

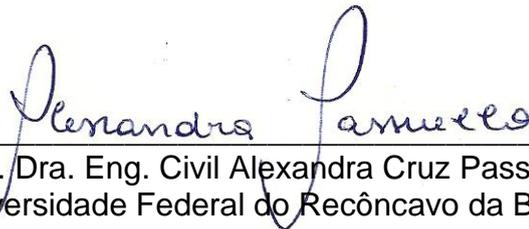
BRUNA SOUZA ROSA

REFLEXÕES TÉCNICAS SOBRE A MITIGAÇÃO DE RISCO CONSTRUTIVO EM OBRAS HISTÓRICAS

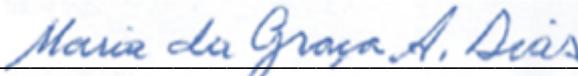
Relatório final, apresentado a Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, como parte das exigências para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Cruz das Almas - BA, 30 de setembro de 2021.

BANCA EXAMINADORA



Profa. Dra. Eng. Civil Alexandra Cruz Passuello
Universidade Federal do Recôncavo da Bahia



Profa. Dra. Arq. Urb. Maria da Graça Andrade Dias
Universidade Federal do Recôncavo da Bahia



Eng. Civil William da Silva Pereira
Faculdade Factiva

Rosa, Bruna Souza
REFLEXÕES TÉCNICAS SOBRE A MITIGAÇÃO DE RISCO
CONSTRUTIVO EM OBRAS HISTÓRICAS / Bruna Souza Rosa. -
Cruz das Almas, 2021.

33 p. : 30 cm

Orientador(a): Alexandra Cruz Passuello.
TCC (Graduação - Bacharelado em Engenharia Civil) --
Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das
Almas, 2021.

1. Edificações Históricas. 2. Degradação. 3.
Ameaças. 4. Soluções técnicas. I. Rosa, Bruna;
Passuello, Alexandra. II. REFLEXÕES TÉCNICAS SOBRE A
MITIGAÇÃO DE RISCO CONSTRUTIVO EM OBRAS HISTÓRICAS.
III. Universidade Federal do Recôncavo da Bahia.

REFLEXÕES TÉCNICAS SOBRE A MITIGAÇÃO DE RISCO CONSTRUTIVO EM OBRAS HISTÓRICAS

Bruna Souza Rosa¹
Alexandra Cruz Passuello²

Resumo: Entre os relevantes sítios históricos expostos a riscos, seja pela ação do tempo ou pela falta de medidas preventivas, destaca-se Cachoeira, objeto desse estudo. Cachoeira foi tombada como conjunto arquitetônico e paisagístico em 1971, em uma área que abrange aproximadamente 670 edificações. No entanto, percebe-se a existência de muitas edificações em estágios avançados de degradação, inclusive algumas já em ruína, fato que, além de evidenciar a ineficácia das políticas de preservação, também submete a população a riscos, devidos à ameaça de colapsos parciais ou totais de algumas estruturas. Dessa maneira, o objetivo desse estudo é identificar a presença de ameaças, a partir de anomalias, falhas ou manifestações patológicas e investigar nas referências científicas possíveis soluções técnicas para controlar o risco existente. Como metodologia, foi realizado uma visita de campo utilizando como ferramenta de inspeção um drone, no qual avaliou-se a existência de alguns processos de degradação, tendo como recorte somente as degradações possíveis de serem identificadas nas imagens aéreas. Posteriormente, foi utilizado como base referencial a Web of Science, buscando soluções técnicas utilizadas como ferramenta de mitigação de riscos relacionadas a estas ameaças, e, então, refletir sobre as soluções técnicas para o caso específico. Os resultados obtidos evidenciam que as tecnologias encontradas no material analisado demonstram um potencial amplo para mitigar os riscos propostos de biodeterioração, instabilidade de cobertura e estrutural. Dessa forma, o estudo busca contribuir acerca de uma visão sobre as melhores ingerências para garantir a integridade estrutural da edificação cultural, bem como para a sustentabilidade e memória do valor arquitetônico.

Palavras-chave: Edificações Históricas; Degradação; Ameaças; Soluções técnicas.

Abstract:

Among the relevant historical sites exposed to risks, either by the action of time or by the lack of preventive measures, Cachoeira, the object of this study, stands out. Cachoeira was declared a World Heritage Site in 1971, in an area covering approximately 670 buildings. However, there are many buildings in advanced stages of degradation, including some already in ruins, a fact that, besides showing the ineffectiveness of preservation policies, also subjects the population to risks due to the threat of partial or total collapse of some structures. Thus, the objective of this study is to identify the presence of threats, from anomalies, failures or pathological

¹ Graduanda. Engenharia Civil. UFRB. E-mail: brunarosa94@hotmail.com

² Professora. Doutora. Engenheira Civil, UFRB. E-mail: passuello@ufrb.edu.com.br

manifestations and to investigate in scientific references possible technical solutions to control the existing risk. As a methodology, a field visit was made using a drone as an inspection tool, in which the existence of some degradation processes was evaluated, taking as a cut only the degradations that could be identified in the aerial images. Subsequently, the Web of Science was used as a referential base, searching for technical solutions used as a risk mitigation tool related to these threats, and then reflecting on the technical solutions for the specific case. The results obtained show that the technologies found in the analyzed material demonstrate ample potential to mitigate the proposed risks of biodeterioration, roof and structural instability. Thus, the study seeks to contribute to a vision about the best interventions to ensure the structural integrity of the cultural building, as well as for the sustainability and memory of the architectural value.

Keywords: Historic Buildings, Degradation, Threats; Technical Solutions.

1. INTRODUÇÃO

Um conjunto de fatores adversos tem conduzido as edificações históricas a níveis avançados de degradação e, muitas vezes, à sua completa perda. O conceito de patrimônio histórico é análogo ao de patrimônio cultural pelo Estado brasileiro, no qual está definido pelo Decreto Lei nº 25 de 1937, art. 1, como um acervo de bens, móveis ou imóveis, que existem no país, e sua conservação possui interesse público já que englobam fatos memoráveis da história do Brasil, seja pelo seu valor arqueológico ou etnográfico, bibliográfico ou artístico (Brasil, 1937). O objetivo da conservação do patrimônio histórico é inter-relacionar as gerações e garantir a sobrevivência de grupos sociais (PEREIRO, 2006). Dentre as categorias de patrimônio histórico, as edificações refletem a vivência das pessoas e permitem a projeção do futuro do passado (FREITAS NETO, 2018).

Conforme Meira (2001), nunca se falou tanto sobre o futuro do passado, os patrimônios arquitetônicos tornaram-se um valor de troca para o mercado de consumo. No entanto, mesmo com o reconhecimento desse valor para a sociedade, ainda existem imóveis de centros históricos abandonados e até mesmo chegando a ruínas. Os entraves que levam a situações como estas podem estar associados a inúmeros fatores. Segundo Silva (2019) e Duarte Junior (2008), o elevado custo econômico em paralelo com a necessidade de mão de obra qualificada e materiais específicos é uma das barreiras mais recorrentes, muitas vezes, o proprietário não possui recursos ou não possui interesse. Além disso, todo o processo de burocratização para autorizar a intervenção, e a instabilidade da transparência para conservar também induz ao abandono das edificações históricas (CARDOSO, 2011). Desse modo, a quantidade de edificações a serem conservadas e o hiato entre teoria e a prática de preservação, demonstram, paralelamente, a

necessidade de incentivo de pesquisas científicas que se preocupam com o desenvolvimento de metodologias de contribuição para a conservação e restauro do patrimônio edificado, bem como estratégias de mitigação de riscos.

O risco, que muitas vezes é denominado erroneamente de perigo ou ameaça, na verdade é a probabilidade de serem geradas perdas e danos a partir da incidência de uma ameaça ou perigo, em um contexto de vulnerabilidade (LAVELL, 2000). Nesse contexto, a partir do conceito de riscos, é possível associar os altos estágios de degradação das edificações existentes nos sítios históricos, com a presença de inúmeras ameaças que podem vir a incidir tanto na perda do patrimônio histórico, mas principalmente em danos ao contexto social vulnerável no qual estas edificações estão inseridas.

Os sítios e conjuntos urbanos são uma série de bens, territorialmente contínuos ou descontínuos, que possuem justificativas comuns de proteção e argumentação de patrimônio cultural relacionado à uma totalidade do contexto no qual estão inseridos, e não a argumentos individuais. A elaboração das Normas de Preservação para um sítio segue diretrizes para assegurar os valores culturais dos bens e identificar ações preventivas para qualificação das áreas e desempenho das edificações. Ou seja, diretrizes de conservação e recuperação bem claras para cada um dos sítios, onde terão as suas particularidades específicas em função do motivo pelo qual foram tombados. Isso contribui para que a população possa entender como proceder com as intervenções, sem que levem a descaracterizações do contexto históricos.

No entanto, conforme IPHAN (2011), dos 94 conjuntos urbanos existentes verifica-se que menos de 10% do conjunto tombado dispõe de eficiência de normas norteadoras de intervenções. Dessa forma, a ausência de normas pelo IPHAN somada às regras não efetivas na atuação do município, minimizam a qualidade dos bens históricos e propiciam o surgimento de danos ou descaracterizações do patrimônio cultural. Além disso, o IPHAN torna-se sobrecarregado pela falta de apoio, em termos de fiscalização, para conter as obras não autorizadas.

Dos 94 sítios históricos tombados no Brasil, 8 (oito) estão em território baiano, estando Cachoeira entre eles, objeto desse estudo (IPHAN, 2011). Conforme o IPHAN, o município de Cachoeira apresenta edificações monumentais com significativo valor para a memória nacional e por isso é considerada uma joia para o Patrimônio Cultural do Brasil. Cachoeira foi tombada como conjunto arquitetônico e paisagístico em 1971, com aproximadamente 670 edificações tombadas. O município teve a sua participação em acontecimentos políticos, econômicos e sociais na revolução do país, bem como foi palco da civilização da Bahia. Além disso, Cachoeira se desenvolveu economicamente com um vasto conjunto de casarões e construções

com propriedades construtivas e materiais com características coloniais e identidade arquitetônica fruto da chegada da corte portuguesa. Dessa forma, a partir do valor histórico e arquitetônico considerado, foi justificada a importância do tombamento fundamentada na preservação do patrimônio material.

Então, dentro dessa problemática de descaso, as obras históricas encontram-se em estágios elevados de degradação expondo a população a riscos, como aconteceu com o colapso parcial do Hotel Colombo, em janeiro de 2019. Considerando o contexto de sítio histórico com exposição a riscos, justifica-se a realização desta pesquisa com intuito de entender algumas das ameaças presentes nas edificações, em função da falta de intervenções para conservação e recuperação, e então, refletir sobre possíveis soluções tecnológicas. Dessa maneira, objetivou-se identificar as principais ameaças presentes neste estudo de caso no município de Cachoeira, em seguida, investigar as soluções técnicas, encontradas na base *Web of science* e utilizadas como ferramenta de mitigação dos riscos em ambientes históricos, e, por fim, inter-relacionar as ameaças encontradas no estudo de caso com as tecnologias mitigativas para as situações encontradas. O estudo busca contribuir acerca de uma visão sobre as melhores ingerências que visem garantir a integridade estrutural da edificação cultural, bem como a sustentabilidade e a memória do valor arquitetônico.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Sítios históricos:

Para entender sobre os sítios históricos, faz-se necessário abranger sobre alguns conceitos básicos do patrimônio cultural. A palavra patrimônio, traz no seu significado latino, *patrimonium*, no qual concerne a associação de paterno e pátria, ao qual denota herança, legado e posse (MOORE,1996 apud MEIRA,2001). Dessa forma, de acordo com Pereiro (2006), o patrimônio é um conjunto de recursos que herdamos valores culturais e de identidade, e possui como objetivo interligar as gerações. Para a Constituição Federal, art. 216 o patrimônio cultural constitui os bens, materiais e imateriais integrados individualmente ou em conjunto, e abarcam um significado no que concerne a identidade, à ação e memória de grupos (BRASIL, 1988).

Nesse contexto de patrimônio cultural, encontram-se as edificações históricas, que representam um modo de habitar e trazem consigo uma representação arquitetônica, estética, histórica, documental arqueológica, econômica, social e política. Deste modo, a preservação dessas edificações propõe manter como testemunho o sistema construtivo, materiais de

construção, arquitetura e o modo de viver nesse espaço de tempo, e preservando então, um símbolo de identidade e propagação cultural de uma determinada civilização e cultura (FEILDEN, 1982).

O tombamento é o mecanismo atual de preservação jurídico brasileiro para proteção do bem cultural edificado com o objetivo de conduzir diretrizes para proteger, preservar, divulgar e gerir o patrimônio cultural. As políticas de preservação do bem tombado foram instauradas no início do século XX, com o Decreto-Lei N° 25 de 1937, assim, juntamente com a criação de um ente para fazer gestão do patrimônio e que, atualmente é denominado de Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional (IPHAN), estabeleceu diretrizes que conduzem as intervenções para serem realizadas de forma a não descaracterizar os argumentos que levaram ao tombamento da edificação (BONDUKI, 2010).

Sob a perspectiva de tombamento, com a proteção do IPHAN, existem as edificações tombadas individualmente e os conjuntos históricos. As edificações tombadas individualmente regem um direcionamento de documento referência, que são as cartas patrimoniais (CURY, 2000). As cartas do patrimônio reúnem critérios e diretrizes, em nível teórico, buscando orientar ações para a intervenção. Dentre as cartas, destaca-se a Carta de Veneza, no qual defende o conceito de intervenção mínima, conservação da autenticidade e compatibilidade física e química entre os materiais (SILVA, 2017). Já os conjuntos históricos, problemática dessa pesquisa atual, são bens que compartilham de mesmas motivações para a proteção. No entanto, a preservação do conjunto é regida pelo Decreto-Lei n° 25/37, que organiza a proteção do patrimônio e, por meio da Portaria n° 11/ 1986 do IPHAN, que consolida as normas de procedimentos dos processos de Tombo de edificações abertas a partir dessa data, conduzindo de forma clara e organizada o processo técnico de ação de proteção (IPHAN, 2011).

Cabe ao IPHAN, em relação a proteção de sítios históricos, não permitir a descaracterização da área onde esses bens estão localizados, e atuar na promoção social e cultural, estimulando a compreensão da cultura de um grupo social. A Portaria n° 10 de 1986, define que toda e qualquer intervenção de bens tombados e áreas de entorno deve haver aprovação do IPHAN (IPHAN, 2011). No entanto, as regulamentações específicas, para cada um dos sítios atualmente reconhecidos como históricos, caminham a passos lentos no que tange os critérios de análise e aprovação de intervenções, e assim, as regulamentações transformam-se em entraves que estimulam o abandono dessas edificações que, por muitas vezes, encontram-se em estados avançados de deterioração (WANG, 2015).

Em relação a atuação do município e Estado, o Art. 23 da Constituição Federal define como competência a proteção de documentos, obras e bens de valor histórico, artístico e

cultural, os monumentos, paisagens e sítios arqueológicos, bem como, impedir a descaracterização de obras de arte. Essas competências cabem a União, Estados, Distritos Federais e Municípios. Além disso, outra normatização que inclui a preservação do patrimônio é a Lei Federal nº 10.257, do Estatuto da Cidade. Esta legislação traz, de forma resumida, o papel e responsabilidades dos municípios frente a gestão do solo urbano, incluindo assim, a gestão dos sítios históricos, garantindo o bem-estar da população e a função social da propriedade urbana. Ou seja, ao IPHAN cabe dar as diretrizes de preservação, e ao governo municipal convergir as políticas de ordenamento do espaço de patrimônio cultural (IPHAN, 2011).

Conforme o IPHAN (2011), dos 94 sítios urbanos que estão sob sua proteção, somente 10% das áreas tombadas dispõem de Normas de Preservação próprias para cada localidade, considerando as particularidades de cada sítio histórico. Entretanto, a fragilidade iminente das normas reduz a qualidade urbana no Brasil, que implica na perda e/ou descaracterização total ou parcial do patrimônio edificado que trazia consigo a proteção da área, além de permitir a exposição dos moradores e turistas aos riscos de colapso. Diante disso, mesmo com todos os avanços obtidos na gestão da preservação, ainda faz-se necessário avançar no estabelecimento de procedimentos específicos para cada um dos sítios históricos existentes, de forma a permitir que a população entenda de forma clara como podem proceder nas intervenções para conservação e recuperação das edificações que fazem parte deste espaço histórico, bem como, diálogos e articulações para a gestão do patrimônio cultural a partir da definição dos papéis de cada esfera do governo e suas interrelações.

2.2 Sistema construtivo e materiais de construção no contexto histórico brasileiro:

Os sistemas construtivos são um conjunto de metodologias e ações utilizadas para a execução de uma construção, no qual empregam uma gama diversidades de materiais, influenciados por acontecimentos sociais, políticos e econômicos. Como os sistemas são repetidos de acordo com o período histórico, logo também são caracterizados pelo emprego de diferentes materiais e processos que interferiram nas disposições arquitetônicas e necessidades de acordo com a disponibilidade de materiais e mudanças construtivas (LEMOS, 1989).

No Brasil, as edificações construídas durante o período colonial e que atualmente podem ser denominadas como “casas coloniais”, apresentavam-se como reproduções das tendências construtivas portuguesas que foram utilizadas até os anos 30 do século XX. Nestas edificações predominavam os sistemas construtivos baseados no uso de materiais como madeira, pedra,

areia, barro e cal. Somente a partir do século XX foram introduzidos processos estruturais com o concreto armado (APPLETON, 2003). Dessa forma, através da disponibilidade reduzida de materiais, foi possível entender os procedimentos construtivos comuns de edifícios antigos.

As técnicas construtivas rudimentares do Brasil colônia utilizavam basicamente madeira, barro, palha capim, pedra e, posteriormente, materiais cerâmicos, assim, as construções eram a base de terra crua e pedras, com argamassa de barro e cal (PEREIRA, 2019). Nas edificações, as alvenarias que utilizavam a pedra, concediam maiores resistências e esbeltez aos muros e por isso, reservada para as construções do clero e da nobreza. Nas construções de alvenaria de pedra, estas desempenhavam funções estruturais que resistiam tanto a cargas verticais, quanto às forças horizontais, como vento. As alvenarias que eram utilizados em ambientes exteriores poderiam ser de calcário, arenito, granito ou pedra de rio, e possuíam espessuras entre 0,6 e 1,0 metros, assentadas com ajuda de formas de madeira (COLIN, 2010). Já as paredes internas possuíam uma estrutura com base de terra crua (pau-a-pique, taipa de mão, taipa de pilão, adobe, entre outras), sendo pouco resistente, principalmente à umidade. Portanto, posteriormente houve a necessidade de implementação de tijolos cozidos no conjunto construtivo para ornamentos mais rebuscados e aberturas. A ligação entre essas paredes é que garantiam ao conjunto a estabilidade aos esforços (PEREIRA, 2019).

Os pavimentos possuíam como principal material a madeira, tanto como elemento estrutural ou não. Os pavimentos possuíam como função na estrutura a responsabilidade pelo contraventamento vertical e resistência as solicitações de uso. A estrutura se dava pelo conjunto homogêneo paralelo entre si com distância variável entre 20- 40 cm (APPLETON, 2003). Já a ligação pavimento-parede constituía no ancoramento da viga, apoiada ou engastada, com espessura de 2/3 da espessura total das paredes resistentes (estruturais) (TEIXEIRA, 2004).

Quanto a cobertura, que inicialmente eram de palha ou sapé, em seguida, foram substituídas por telhas cerâmicas. No que diz respeito à geometria, a cobertura também constituída de madeira possuía três formatos: inclinadas, curvas ou planas com estruturas simples com uso de tesouras ou caibro armado. Era também comum a presença de um prolongamento do telhado, conceituado de beiral, com o intuito de proteger a alvenaria das chuvas, visto que as técnicas rudimentares de revestimento, especialmente de barro, não eram resistentes a ação da umidade, pois se expandiam e tornavam-se plásticas. Posteriormente, também incluíram a utilização de calhas (COLIN, 2010; OLIVEIRA, 2011).

Conforme Colin (2010), em relação as esquadrias, as folhas de portas e janelas eram de madeira, ornamentadas com detalhes e esculturas e, posteriormente, no século XIX, com a chegada da corte portuguesa, implementaram o uso de vidro e grades de ferro.

Os revestimentos, que asseguram a proteção do elemento estrutural em relação a fatores externos, eram a base de argamassa de areia e cal aérea, ou ainda, areia e barro. No que diz respeito ao desenho arquitetônico, o estilo das subdivisões internas era reproduzido com um só padrão. A mudança dessas subdivisões internas só fora flexibilizada com a introdução do concreto armado, quando a alvenaria perdeu a função estrutural, tornando parte da vedação (SATO, 2011).

2.3 Principais fatores de degradação das edificações históricas:

Conforme Azevedo e Guerra (2009), os maiores responsáveis pelos danos em estrutura de edificações históricas estão relacionados ao uso e ação do homem. No entanto, a ação humana, ou não ação, não são os únicos fatores que levam a degradação da edificação, e sim, o conjunto de todos os agentes que atuam no edifício durante seu ciclo de vida. Segundo Lersch (2003), os danos podem ser motivados desde agentes climáticos ou do ambiente, como a radiação solar, temperatura, vento e a água; agentes biológicos, como micro-organismos, vegetação e insetos; o uso e a ação do homem, como falta de conservação preventiva, intervenções indevidas e vandalismo; até fenômenos naturais, como terremotos, inundações e ventos fortes. Dessa forma, segundo Roque (2002), estes agentes de deterioração atuam de forma a estimular processos patológicos com dois comportamentos. O primeiro, é inerente a processos de deterioração do material, no qual as características dos materiais são alteradas. O segundo, de comportamento estrutural, está relacionado com aspectos relacionados à integridade da edificação.

2.3.1 Danos Materiais

Os materiais mais comumente utilizados nas edificações históricas são a madeira, pedras naturais, que com o tempo foram sendo substituídos por materiais cerâmicos e, posteriormente, alguns metais. Somente no século XX iniciou-se o emprego do concreto na estrutura das edificações. Deste modo, os fatores de degradação relacionados aos danos materiais podem estar atribuídos defeitos de origens do material ou a atuação de agentes de degradação. A seguir, trataremos os possíveis mecanismos de degradação desses materiais para o entendimento das futuras seções do atual trabalho.

A madeira foi o primeiro material de construção empregado com fins estruturais (coluna, viga e verga), além de serem utilizados em pisos, forros, esquadrias e escadas. A sua

utilização pode ser justificada devido a resistência mecânica a esforços de compressão e tração na flexão, além de ser de fácil manuseio. Os principais danos relacionados a esse material são irreversíveis, e como solução torna-se necessário a substituição a peça (OLIVEIRA, 2011). Ainda conforme Oliveira (2011), os principais agentes de deterioração deste material são biológicos, como os animais xilófagos e climáticos/ambientais, e a presença de água. Os animais xilófagos, especialmente o cupim, perfuram a madeira para se alimentar e depositar os ovos, já a umidade estimula a variação dimensional. Dessa forma, segundo Verçosa (1991), a madeira atacada pelos agentes apresenta a superfície escura e pode esfarelar, ficar oca com rachaduras. Além disso, sob a percepção estrutural, ocorre o surgimento de tensões internas, juntamente com perda de resistência mecânica. Assim, esse mesmo autor, ressalta sobre a pinturas e forrações com matérias não-inflamáveis.

As pedras naturais que eram empregadas tanto na parte estrutural (fundação, alvenaria) quanto em revestimento, são materiais com boa propriedade de resistência mecânica à compressão na ação de cargas aplicadas, porém má à tração. Sua baixa resistência a tração está relacionada ao uso precário, incoerente ou quase inexistente, da argamassa de assentamento, que não proporcionava a consistência adequada para formar um elemento uniforme, conduzindo então a um processo fissuratório do elemento. Outras importantes características das pedras naturais são sua boa durabilidade, trabalhabilidade e estética. Já seus principais agentes de deterioração são climáticos/ambientais ou humano, que podem sofrer alterações físicas, químicas e influência na resistência (AZEVEDO, 2010; OLIVEIRA, 2011).

Quanto aos materiais cerâmicos, que eram empregados em tijolos, telhas, azulejos e lajotas, possuíam como principais propriedade a porosidade – absorção de água baixa -, boa resistência a compressão (tijolos) e flexão (telhas), mesmo quando em contato com a água. Os agentes que atuam são climáticos/ambientais, como a presença de sulfatos, gelo/degelo. Os fatores de degradação relacionados são deteriorações devido à presença dos sais, que podem promover criptoflorescência e desagregação, gerada em consequência da expansão dos sais cristalizados após a secagem da umidade (VERÇOSA, 1991).

E por fim, os metais, que foram utilizados nas esquadrias após o século XX, bem como junto com o concreto, compondo a estrutura armada. Suas principais propriedades são resistência a tração, compressão, torção, dureza, dobramento, choque, fadiga, desgaste e corrosão. As patologias mais comuns são as corrosões: química, ambiental e eletroquímica. A corrosão química, também chamada de oxidação, é um processo natural e lento no qual o metal forma uma película de óxido. A ambiental, é um estado avançado da corrosão química, ocorre devido a exposição e ataque de agentes agressivos, estimulando a perda de massa. E a corrosão

eletroquímica, é aquela que ocorre em estruturas de concreto armado, cujos efeitos levam a perda de massa da armadura e fissuração do concreto (OLIVEIRA, 2011).

2.3.2 Danos Estruturais

Os principais componentes da edificação que colaboram para degradações estruturais são as fundações, alvenarias, pavimento, cobertura e pisos, No entanto, para essa pesquisa específica será dado enfoque nos elementos de alvenaria, pavimento e cobertura.

Os danos nas alvenarias estão relacionados a construções de terra, pedra, e, posteriormente de concreto armado. Vale ressaltar que as primeiras alvenarias possuíam função estrutural e eram ligadas por argamassas de areia, argila e cal. Conforme Azevedo (2010), as alvenarias de terra – rocha, adobe e taipa – são muito suscetíveis a ação da água. As principais degradações associadas a umidade estão relacionadas ao topo e fundo das paredes. As regiões com abertura de superfície, como fenda ou janela, acabam propiciando ainda mais a velocidade dos danos. Nesse caso a água fragiliza as ligações das estruturas e, somado a falta de manutenção, conduz a rotação/distorções das paredes, contribuindo para seu colapso.

A distorção e o colapso é um fenômeno propiciado por tensões muito elevadas. A distorção conduz ao aparecimento de fissura estrutural. As fissuras estruturais ocorrem quando é reduzida a capacidade do material de resistir as forças de tração, grandes compressões e tensão de flexão excedida. Um outro tipo de fissura, que não está relacionada ao fenômeno explicado são as de retração, que resultam do excesso de argila ou secagem muito rápida do material (AZEVEDO, 2010; OLIVEIRA, 2011).

Ainda sob o aspecto das alvenarias, as degradações associadas a alvenaria de pedra são: a baixa resistência a tração em consequência do uso de argamassa frágil e, ou então, até mesmo inexistente, conduzindo a uma fraca resistência a esforços de flexão; fraca ligação transversal entre os elementos da parede o qual afeta a estabilidade local, seja por ações verticais ou horizontais, o que propicia a colapso parcial e total; deficiente ligação entre pavimento/cobertura e as paredes, fato que facilita a ruptura. Além disso, o caráter de grande esbelteza, sem a presença de subsídios de contraventamento intermédios necessários, intertravamento de paredes ou assoalho de pavimento, contribui para um ponto de grande fragilidade. Essa problemática de inconsistência de contraventamento é, de fato, muito comum em imóveis de edificações antigas, as reabilitações devem melhorar as ligações intermédias entre os pavimentos (assoalhos), alvenaria estrutural e cobertura (AZEVEDO, 2010; OLIVEIRA, 2011).

Quanto a cobertura, com estrutura geralmente de madeira, telhas cerâmicas e calhas de metal apresentam uma importância para o conjunto da edificação. Os danos se apresentam a partir da perda do madeiramento ocasionando em sobrecarga e empuxo nas paredes. Além disso, a deterioração da calha e ruptura da telha podem levar a fragilidade do escoamento da água, no qual provoca a infiltração da água da chuva e proliferação de fungos e cupins.

Outro dano bastante comum na cobertura é a presença de vegetação (OLIVEIRA, 2011). Segundo Lersch (2011), a justificativa da vegetação está relacionada a negligência na manutenção ou abandono da edificação. Sabe-se que a vegetação pode iniciar no elemento da cobertura e se espalhar por toda edificação. Na cobertura, a presença de vegetação em demasia provoca sobrepeso para as paredes de sustentação, rompimento dos forros e telhas, além do entupimento das calhas. A dispersão das raízes pode trazer danos estruturais provocando fissuras nos rebocos e alvenarias, além de contribuir na umidade e infiltração.

2.4 Gestão de risco em conjunto histórico

O conceito de risco é a probabilidade de ocorrência de um evento adverso que provoca danos e prejuízos – humanos, materiais, econômicos e ambientais – a um cenário vulnerável exposto a uma dada ameaça, ou seja, o risco está associado a interação de ameaça versus vulnerabilidade. A ameaça está relacionada ao tipo de impacto, ou seja, a ocorrência de um evento adverso, que pode ser de origem natural, como uma tempestade, ou tecnológica, como um colapso de uma edificação. Já a vulnerabilidade está associada à capacidade que o sistema social, exposto a esta ameaça, é capaz de resistir ao impacto gerado. Quanto maiores os danos e prejuízos, maior a vulnerabilidade dos elementos expostos (CEPED/RS, 2016).

Trazendo o conceito de risco para o patrimônio cultural, de acordo com Wang et al. (2010), os principais riscos de desastres relatados ao patrimônio edificado estão associados a fatores externos e internos. O fator externo é um dano causado por desastre natural ou tecnológico, como enchentes, deslizamento de terra e entre outros. Já os fatores internos podem estar associados a falta de compreensão adequada do material, sistema construtivo, força de trabalho adequada, variações de condições subterrâneas, integridade das estruturas, disponibilidade de intervenções anteriores e inovação tecnológica sem estudo prévio.

A partir desses conceitos de riscos trazidos pela literatura do CEPED/RS (2016) e os principais tipos de riscos do patrimônio cultural, conforme apresentado por Wang et al. (2010), é possível refletir sobre como o cenário de deterioração dos sítios históricos pode contribuir para geração de riscos em um contexto urbano histórico, tanto em relação a perda de edificações

de valor cultural, quanto às perdas e danos para as pessoas que as utilizam ou, então, circulam nas suas adjacências (moradores, trabalhadores, estudantes e turistas). Segundo Losnak (2015) e Silva (2019) a falta de recursos financeiros e planejamento para suprir as necessidades que o patrimônio precisa, bem como a insuficiência de recursos humanos técnicos no suporte as ações do IPHAN, são os principais fatores de entraves para a conservação do patrimônio cultural. Somado a isso, o elevado custo de manutenção associado a materiais e mão de obra qualificada contribui para não realização de intervenções necessárias ou adequadas. De forma a contribuir no sentido de encontrar soluções para esta problemática, é importante promover mecanismos de políticas de gestão de riscos paralelos a efetivos mecanismos de preservação cultural.

Gestão de riscos é um conjunto de medidas que busca a redução de ocorrência dos desastres a partir da ótica da redução de riscos existentes e da prevenção dos novos. Estas medidas são pautadas em políticas e estratégias que promovem a resiliência de sistemas vulneráveis e seu desenvolvimento social (CEPED/RS, 2016). Conforme a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil (PNPDEC), Art. 2º da Lei 12608 do ano de 2012, é responsabilidade da União, Estados, Distrito Federal e Municípios tomar medidas em prol da redução de risco de desastre, e ainda, prestar ajuda promovendo assistência às populações atingidas por desastres e recuperando as áreas fragilizadas (BRASIL, 2012).

Dessa forma, a partir da necessidade de proteção ao patrimônio cultural e as vidas humanas, o Conselho Internacional de Monumentos e Sítios (ICOMOS), traz a importância do gerenciamento de riscos no contexto cultural, pois a compreensão sobre onde eles estão inseridos no ambiente territorial é fundamental para refletir estratégias que permitam um inter-relacionamento seguro entre a população com suas áreas históricas ICOMOS (2003).

3. MÉTODO DE PESQUISA

O estudo em questão é classificado como exploratório e descritivo, com abordagem qualitativa (GIL, 1987). A pesquisa primeiro visa identificar as ameaças oriundas das edificações e depois investigar na literatura soluções técnicas para mitigar os riscos levando em conta a redução da ameaça. Dessa forma, a metodologia utilizada neste trabalho foi dividida em duas partes: pesquisa de campo e pesquisa bibliográfica.

A pesquisa de campo foi baseada em registros fotográficos, vídeos e na observação *in loco* de algumas edificações que compõe o Quarteirão do Hotel Colombo e da praça Teixeira de Freitas, município de Cachoeira, estado da Bahia. As informações que justificam a escolha

da área determinada para esse projeto de pesquisa são encontradas na subseção 3.1, onde o objeto de estudo é apresentado.

A visita in loco ocorreu no dia 06 de agosto, utilizando da observação visual e para a coleta das imagens aéreas foi utilizado o VANT DJI Mavic 2 zoom. Para a coleta das imagens foi necessário utilizar somente 1 bateria do drone, pois o tempo de inspeção não ultrapassou 30 minutos, tempo de autonomia da bateria conforme especificação do fabricante. A inspeção ocorreu durante o dia, sem interferência de chuva. O planejamento de voo foi realizado com altitude variável, com planejamento prévio da área a ser coberta, no entanto, trajetória livre pelo operador. O controle de voo foi realizado pela ferramenta do fabricante, DJI GO, conectado a um smartphone. Para a captação das imagens foi utilizado um sensor RGB com configurações no modo automático.

Na visita in loco foi possível reconhecer o território e, posteriormente, investigar de forma geral as degradações existentes. No entanto, este trabalho possui como recorte as reflexões de degradações que podem ser identificadas nas imagens aéreas e, paralelamente, relacionadas a integridade da edificação. Portanto, as reflexões estão limitadas as degradações de **biodeterioração, instabilidade de telhado e instabilidade dos elementos estruturais**. Em biodegradações foram observados a presença de vegetação de pequeno, médio e grande porte na cobertura, fachada e alvenaria. Em instabilidade de telhado, foram incluídos deterioração de partes/integral de madeira por xilófagos, ausência de telhas e calhas. E por fim, instabilidade estrutural, que abrangeu inclinação de paredes, umidade, perda de partes de elementos, perda de pavimento em assoalho e forros.

A pesquisa bibliográfica foi realizada a partir do intuito de tomar conhecimento das principais publicações, nacionais e internacionais, que abordam soluções técnicas para as degradações relacionadas com edificações históricas. A pesquisa bibliográfica incluiu como delimitação artigos publicados nos últimos 5 anos da base de dados acadêmica *Web of Science*, considerando todos os idiomas. Foi estabelecido como critério, artigos com ocorrência de rótulo de campo “TS” que incluem termos no título, nas palavras-chaves ou no resumo.

Para a pesquisa utilizou-se três conjuntos de termos de busca: biodegradações, instabilidade de telhado e estabilidade de estrutura. O **primeiro**, relacionado às biodegradações, tiveram strings de busca divididos em dois blocos. O **Bloco 2** referentes a terapia de biodeterioração já existentes: (historic build OR historical heritage) AND (intervention OR conservation OR technology) AND (biodeterioration OR plant-monument interaction OR vegetation in the structure OR biological agente OR plants OR vegetation on the facade OR roof vegetation). E o **Bloco 1** relacionado a intervenções preventivas de biodeterioração:

(historic build OR historical heritage) AND (intervention OR conservation OR technology) AND (waterproofing OR moisture OR water repellent). No **segundo**, relativo a instabilidade de telhado, foram incluídas as seguintes strings: (historic build OR historical heritage) AND (intervention OR conservation OR technology) AND (roof OR wooden roof OR historic roof). E por fim, o **terceiro** conjunto, instabilidade de estrutura, incluindo termos como: (historic build OR historical heritage) AND (intervention OR conservation OR technology OR mitigation) AND (wood OR wood structure OR wood recovery OR wood disinfection).

A partir das informações coletadas foram escolhidos 3 (três) principais artigos com técnicas interventivas para cada tipo de degradação: biodegradação, instabilidade de telhado e instabilidade de estrutura. Posteriormente, foi mensurado um quadro resumo, utilizando-se os parâmetros degradações, autor, objetivo de pesquisa, tecnologia mitigativa e principais resultados.

Por fim, foi realizado uma reflexão entre as degradações identificadas nas edificações no município de Cachoeira com possíveis soluções tecnológicas que poderiam contribuir para mitigação de riscos.

3.1 Identificação do objeto de estudo

O objeto de estudo desse projeto de pesquisa é o município de Cachoeira/BA, em particular a área delimitada entre as ruas verticais, Rua 20 de Junho e 15 de Novembro, e as ruas horizontais, Rua Virgílio Reis e 7 de Setembro, bem como edificações situadas na praça Teixeira de Freitas, na Rua 25 de junho. A área delimitada para o estudo pode ser visualizada a partir das Figuras 1 e 2.

Figura 1: Identificação dos imóveis a serem observados.

Figura 2: 1- Praça Teixeira de Freitas; 2- Quarteirão Hotel Colombo.



Fonte: Google Earth.



Fonte: Acervo dos autores.

A escolha do município de Cachoeira, localizado no Recôncavo da Bahia, como objeto de estudo deste artigo se deu pelo seu reconhecimento nacional como sítio histórico brasileiro devido a sua importância para História do Brasil. Além disso, o município também abriga um dos Campi da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB). Sua implantação, no ano de 2009, teve como uma das razões a retomada da vida da cidade e sua economia (FREITAS NETO, 2018). Já a escolha dessa área específica permeia pela presença do Hotel Colombo, que devido a sua falta de gestão e ações de preservação levou ao seu colapso parcial no ano de 2019. Além disso, esta área abriga outras edificações que se encontram em estado de ruína ou de alta degradação da sua estrutura. Dessa forma, o estado avançado de deterioração das edificações e de seus materiais acabam gerando riscos para a preservação do próprio patrimônio histórico, mas principalmente, para os moradores que habitam, trabalham ou circulam pelo local. A partir dessa análise visual, a área a ser observada incluiu 14 (quatorze) edificações como opções para identificação de elementos de riscos, as quais, inclusive, ainda são usadas como pontos comerciais, mesmo não apresentando condições aparentes relativas aos critérios de desempenho, como segurança, habitabilidade e sustentabilidade, requerendo assim, soluções técnicas para mitigar os riscos construtivos existentes.

Caracterizando o município de Cachoeira, evidencia-se a partir da sua arquitetura estilo semelhante a Portugal, com a presença de sobrados coloniais. Estes sobrados são localizados nos centros urbanos, com configuração arquitetônica que se divide em um primeiro pavimento, normalmente utilizado como comércio, e um segundo pavimento, utilizado como residência (COLIN, 2010; REIS FILHO, 1970). Inclusive, atualmente, muitas destas edificações apresentam seus segundos pavimentos abandonados, entretanto, ainda com utilização do primeiro. Nesse contexto, observa-se que as degradações existentes nesses imóveis podem ser classificadas como ameaças, que podem vir a afetar uma parte vulnerável da população, como

trabalhadores, moradores, alunos, turistas etc., e assim, contribuir fortemente para a geração de riscos urbanos.

Cachoeira é caracterizada por materiais como pedras talhada na estrutura, a madeira e o barro, somente ao final do século XIX que alguns imóveis disseminaram técnicas construtivas mais atuais, como o concreto armado. Na alvenaria, é possível encontrar a presença de barro, adobe, pedras, tijolos de barro cozido e estrutura mista. O tijolo de barro cozido, material bastante difundido, apresenta melhor resistência a umidade, bem como, possibilitava, no assentamento, a execução de vergas curvas. O assentamento poderia ser realizado com argamassa de argila, muito comum em Cachoeira, terra e cal ou dispensavam a necessidade de assentamento usando o encaixe das pedras lavadas (ARAGÃO, 2010; COLIN, 2010; PEREIRA, 2019).

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Após a etapa de análise visual, in loco e por registros fotográficos, no qual conheceu-se, previamente, o sistema estrutural e materiais de construções, obteve-se uma noção do estado de deterioração das edificações localizadas na área que compreende o quarteirão do Hotel Colombo e a praça Teixeira de Freitas. Na inspeção foram observadas deteriorações como: destacamento de revestimento, esquadrias deterioradas, manchamento, fissuras, sistema construtivo incompleto: ausência de argamassa, ausência de elementos de madeiramento, telhas e calha na cobertura, ausência de elementos estruturais – vigas, pilar, parede, cobertura -, presença de biodegradação nos vigamentos, paredes e cobertura. No entanto, é importante ressaltar que este trabalho possui como recorte a reflexão das três degradações: Biodegradações, instabilidade de cobertura e instabilidade estrutural.

4.1 Biodegradações

A Figura 3 demonstra a presença generalizada de vegetação parasitária, responsável pela biodeterioração dos materiais de construção e elementos construtivos.

Figura 3: a) 1- Hotel Colombo. b) Presença de vegetação pequena, média e grande porte (arbustos), na fachada, alvenaria e restos do madeiramento da estrutura de madeira de cobertura.



Fonte: Acervo dos autores.

Conforme é possível observar nas imagens, é possível notar a presença de vegetação de pequeno, médio e grande porte, distribuída de forma generalizada nas edificações que compõem o quarteirão do Hotel Colombo (Figura 3. a). Ressalta-se, inclusive, a existência de árvores de dimensões consideráveis. Estas degradações estão localizadas nas fachadas, alvenarias e em partes da estrutura de madeira da cobertura já deteriorada.

Segundo o IPHAN (2001), o aumento da umidade é um dos precursores mais relevantes de deterioração em edifícios históricos e pode propiciar e intensificar a biodeterioração. A vegetação apresenta diferentes tipos de danos, desde o impedimento de ventilação, iluminação e insolação adequado, no qual contribui para concentração de umidade, mas também para agravamento da deterioração que levam até mesmo a riscos da integridade estrutural. Este último, normalmente desencadeado por vegetação de médio e grande porte, visto que suas raízes podem provocar entupimento de calhas, fissuras na alvenaria e rompimento da estrutura do telhado, interferindo no desempenho estrutural da edificação. Como em edificações históricas já existe fragilidades nos materiais de construções, a queda de desempenho estrutural do imóvel pode se intensificar ainda mais. Além disso, a grande densidade da vegetação que está alocada nos telhados, além de gerar a biodeterioração, pode produzir uma sobrecarga na estrutura, fato que pode ter contribuído para o colapso parcial do Hotel Colombo (Figura 3.a).

O Quadro 1 apresenta três soluções técnicas para os danos da biodeterioração, no qual o primeiro se propõe a mitigar o problema existente, vegetação, e o segundo/terceiro utilizam a metodologia de prevenção, mas de situações voltadas para a recuperação do dano.

Quadro 1: Tecnologias mitigativas relacionadas a biodegradações.

Nº	Degradação	Autor	Objetivo da pesquisa	Tecnologia mitigativa	Principais resultados
1	Biodegradação	J. Becerra, AP Zaderenko, MA Gómez-Morón, e P. Ortiz (2019)	Analisar os principais avanços no desenvolvimento e aplicação de nanopartículas como consolidantes e biocidas para tratar a ação de biodeterioração no patrimônio cultural de alvenaria de pedra.	Nanotecnologia de dióxido de titânio/ de prata/ zinco/ prata + dióxido de titânio.	As nanopartículas contribuem na geração de uma película protetora entre a superfície pedregosa e os depósitos de sujeira, mantendo as propriedades da pedra inalterada e os depósitos podem ser removidos. Dessas tecnologias, o dióxido de titânio tem destacado por sua compatibilidade com a construção e aplicabilidade ao ar livre, principalmente em pedras brancas.
2	Biodegradação	M.S.C. Olea, F.J. L. Vallejo, A. L. Álvarez et al. (2017)	Estudar a eficácia de repelentes de água para evitar a entrada de água de chuva em paredes de tijolos ladrilhados em edificações históricas, evitando assim, a sujidade, vegetação e outros dados atrelados a presença de humidade.	Repelente de água a base de siloxano.	Comprova-se, após teste em laboratório, a eficácia do produto repelente de água, uma vez que atingiu o impedimento e retardo de absorção de água nas paredes das amostras, como também, nas paredes de alvenaria de imóveis históricos.
3	Biodegradação	L. Fusade, H. Viles, C. Wood e C. Burns (2019)	Através de um programa experimental, avaliou-se o impacto de teores de cinza de madeira na argamassa de cal para o auxílio de absorção de umidade de alvenaria de edificações históricas.	Substituição de agregado por diferentes concentrações de cinza de madeira de biomassa (0, 10, 20, 30, 40, 70, 100 %).	O melhor potencial foi entre 20-40% de cinza de madeira para refazer as juntas de alvenaria. Esses valores contribuíram para uma boa permeabilidade, capacidade de secagem.

A primeira tecnologia interventiva (Nº 1), é uma metodologia terapêutica que atua na remoção da vegetação. Becerra et al. (2019) analisa os principais avanços de tecnologias usando a nanopartículas como consolidantes e biocidas para tratar problemas de biodeterioração em alvenaria de pedra em patrimônios culturais, visto que biocidas tradicionais, como de sais de amônio, e outros tratamentos não atendiam os requisitos de compatibilidade química, garantia da estética (cor e brilho) e durabilidade. O autor relata que devido ao tamanho das partículas da nanotecnologia, comumente entre 1 e 100 nm, as aplicações usando este material aumenta a superfície contra o material macroscópico, isto é, a nanotecnologia permite uma maior superfície

de interação da partícula com o ambiente. Dessa forma os principais tratamento de conservação-restauração de nanotecnologia com propriedades biocidas são o dióxido de titânio (TiO_2), prata, óxido de zinco e o compósito de prata mais dióxido de titânio. Destes, destaca-se o dióxido de titânio no tratamento de conservação, devido a sua estabilidade de suas propriedades ao contato com a cal, atividade fotocatalítica, aplicabilidade ao ar livre e inalteração de estética principalmente em pedras brancas. Eles atuam formando uma camada protetora entre a superfície de pedra e depósito de sujeira mantendo a pedra inalterada, além de promover oxidação de da parede celular dos biofilmes retardando o seu desenvolvimento e contribuem no bloqueio da atividade respiratória dos microrganismos quando estes são irradiados com luz ultravioleta.

A segunda metodologia interventiva (Nº 2) está enquadrada como prevenção. Olea et al. (2017) avaliou, através de um teste no laboratório, o desempenho da aplicação de repelentes de água para evitar a entrada de água de chuva em paredes de tijolos ladrilhados cerâmicos, que eram comumente usados em edifícios antigos. O objetivo do autor para esse teste foi mitigar os danos relacionados a umidade, para assim, reduzir a ação da água combinada a sujidade e vegetação. Para a sua pesquisa ele utilizou o repelente a base de siloxanos, que segundo o fabricante possui o intuito de reduzir a absorção de água e não atuar como barreira ao vapor. Dessa forma, foi experimentado o teste em 4 (quatro) paredes, duas com a aplicação do impermeabilizante e duas não impermeabilizadas. Os resultados apontaram que o produto repente é eficaz para conter e retardar a absorção de água, pois através do teste realizado com a norma UNE-EM 539-1 quase não houve absorção de água nas amostras de tijolos.

O terceiro método interventivo (Nº 3), atua na prevenção do dano, de forma que o método auxilia na absorção da umidade prevenindo a entrada de umidade na alvenaria, para assim, evitar o surgimento de vegetação parasitária. Fusade et al. (2019) demonstra em seu estudo o impacto ao substituir na argamassa, uma com cal hidráulica natural (NHL) e outra com cal aerada (AL), percentuais de 0, 10, 30, 40, 70 e 100 % de agregado (areia de sílica afiada) por cinza de madeira de biomassa em implicações práticas de reconstrução de edifícios históricos sujeitos a umidade. Ele avaliou como se comportava durante 90 dias os parâmetros de resistência à compressão, índice de atividade de resistência, porosidade aberta e total, distribuição do tamanho do poro, absorção de água por capilaridade, dessorção, permeabilidade ao vapor de água e congelamento-degelo e a durabilidade.

Os resultados demonstram que as argamassas de cal embora possuem a probabilidade de absorver mais água, apresentam, paralelamente aumento na capacidade de secagem. Os percentuais entre 20 e 40 % de cinza de madeira implica no seu melhor potencial de

propriedades, pois essa quantidade de teor de finos garante o aumento da resistência de compressão, devido o potencial de atividade pozolana. Além disso, possui boa permeabilidade, capacidade de secagem, baixa retração e fissuras, no qual garante a durabilidade. Dessa forma, os autores recomendaram esta metodologia para refazer juntas de alvenaria, principalmente, em ambientes úmidos. Entretanto, é necessário desenvolver uma argamassa que se enquadre nos requisitos estruturais e ambientais de acordo com as especificações necessárias da edificação histórica.

Nesse segmento, visto a presença de bioterioração como elemento de risco, considerando que as edificações desse entorno são de alvenaria de tijolo cerâmico e pedra, a nanotecnologia, pode ser usada como terapia, bloqueando a atividade respiratória dos microorganismos e biofilmes e, também, atuando nas raízes da vegetação de grande porte para posteriormente serem removidas, no entanto as vegetações de tamanho consideráveis devem ser retiradas. Em seguida realizar uma prevenção com foco na umidade através da a argamassa com teor de argila e cal e da impermeabilização dos tijolos, pois evitando a umidade é possível reduzir a proliferação de biofilmes e vegetação. Dessa forma, a partir dos resultados apresentados, pode-se considerar que essas tecnologias relatadas possuem um bom potencial de solução mitigativa para biodeterioração. No entanto, vale salientar, que as opções necessitam ser experimentadas em laboratório verificando de acordo com o material da edificação em estudo e, assim, escolher a mais eficaz para a especificação da apresentada.

4.2 Instabilidade de Cobertura

As Figuras 4a e 4b ilustram a situação da parcial falta de integridade da estrutura de madeira do telhado. A primeira edificação, representadas na Figura 4 a, é utilizada como ponto de atividade comercial e apresenta grande parte da cobertura já colapsada. A segunda edificação, cuja fachada é apresentada na Figura 4b, já não apresenta mais cobertura, sendo colapsada ou então retirada em um período anterior. Já as Figuras 5a e 5b refletem a degradação total de integridade da estrutura de telhado, localizadas no Quarteirão do Hotel Colombo em estágio de ruína.

Figura 4: a) Cobertura parcialmente desintegrada localizada na Praça Teixeira de Freitas b) Imóvel com degradações com atividade comercial.



Fonte: Acervo dos autores.

Figura 5 : a) Ausência de parte integral da estrutura de cobertura localizada no Quarteirão do Hotel Colombo.

Figura 5 : b) Ponto comercial no Quarteirão do Hotel Colombo.



Fonte: Acervo dos autores.

Conforme é possível ver nas Figura 4a, 4b, 5a e 5b o estado de deterioração está bastante avançado, apresentando inúmeras anomalias, falhas e manifestações patológicas. Além da quantidade intensa de vegetação de médio e grande porte, nota-se a inexistência completa de cobertura (telha) na maior parte da área de objeto de estudo, até mesmo onde tem atividade comercial ainda em operação, bem como, a ausência e/ou pouca quantidade da estrutura de madeira. A carência desses elementos implica em uma grande instabilidade para a edificação histórica. A ausência da calha e telha para a estrutura provoca a infiltração de água, e assim, intensifica a ação de organismos xilófagos, que perfuram a madeira, reduzindo sua capacidade mecânica e favorável a propagação do fogo (VERÇOSA, 1991). Nesse segmento, as madeiras estruturais da cobertura ficam fragilizadas, no qual reduz seu potencial mecânico, conduzindo

para a transferência de carga para as alvenarias, o que origina para uma sobrecarga e empuxo nas paredes de alvenaria (AZEVEDO,2010).

Trazendo para a perspectiva do objeto de estudo, as edificações demonstradas na imagem apresentam ausência total do madeiramento, no qual indica que foi colapsado, ou retirado anteriormente. Além disso, existem partes que o madeiramento parece estar instável, e cedendo, bem como tomado de vegetação contribuindo para mais umidade e mais carga na estrutura. Além do mais, como a alvenaria histórica de Cachoeira é caracterizada por paredes espessas, no entanto, é possível perceber fragilidade no contraventamento devido à ausência de assoalho do pavimento. Isso acaba criando uma condição de esbeltez em função da altura, o que compromete a estabilidade global da edificação. Além disso, é possível constatar que estas alvenarias também estão deterioradas. Portanto, todos esses fatores conduzem para um cenário que facilita o desenvolvimento de rotura, sendo um risco propício ao colapso parcial/total.

Para essa problemática notada, selecionou-se três principais tecnologias mitigativas ordenadas no Quadro 2.

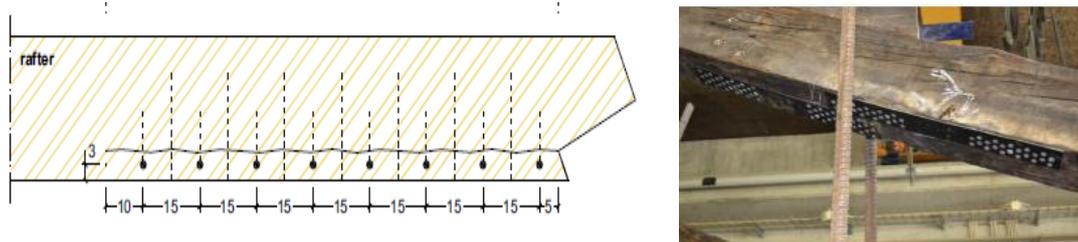
Quadro 2: Tecnologias mitigativas relacionadas a instabilidade de telhado.

Nº	Degradação	Autor	Objetivo da pesquisa	Tecnologia mitigativa	Principais resultados
4	Instabilidade de telhado	K.Zhou, A. Li, L. Xie, C. Wang et al. (2020)	Efeitos do ortossilicato de etila e trietoxissilano de metil para componentes de madeira em decomposição pra proteger a madeira em decomposição.	Compostos de organossilício	A camada de organossilício contribuiu para melhorar desempenho físico-mecânico como hidrofobicidade, propriedades mecânicas, estabilidade térmica na madeira tratada, no entanto apresentou um ligeiro desvio de cor.
5	Instabilidade de telhado	J.M. Branco, H.S. Sousa, E. Tsakanika (2017)	Avaliar duas intervenções na viga de madeira pertencente a estrutura de telhado.	Reparo 1: apoio da viga / Reparo 2: placa de metal e elemento de madeira.	O fortalecimento das regiões de apoio permitiu obter uma carga superior em relação as condições iniciais, já o reparo local, que usou placa de metal, possui recuperação parcial (85%) à carga original.
6	Instabilidade de telhado	A.C. Gutiérrez, M.B.Jimenez (2020)	Apresenta uma metodologia multidisciplinar na restauração de estrutura de telhado com sistema de viga e colarinho.	Juntas coladas para preservação e reparação dos elementos: o caibro e viga de colarinho, base de vigas e parte traseira da viga de amarração.	Pôde reduzir o número de intervenções, reduzindo o nível de stress nesses entrelaçamentos sem remover estruturas de madeiras pré-existentis.

A primeira tecnologia mitigativa encontrada no referencial é representada pelo N° 4. Nesse projeto, os autores Zhou et al. (2020), estudaram os efeitos do ortossilicato de etila (TEOS) e trietoxissilano de metila (MTES), compostos organossilício, como solução mitigativa da decomposição de madeira em edificações históricas. Os autores relatam que as intervenções em madeira devem obter algumas preocupações em relação a: hidrofobicidade, gerando inchaço da madeira devido a umidade, propriedade mecânica, estabilidade térmica e estética. De forma a encontrar solução para garantir as propriedades do material madeira, os autores investigaram a mistura de dois produtos, TEOS e MTES. O TEOS possui propriedade de formação de cadeias poliméricas e reforço, já o MTES possui funcionalidade hidrofóbica potencial, sendo assim, a combinação dos agentes se mostra muito interessante como solução. Os resultados da pesquisa realizada por estes autores demonstraram que a adição do composto implicou em grande potencial na estrutura morfológica da célula de madeira, obtendo ganhos na propriedade físico-mecânica, como por exemplo estabilidade da hidrofobia. Isso se deve a ação do composto na selagem dos poros de madeira e na resistência ao fogo, uma vez que o composto interveio na prevenção de oxidação.

A segunda tecnologia para mitigar os riscos de degradação da estrutura de telhado é a N° 5 (Figura 6), no qual, os autores Branco et al. (2017) avaliaram duas treliças de colarinho de um edifício antigo e propuseram intervenções do tipo global e local. Vale salientar que ao decidir entre reparo ou reforço, as considerações influenciam o desempenho final da edificação. Então os autores decidiram no fortalecimento da região de apoio (global), através de conexão boca de pássaro, transmitindo a carga para o suporte conectado por um suporte de aço, e reparo local das áreas de falhas de viga com uso de elementos de madeira e placa de metal. A reparação do caibro foi conectada a duas peças de madeira antiga por parafusos, dessa forma as peças tiveram o objetivo de aumentar a seção, bem como, foram transferidas as tensões para os elementos. Em relação as placas, foram colocados 22 parafusos em cada placa de metal. Os resultados demonstraram que as intervenções locais obtiveram uma recuperação global 85 % da carga máxima, pois novas falhas foram apresentadas.

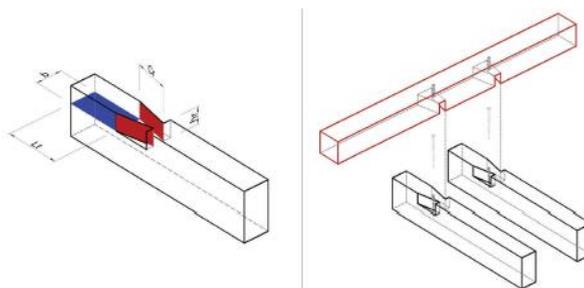
Figura 6: a) Intervenção global; b) Intervenção local.



Fonte: Branco et al. (2017).

Por fim, a metodologia N° 6 (Figura 7) corresponde a pesquisa de Gutiérrez et al. (2020), cujos autores utilizaram uma metodologia multidisciplinar na recuperação de uma carpintaria estrutural Espanhola tradicional de características viga e colarinho. O autor relatou que a parte superior das paredes possuíam uma deformação assimétrica, o que significava a insuficiência para receber as cargas dos elementos estruturais da estrutura de madeira. Também relatou a fratura das juntas da viga de amarração (componente horizontal que recebe a tensão), transferindo então para as paredes. No entanto, vale salientar que as peças de madeira utilizadas estavam bem conservadas, então a técnica de intervenção optou pelo desmonte da estrutura, bem como utilizou técnica de laminado de madeira nas peças. Nas juntas, optou pelo uso do caibro para a viga colarinho e base das vigas. Na viga de amarração foi feita junta colada, preservando o pré-existente.

Figura 7: Diagrama da configuração da junta entre vigas de amarração e placa de parede na igreja em estudo.



Fonte: Gutiérrez et al. (2020)

Após entender sobre as tecnologias existentes, sugere-se para o estudo de caso que, em situações que ainda existem as peças de madeiras em estado médio de conservação (recuperação), com propriedades mecânicas significantes (Figura 4), pode utilizar a metodologia dos compostos organossilício e/ou reparos parciais com placa de metal e conexão de elementos de madeira nos locais de deterioração ou, substituir por uma nova peça com compatibilidade com a antiga em termos de material e arquitetura. No entanto, nas situações em que já não pode ser aproveitado a estrutura, como apresenta a cobertura das edificações da

Figura 5, aponta-se que, a melhor solução seja a retiradas dessas peças, para minimizar o sobrepeso na alvenaria.

4.3 Instabilidade Estrutural

A Figura 8 demonstra edificações com alto grau de deterioração estrutural (ausência integral de madeiramento e telhado, presença de vegetação generalizada, sistema estrutural incompleto - ligação entre paredes e assoalho de pavimento), e ainda, sendo utilizadas como pontos comerciais.

Figura 8: a) Imóveis localizados no Quarteirão do Hotel Colombo b) Imóvel degradado sendo utilizado para atividade comercial.



Fonte: Acervo dos autores.

Pode-se observar a partir das imagens, que as edificações especificadas estão em estado de ruína (sem conservação) com um alto risco de instabilidade estrutural. Nota-se que estas estruturas possuem em comum sistema estrutural incompleto: deficiente ligação entre pavimento, cobertura e parede. Isto pode ser constatado pela perda de partes da alvenaria do imóvel, o que promove instabilidade global, perda de vigas, pavimento em assoalho e forros, perda integral da cobertura, além do surgimento de vegetação de porte médio e grande nas paredes e lajes (arbustos e árvores em desenvolvimento). Essa deficiência apresentada demonstra uma fragilidade no contraventamento. Por fim, todo esse estado aqui caracterizado de degradações constitui um ponto de grande suscetibilidade que pode proporcionar colapso parcial/total, como aconteceu no Hotel Colombo (Figura 9).

Figura 9: Estrutura do Hotel Colombo parcialmente colapsada.



Fonte: Acervo dos autores.

As soluções técnicas escolhidas para esses relatos de degradações verificados são expostas no Quadro 3.

Quadro 1: Tecnologias mitigativas relacionadas a instabilidade estrutural.

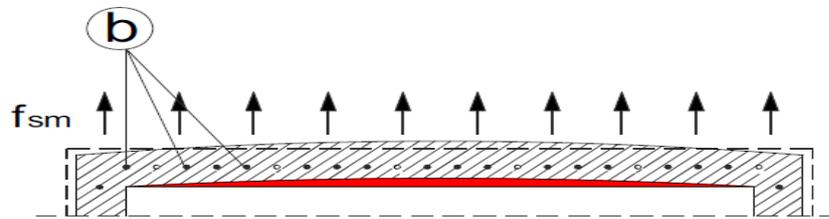
Nº	Degradação	Autor	Objetivo da pesquisa	Tecnologia mitigativa	Principais resultados
7	Instabilidade de estrutura	A.Cascardi, R.Dell'Anna, F. Micelli et al (2018)	Avaliar o uso de polímero reforçado com fibra (FRPs) na resistência à compressão de elementos verticais, por exemplo, colunas, para prevenção ao colapso.	Uso de técnicas reversíveis do FRPs: 1-interposição de camada de separação/ 2- filamento de matriz termoplástica curada por pulso ultrassônico/ 3- inibidor de adesão de líquido antes do FRP.	A eficácia da técnica reversível do FRPs para o confinamento da coluna, baseado em um fenômeno por contato e não por vínculo(adesão), demonstraram que os testes de compressão axial não foram comprometidos pela tecnologia proposta, mostrando ser um potencial útil para aumentar a capacidade da coluna.
8	Instabilidade de estrutura	A. Marini, *Giuriani, A.Belleri, et al (2018)	Analisar o uso de uma intervenção global para inibir mecanismo local, como tombamento das paredes, e envolver o comportamento estrutural semelhante a uma caixa.	Uso de conexões por pino que coletam as forças das paredes de alvenaria para o diafragma do telhado e transferem, posteriormente, às paredes de cisalhamento.	Abordagens experimentais são necessárias para avaliar o ganho real.

9	Instabilidade de estrutura	S. Jurczakiewicz, S. karczmarczyk (2021)	Apresentar exemplos de aplicações de sistema tension-struct usados para resistir forças de empuxo transmitidos as paredes, dessa forma ajudando no reforço e reparação de edifícios históricos.	Sistema de tensão-suporte: consistem em cabos finos e membranas.	Esse sistema demonstra eficiência na resistência a empuxo das alvenarias, além de possuir compatibilidade com a legislação de conservação mantendo o design.
---	-----------------------------------	--	---	--	--

A primeira tecnologia encontrada na bibliografia para reduzir a problemática da instabilidade da estrutura é representada pelo N° 7. O estudo de Cascardi et al. (2018) apresenta técnicas do uso de polímero reforçado com fibra (FRP) para contribuir no confinamento de coluna reduzindo o risco de colapso e vulnerabilidade de evento sísmico. No entanto, as técnicas propostas basearam-se no fenômeno por contato e não por vínculo (adesão), visto que, este último não é propício, pois o requisito obrigatório para uma intervenção é a possibilidade de remoção da técnica interventiva sem danos ao imóvel, no entanto, os adesivos de vinculação desse método produz perda de substrato e, assim, interfere na estética original da edificação. Diante disso, os autores propuseram três técnicas: interposição de camada de separação, filamento de matriz termoplástica curada por pulso ultrassônico, inibidor de adesão de líquido antes do FRP. A eficácia de cada técnica foi obtida através da avaliação da comparação do substrato antes e após a técnica específica e verificando a resistência a compressão, através de cilindros de calcário de pequena escala. Os resultados demonstraram diante dos testes de compressão axial que a eficácia de confinamento não foi alterada pela técnica de contato, o que torna a probabilidade da técnica útil na garantia das colunas de edifícios históricos.

A segunda tecnologia dessa seção é a N° 8 (Figura 10). Marini et al.(2018) avaliou o uso de conexões por pino conectando o diafragma do telhado à alvenaria, absorvendo as forças da parede de alvenaria e, posteriormente, transferir as cargas do diafragma às paredes de cisalhamento. Esse comportamento estrutural é semelhante a uma caixa e possui o intuito de reduzir as tensões na parede de alvenaria. Testes in situ foram realizados em duas igrejas localizadas no norte da Itália utilizando tarugos para a conectar do diafragma para as paredes de cisalhamento, intuito de eventos sísmicos. Os resultados demonstraram a confiabilidade do modelo teórico.

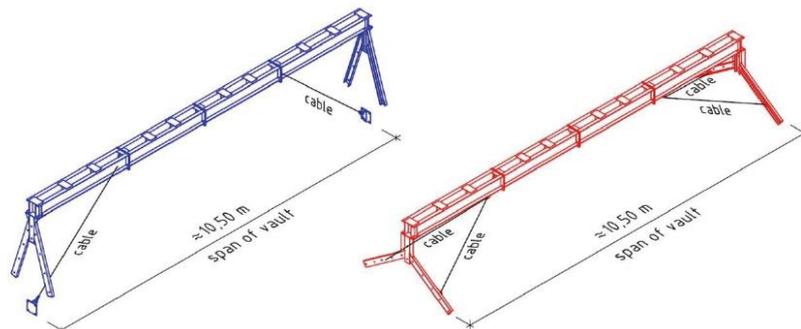
Figura 10: Pinos que coletam e transferem as forças de inércias de ambas as paredes longitudinais.



Fonte: Marini et al. (2018).

A terceira intervenção mitigativa para deterioração estrutural é de N° 9 (Figura 11). Jurczakiewicz et al. (2021) apresentaram em seu artigo exemplos de sistemas suporte-tensão que pode ser utilizado para reforço e proteção de edifícios históricos. A tecnologia mitigativa, tensão-suporte, consiste em cabos finos e membranas com características importantes, como leveza e facilidade de montagem para espaço limitado, que possuem o objetivo de resistir às forças de empuxo transferidas a paredes, compensando através de cordas de aço. Esses sistemas agem conectando as duas paredes laterais, ancorando-as com vigas de aço ou cabos de aço, reduzindo a curvatura da parede e evitando a propensão de grandes rachaduras. Os exemplos do sistema suporte-tensão apresentados em edifícios históricos demonstram a compatibilidade com a legislação de conservação por sua execução prática sem alterar a estética e danificar a arquitetura.

Figura 11: Vigas com cabos para serem colocadas sobre as lumetas de abóbadas.



Fonte: Jurczakiewicz et al. (2021)

Analisando o estado de deterioração estrutural que se encontra as edificações de Cachoeira que fizeram parte deste estudo, pode considerar que estas propostas de intervenções seriam interessantes na mitigação de riscos, visto que elas possuem características importantes na preservação estrutural. Considerando as edificações da Figura 6, no qual apresentam ausência de grande parte da edificação: ausência da madeira do piso do segundo pavimento,

paredes laterais do segundo pavimento e ausência integral de cobertura, reflete-se que a metodologia de tensão-suporte (Nº 9) poderia ser a que melhor se enquadraria no caso específico. A tecnologia de vigas de aço juntamente com colunas, atuando como um pórtico interno, poderiam ser conectadas internamente as partes de paredes do imóvel contribuindo na estabilidade global sem alterar a sua arquitetura.

Considerando especificamente o Hotel Colombo (Figura 9), que se encontra em colapso parcial, seria necessário iniciar pela remoção das partes colapsadas, para em seguida realizar uma inspeção verificando o estado de integridade das partes da edificação. A metodologia de tensão-suporte (Nº 9) poderia ser analisada como uma possível tecnologia mitigativa. Além disso, a metodologia de conexões por pino (Nº 8) atuaria em complemento, inserindo uma nova estrutura de madeira da cobertura com características semelhantes a antiga, ao qual a carga das paredes antigas poderia ser transferida para o diafragma do telhado, através do pino, e essa carga, somada a carga da cobertura, ser transferidas ao pórtico interno (Nº 9).

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir dos riscos identificados em Cachoeira, na área escolhida para este estudo, foi possível realizar um recorte de estudo das degradações que podem ser visualizadas nas imagens aérea do município, sendo elas a biodegradação, instabilidade de cobertura e estrutural, e então, refletir sobre possíveis soluções tecnológicas. Os estudos evidenciaram que, as tecnologias mitigativas encontradas no referencial analisado para edificações históricas, possuem um bom potencial para atender as necessidades de reconstrução ou recuperação, levando em conta o estado de conservação específico de cada elemento da edificação. No entanto, vale salientar que as técnicas apresentadas devem ser analisadas em laboratório para atender aos requisitos de compatibilidade estética, química e durabilidade, uma vez que, cada edificação possui um material histórico específico.

Nessa perspectiva, este estudo demonstra a necessidade de incentivo de pesquisas científicas que se preocupem com o desenvolvimento de metodologias voltadas ao uso de novas tecnologias para a conservação e restauro do patrimônio edificado, bem como estratégias para gerir os riscos e garantir a integridade estrutural do patrimônio cultural, a memória do valor arquitetônico, obedecendo os aspectos de sustentabilidade requeridos na contemporaneidade.

6. REFERÊNCIAS

ARAGÃO, S. **Tipologia da casa brasileira do século XIX a partir da obra Sobrados e Mucambos de Gilberto Freyre**. São Paulo: Universidade de São Paulo, 2010.

APPLETON, J. - **Reabilitação de Edifícios Antigos: Patologias e Tecnologias de Intervenção**. 1.^a Edição. Amadora: Edições Orion, 2003. ISBN 972-8620-03-9.

AZEVEDO, H. D. S. **Reforço de estruturas de alvenaria de pedra, taipa e adobe com elementos de madeira maciça**. 2010. Faculdade de Engenharia, Universidade do Porto, Porto.

AZEVEDO, S. L.; GUERRA, F. L. **Considerações sobre patologias e restauração de edifícios**. Revista Técnica, São Paulo, ed. 144, mar. 2009.

BECERRA, Javier et al. **Nanopartículas aplicadas a edifícios de pedra**. International Journal of Architectural Heritage, p. 1-16, 2019.

BONDUKI, Nabil. **Intervenções urbanas na recuperação de centros históricos**. 2010

BRANCO, Jorge M.; SOUSA, Hélder S.; TSAKANIKI, Eleftheria. **Avaliação não destrutiva, testes de carga em escala real e intervenções locais em duas históricas treliças de telhado de colar de madeira**. Estruturas de Engenharia, v. 140, p. 209-224, 2017.

BRASIL. LEI n. 12.608, de 10 de abril de 2012. **Institui a Política Nacional de Proteção de Defesa Civil. Casa Civil. Subchefia para assuntos jurídicos**. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2012/Lei/L12608.htm. Acesso em: 20 jun. 2020.

BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil de 1988**. Brasília: STF, 2017.

CASCARDI, Alessio et al. **Técnicas reversíveis para confinamento FRP de colunas de alvenaria**. Construção e Materiais de Construção, v. 225, p. 415-428, 2019.

CANDELAS-GUTIÉRREZ, Angel; BORRALLO-JIMENEZ, Milagrosa. **Metodologia de Recuperação de Caixilharia Histórica de Telhados de Madeira. Aplicação à Carpintaria Estrutural Espanhola Tradicional**. International Journal of Architectural Heritage, v. 14, n. 1, pág. 51-74, 2020.

CEPED/RS. **Capacitação em gestão de riscos**. 2. ed. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2016.

COLIN, S. **Técnicas Construtivas do Período Colonial. Minas Gerais: Instituto da Memória e do Patrimônio Cultural (IMPHIC)**, 2010. Disponível em: <http://imphic.ning.com/group/historiacolonial/forum/attachment/download=2394393%3AUplodedFile%3A16519>. Acesso em 10 de nov. 2020.

CURY, I. (Org.). **Cartas Patrimoniais**. ed. rev. e ampl. Brasília: IPHAN/DEPROM, 2000. 383 p.

FEILDEN, B. M. **Conservation of historic buildings: technical studies in the arts, archaeology and architecture**. England: Butterworth, 1982. 472 p.

FREITAS NETO, Leonardo de. **As políticas de preservação do patrimônio cultural como estratégia de desenvolvimento local em Cachoeira-BA (2002-2016): contradições e perspectivas** / Leonardo de Freitas Neto. –Cachoeira, 2018.166 f. : il. ; 30 cm.

FUSADE, Lucie et al. **O efeito das cinzas de madeira nas propriedades e durabilidade da argamassa de cal para o restauro de edifícios históricos húmidos**. Construção e Materiais de Construção, v. 212, p. 500-513, 2019.

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. São Paulo. Atlas, 1987.

GOOGLE EARTH. Cachoeira, Ba. 2021. Disponível em: <https://google-earth.gosur.com/en/?ll=12.604980413901274,38.961986761933076&z=17.261705868444697&t=satellite>

ICOMOS (2003), “**Recomendações para a análise, conservação e restauração estrutural de patrimônio arquitetônico**”, ICOMOS, Paris, maio.

IPHAN, **Normatização de Cidades Históricas**. Disponível em: http://portal.iphan.gov.br/uploads/publicacao/normatizacao_areas_tombadas_cidades_historicas_2011.pdf. Acessado em 02 abril, 2021.

JURCZAKIEWICZ, Stanisław; KARCZMARCZYK, Stanisław. **Sistemas tension-strut na conservação de edifícios históricos: exemplos de aplicações**. Arquivos de Engenharia Civil, v. 66, n. 3, 2020.

LAVEL, A., 2000 a. **An Approach to Concept and Definition in Risk management Terminology and Practice. (Final Draft)**. ERD-UNDP, Geneva. Disponível em: http://www.desenredando.org/public/articulos/2000/acdrmt/ACDRMTP2000_mar-4-2002.pdf, Acesso em 02 de setembro, 2015.

LEMO, C.A.C. **Arquitetura Brasileira**. São Paulo: Melhoramentos, EDUSP, 1979.

LERSCH, I. M. **Contribuição para a identificação dos principais fatores e mecanismos de degradação em edificações do patrimônio cultural de Porto Alegre**. 2003. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

LINS, A.; MACHADO, R.; PAIVA, A. (Orgs.). **UFRB 5 Anos – Caminhos, Histórias e Memórias**. 1 ed. Cruz das Almas: Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, 2010.

LOSNAK, Sérgio Ricardo; LOPES, Camila Santos Doubek. **Políticas públicas de preservação histórica: diagnóstico de risco dos imóveis tombados na cidade de Bauru/SP Brasil**. Territorium, n. 22, p. 239-248, 2015.

MARINI, Alessandra et al. **Conexões de pinos que prendem os diafragmas do telhado às paredes do perímetro em edifícios históricos de alvenaria e testes em campo para avaliação de capacidade**. Bulletin of Earthquake Engineering , v. 16, n. 9, pág. 4001-4025, 2018.

MEIRA, A. L.G. **O Passado no Futuro da Cidade – Políticas Públicas e Participação dos Cidadãos na Preservação do Patrimônio Cultural de Porto Alegre**. 2001. 271f. Dissertação (Mestrado em Urbanismo) - Programa de Pós-Graduação em Planejamento Urbano e Regional, Faculdade de Arquitetura, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

OLIVEIRA, M. M. **Tecnologia da conservação e da restauração – materiais e estruturas**. 4. ed. Salvador: EDUFBA, 2011.

OLEA, MS Camino et al. **Estudio de la eficacia de la aplicación de hidrofugantes para impedir la entrada de agua de lluvia en muros de ladrillo de tejar por albardillas y remates**. Informes de la Construcción, v. 69, n. 545, p. e184-e184, 2017.

PEREIRA, M.L.R., **Materiais de Construção em Edificações Históricas - Município de Cachoeira/Ba. Cruz das Almas**: Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, 2019.

PEREIRO, Xerardo. **Património cultural: o casamento entre património e cultura**. Em ADRA. Revista dos sócios do Museu do Povo Galego, n.2, p. 23-41, 2006. Disponível em: http://formacaompr.files.wordpress.com/2010/03/patrimonio-cultural_xerardo-p.pdf. Acesso em: 02 Abr. 2017.

REIS FILHO, N.G. **Quadro da arquitetura no Brasil**. São Paulo: Perspectiva, 1970.

ROQUE, J. C. A. **Reabilitação estrutural de paredes antigas de alvenaria**. 2002. Dissertação (Mestrado). Departamento de Engenharia Civil, Universidade Minho, Braga.

SATO, L. **A Evolução das Técnicas Construtivas em São Paulo: Residências Unifamiliares de Alto Padrão**. São Paulo: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2011.

SILVA, David Alexandre Ferreira da. **Reabilitação de Edifícios Antigos Com Valor Patrimonial**. 2017. Tese de Doutorado.

SILVA, Amilton Martins da. **Situação do centro histórico de Cuiabá: um olhar sobre suas casas e casarões antigos**. 2019.

TEIXEIRA, J. - **Descrição do sistema construtivo da casa burguesa do Porto entre os séculos XVII e XIX**. Contributo para uma história da construção arquitetónica em Portugal. Provas de aptidão pedagógica e capacidade científica. Porto: Faculdade de Arquitetura da Universidade do Porto, 2004

VERÇOZA, E. J. **Patologia das edificações**. 1. ed. Porto Alegre: Sagra, 1991.

ZHOU, Kunpeng et al. **Mecanismo e efeito dos alcoxissilanos no restauro de madeiras degradadas utilizadas em edifícios históricos**. Journal of Cultural Heritage , v. 43, p. 64-72, 2020.

WANG, Jieh-Jiuh. **Flood risk maps to cultural heritage: Measures and process**. Journal of Cultural Heritage, v. 16, n. 2, p. 210-220, 2015.