito
IBAPE	Grau de risco	Crítico	Risco de provocar danos contra a saúde e segurança das pessoas e do meio ambiente; perda excessiva de desempenho e funcionalidade.
		Médio	Risco de provocar a perda parcial de desempenho e funcionalidade da edificação sem prejuízo à operação direta de sistemas de deterioração precoce.
		Mínimo	Risco de causar pequenos prejuízos à estética ou atividade programável e planejada, sem incidência ou sem a probabilidade de ocorrência dos riscos críticos e regulares.
ABNT/NBR	Patamar de urgência	Prioridade 1	Ações necessárias quando a perda de desempenho compromete a saúde e segurança dos usuários e/ou funcionalidade dos sistemas construtivos.
		Prioridade 2	Ações necessárias quando a perda de desempenho (real ou potencial) tem impacto sobre a funcionalidade da edificação.
		Prioridade 3	Ações necessárias quando a perda de desempenho pode ocasionar pequenos prejuízos à estética, ou quando são ações passíveis de planejamento.

2.3 Sistemas de piso elevado

A utilização de sistemas de piso elevado foi motivada principalmente por questões térmicas. O uso de placas não aderidas sobre apoios proporciona um espaço entre elas e a base do piso, promovendo um sombreamento nas demais camadas de vedação, além de uma recirculação no ar contido nesse espaço. Essas situações acarretam em um conforto térmico nas camadas inferiores (BERNARDES, 2009).

No Brasil, a primeira normativa técnica a conceituar piso elevado foi a NBR 12544 (ABNT, 1991). Apesar desta ter sido cancelada, a NBR 11802 (ABNT, 1991), que discorre sobre especificações de pisos elevados, e atualmente encontra-se vigente, faz a referência a norma cancelada no seu item de definições. Portanto, como forma de contextualização histórica do tema no país, apresenta-se o conceito de piso elevado preconizado pela NBR 12544 (ABNT, 1991, p. 1).

Componente modulado, com estrutura autoportante de altura variável com características de fácil acesso ao entrepiso e com baixo peso próprio. É constituído de placas modulares justapostas, apoiadas em estrutura própria também modulada, composta de suportes telescópicos, com ou sem longarinas de contratravamento. As placas moduladas podem ser de aço, madeira aglomerada, ou outros materiais, revestidas adequadamente.

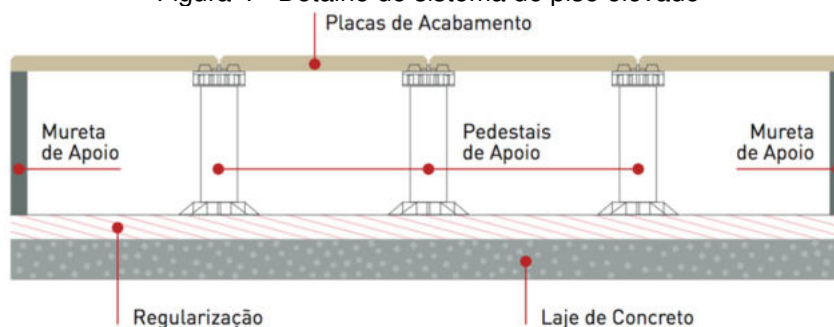
A norma NBR 11802 (ABNT, 1991) recomenda a utilização dos sistemas de piso elevado em escritórios, centros de processamento de dados, e salas limpas, ou seja, apenas ambientes internos de edificações, não fazendo referência a ambientes externos, nem a placas constituídas de material de concreto armado.

Para ambientes externos existe normativa NBR 15805 (ABNT, 2015, p. 2), que trata de requisitos e procedimentos de pisos elevados de placas de concreto, para ambientes externos. Essa normativa traz um conceito próprio para piso elevado.

Sistema de piso formado por placas modulares, pré-fabricadas de concreto com reforço estrutural, assentadas com juntas abertas e uniformes sobre apoios contínuos ou isolados, confinado em seu perímetro, resultando em uma superfície regular para circulação exclusiva de pedestres e de pequenas cargas rolantes (cadeirantes e bicicletas), e em um espaço de entrepiso que pode ser utilizado para passagem de instalações e recolhimento de água. É um sistema que possui como característica o fácil acesso ao espaço de entrepiso.

Percebe-se que as principais finalidades desse sistema para a norma são a possibilidade de circulação de pessoas, de utilização de tubulações acima da camada de base, sem aparecer na camada final e escoamento das águas pluviais sem empoçamento na camada superior. A Figura 4 detalha como funciona um sistema de piso elevado.

Figura 4 - Detalhe do sistema de piso elevado



Fonte: Concresteel.

A NBR 15805 (ABNT, 2015) determina alguns parâmetros para a aplicação do sistema de piso elevado. O primeiro deles diz respeito às incumbências das pessoas relacionadas com o processo. O Quadro 4 traz um resumo destas incumbências a cada um dos intervenientes do processo. A normativa também discorre acerca de alguns requisitos técnicos para a avaliação do desempenho do sistema. O Quadro 5 apresenta um resumo com os critérios preconizados.

Quadro 4 - Incumbências aos intervenientes do sistema de piso elevado

Interveniente	Incumbência
Projetista e contratante	Deve estabelecer a vida útil de projeto, sendo que o nível mínimo de aceitação é o nível superior vide NBR 15575-1.
Construtor	Cabe elaborar o manual de operação, uso e manutenção com base nas informações técnicas do fabricante.
Usuário	Cabe realizar a manutenção de acordo com o que estabelece a NBR 5674, e o manual de uso, operação e manutenção do sistema. Também cabe ao usuário não ultrapassar as cargas previstas em projeto.

Fonte: ABNT (2015).

Quadro 5 – Avaliação de desempenho em relação a NBR 15805

Item	Requisito	Critério
Desempenho estrutural	Estabilidade e resistência estrutural	Não apresentar ruína por ruptura, perda de estabilidade, ou falha que coloque em risco a integridade do usuário
Desempenho estrutural	Impacto de corpo duro e corpo mole	Resistir aos impactos passíveis de ocorrerem durante a vida útil do projeto
Desempenho estrutural	Pedestais e apoios	A base deve possuir distanciadores verticais; Apoios dispostos de forma alinhada e aprumados, e constituídos de material resistente e estável, sendo sugerido que estes tenham altura regulável (pedestal)
Resistência ao fogo	Conforme ABNT NBR 15575-3	Conforme ABNT NBR 15575-3
Segurança no uso e na operação	Segurança ao escorregamento	Circulação segura de usuários, sem escorregamentos e quedas
Segurança no uso e na operação	Segurança na circulação	Evitar quedas de usuários decorrentes de irregularidades localizadas.
Durabilidade e manutenibilidade	Durabilidade das placas	Concreto com relação a/c máxima de 0,45; Cobrimento mínimo de 2,0 da armadura;
Durabilidade e manutenibilidade	Manutenibilidade das placas	Manter o sistema projetado pela vida útil de projeto. Sistema deve ser inspecionado semestralmente
Saúde e higiene	-	Avaliação trimestral das condições de salubridade do espaço de entrepiso; Avaliação semestral da captação de água pluvial;
Conforto táctil, visual e antropodinâmico	Homogeneidade e padrão dimensional	Não comprometer o efeito visual; Irregularidades de no máximo 3mm; Placas devem ser homogêneas

Fonte: Adaptado de ABNT (2015).

3 METODOLOGIA

O objetivo dessa pesquisa foi avaliar o desempenho do sistema de cobertura do edifício da Reitoria da Universidade Estadual de Ponta Grossa, com enfoque na utilização do sistema de piso elevado com placas de concreto. A parcela da edificação escopo desta pesquisa perfaz uma área de projeção de cobertura de cerca de 930 m², sendo que destes cerca de 800 m² dizem respeito a lajes com sistema de piso elevado com placas de concreto.

O estudo de caso se classifica como pesquisa aplicada, descritiva e qualitativa. Tem-se a intenção de resolver uma questão existente e com uma aplicação imediata, visando analisar a relação das variáveis com o fenômeno estudado; focando na observação e percepção do pesquisador para solução do problema.

Como variáveis independentes foram considerados: as características físicas das lajes e cobertura; o processo executivo adotado nos sistemas de piso elevado; os requisitos de normativas técnicas. Como variáveis dependentes foram considerados: as manifestações patológicas existentes quanto à sua classificação, causa provável e grau de risco.

A presente pesquisa se deu em três fases distintas, sendo elas: (i) fase de embasamento teórico para a pesquisa; (ii) fase de coleta de dados; (iii) fase de análise dos dados e conclusões.

A etapa de embasamento teórico consistiu no estudo de normativas de desempenho e nas normativas referentes ao sistema de piso elevado para que a análise em campo fosse mais precisa.

A fase referente à coleta de dados se dividiu em duas atividades principais. A primeira delas foi a busca nos arquivos da Universidade de dados técnicos referentes à implantação da cobertura da Reitoria. Foram obtidos dados referentes ao projeto arquitetônico, projeto estrutural, e projeto hidrossanitário com indicação das possíveis posições dos tubos de descida de água pluvial. Não foram encontradas informações referentes ao sistema de impermeabilização, dados específicos do sistema de piso elevado, e nem especificações técnicas e planilhas orçamentárias referentes aos processos executivos da obra.

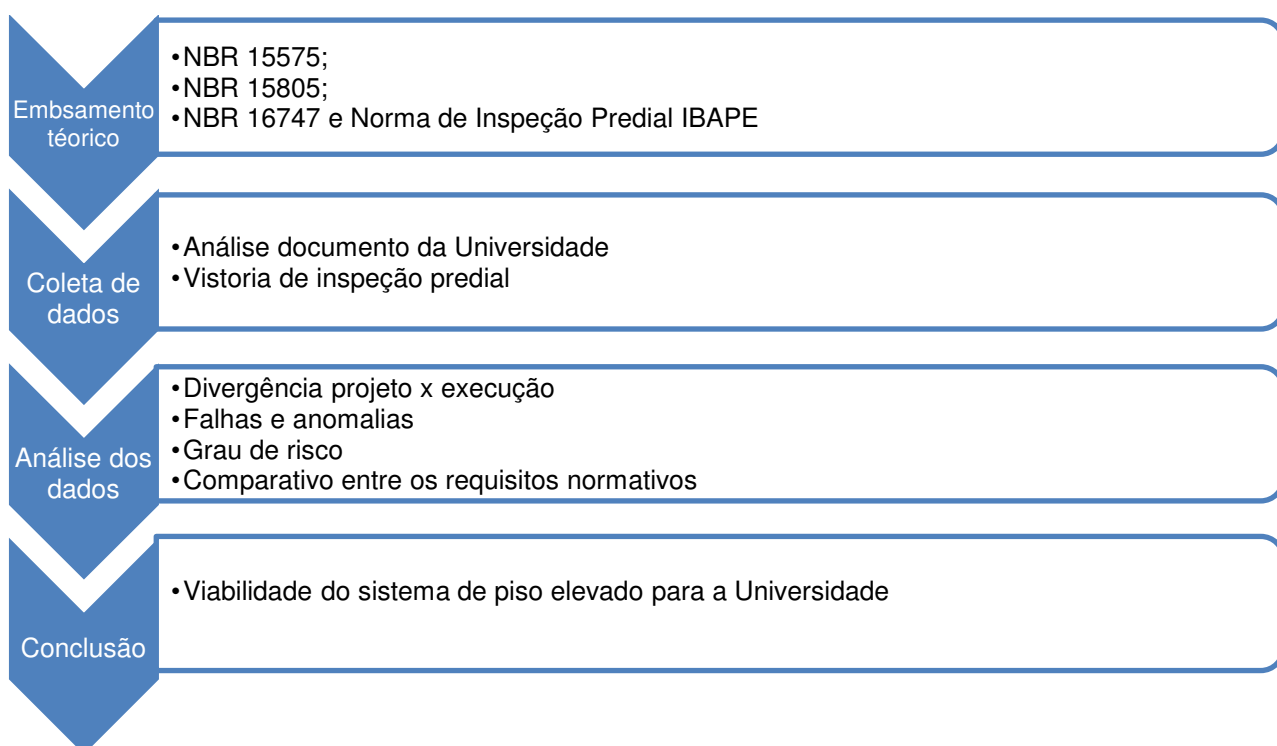
A segunda atividade da coleta de dados foi a vistoria. O método de coleta das informações foi através da investigação no local, utilizando os preceitos da inspeção predial. O nível adotado de inspeção predial foi o nível 1 conforme a classificação do IBAPE. O objetivo da vistoria foi a constatação das irregularidades construtivas do sistema de cobertura.

Por fim, a terceira e última etapa consistiu na análise dos dados coletados e conclusões obtidas. Primeiramente foram determinadas as divergências entre projeto e execução, além da falta de informações dos projetos. Em um segundo momento foram relatadas as irregularidades encontradas, de tal modo que se pode classificá-las em falhas ou anomalias, e determinar o seu grau de risco conforme a classificação da norma do IBAPE. Na sequência foi realizado um comparativo entre as condições do sistema de cobertura e piso elevado presente na Reitoria, com os requisitos preconizados pela ABNT NBR 15575-5 e NBR 15805.

Ao final de todo o estudo pôde-se concluir se o atual sistema de piso elevado com placas de concreto é viável ou não para a edificação da Reitoria da Universidade Estadual de Ponta Grossa. A

Figura 5 apresenta um resumo da metodologia de pesquisa adotada.

Figura 5 - Fluxograma da metodologia de pesquisa



4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Nesta seção serão apresentados os resultados e análises obtidas através da pesquisa documental na Universidade e da vistoria de Inspeção Predial. As irregularidades encontradas serão elencadas e classificadas, além de um comparativo entre o sistema de cobertura como um todo com as normativas técnicas existentes. Por fim será realizada uma análise da viabilidade do sistema de piso elevado para o edifício da Reitoria.

4.1 Análise documental de projetos

A análise dos projetos foi precedida de uma busca nos arquivos digitais de informações referentes ao prédio da Reitoria. A Pró-Reitoria de Planejamento (PROPLAN) da Universidade é a responsável pelo armazenamento e separação de arquivos de projetos e informações técnicas de todas as edificações da UEPG. Como resultado da pesquisa no arquivo foram encontrados três projetos que se consideram relevantes para o estudo da cobertura, sendo eles: Projeto Arquitetônico; Projeto Estrutural e Projeto Hidrossanitário.

Em relação ao projeto arquitetônico, percebe-se que as pranchas se referem a edificação como um todo, contando com planta de situação, plantas baixas de cada nível da

edificação, cortes e elevações. Visto que o objetivo desta pesquisa é tratar da cobertura, serão expostos os pontos considerados importantes para essa temática. A planta de cobertura encontrada não conta com detalhes específicos dos sistemas adotados. Existe apenas a indicação de que a laje é impermeabilizada com “sombreamento”. Como pontos negativos se pode citar: não existem informações acerca do material utilizado no sombreamento; não há indicação de qual material foi utilizado para impermeabilização da laje; não constam indicações referentes a pontos de descida de água pluvial, e nem sobre existência ou não de rufos e calhas. Na prancha dos cortes arquitetônicos é demonstrado que as placas são apoiadas em tijolos cerâmicos.

No que tange ao projeto estrutural, cita-se que a cobertura analisada conta com 30 lajes, sendo estas divididas em lajes maciças e pré-moldadas. Percebe-se também que a cobertura conta com vigas invertidas. Em relação as placas de concreto utilizados para o “sombreamento”, é possível observar que as placas foram previstas para o tamanho de 60x60 (cm), com espessura de 3cm, e que em cada um dos vértices das placas deve estar apoiado sobre um tijolo cerâmico assentado sobre a laje. Também é dito que serão necessárias 1750 placas, e que estas são armadas nas duas direções com barras de 3,2 mm.


Por fim, em relação ao projeto hidrossanitário, cita-se que o projeto previu inclinação de 0,5% em direção aos ralos de cada local, e foram consideradas 7 descidas de água pluvial em tubulação de PVC 100mm. Apesar de não ficar claro no projeto, 6 delas são embutidas na alvenaria, e 1 é aparente. Ressalta-se que existem divergências entre o constatado na vistoria, com os detalhes do projeto. Esta situação se deve ao fato de possíveis alterações que ocorreram ao longo dos anos.

De um modo geral percebe-se que os projetos não apresentam detalhamento completo dos sistemas construtivos, e que possíveis alterações não foram atualizadas nos documentos digitais.

4.2 Classificação das falhas e anomalias quanto ao grau de risco


Neste item serão elencadas, por meio de Quadros 6 ao 11, as irregularidades encontradas no sistema de cobertura, bem como será realizada a classificação em falha e anomalia, e determinado o grau de risco de cada uma.

Quadro 6 - Grau de risco relativo às placas de concreto

Imagem	Classificação
	Anomalia funcional

Motivo	Na vistoria de inspeção predial pôde-se perceber que a grande maioria das placas se encontram em estado crítico, inclusive com possibilidade de ruptura ao caminhar sobre elas. Considera-se anomalia funcional pois percebe-se que as placas perderam sua vida útil, mesmo esta não tendo sido definida em projeto.
Grau de Risco	Grau Crítico. Os pedaços de placas quebrada podem acabar gerando problemas em outros sistemas, como por exemplo o entupimento de ralos, de tal modo que se crie problemas na edificação como um todo.

Quadro 7 - Grau de risco quanto ao sistema de impermeabilização


Imagem	Classificação
	Anomalia endógena (projeto e/ou execução); e falha de manutenção
Motivo	É considerada anomalia endógena de projeto visto que não foram elaborados projetos específicos de impermeabilização. É considerada anomalia endógena de execução, visto que o projeto hidro previa uma inclinação de 0,5% em direção aos ralos, e na vistoria pôde-se constatar água empoçada, evidenciando a falta de inclinação. Por fim, percebe-se a falha de manutenção visto a presença de fissuramento na manta.
Grau de Risco	Grau Crítico. Irregularidades no sistema de impermeabilização podem criar falha no desempenho da edificação como um todo, além de afetar diretamente os usuários por meio de infiltrações e gotejamentos.

Quadro 8 - Grau de risco quanto à presença de cobertura provisória e sistema de ar-condicionado

Imagem	Classificação
--------	---------------

		Falha de uso/operação
Motivo	Tanto a cobertura provisória, quanto o sistema de ar-condicionado foram instalados posteriormente à execução da obra em si da cobertura. Entende-se como falha de uso, visto que estas duas situações não estavam previstas originalmente, e atualmente afetam outros sistemas. Os apoios de madeira da cobertura danificam as placas e o sistema de impermeabilização. Os tubos do ar-condicionado criam pontos de passagem de água pela alvenaria.	
Grau de Risco	Grau Crítico. Visto que esta situação afeta diretamente o sistema de impermeabilização, classifica-se como grau crítico na mesma justificativa do item do Quadro 6.	

Quadro 9 - Grau de risco quanto à falta de rufos nas platibandas internas


	Imagem	Classificação
		Anomalia endógena de projeto.
Motivo	Não estavam previstos rufos nas platibandas no projeto original, caracterizando anomalia de projeto.	
Grau de Risco	Grau Crítico. A falta de rufos pode diminuir a vida útil da platibanda em si, e pode acarretar pontos de infiltração, afetando diretamente a edificação e os usuários.	

Quadro 10 - Grau de risco quanto ao estado dos revestimentos externos (Platibandas, vigas)

	Imagem	Classificação
--	--------	---------------

	<p>Anomalia endógena de projeto; Anomalia exógena (intempéries); Falha de manutenção</p>
<p>Motivo</p>	<p>Considera-se anomalia endógena de projeto, visto que não foi elaborado projeto específico para os revestimentos. Considera-se anomalia exógena, visto que os elementos estão expostos às intempéries, prejudicando sua funcionalidade. E por fim, considera-se falha de manutenção a falta de serviços que mitiguem as situações relatadas.</p>
<p>Grau de Risco</p>	<p>Grau Médio. Não compromete a operação da edificação como um todo, porém pode acarretar perda de desempenho direto do elemento.</p>

Quadro 11 - Grau de risco quanto à obstrução de ralos

Imagem	Classificação
	<p>Falha de manutenção</p>
<p>Motivo</p>	<p>Na vistoria constatou-se que alguns ralos estavam obstruídos, visto a presença de elementos quebradiços das placas e blocos cerâmicos. Considera-se como falha de manutenção, visto que esta situação poderia ser resolvida no caso de manutenções periódicas no sistema.</p>

Grau de Risco	Grau Crítico. O comprometimento de alguma descida de água pluvial pode afetar diretamente a operação da edificação, visto a possibilidade de infiltrações e gotejamentos.
---------------	---

Pode-se perceber que o sistema de cobertura apresenta diversas irregularidades e que necessita de intervenções com urgência, visto a classificação de algumas situações em grau crítico. Além disso, percebe-se que as irregularidades são um conjunto de falhas e anomalias. De um modo geral, todos os problemas encontrados tem ligação com a possibilidade de infiltrações e gotejamentos no pavimento inferior, sendo o ponto mais crítico a camada de impermeabilização da laje. Analisando a situação como um todo, pode-se concluir que as placas de concreto do sistema de piso elevado acabam interferindo em possíveis manutenções ou correções na cobertura, uma vez que para a execução de um serviço de reforma da laje demandaria que todas as placas fossem retiradas e armazenadas em um local, gerando uma dificuldade para a realização deste.

4.3 Requisitos do sistema de cobertura conforme NBR 15575-5

A norma NBR 15575-5/2020 define alguns requisitos para sistemas de cobertura em geral. Neste item será apresentado um comparativo do sistema de cobertura da Reitoria em relação as prerrogativas da normativa elencadas no Quadro 2. Ressalta-se que o escopo da análise se dará apenas em itens que não demandem de ensaios, e que puderam ser constatados durante a vistoria de inspeção predial, e com elementos que efetivamente estejam presentes no sistema de cobertura da Reitoria, conforme demonstrado no Quadro 12.

Conclui-se que o sistema de cobertura atual não atende a nenhum dos requisitos da NBR 15575-5 avaliados neste estudo. Ressalta-se que muitas das situações relatadas no Quadro 12 não são resolvidas pela dificuldade que o sistema de piso elevado proporciona para a realização das manutenções.

Quadro 12 - Atendimento aos requisitos da NBR 15575-5

Item	Atende (Sim/Não)	Motivo
A1	Não	O sistema apresenta deformações relativas ao sistema de piso elevado, com placas quebradas.
A2	Não	Durante a vistoria percebeu-se que algumas placas não aguentavam uma pessoa caminhando, de tal modo que possíveis solicitações de manutenções não seriam atendidas
A3	Não	Ao acessar a cobertura ocorrem danos nas placas de concreto, podendo acarretar em danos aos usuários.
C1	Não	O sistema de piso elevado da cobertura apresenta placas soltas, acarretando em um sistema não íntegro.
C2	Não	O sistema de piso elevado não propicia condições seguras de manutenção, sendo necessário a reformulação do sistema para tal.
D1	Não	Existe ocorrências de infiltrações e gotejamentos nos andares inferiores a cobertura
D3	Não	As janelas aparentes do sistema de cobertura não contam com pingadeiras e outros elementos que promovam a vedação da água.
D4	Não	O sistema de drenagem de águas pluviais não atende toda a demanda, visto que existe a ocorrência de empoçamentos.
D5	Não	O sistema de impermeabilização apresenta fissuras que acarretam em uma área não estanque
H1	Não	Não existem considerações de vida útil de projeto

H3	Não	Não existe manual de uso, operação e manutenção do sistema de cobertura
----	-----	---

4.4 Requisitos do sistema de piso elevado conforme NBR 15805/2015

A norma NBR 15805/2015 define alguns critérios de desempenho que devem ser adotados para os sistemas de piso elevado. O Quadro 13 apresenta um resumo para fins comparativos das situações encontradas no sistema da cobertura da Reitoria, com o que preconiza a normativa.

Quadro 13 - Requisitos da NBR 15805/2015

(continua)

Item	Atendimento ao requisito	Justificativa
Estabilidade e resistência estrutural	Não	As placas apresentam ruína por ruptura, colocando em risco a integridade física dos usuários
Resistências a impacto de corpo duro e corpo mole	Não se aplica	Ensaio não realizados durante a pesquisa, não sendo possível a determinação apenas com a visualização da vistoria.
Pedestais e apoios	Não	O sistema de piso elevado da reitoria conta com apoios caracterizados por blocos cerâmicos assentados sobre a laje, não atendendo aos padrões de apoios reguláveis estipulados
Segurança ao fogo	Não se aplica	Estudo não realizado durante a pesquisa
Segurança quanto ao escorregamento	Não se aplica	Não foi realizado ensaio para determinação do coeficiente de atrito. Porém, na vistoria as placas não aparentavam sinais de escorregamento para o usuário.

Quadro 13 - Requisitos da NBR 15805/2015

(conclusão)

Segurança na circulação	Não	O sistema apresenta desníveis maiores que 3mm entre placas e frestas maiores que 6mm na face superior.
Durabilidade das placas	Não	A maioria dos itens relativos à durabilidade não são passíveis de se atestar, visto serem situações que dizem respeito a produção das placas. Porém, um dos requisitos diz respeito ao cobrimento mínimo de 2 cm. Em projeto o cobrimento adotado foi de 1,5 cm.
Manutenibilidade das placas	Não se aplica	Não se aplica pois não foi determinado tempo de vida útil de projeto para o sistema.
Saúde e higiene	Não	Em função da dificuldade da equipe de manutenção, não são realizadas avaliações trimestrais do entressolo, e nem verificações semestrais do sistema de águas pluviais.
Homogeneidade quanto à planicidade	Não	Em função do estado precário das placas, não é possível o mantimento de uma planicidade para o sistema.

Analisando os resultados obtidos em relação ao que preconiza a NBR de piso elevado, percebe-se que o atual sistema da reitoria não atende aos padrões mínimos exigidos. Reitera-se que essa situação ocorre em função da normativa não existir a época da execução da obra, e da falta de manutenção do sistema como um todo.

4.5 Conclusão geral do sistema de piso elevado

Analisando de uma forma geral todos os resultados obtidos com os estudos relacionados ao sistema de cobertura do edifício da Reitoria da UEPG, percebe-se que a maioria das irregularidades encontradas dizem respeito às dificuldades geradas pelo sistema de piso elevado.

Atualmente, as placas de concreto não têm utilidade, visto que a cobertura da reitoria não é acessível ao público em geral. A presença das placas dificulta a solução dos problemas, e a manutenção do sistema de impermeabilização, visto que para qualquer reparo é necessária a retirada de todas as placas, o que geraria um transtorno muito grande para a Universidade. Sendo assim, conclui-se que o sistema de piso elevado da forma como está implantado na cobertura não é viável para o edifício da Reitoria.

Ao analisar os requisitos da NBR 15805/2015, percebe-se que boa parte destes dizem respeito às situações em que se deve garantir a segurança dos usuários que estão andando sobre as placas de concreto. Conforme dito, a cobertura escopo desta pesquisa não é acessível ao público, sendo que apenas o pessoal de manutenção transita sobre ela. Sendo assim, a solução do problema especificadamente para esta edificação seria a proposição de reforma da cobertura com adoção de outro sistema sem o piso elevado.

Porém, vale ressaltar que essa conclusão diz respeito apenas ao caso específico desta pesquisa. Em edificações públicas em que a cobertura tenha acesso do público em geral, e desde que sejam atendidas as normativas de desempenho, e o sistema de piso elevado seja implantado conforme preconiza a NBR 15805/2015, com projetos e execuções adequados, além da existência de um plano de manutenção, o sistema pode ser viável.

5 CONCLUSÕES

O presente estudo teve como objetivo analisar e avaliar o desempenho do sistema de cobertura do prédio da Reitoria da Universidade Estadual de Ponta Grossa, e atestar se o sistema de piso elevado presente no mesmo apresenta viabilidade para o edifício público escopo desta pesquisa. Foram realizados levantamentos em arquivos físicos, e vistoria no local, apontando e classificando as irregularidades encontradas. Também foi possível realizar um comparativo entre as situações reais da cobertura com o que preconizam as normas NBR 15575-5 e 15805, que tem critérios específicos a serem atendidos. Os resultados obtidos nesta pesquisa não são absolutos e podem conter divergência no caso de estudos de casos em outras edificações públicas, em função da divergência das situações de projeto, execução e manutenção.

No que tange ao comparativo entre projetos e execução, ressalta-se que foram detectadas algumas mudanças significativas, além da ausência de projetos “as-built”. Como ponto principal desta situação, relata-se que os projetos não estão completos, e não apresentam detalhes específicos relacionados ao sistema de impermeabilização, águas pluviais e piso elevado.

Em relação às irregularidades encontradas, ressalta-se que o sistema como um todo apresenta diversas situações que necessitam de correção. Foram detectadas tanto anomalias, quanto falhas. O principal motivo para esta situação ocorrer é a falta de projetos específicos para os sistemas de cobertura, e a falta de manutenção do sistema como um todo.

Os comparativos com as normativas técnicas resultaram em uma conclusão que os sistemas não atendem aos padrões normativos. Justifica-se pela mesma situação elencada no item anterior. Ressalta-se que este comparativo tem função de demonstrar apenas que a edificação não atende aos padrões exigidos atualmente, não sendo uma exigência direta para a edificação, visto a época de seu projeto e construção.

Por fim, concluiu-se que o sistema de piso elevado não é viável para a Universidade, principalmente em função da dificuldade de manutenção. É possível concluir que o objetivo da pesquisa foi atendido, visto que foi possível determinar e analisar o desempenho do sistema de cobertura.

REFERÊNCIAS

ALTOUNIAN, C. S. **Obras Públicas**: licitação, contratação, fiscalização e utilização. 5. ed. Belo Horizonte: Fórum, 2016. 576 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5674**. Manutenção de edificações — Requisitos para o sistema de gestão de manutenção. Rio de Janeiro: ABNT, 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 11802**. Pisos elevados - Especificação. Rio de Janeiro: ABNT, 1991.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12544**. Pisos elevados - Terminologia. Rio de Janeiro: ABNT, 1991.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575**. Edificações habitacionais — Desempenho – Partes 1 a 6. Rio de Janeiro: ABNT, 2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15805**. Pisos elevados de placas de concreto - Requisitos e procedimentos. Rio de Janeiro: ABNT, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16747**. Inspeção Predial: Diretrizes, Conceitos, Terminologias e Procedimentos. Rio de Janeiro: ABNT, 2015.

BERNARDES, M. **Tecnologia construtiva de piso elevado para áreas externas de edifícios**. 2009, 238 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Construção Civil e Urbana) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

BONATTO, H. **Governança e gestão de obras públicas**. 1. ed. São Paulo: Fórum, 2018. 654 p.

BRASIL. Tribunal de contas da união. **Obras Públicas**: Recomendações Básicas para a Contratação e Fiscalização de Obras de Edificações Públicas. 4. Ed. Brasília: TCU, 2014. 104 p.

GOMIDE, T. L. F.; GULLO, M. A.; FAGUNDES NETO, J. C. P. **Inspeção Predial Total**. 3ª Edição. São Paulo: Oficina de Textos, 2019.

OLIVEIRA, P. L.; SOARES, R. G.; SANTOS, S. X. **Desempenho Térmico das edificações**: estudo comparativo entre o telhado verde e outros tipos de cobertura. Revista Petra, Belo Horizonte, v. 2, n. 1, p. 36-55, jan/jul. 2016

ONO, R.; ORNSTEIN, S. W.; VILLA, S. B.; FRANÇA, A. J. G. L. **Avaliação pós-ocupação**: na arquitetura, no urbanismo e no design – da teoria à prática. 1. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2018. 302 p.

ORNSTEIN, S. W. **Os campos da crítica e da avaliação pós-ocupação na arquitetura em uso**. Duas Faces da mesma moeda? Arquitextos, São Paulo, ano 20, n. 230.03, 2019.

PARANÁ. Secretaria de Infraestrutura e Logística e Procuradoria Geral do Estado. **Caderno 07 – Pós-Ocupação**. In: Coletânea de Cadernos Orientadores Contratação de Obras e Serviços de Engenharia. Curitiba: SEIL, PGE, 2012. 18 p.

PEIXOTO, L. B.; SOUZA, R. V. G. **Desempenho térmico pela ABNT NBR 15575: versões 2013 e 2021**. Revista Sítio Novo, Palmas, v. 6, n. edição especial, p. 149-160, mar. 2022.

STRUTTURARE. **O que é piso elevado e para que serve?** Disponível em: <https://strutturare.com.br/piso-elevado>. Acesso em: 02/09/2022.

TASSI, R.; TASSINARI, L. C. da S.; PICCILLI, D. G. A.; PERSCH, C. G. **Telhado verde: uma alternativa sustentável para a gestão das águas pluviais**. Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 14, n. 1, p. 139-154, jan./mar. 2014.