

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CAMPUS RUSSAS
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

ADILÁYNE KEISE MENDES BARROS

MANUAL DE REABILITAÇÃO DE ALVENARIAS TRADICIONAIS

RUSSAS - CE

2020

ADILÁYNE KEISE MENDES BARROS

MANUAL DE REABILITAÇÃO DE ALVENARIAS TRADICIONAIS

Trabalho de conclusão de curso apresentado à Universidade Federal do Ceará, como parte das exigências para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Dr. Esequiel Fernandes Teixeira Mesquita.

Russas – CE

2020

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca Universitária

Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

B273m Barros, Adiláyne Keise Mendes.

Manual de reabilitação de alvenarias tradicionais / Adiláyne Keise Mendes Barros. – 2020.
112 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Campus de Russas, Curso de Curso de Engenharia Civil, Russas, 2020.

Orientação: Prof. Dr. Esequiel Fernandes Teixeira Mesquita.

1. Alvenarias. 2. Manifestação patológicas. 3. Reabilitação. I. Título.

CDD 620

ADILÁYNE KEISE MENDES BARROS

MANUAL DE REABILITAÇÃO DE ALVENARIAS TRADICIONAIS

Trabalho de conclusão de curso apresentado à Universidade Federal do Ceará, como parte das exigências para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Aprovado em ____/____/____

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Esequiel Fernandes Teixeira Mesquita (Orientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Francisco Carvalho de Arruda Coelho (Avaliador)
Universidade Estadual Vale do Acaraú (UVA)

Prof. Dr. Alexandre Araújo Bertini (Avaliador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Arq. Alexandre José Martins Jacó (Avaliador)
Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional (IPHAN)

AGRADECIMENTOS

À Deus, pelas incontáveis vezes que procurei forças em Ti e as encontrei.

Aos meus amigos, Matheus Ribeiro, Isabelle Alves, Isaac Ribeiro, Rodrigo Lima, Auciane Dyrllen, Hismael Costa, Cássia Nascimento, João Vitor, Matheus Viana, Douglas Sampaio, Júnior Sombra e Pedro Isaac, que durante essa jornada entenderam minhas necessidades, apoiaram minhas decisões e incentivaram meus sonhos. Pelos essenciais momentos de descontração e pelos incontáveis cafés, muito obrigada, espero ter a amizade de todos para além da universidade. Em especial à Mineiro Neto e Israel Sousa, por sempre me ouvirem e por todos os projetos e trabalhos que elaboramos como equipe. Por momentos que não conseguiria expressar o quão importante se fizeram, muito obrigado. Agradeço com a certeza de uma amizade longínqua.

Aos amigos de sempre, Gabriela Rodrigues, Rodrigo Franklin e Rarison Mendes, por todas nossas reuniões e pela rede de apoio constate. Muito obrigada!

À minha família, Paulo César, Albenes Mendes, Paloma Mendes, Ádilla Mendes e Iago Magalhães, pelo apoio e o todo o esforço investido na minha educação.

Aos meus professores, pelo todos os ensinamentos e conselhos ao longo do curso, que moldaram meu conhecimento e minha formação profissional.

Ao IPHAN, pelo fornecimento de dados e materiais fundamentais para o desenvolvimento da pesquisa que possibilitou a realização deste trabalho.

Ao meu orientador, Esequiel Mesquita, pela orientação, dedicação, paciência e principalmente, pelo companheirismo e incentivo essenciais durante a elaboração deste trabalho.

Aos membros da banca examinadora, pela disponibilidade de participarem desta apresentação e pelas contribuições prestadas, objetivando a evolução deste trabalho.

RESUMO

Após a revolução industrial, novas tecnologias construtivas surgiram no mercado da engenharia civil, principalmente com a popularização do concreto armado. Os avanços tecnológicos permitiram desenvolver o uso de materiais mais duráveis e com melhores desempenho. Entretanto, na outra face desse progresso, saberes de manutenção e reabilitação das alvenarias tradicionais desaparecem com o tempo. A abordagem desse tema surge da necessidade de conservação do patrimônio edificado brasileiro. Este trabalho busca reunir conhecimentos sobre as tipologias construtivas das edificações históricas e vernaculares, discutindo suas vantagens e características mecânicas. Ademais, são abordadas as principais manifestações patológicas que acometem essas construções, examinando as causas e os mecanismos de propagação. A metodologia utilizada para realização deste trabalho foi uma extensa pesquisa de estudos de caso e métodos de reabilitação para então, ao final, sintetizar técnicas de reabilitação, objetivando auxiliar o desenvolvimento de projetos de recuperação em alvenarias tradicionais.

Palavras-chave: Alvenarias. Manifestação patológicas. Reabilitação.

ABSTRACT

After the industrial revolution, new construction technologies emerged in the civil engineering market, especially with the popularization of reinforced concrete. Technological advances made it possible to develop the use of more durable and better performing materials. However, on the other side of this progress, knowledge about maintenance and rehabilitation of traditional masonry disappeared with time. The approach to this theme arises from the need to conserve Brazil's built heritage. This work seeks to gather knowledge about the constructive typologies of historic and vernacular buildings, discussing their advantages and mechanical characteristics. Furthermore, the main pathological manifestations that affect these buildings are discussed, examining the causes and the propagation mechanisms. The methodology used for this work was an extensive research of case studies and rehabilitation methods in order to synthesize rehabilitation techniques, aiming to assist the development of rehabilitation projects in traditional masonry.

Keywords: Masonry. Pathological manifestation. Rehabilitation.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Convento de Santa Maria dos Anjos, em Penedo – Alagoas.	18
Figura 2 - Igreja de São Domingos Gusmão, Salvador – Bahia.	19
Figura 3 – Forte de São Marcelo, Salvador – Bahia.	20
Figura 4 – Igreja de Nossa Senhora do Rosário dos Pretos, Alcântara – Maranhão.	22
Figura 5 - Theatro Santa Roza, João Pessoa – Paraíba.	23
Figura 6 – Praça Rio Branco, Recife – Pernambuco.	25
Figura 7 - Convento de São Bento, Olinda – Pernambuco.	26
Figura 8 - Capela de Nossas Senhora do Livramento, Igarassu – Pernambuco.....	26
Figura 9 - Estação Ferroviária de Teresina, Teresina – Piauí.....	27
Figura 10 – Matriz de Nossa Senhora das Vitórias, Oeiras – Piauí.	28
Figura 11 - Grande Ponte, Oeiras – Piauí.	28
Figura 12 – Pinacoteca, Natal – Rio Grande do Norte.....	30
Figura 13 - Forte Reis Magos, Natal – Rio Grande do Norte.	30
Figura 14 – Igreja de Nossa Senhora do Rosário, Acari – Rio Grande do Norte.	31
Figura 15 - Capela de Engenho Cunhaú, Canguaretama – Rio Grande do Norte. ...	31
Figura 16 - Praça São Francisco, São Cristóvão – Sergipe.....	32
Figura 17 - Fortaleza de Nossa Senhora da Assunção, Fortaleza – Ceará.	34
Figura 18 - Theatro José de Alencar, Fortaleza – Ceará.	35
Figura 19 – Teatro da Ribeira do Icó, Icó – Ceará.....	35
Figura 20 - Theatro São João, Sobral – Ceará.....	36
Figura 21 - Igreja Matriz de Nossa Senhora da Assunção, Viçosa – Ceará.	36
Figura 22 - Alvenaria de taipa de pilão.....	39
Figura 23 - Esquema de execução da taipa de pilão.....	40
Figura 24 - Taipa de mão.....	41

Figura 25 - Alvenaria de pedras.	42
Figura 26 - Adobe.	43
Figura 27 - Tijolo Maciço.	44
Figura 28 – Erosão devido à respingos da precipitação em alvenarias de taipa.....	47
Figura 29 - Fissura devido ao apoio direto da cobertura na alvenaria de taipa.	48
Figura 30 - Fissura devido à má execução ou ausência de verga em alvenarias de taipa.	48
Figura 31 – Fissuras devido à retração da taipa.....	49
Figura 32 - Destacamento do revestimento em alvenarias de taipa de mão.	50
Figura 33 - Eflorescência em alvenarias de taipa.	51
Figura 34 - Buraco devido a ação de cupins em alvenarias de taipa.	51
Figura 35 - Destacamento em alvenarias de pedras.	52
Figura 36 - Fissuras em alvenarias de pedra.	53
Figura 37 - Degradação material em alvenarias de pedra.	54
Figura 38 - Efeito da umidade em alvenarias de pedra.	55
Figura 39 - Fissuras devido à diferença de resistência entre argamassa e bloco.	56
Figura 40 – Fissuras devido expansão dos tijolos por causa das movimentações higroscopias.	57
Figura 41 - Fissura na união das alvenarias devido a movimentações higroscópicas	57
Figura 42 - Fissura devido presença de umidade ascendente do solo.	58
Figura 43 - Fissuras devido distribuição uniforme de sobrecargas.	58
Figura 44 - Fissura devido a ruptura por compressão dos elementos de alvenaria ou da argamassa.	59
Figura 45 - Fissuras devido à má execução ou ausência de vergas e contravergas ou sobrecargas.	59

Figura 46 - Fissura devido a deformação de elemento estrutural inferior, menor que a deformação do elemento estrutural superior	60
Figura 47 – Fissura devido a deformação de elemento estrutural inferior maior que a deformação do elemento estrutural superior ou devido aos deslocamentos ao nível das fundações.....	61
Figura 48 – Fissuras devido a deformação igual dos elementos estruturais inferiores e superiores.	61
Figura 49 - Fissuras devido a recalque diferencial.	62
Figura 50 - Fissura devido a retração de argamassa.	63
Figura 51 - Fissura devido à expansão das argamassas de assentamento em alvenarias de tijolo cerâmico.	63
Figura 52 - Fissuras devido ao ataque de sulfatos em alvenarias de tijolo cerâmico.	64
Figura 53 - Destacamento do revestimento cerâmico em alvenaria de tijolo cerâmico.	65
Figura 54 – Eflorescência em paredes de tijolo cerâmico.	66
Figura 55 – Manchas devido à fatores biológicos.....	67
Figura 56 - Rotação de paredes devido a ações sísmicas.	68
Figura 57 - Desprendimento da pintura em alvenarias de tijolos cerâmicos.	69
Figura 58 - Bolhas nas pinturas em alvenarias de tijolos cerâmicos.....	69
Figura 59 - Reabilitação da deterioração com próteses em alvenarias de pedra	78
Figura 60 - Reabilitação da deterioração com aplicação de polímeros em alvenarias de pedras.....	79
Figura 61 - Solução em madeira para vergas e contravergas em alvenarias de taipas.	81
Figura 62 - Reabilitação de fissuras por injeção.....	83
Figura 63 - Reabilitação de fissuras por selagem.....	84

Figura 64 - Reabilitação de fissuras por grampeamento	85
---	----

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Propriedades mecânicas das alvenarias de taipa.....	40
Tabela 2 - Propriedades mecânicas do adobe.	44
Tabela 3 - Propriedades mecânicas e físicas dos tijolos maciços.	45
Tabela 4 – Propriedades mecânicas dos tijolos de argila em diferentes séculos.....	45
<i>Tabela 5 - Reabilitação de desprendimento precoce da pintura.</i>	<i>73</i>
<i>Tabela 6 - Reabilitação de bolhas em pinturas.....</i>	<i>73</i>
<i>Tabela 7 - Reabilitação de destacamentos cerâmico, mantendo solução original. ...</i>	<i>74</i>
Tabela 8 - Reabilitação de eflorescências.....	76
Tabela 9 - Reabilitação de erosão, em taipas de mão e de pilão, por preenchimento.	77
Tabela 10 - Reabilitação da deterioração e do destacamento com próteses em alvenarias de pedra.....	78
Tabela 11 - Reabilitação da deterioração e do destacamento com aplicação de polímeros em alvenarias de pedras.	79
Tabela 12 - Reabilitação de bolores em alvenarias de tijolo cerâmico.	80
Tabela 13 - Reabilitação de fissuras devido à má execução ou inexistência de vergas e contravergas.	81
Tabela 14 - Reabilitação de fissuras por injeção.	82
Tabela 15 - Reabilitação de fissuras por selagem.....	83
Tabela 16 - Reabilitação de fissuras por grampeamento.	85
Tabela 17 - Reabilitação de fissuras causadas por recalque.....	86
Tabela 18 - Reabilitação de rotação de parede por tirantes internos.....	87
Tabela 19 - Reabilitação de ataque de cupins a alvenarias de taipa.	87

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
1.1	Importância do trabalho	15
1.2	Objetivos.....	16
2	BREVE APANHADO SOBRE OS CENTRO HISTORICOS DO NORDESTE	17
2.1	Centros históricos	17
2.1.1	Alagoas	17
2.1.2	Bahia	19
2.1.3	Maranhão	20
2.1.4	Paraíba.....	22
2.1.5	Pernambuco	24
2.1.6	Piauí	27
2.1.7	Rio Grande do Norte.....	29
2.1.8	Sergipe	32
2.1.9	Ceará.....	33
3	TIPOS DE ALVENARIAS	38
2.1	Taipa de pilão.....	38
2.2	Pau a pique	41
2.3	Alvenarias de pedra.....	42
2.4	Adobe	43
2.5	Tijolo cerâmico maciço	44
4	PRINCIPAIS DANOS EM ALVENARIAS E SEUS MECANISMOS	46
4.1	Taipas	46
4.1.1	Erosão	46
4.1.2	Fissuras.....	47

4.1.3	Destacamento do revestimento	49
4.1.4	Eflorescência	50
4.1.5	Fatores Biológicos	51
4.2	Alvenaria de pedras	52
4.2.1	Destacamentos.....	52
4.2.2	Fissuras.....	52
4.2.3	Degradação material	53
4.2.4	<i>Umidade</i>	54
4.3	Tijolos cerâmicos	55
4.3.1	Fissuras.....	55
3.3.2	Destacamento do revestimento cerâmico.....	64
3.3.3	Eflorescência	65
3.3.4	Fatores Biológicos.....	66
3.3.5	Rotação de paredes	67
3.3.6	Manifestações patológicas em pinturas.....	68
5	MÉTODOS DE REABILITAÇÃO	70
5.1	Reabilitações de nível I.....	72
5.1.1	Pinturas	72
5.1.2	Destacamento	74
5.1.3	Eflorescências	75
5.1.4	Erosão	76
5.1.5	Degradação material e destacamento	77
5.1.6	Fatores Biológicos	79
5.2	Reabilitações de nível II.....	80
5.2.1	Fissuras.....	80

5.2.1.1	Vergas e Contravergas.....	80
5.2.1.2	Outras fissuras	82
5.3	Reabilitações de nível III.....	85
5.3.1	Fissuras.....	85
5.3.2	Rotação de paredes	86
5.3.3	Fatores biológicos	87
6	COMENTÁRIOS FINAIS	88
7	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	89
	APÊNDICE A – Reabilitação de desprendimento precoce da pintura	97
	APÊNDICE B – Reabilitação de bolhas em pinturas	98
	APÊNDICE C – Reabilitação de destacamentos cerâmicos, mantendo a solução original.	99
	APÊNDICE D – Reabilitação de eflorescências	100
	APÊNDICE E – Reabilitação de erosão, em taipas de mão e de pilão, por preenchimento	101
	APÊNDICE F – Reabilitação da deterioração e do destacamento com próteses em alvenarias de pedra.....	102
	APÊNDICE G - Reabilitação da deterioração e do destacamento com aplicação de polímeros em alvenarias de pedras.	103
	APÊNDICE H – Reabilitação de bolores em alvenarias de tijolo cerâmico.....	104
	APÊNDICE I - Reabilitação de fissuras devido à má execução ou inexistência de vergas e contravergas.....	105
	APÊNDICE J – Reabilitação de fissuras por injeção	106
	APÊNDICE K – Reabilitação de fissuras por selagem	107
	APÊNDICE L – Reabilitação de fissuras por grampeamento	108
	APÊNDICE M – Reabilitação de fissuras causadas por recalque.	109

APÊNDICE N – Reabilitação de rotação de parede por tirantes internos	110
APÊNDICE O – Reabilitação de ataque de cupins a alvenarias de taipa	111

1 INTRODUÇÃO

1.1 Importância do trabalho

Segundo Nogueira (2020), um marco dos estudos das técnicas de construção das edificações tradicionais, no Brasil, ocorreu em 1970 com o Compromisso de Brasília quando, convocados pelo Ministro da Educação e Cultura, governadores dos estados, secretários, prefeitos e diretoria do Departamento de Patrimônio Histórico e Artístico Nacional – DPHAN estudaram medidas complementares de proteção e valorização do acervo cultural do Brasil.

Esse documento recomendava a criação de novos órgãos estaduais e municipais, vinculados ao DPHAN, atual Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional – IPHAN. Um dos pontos mais importantes desse documento era o reconhecimento da carência de mão de obra especializada, na área de manutenção e reabilitação das construções tradicionais, e a indicação de urgência de criação de programas de formação profissional (NOGUEIRA, 2020).

Os centros históricos do Nordeste refletem os valores culturais e históricos do período de povoamento brasileiro e as técnicas de construção das edificações tradicionais. As construções tradicionais, são definidas, neste trabalho, como aquelas edificações antigas, aquelas com valores históricos e aquelas construídas com conhecimentos vernaculares.

Embora as tecnologias empregadas na engenharia civil tenham avançado bastante no âmbito da durabilidade dos materiais modernos, como o concreto, o vidro e o aço, alguns conhecimentos como os de manutenção e reabilitação das construções tradicionais podem ser perdidos com o tempo.

Ciente da falta de divulgação das informações que servem de guias para a recuperação das construções tradicionais, esse trabalho analisa os principais danos nas estruturas tradicionais e condensa conhecimento de reabilitação para preservação do patrimônio histórico e cultural.

1.2 Objetivos

Objetivo geral: Desenvolver um manual de consulta para direcionar os projetos de reabilitação de alvenarias tradicionais.

Objetivos Específicos:

- Elaborar um apanhado das tipologias construtivas das alvenarias;
- Investigar as principais causas de danos nas estruturas de alvenarias tradicionais;
- Sistematizar informações sobre métodos de reabilitação de alvenarias tradicionais.

2 BREVE APANHADO SOBRE OS CENTROS HISTÓRICOS DO NORDESTE

2.1 Centros históricos

Estudar as construções tradicionais e seus mecanismos de danos é necessário para o entendimento das questões de preservação e salvaguarda dos centros históricos, os quais essas construções compõem com suas especificidades de características arquitetônicas e estruturais.

Os Portugueses encontraram boas condições para a produção do açúcar, produto de grande valor na Europa, a cana-de-açúcar facilmente se adaptou ao clima e solo nordestino. Para processar a cana-de-açúcar foram surgindo os grandes engenhos que utilizavam a força do gado para mover as moendas. Os problemas entre os criadores de gado e os produtores da cana-de-açúcar não demoraram a surgir e em 1701 uma Carta-Régia determinou a retirada dos rebanhos do litoral nos primeiros 60 quilômetros após o quebra-mar (MAIA, 2009).

Segundo Maia (2009), aos criadores do gado restou a exploração do sertão, seguiram os leitos dos rios e quando encontraram uma região plana fixaram-se na terra, construíram currais e suas casas, que posteriormente transformaram-se nas vilas. Próximo à sua casa, os sertanejos, assim chamados os povos que desbravaram o sertão, construíram casas de orações e capelas.

A presença do escravo africano nesses vilarejos é pouco vista, já que não era necessário um grande número de pessoas para os cuidados e manejos com o gado, ao contrário da produção de cana-de-açúcar que dependia de um número elevado de pessoas para seu cultivo e colheita (MAIA, 2009).

2.1.1 Alagoas

Apenas na segunda metade do século XVI é que se tem evidências do povoamento pelo colonizador do território que atualmente compreende o estado de Alagoas, pela excursão de Jerônimo de Albuquerque. Estabeleceu-se três focos de onde iniciou o processo de povoamento do estado de Alagoas, o primeiro ao norte, com Porto Calvo por núcleo. O segundo na região litorânea, estendeu-se pelo Vale do

Mundúia. O terceiro foco, ao sul, tendo Penedo como seu núcleo de expansão. A base para a fixação desses núcleos e seus povoamentos foram o cultivo da cana-de-açúcar, no centro litorâneo e ao norte, e os campos de pecuária ao sul do território (SILVA & CALHEIROS, 2019).

A primeira capital de Alagoas, Marechal Deodoro, às margens do rio Paraíba foi tombada pelo Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional – IPHAN apenas em 2009. Penedo, erguida sob um rochedo às margens do rio São Francisco, sendo umas das cidades mais antigas do Brasil, fundada em 1560, foi invadida pelos Holandeses em 1637, possui um dos bens religiosos mais importantes do Nordeste, com sua arquitetura barroca, caracterizado pela extravagância, o Convento e a Igreja Santa Maria dos Anjos, fundado em 1661. A conjuntura histórica também é representada pela casa de Graciliano Ramos, em Palmeiras dos Índios, e pelo Quilombo dos Palmares, na Serra da Barriga (IPHAN, [20-?]).

O convento de Santa Maria dos Anjos, mostrado na figura 1, foi um dos primeiros que a ordem franciscana fundou no Brasil. Segundo o IPHAN [21-?], os adornos em pedra criam uma fantasia barroca. O convento foi construído em cantaria, de acordo com a disponibilidade local.

Figura 1 - Convento de Santa Maria dos Anjos, em Penedo – Alagoas.



Fonte: GOOGLE STREET VIEW, 2012.

2.1.2 Bahia

Segundo Santos (2014), os primeiros aldeamentos surgiram no século XVI, próximos ao que viria a ser a cidade de Salvador, e foram de responsabilidade da Companhia de Jesus, devido aos esforços do padre Manoel de Nóbrega e do terceiro governador-geral da colônia, Mem de Sá. O principal objetivo dos jesuítas era a catequese dos povos nativos, porém a diferença cultural entre esses povos dificultou bastante esse processo. Os indígenas com a mesma facilidade que aceitavam o batismo voltavam a praticar seus antigos costumes. Os aldeamentos surgiram como solução para o trabalho diário de catequese e controle dos povos nativos. O oeste baiano pertencia à capitania de Pernambuco, mas foi efetivamente ocupado pelos habitantes do território baiano, seguindo o curso do rio São Francisco, associado à exploração pecuária.

Salvador foi tombado como Patrimônio Cultural da Humanidade pela UNESCO em 1985 e é um dos mais importantes exemplares do urbanismo português. Nela, encontra-se a igreja de São Domingos Gusmão, que passou cerca de 50 anos sem receber uma restauração. Segundo o IPHAN [21-?], A igreja de São Domingos, ilustrada na figura 2, Gusmão é construída em alvenaria de pedras e tijolo, possui fachada expressiva no movimento artístico rococó e uma torre terminado em bulbo.

Figura 2 - Igreja de São Domingos Gusmão, Salvador – Bahia.



Fonte: GOOGLE STREET VIEW, 2020.

Na Baía de Todos os Santos, em 1623, começou a ser construído o Forte de São Marcelo, identificado na figura 3, que em 1957 foi tombado pelo IPHAN. Outra importante cidade, dentro do contexto histórico do Brasil, é Porto Seguro, onde Pedro Álvares Cabral desembarcou em 1500, toda a extensão histórica encontra-se tombada, inclusive as áreas de expansão do município. A cidade de Cachoeira, contém umas das maiores manifestações do barroco no Recôncavo Baiano (IPHAN, [21-?]).

O forte de São Marcelo, segundo o IPHAN [21-?], tem formato circular e possui um pavilhão redondo no centro de sua planta. Construído em cantaria de arenito até a altura d'água e o restante em alvenaria de pedra regular, possui teto em abóboda de berço.

Figura 3 – Forte de São Marcelo, Salvador – Bahia.



Fonte: SAULO KAINUMA, 2017.

2.1.3 Maranhão

Segundo Ferreira (2008), apesar dos esforços dos Portugueses de colonizar o Maranhão, foram os franceses que desembarcaram na ilha do Maranhão, atual São Luís. Os Franceses realizaram três grandes expedições, partindo de São Luís, pela necessidade de expandir territórios. Em 1613, Jerônimo de Albuquerque iniciou a disputa pela capitania que se concretizou com a vitória dos Portugueses em 1615 com a tomada do forte de São Luís, pelo comandante Alexandre de Moura. A

administração do Maranhão ficou a cargo de Jerônimo de Albuquerque, primeiro capitão-mor da capitania.

em 1616, buscando o reconhecimento do novo território, o governador-mor comanda uma das frentes de ocupação do interior que surgiu na capitania, utilizando-se da Companhia de Jesus para dominação de povos nativos. Em 1620, Bento Maciel Parente iniciou a construção do forte de Vera Cruz. Em 1640, a capitania sofreu a invasão dos Holandeses que tomam São Luís, atravessou a baía de São Marcos, dominando a população, e seguiram a montante do rio Itapecuru, conquistando o forte de Vera Cruz e cinco engenhos de açúcar. Com a expulsão dos Holandeses em 1644, o que sobrava da economia açucareira não era competitiva o bastante com a do restante do nordeste e em 1652 o governo português extinguiu o estado do Maranhão e o substituiu por duas capitanias autônomas. Porém, devido aos conflitos entre colonos e jesuítas, a Coroa restabelece o estado do Maranhão em 1654 (FERREIRA, 2008).

Ferreira (2008) completa dizendo que a economia do estado se fortaleceu apenas com o marquês de Pombal e a criação, em 1775, da Companhia Geral do Comércio do Grão-Pará e Maranhão, sustentada com o trabalho escravo nas fazendas de algodão e arroz e na pecuária e no comércio de peles.

São Luís está localizada na ilha de São Luís do Maranhão, Baía de São Marcos, e foi tombada pelo IPHAN em 1974 e reconhecida como Patrimônio Cultural Mundial pela UNESCO em 1997. Atuante na economia colonial do Brasil como porto fluvial e marítimo, a capital do Maranhão durante os séculos XVII e XIX, o Maranhão foi o quarto Estado que mais recebeu escravos africanos para o trabalho nas lavouras de arroz, açúcar e algodão. Essas atividades econômicas resultaram na construção de núcleos urbanos sofisticados, como São Luís (IPHAN, [21-?]).

Outra importante cidade é Alcantara, seu conjunto arquitetônico e urbanístico, do século XVIII, foi tombado pelo IPHAN, em 1948. A cidade foi fundada antes de São Luís e conta com um conjunto de casarões coloniais ainda mais antigos. A igreja de Nossa Senhora do Rosário dos Pretos, mostrada na figura 4, representa o

sincretismo religioso que aconteceu no período de escravidão, mesclando itens das religiões africanas à religião católica (IPHAN, [21-?]).

Segundo o IPHAN [21-?], a igreja de Nossa Senhora do Rosário dos Pretos tem frontão triangular curvilíneo e desproporcional ao corpo da igreja, com apenas uma torre.

Figura 4 – Igreja de Nossa Senhora do Rosário dos Pretos, Alcântara – Maranhão.



Fonte: GOOGLE STREET VIEW, 2018.

2.1.4 Paraíba

Segundo Sarmiento (2007), a origem da capitania da Paraíba está associada aos confrontos de conquista, visto que o território era visado pelos Franceses e fortemente defendido pelos povos indígenas. A primeira cidade foi fundada em 1585, chamada de Filipéia de Nossa Senhora das Neves, tendo o rio Paraíba como via de acesso, impulsionando a atividade econômica. As expedições enviadas ao interior buscavam por metais e pedras preciosas, assim como por espaços para a criação de gado. A conquista da Serra da Copaoba, território povoado pelos Índios, em 1586 foi a primeira campanha de interiorização da capitania.

Segundo Guedes (2013), o interior da Paraíba foi ocupado pelos Holandeses por cerca de 20 anos, deixando a capitania pelas Antilhas, onde produzia cana-de açúcar e iniciava o processo de desmonte do monopólio Português. A capitania, que tinha seu sustento advindo dos canaviais de açúcar, estava agora em fase de reorganização diante da crise do comércio açucareiro.

Sarmiento (2007) ainda assegura que o povoamento continuou no sertão paraibano, seguindo os cursos dos rios, principalmente no território compreendido pela bacia hidrográfica do Rio Piranhas, com o estabelecimento das fazendas de gado. Onde é possível constatar a fixação das cidades de Pombal e Sousa.

Os primeiros tombamentos de edificações da arquitetura religiosa e militar datadas do século XVI, realizados pelo IPHAN no estado aconteceram em 1938. O Theatro Santa Roza, mostrado na figura 5, localizado em João Pessoa, é um dos mais antigos do Brasil e foi inaugurado em 1889. Sua construção possui elementos que representam a arquitetura neoclássica com influência greco-romana, tendo como características o uso de simetria e de materiais nobres e o resgate da arquitetura da antiguidade com a Coríntia, a Jônica e a Dórica (IPHAN, [21-?]).

Figura 5 - Theatro Santa Roza, João Pessoa – Paraíba.



Fonte: GOOGLE STREET VIEW, 2017.

Ainda na Capital da Paraíba, encontramos a Igreja da Ordem Terceira de São Francisco construída em 1701 que se destaca pelos diversos trabalhos em talha

de madeira e seu estilo barroco, caracterizado pela extravagância e a mistura da pintura e da escultura. Outra importante edificação é a Igreja de Nossa Senhora do Carmo, construída em 1706, se destaca pelas pinturas em azulejos e pelo estilo rococó, caracterizado pelo uso de cores suaves e de temáticas que refletem a natureza (IPHAN, [21-?]).

2.1.5 Pernambuco

Segundo Medeiros (2011), o processo de irradiação da colonização portuguesa teve a capitania de Pernambuco como um dos principais centros. A primeira administração da capitania foi concedida ao capitão Duarte Coelho que tinha a tarefa de promover os engenhos de açúcar. Em 1535, ordenou a fundação da vila de Santa Cruz, hoje denominada de Iguaçu. Dois anos depois fundou Olinda, 24 km distante de Iguaçu, que tinha Recife como seu porto. Após a fundação da sede da capitania, iniciou-se o processo de povoamento da faixa litorânea que foi impulsionado pela doação de sesmarias, onde desenvolveu-se o cultivo de cana-de-açúcar. O povoamento do interior deve-se ao fato da utilização dos rios para escoamento da produção e a criação de gado, devido a proibição das fazendas no litoral.

A Praça Rio Branco, ilustrada na figura 6, o Marco Zero, engloba o conjunto arquitetônico, urbanístico e paisagístico do Antigo Bairro do Recife, tombado pelo Iphan, em 1998. Uma das mais antigas cidades do Brasil, surgiu no século XVI como Ribeira de Mar dos Arrecifes. Pertencente à capitania de Pernambuco, Recife tornou-se sua principal cidade devido às plantações de cana-de-açúcar, despertando o interesse dos Holandeses pela riqueza e posição estratégica. A cidade foi invadida em 1630 e ficou sob domínio dos Holandeses por 24 anos (IPHAN, [21-?]).

Figura 6 – Praça Rio Branco, Recife – Pernambuco.



Fonte: BRUNO MAIA, 2020.

Outro centro histórico muito importante do estado é Olinda, segunda cidade brasileira a ser declarada Patrimônio Histórico e Cultural da Humanidade pela UNESCO, seu conjunto arquitetônico foi tombado pelo IPHAN em 1968 (IPHAN, [21-?]).

A cidade guarda um casario colorido, mas também possui modelos de arquitetura religiosa dos séculos XVI e XVII, como os conventos e igrejas, exemplo da Igreja de Nossa Senhora das Neves e do Convento de São Bento, apresentado na figura 7. É possível observar diferentes estilos como o estilo colonial, do século XVI, e os azulejos Portugueses, dos séculos XVIII e XIX (IPHAN, [21-?]).

O convento de São Bento, segundo o IPHAN [21-?], apresenta detalhes em cantaria de pedra calcária na sua fachada, possui uma torre sineira e uma ala conventual. Com nave única e ampla, forrada em madeira com detalhe em abóbada.

Figura 7 - Convento de São Bento, Olinda – Pernambuco.



Fonte: CLÁUDIO MARANHÃO, 2014.

Outra importante cidade é Igarassu, localizada no litoral norte da região metropolitana de Recife, possui um dos patrimônios mais expressivos da arquitetura civil e religiosas do Brasil, entre os séculos XVI e XVII. Como a capela de Nossa Senhora do Livramento, marcada pelo estilo barroco, apresentada na figura 8 (IPHAN, [21-?]).

Figura 8 - Capela de Nossas Senhora do Livramento, Igarassu – Pernambuco.



Fonte: GOOGLE STREET VIEW, 2013.

2.1.6 Piauí

Segundo Alves (2003), a ocupação do território piauiense aconteceu na segunda metade do século XVII, resultante da expansão pecuária, seguindo os cursos dos rios Piauí, Canindé, Paraim e Gurguéia. No final do século XVIII muitas expedições foram realizadas a fim de avançar na interiorização da capitania e aprisionar nativos para trabalho escravo nas fazendas de gado.

A Estação Ferroviária de Teresina, apresentada na figura 9, localizada na Avenida Miguel Rosa, no centro de Teresina, foi inaugurada em 1926, construída no estilo francês, segundo o IPHAN [21-?]. A ferrovia em Teresina significou o acesso ao mar e a inserção de sua produção agrícola e industrial na economia do país e esse é um dos motivos que evidencia a grande importância desse conjunto arquitetônico (IPHAN, [21-?]).

Figura 9 - Estação Ferroviária de Teresina, Teresina – Piauí.



Fonte: LEONARDO AMORIM, 2018.

Segundo o IPAHN, Oeiras, antes conhecida como Vila da Mocha, capital da província do Piauí entre 1758 e 1852, cresceu ao redor da Matriz de Nossa Senhora das Vitórias, apresentada na figura 10, construída em 1733, foi a primeira igreja do

Estado, erguida no estilo barroco suas paredes e altares são esculpidos com desenhos de flores e ornamentos.

Figura 10 – Matriz de Nossa Senhora das Vitórias, Oeiras – Piauí.



Fonte: ANGELO LUSTOSA, 2019.

Segundo o PIAHN, a Grande Ponte é a mais antiga do Piauí, construída em cantaria, recebendo revestimentos em reboco posteriormente, em 1846 sobre o rio Mônica.

Figura 11 - Grande Ponte, Oeiras – Piauí.



Fonte: ACERVO DIGITAL DO IPHAN, s.d.

No século XIX, Parnaíba transformou-se em um grande empório comercial, facilitado pelo porto. Como expressão de um novo tempo, a arquitetura da cidade influenciou-se nos chalés ingleses e nas casas de porão (IPHAN, [21-?]).

2.1.7 Rio Grande do Norte

Segundo Araújo (1997), após a conquista da capitania da Paraíba, os Franceses almejavam o território norte-rio-grandense. Apenas em 1597 a coroa portuguesa recupera a capitania do Rio Grande do Norte e constrói o Forte dos Reis Magos e funda a cidade de Natal. A partir daí inicia-se o lento processo de povoamento da capitania.

Ainda segundo a autora, em 1633, os Holandeses invadem a capitania, destroem os centros de povoamento e expulsam os colonos portugueses. Em 1654, os Portugueses recuperam a capitania, mas a encontram desestruturada e com a cidade de Natal destruída.

A pecuária e a atividade pastoril, associada com a necessidade de combater os povos indígenas, foram responsáveis pelo povoamento do interior da capitania. As lavouras não representavam o sustento da capitania, os colonos não consideravam a terra fértil para o cultivo de açúcar, exceto uma pequena faixa litorânea ao sul de Natal (ARAÚJO, 1997).

De acordo com o IPHAN, em Natal, ocorreu o tombamento do conjunto arquitetônico, urbanístico e paisagístico da cidade, em 2010. A atual Pinacoteca, ilustrada na figura 12, do Rio Grande do Norte Estado, construída entre 1866, é considerada a edificação com a maior expressão da arquitetura neoclássica em Natal.

Figura 12 – Pinacoteca, Natal – Rio Grande do Norte.



Fonte: SEREVIANO ALVES, 2017.

Segundo o IPHAN [21-?], o Forte dos Reis Magos, apresentado na figura 13, construído no século XVII, tendo o desenho da planta a forma clássica do forte marítimo, um polígono estrelado. No ano de 1949, o Iphan tombou o Forte, restaurando a edificação entre 1953 e 1958.

Construído com alicerces de pedras soltas sem argamassa, o piso possui várias camadas, devido a constante preocupação com a ascensão da umidade e as instalações dentro do forte são de pedra e de tijolos maciços (ALBUQUERQUE, 2014)

Figura 13 - Forte Reis Magos, Natal – Rio Grande do Norte.



Fonte: CANINDÉ SOARES, 2020.

A Igreja de Nossa Senhora do Rosário, apresentada na figura 14, em Acari, é de alvenaria de pedra e tijolos. Segundo o IPHAN [21-?], a igreja é construída em tijolo cozido e argamassa de areia doce e barro vermelho. A fachada

Figura 14 – Igreja de Nossa Senhora do Rosário, Acari – Rio Grande do Norte.



Fonte: GILENO DE MEDEIROS PAIVA, 2018.

De acordo com o PIHAN, a Capela do Engenho Cunhaú, ilustrada na figura 15, em Canguaretama, é construída com tijolos cozidos, batentes e cornijas de pedra lavada.

Figura 15 - Capela de Engenho Cunhaú, Canguaretama – Rio Grande do Norte.



Fonte: Prefeitura Municipal de Canguaretama s.d.

2.1.8 Sergipe

Segundo Freire (1977), o atual território de Sergipe pertencia à capitania da Bahia, mas após o estabelecimento, em 1549, do governo central nesta capitania foi doada à coroa, sendo nomeada de Sergipe d'El-Rei, nesse período, o território não havia sido explorado.

Localizado entre as duas maiores capitanias da época, Bahia e Pernambuco, Sergipe poderia desempenhar grandes funções mercantis, porém passou meio século sem exploração, servindo de refúgio para os índios que fugiam do processo de colonização. O Padre Gaspar Lourenço foi responsável pela primeira missão ao território de Sergipe, conquistando os indígenas e abrindo espaços para a fixação de núcleo de povoamento (FREIRA, 1977).

Segundo o IPHAN [21-?], Sergipe possui o único testemunho dos 60 anos de união entre Portugal e Espanha do período colonial na cidade de São Cristóvão, primeira capital de Sergipe e quarta cidade mais antiga do Brasil, a Praça São Francisco, apresentada na figura 16, reconhecida como Patrimônio Mundial. A cidade é considerada um registro único e autêntico de um fenômeno urbano singular no Brasil, com a fusão das influências das legislações e práticas espanhola e portuguesa na formação de núcleos urbanos coloniais.

Figura 16 - Praça São Francisco, São Cristóvão – Sergipe.



Fonte: ACERVO DIGITAL DO IPHAN, s.d.

2.1.9 Ceará

Segundo Silva (2015), a ocupação do território cearense somente teve início no século XVIII devido à forte resistência indígena. Esse processo foi organizado pelos núcleos de ocupação, geralmente pautado na exploração pecuária extensiva, que surgiam ao longo da “estrada da boiada”, como foram nomeadas as vias que auxiliavam as operações comerciais e seguiam os cursos dos rios, a principal originava-se na foz do rio Jaguaribe e penetrava o sertão, seguindo o rio, até o Cariri. Assim como nas outras capitânicas, os primeiros aldeamentos que surgiram no Ceará foram distribuídos ao longo do litoral, para exploração da cana-de-açúcar.

Entretanto, segundo De Oliveira (2011), a exportação do gado vivo para as distantes feiras revelou-se improdutivo, já que o gado perdia valor após percorrer grandes distâncias e alguns eram abatidos apenas para consumo do couro. Desenvolve-se então o couro salgado, consolidando a vila de Santa Cruz do Aracati como núcleo urbano, ainda na primeira metade do século XVIII.

A partir de 1710 foram criadas as oficinas de preparo de carne seca ou carne do Ceará, como ficou conhecido o charque em outras regiões. Durante o século XVIII, as atividades de carne seca e o tratamento dos couros para exportação prosperaram, transformando a vila do Aracati no centro econômico mais dinâmico da capitania. A vila teve seu traçado urbano marcado por essa atividade, com indicações do Conselho Ultramarino exigindo ruas largas para o trânsito das boiadas (DE OLIVEIRA, 2011).

Segundo Cunha (2018), o cultivo do algodão foi introduzido em todos o nordeste do século XVIII. Entretanto, até a primeira metade do século XIX a cultura do algodão teve uma participação marginal na economia da província do Ceará. Os principais centros de cultivo eram as localidades próximas a Fortaleza, Aracati e as serras de Meruoca, Baturité, Pereiro, Aratãha e Uruburetama.

Desde a revolução industrial, a Grã-Bretanha era o maior mercado consumidor de algodão e tinha nos Estados Unidos da América o principal fornecedor. Com o início da Guerra de Secessão entre os Estados da Confederação e dos Estados da União, o fluxo de comércio de algodão é cortado. Este evento representou a saída

da dependência da agricultura de sobrevivência e da pecuária bovina para a região nordestina (CUNHA, 2018).

Segundo Cunha (2018), após a Guerra de Secessão americana, a cotonicultura entrou em crise, no Ceará, deixando muitos produtores endividados e com propriedades hipotecadas, o que foi revertido com o aumento da produção. Além disso, as secas, entre 1877 a 1879, foram extremamente prejudiciais para a economia, até então, essencialmente agrária da província. Recuperando a normalidade econômica apenas em 1881.

Segundo o IPHAN, a Fortaleza de Nossa Senhora da Assunção, apresentada na figura 17, deu origem a cidade de Fortaleza, tombada apenas em 2008, sua construção data de 1812. Atualmente sua estrutura é constituída por pedras, cal e tijolos.

Figura 17 - Fortaleza de Nossa Senhora da Assunção, Fortaleza – Ceará.



Fonte: O POVO ONLINE, 2013.

Outras importantes construções na capital do estado são o Theatro José de Alencar, ilustrado na figura 18, inaugurado em 1910. É um exemplar da arquitetura eclética mesclando a caracterizadas da *art nouveau* com as do estilo neoclássico (IPHAN, [21-?]).

Figura 18 - Theatro José de Alencar, Fortaleza – Ceará.



Fonte: SAULO ROBERTO, 2019.

Segundo o IPHAN [21-?], em Icó, no Largo do Théberge, apresentado na figura 19, encontramos prédios como o teatro da Ribeira dos Icó's com traços arquitetônicos neoclássicas. Na igreja matriz Nossa Senhora da Expectação, tombada em 1998, encontramos um dos conjuntos arquitetônicos mais preservado do período colonial do estado.

Figura 19 – Teatro da Ribeira do Icó's, Icó – Ceará.



Fonte: ACERVO DIGITAL DO IPHAN, s.d.

Outra importante cidade, segundo o IPHAN [21-?], dentro do quadro histórico do Ceará, é Sobral que possui casas em estilo *art nouveau*, ou arte nova, movimento artístico que, como principal característica, buscava originalidade tanto em

materiais como na forma de expressão. Possui, ainda, várias edificações datadas do século XIX, como o Theatro São João, apresentado na figura 20, com frontal em arco.

Figura 20 - Theatro São João, Sobral – Ceará.



Fonte: O POVO ONLINE, 2012.

Segundo o IPHAN [21-?], Viçosa do Ceará foi uma das mais importantes vilas indígenas, com traçado urbano desenvolvido no século XVIII, a região tombada corresponde ao contorno da Praça Clóvis Beviláqua, onde se localiza a Igreja Matriz de Nossa Senhora da Assunção, ilustrada na figura 21.

Figura 21 - Igreja Matriz de Nossa Senhora da Assunção, Viçosa – Ceará.



Fonte: GOOGLE STREET VIEW, 2012.

Aracati, nasceu às margens do rio Jaguaribe, apresenta o desenho setecentista em seu traçado urbano, caracterizado por utilizar materiais nobres, pórticos colunados e o uso de cúpulas e abóbadas. Tombada pelo IPHAN em 2001, a cidade possui sobrados, igrejas e diversos prédios construídos e decorados com azulejos Portugueses (IPHAN, [21-?]).

3 TIPOS DE ALVENARIAS

As alvenarias podem ser descritas como um sistema construtivo composto por blocos, regulares ou irregulares, unidos ou não por argamassa, com uma ou mais folhas, de espessura variável que se comportam como um sistema monolítico, podendo apresentar função estrutural (autoportante) ou não, como o caso de alvenarias divisórias ou de enchimento (MESQUITA, 2019).

O Eurocódigo 6 (EN 6, 2005) define três propriedades mecânicas das alvenarias essenciais para o projeto: resistências à compressão, ao corte e à flexão, nos dois planos. Além disso também define efeitos originados por imperfeições, efeitos de segunda ordem e exigências de garantia de rigidez para os elementos verticais da direção de análise.

Segundo Martins (2010), as primeiras alvenarias eram de pedra e ou de adobe, tijolo de barro seco ao Sol, já que havia abundância de matérias primas, sendo usado como material ligante o próprio barro, cal ou gesso.

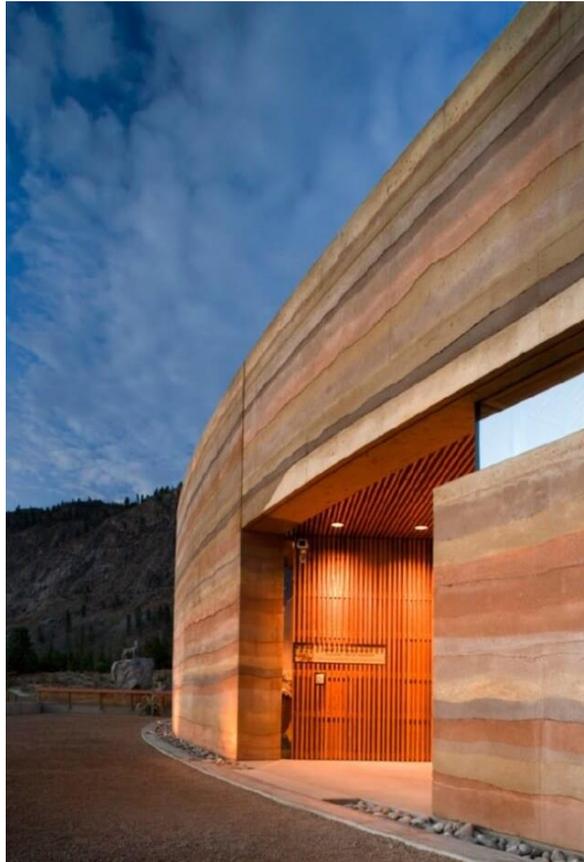
O desenvolvimento das construções, tanto de alvenaria como de elementos estruturais, foi condicionado pelas matérias primas disponíveis e pelas técnicas construtivas dominadas pelos povos de cada época (MARTINS, 2010). Nas seções seguintes são apresentados os principais tipos de alvenarias, suas características e os métodos de construção, além de suas vantagens e desvantagens.

Nas sessões seguintes serão descritas as alvenarias tradicionais, como as taipas, os tijolos cerâmicos maciços e as cantarias, e suas propriedades mecânicas.

2.1 Taipa de pilão

Segundo Minke (2001), a terra é o material de construção natural mais importante e abundante no mundo. O termo taipa, provavelmente de origem Árabe, significa a utilização de solo, argila ou terra, como matéria-prima de construção (PISANI, 2004). Na figura 22 é possível observar a utilização da taipa.

Figura 22 - Alvenaria de taipa de pilão.



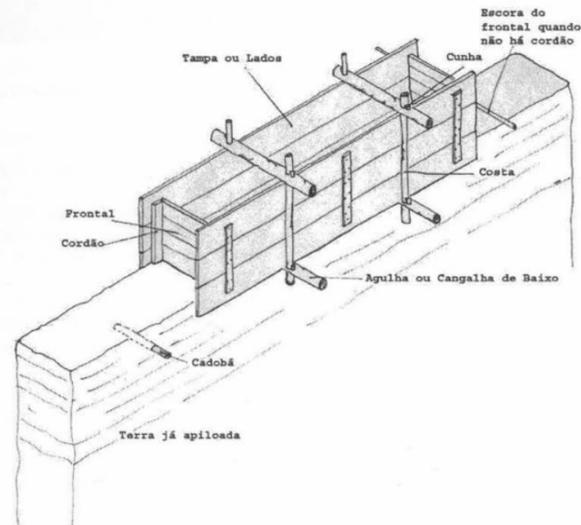
Fonte: UGREEN, 2019.

Um das técnicas de construção mais usadas no mundo antigo, predominou no Brasil desde o início do povoamento até o século XIX. São blocos de terra molhada apiloadas, com auxílio de uma mão de pilão, em fôrmas de madeira, denominada taipal, e desenformadas quando a terra estava seca (PISANI, 2004).

Segundo Schmidt (1946), os solos preferencialmente usados eram aqueles com baixo teor de areia, ausentes de matéria orgânica e pedregulhos. Usualmente eram utilizados os solos vermelhos.

Segundo Pisani (2004), a espessura das paredes varia entre 30 a 120 centímetros e as camadas de solo são dispostas de 10 a 15 cm para o apiloamento. Os taipais possuem dimensões que variam de 100 a 150 centímetros de altura e 200 a 400 centímetros de comprimento, como mostrada na figura a seguir. O esquema de execução da taipa de pilão é demonstrado na figura 23.

Figura 23 - Esquema de execução da taipa de pilão.



Fonte: Adaptada de Corona & Lemos (1972)

Segundo Minke (2001), as principais vantagens desse tipo de técnica são o isolamento acústico, a capacidade de regular a umidade ambiental, a menor emissão de gás carbônico e ser um processo ser reciclável. As desvantagens desse método são a falta de normas que padronizam a técnica construtiva, a permeabilidade do material e a retração que as paredes podem sofrer durante a secagem, gerando fissuras.

As propriedades mecânicas das alvenarias de taipa são variáveis, pois depende diretamente do solo escolhido para sua execução. Houben e Guillaud (1994) apresentam, na tabela 1, as propriedades mecânicas para duas diferentes amostras, (1) comprimido a 90 a 95 % com Proctor padrão e (2) comprimido a 90 a 95 % com Proctor padrão e estabilizado com 8% de cimento.

Tabela 1 - Propriedades mecânicas das alvenarias de taipa.

Propriedade	(1)	(2)
Resistencia à compressão aos 28 dias	≈ 2 MPa	2 a 5 MPa
Resistencia à compressão, quando molhado, aos 28 dias	0 a 0,5 MPa	> 2 MPa
Resistencia à tração aos 28 dias	0,5 a 1 MPa	1 a 2 MPa
Resistencia à flexão aos 28 dias	0,5 a 1 MPa	-
Resistencia ao cisalhamento aos 28 dias	0,5 a 1 MPa	-
Coefficiente de Poisson	-	0,15 a 0,35
Módulo de Young	-	700 a 7000 MPa
Densidade aparente	1700 a 2200 Kg/m ³	1700 a 2200 Kg/m ³
Uniformidade de dimensões	Fraca	Fraca

Fonte: Adaptada de Houben e Guillaud (1994).

2.2 Pau a pique

Segundo Pisani (2004), as paredes de pau a pique, ilustradas na figura 24, foram muito empregadas no período colonial e estão entre as técnicas de terra mais utilizadas. Também conhecida como taipa de mão, o pau a pique consiste no preenchimento dos vazios da trama de madeira, bastante rígida, com barro.

Ainda segundo o autor, a estrutura de madeira era montada com esteios enterrados no solo. Ao nível do solo esses esteios recebiam encaixes para as vigas baldrame. Sobre as vigas se apoiavam os barrotes de sustentação dos assoalhos. Perpendicularmente aos paus eram amarrados com cipós peças de madeira mais fina, denominadas varas.

Figura 24 - Taipa de mão.



Fonte: VIVA DECORA, 2020.

As espessuras das paredes de taipa de mão variam de 15 a 20 centímetros e o tempo de secagem do barro é de aproximadamente um mês, para que então recebam os revestimentos. Normalmente, esse tipo de alvenaria é empregado com divisórias internas devido a sua menor espessura (PISANI, 2004).

Além de possuir ótimo isolamento acústico e térmico e reduzir a necessidade de qualificação da mão de obra, nessa técnica não existe poluição ambiental, sendo uma bioconstrução. A grande desvantagem desse método são as

mesmas da construção em taipa de pilão, a falta de padronização do processo construtivo e a fragilidade da umidade (MINKE, 2001).

2.3 Alvenarias de pedra

Construções em alvenaria de pedra, ilustradas na figura 25, também chamadas de cantaria, estão normalmente associadas a edificações mais nobres ou de grande importância no contexto social das comunidades, como igrejas, devido ao custo da pedra e da mão de obra ser muito elevado (ARÊDE et al, 2014).

Segundo Arêde et al (2014), existe uma distinção entre cantaria e alvenaria de pedra. A cantaria é aquela de pedra regulares e com maiores dimensões assentadas diretamente uma sobre as outras, com ou sem juntas argamassadas. E as alvenarias de pedra são um conjunto de pedra, geralmente, de geometria não regular e de menores dimensões. Neste trabalho serão abordadas as manifestações patológicas das cantarias de pedras regulares e como reabilitar essas estruturas.

Figura 25 - Alvenaria de pedras.



Fonte: DAVIDE RODRIGUES, s.d.

Segundo Roque (2002), as alvenarias em cantaria possuem ótima resistência à compressão, mas não resistem bem aos esforços de tração e flexão, exceto quando construídas no sistema de arcos, conseguindo suportar o peso de alvenarias acima.

De Almeida (2013) em seu trabalho de tipificação e caracterização das alvenarias do Porto, em Portugal, constatou que a resistência à compressão variou

em uma faixa de 45,65 MPa até 72,63 MPa. Enquanto o módulo de elasticidade variou entre 11,91 GPa e 26,17 GPa. Com relação a resistência à tração o valor médio verificado foi de 3,42 MPa.

2.4 Adobe

De acordo com as mais recentes descobertas arqueológicas, as primeiras construções em tijolo são na Mesopotâmia. Segundo Martins (2010), o tijolo seco ao sol, apresentado na figura 26, não podia servir de viga, o que obrigou aos construtores encontrarem soluções, entre elas o arco e as abóbadas.

Segundo Rotondaro (2011), a técnica consiste em elementos fabricados com terra em estado plástico, moldados artesanalmente, sem compressão, secados ao Sol. Na execução os adobes são, normalmente, unidos por uma argamassa semelhante à sua composição.

Figura 26 - Adobe.



Fonte: VIVA DECORA, 2019.

Ainda segundo Rotondaro (2011), a utilização do barro sem o cozimento no forno garante facilidades no processo de fabricação, sendo considerado um bom isolante térmico, devido sua porosidade. Além disso, é um processo sustentável, visto que é possível reutilizar, quando triturado e umedecido novamente. Outras vantagens dessa técnica construtiva são o baixo custo dos equipamentos e o fato de não requerer mão de obra especializada.

O autor ainda completo, as desvantagens do seu uso são a baixa resistência a tração e a flexão, se comparado ao bloco de tijolo cerâmico, a necessidade de muita água para sua fabricação, a dificuldade de se obter dimensões padronizadas e a alta capacidade de absorção de água, devido sua porosidade.

A tabela 2 apresenta as médias dos resultados das características mecânicas, encontrado por Varum et al (2006), para dois tipos de construções.

Tabela 2 - Propriedades mecânicas do adobe.

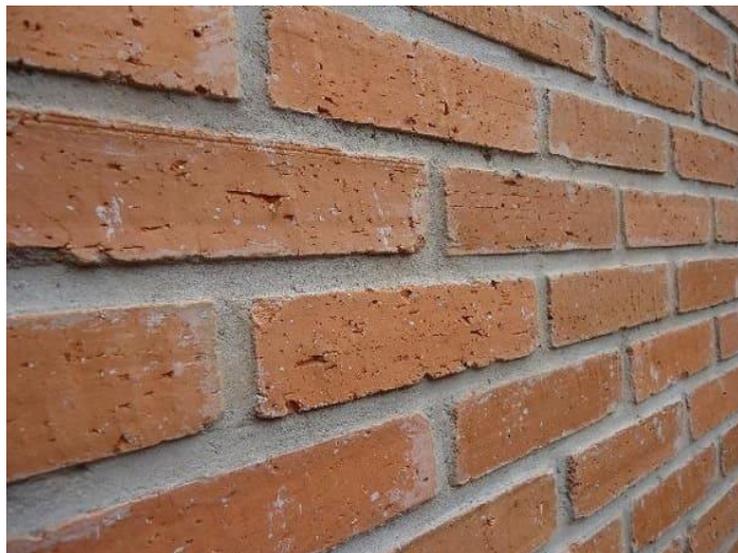
Propriedade	Muros	Casas
Resistencia à compressão	0,83 a 1,72 MPa	0,72 a 2,15 MPa
Resistencia à tração	0,12 a 0,4 MPa	0,13 a 0,19 MPa
Módulo de Young	104, 7 a 340 MPa	53,3 a 447,5 MPa
Deformação para resistência máxima	0,006 a 0,019 mm/mm	0,007 a 0,42 mm/mm

Fonte: Adaptada de Varum et al (2006).

2.5 Tijolo cerâmico maciço

Segundo De Castro (2015), o tijolo cerâmico queimado, ilustrado na figura 27, em fornos surgiu por volta de 3.000 a.C., evoluindo até as tecnologias dos dias atuais. Esse tipo de alvenaria ainda é muito utilizado como acabamento de tijolo aparente.

Figura 27 - Tijolo Maciço.



Fonte: VIVA DECORA, 2019.

Ainda segundo o autor, as principais vantagens desse tipo de alvenaria são o conforto térmico e acústico e sua principal desvantagem é o alto custo ao ser comparado com o tijolo cerâmico com furos.

Segundo a NBR 7170/1983 (CANCELADA) – Tijolo maciço cerâmico para alvenaria, os tijolos são classificados em três tipos A, B e C, de acordo com suas propriedades mecânicas. A tabela 3 apresenta um resumo dos valores mínimos aceitos para uso e classificação dos tijolos comuns.

Tabela 3 - Propriedades mecânicas e físicas dos tijolos maciços.

Propriedade	A	B	C
Resistencia mínima à compressão	1,5 MPa	2,5 MPa	4,0 MPa
Dimensões	Comprimento	Largura	Altura
	190 mm	90 mm	57 a 90 mm

Fonte: Adaptada da Norma ABNT NBR 7170/1983.

Segundo Alves (2016), utilizando o método ultrassônico, um ensaio não-destrutivos, na Igreja de Nossa Senhora do Rosário dos Pretos em Aracati – CE, determina o modulo de elasticidade global da edificação de 5,68 GPa.

Rubens (2019) em seu trabalho de caracterização de tijolos históricos luso-brasileiros utilizou o método ultrassônico, em amostras de blocos de alvenaria portante da Estação Ferroviária Doutor João Felipe, em Fortaleza – CE, obtendo como resultados a massa específica média de resultado igual a 502,36 Kg/m³ e a resistência à compressão axial média de 4,78 MPa.

Araújo (2020), em seu trabalho de caracterização de tijolos de argila utilizando o método ultrassônico, em amostras de diferentes séculos e cidades do estado do Ceará, obtém como resultados valores médios de absorção de água e da resistência à compressão dos tijolos preparados em diferentes séculos. Esses resultados são expressos na tabela 4.

Tabela 4 – Propriedades mecânicas dos tijolos de argila em diferentes séculos.

Século	Absorção de água	Resistência à compressão
Século XVIII	12,52%	4,27 MPa
Primeira metade do século XIX	6,40%	8 MPa
Segunda metade do século XIX	10,46%	11 MPa
Século XX	27,34%	7,9 MPa

Fonte: Adaptada de Araújo, 2020.

4 PRINCIPAIS DANOS EM ALVENARIAS E SEUS MECANISMOS

Segundo Ripper e Souza (1998), apesar da constante preocupação do homem com a construção de estruturas adaptadas às suas necessidades e do acúmulo de conhecimentos científicos, o que possibilitou o desenvolvimento das tecnologias de construção ainda existem limitações do avanço tecnológico além de falhas involuntárias, gerando desempenhos insatisfatórios e patologias nas construções.

Segundo Iantas (2010), a falta de um planejamento bem feito, o emprego de materiais de baixa qualidade, as falhas de execução e a ausência das manutenções geram as manifestações patológicas e, conseqüentemente, aumento no gasto final das obras.

As manifestações patológicas discutidas neste trabalho serão abordadas em alvenarias de terra crua, como taipas, de tijolos cerâmicos e de pedra. A escolha por esses tipos de alvenaria decorre do fato de serem estes os principais materiais encontrados em edificações históricas e da necessidade de conservação dessas construções.

4.1 Taipas

Segundo Pisani (2004), durante o início do povoamento brasileiro, todas as culturas componentes, portuguesas, francesas e africanas, já dominavam técnicas construtivas que utilizavam a terra como matéria-prima. As taipas podem ser de dois tipos, como já explicadas, a de pilão e a de mão. A seguir, serão discutidos os principais danos, que ocorrem em alvenarias de terra, e seus mecanismos de irradiação.

4.1.1 Erosão

Segundo Eijk (2005), os materiais de terra começam a desintegrar, devido aos impactos da precipitação, o que configura o processo erosivo. As zonas mais suscetíveis à erosão nas estruturas de terra são as inferiores às e superiores. As

inferiores, por causa da umidade ascendente por capilaridade e dos respingos da precipitação, umedecendo a estrutura, como na figura 28.

Figura 28 – Erosão devido à respingos da precipitação em alvenarias de taipa.



Fonte: MESBAH, 2000.

As superiores, devido à absorção de água pela parede por causa de infiltrações advindas da cobertura ou projeto de cobertura incorreto, com beiral insuficiente.

4.1.2 Fissuras

Segundo Oliver (2000), algumas fissuras podem surgir quando alguns sais dilatam e contraem, quando as paredes de taipa passam pelos ciclos de molhagem e secagem. Outras fissuras podem surgir nas bordas, quando superfícies adjacentes, com orientações diferentes, são aquecidas devido a variação de temperatura.

Segundo Gupta (2003), quando a viga se apoia diretamente na parede, sem frechal, uma carga concentrada é gerada e podem surgir fissuras a partir da junção da parede com a viga, elucidada na figura 29.

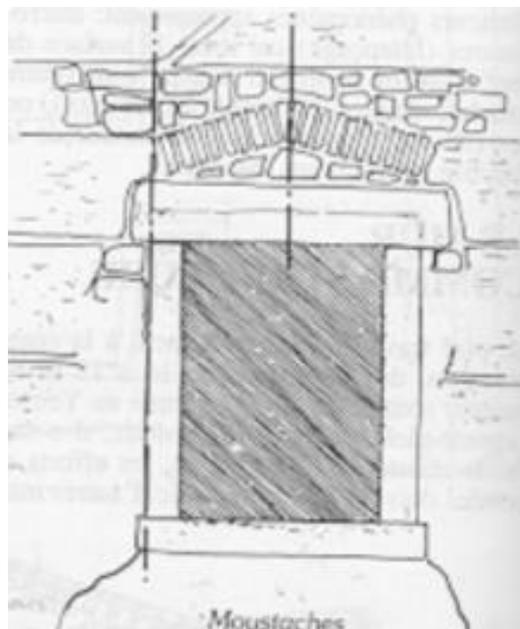
Figura 29 - Fissura devido ao apoio direto da cobertura na alvenaria de taipa.



Fonte: GOMES, 2013.

Em decorrência da má execução de vergas fissuras podem surgir partindo dos cantos e inclinadas, exemplificadas na figura 30 (JEANNET et al, 2003).

Figura 30 - Fissura devido à má execução ou ausência de verga em alvenarias de taipa.

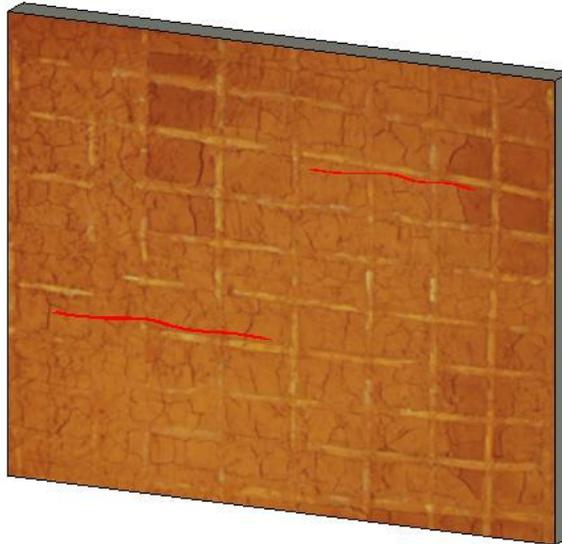


Fonte: JEANNET, 2003.

Durante o processo de secagem da taipa, devido a perda de água, ocorre a retração que pode causar fissuração, como na figura 31, normalmente consequência da má execução, por escolha de material inadequado ou por variações higrométricas.

Em alvenarias de taipa de mão normalmente seguem as tramas horizontais de madeira. (GOMES, 2013).

Figura 31 – Fissuras devido à retração da taipa.



Fonte: Da autora.

4.1.3 Destacamento do revestimento

Segundo Eijk (2005), argilas e areias podem absorver mais água na forma de taipa do que após o processo de queima, no caso dos tijolos, essa propriedade ao mesmo tempo que é uma vantagem pode causar danos, caso o material utilizado para reboco possua permeabilidade menor que a parede e evite sua transpiração natural. Nesse caso, ocorre o acúmulo de água entre a parede e o revestimento, que perde aderência, vindo a se soltar, exemplificado na figura 32. A umidade acumulada pode causar, ainda, danos estruturais.

Figura 32 - Destacamento do revestimento em alvenarias de taipa de mão.



Fonte: OLENDER, 2006.

Segundo Rodrigues (2004), o destacamento também pode ser causado pelo acúmulo de sais entre a parede e o revestimento, que aumentam o volume e causam desprendimento do revestimento.

4.1.4 *Eflorescência*

A matéria prima utilizada para a construção de taipa possui, geralmente, altas concentrações de sais de cloreto, nitrato e sulfato. Devido à sua natureza higroscópica, esses sais absorvem água e são transportados para as superfícies da alvenaria onde perdem água e cristalizam-se formando manchas características, exemplificadas na figura 33, normalmente esbranquiçadas (FERNANDEZ, 1995).

Segundo Olender (2006), as principais origens da umidade estão relacionadas com a presença de água no solo, água utilizada na construção, que não evaporou corretamente, águas pluviais e umidade advinda da ruptura dos sistemas de encanamento.

Figura 33 - Eflorescência em alvenarias de taipa.

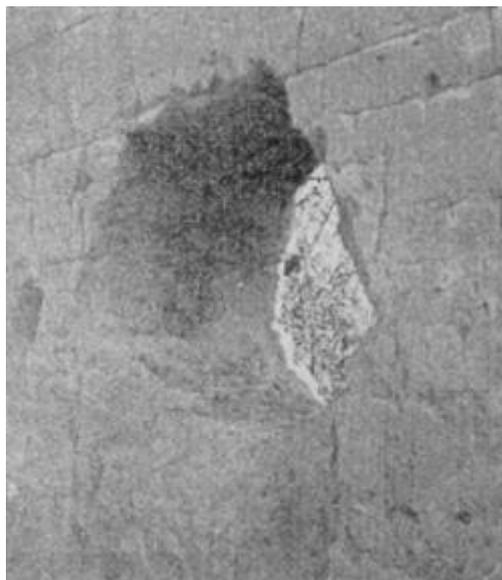


Fonte: CHAUDHRY, 2003.

4.1.5 Fatores Biológicos

Segundo Eijk (2005), os cupins também apresentam perigo para as construções de terra, principalmente a taipa de mão. Essa utiliza uma trama de madeira para aumentar a resistência da estrutura, onde o ataque de cupins pode ameaçar a estabilidade estrutural das paredes, nesse caso autoportante. Segundo Schmidt (1949), os cupins, em pouco tempo, são responsáveis por buracos que atravessam de uma face a outra, como ilustrado na Figura 34.

Figura 34 - Buraco devido a ação de cupins em alvenarias de taipa.



Fonte: SCHMIDT, 1949.

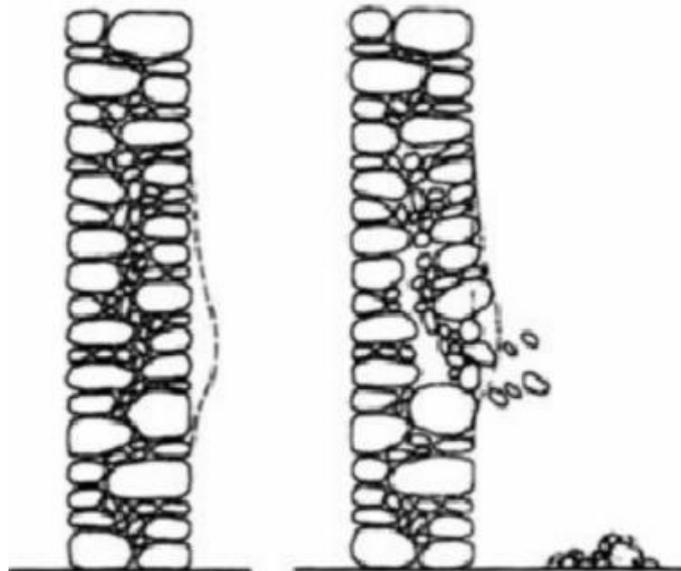
4.2 Alvenaria de pedras

Segundo Roque (2002), as alvenarias em cantaria podem apresentar diferentes manifestações patológicas relacionadas ao comportamento estrutural, relativo ao projeto, ou ao comportamento do material, dependente do material utilizado, da execução e das seções. Entretanto algumas manifestações patológicas são mais frequentes e serão discutidas nos tópicos a seguir, assim como os mecanismos de propagação.

4.2.1 Destacamentos

Segundo Rego (2016), a ausência de comportamento monolítico, na direção horizontal, das alvenarias em cantaria, principalmente aquelas executadas com pequenos blocos ou pedra, facilita o desenvolvimento de ruptura localizada, como na figura 35, quando sujeitas a carregamentos horizontais ou quando existe excentricidades na atuação das cargas verticais.

Figura 35 - Destacamento em alvenarias de pedras.



Fonte: ROQUE, 2002.

4.2.2 Fissuras

Segundo Rego (2016), a fissuração é uma das manifestações patológicas mais comuns em alvenarias. Essas fissuras podem resultar em ações que geram

esforços, para quais a edificação, principalmente as históricas, não possuem boa capacidade à tração e à flexão.

Ainda segundo o autor, nos casos mais graves, as fissuras dividem as paredes em vários blocos quase independentes, revelando com pouca antecedência o colapso das paredes, exemplificado na figura 36.

Figura 36 - Fissuras em alvenarias de pedra.



Fonte: INSTITUTO DA CONSTRUÇÃO DA UNIVERSIDADE DO PORTO, 2012.

4.2.3 *Degradação material*

Segundo Rego (2016), o processo de degradação pode estar associado a infiltrações e ações da água, como capilaridade e chuva. Além de também ser influenciado pelas contrações e expansões, devido às variações térmicas. Essa manifestação patológica, ilustrada na figura 37, surge como uma separação ou decomposição de materiais da estrutura, podendo ser afetado também pelos sais presentes na alvenaria.

Figura 37 - Degradação material em alvenarias de pedra.



Fonte: INSTITUTO DA CONSTRUÇÃO DA UNIVERSIDADE DO PORTO, 2012.

4.2.4 Umidade

Segundo o Instituto da Construção da Universidade do Porto (2012), a presença de umidade em edificações tradicionais está relacionada principalmente com a baixa eficiência nos sistemas de drenagem de águas pluviais e falhas na cobertura.

As alvenarias de pedra podem apresentar eflorescências ou manchas escuras com diferentes gradações de cor decorrentes dos processos de secagem e umedecimento constantes, como ilustrado na figura 38.

Figura 38 - Efeito da umidade em alvenarias de pedra.



Fonte: INSTITUTO DA CONSTRUÇÃO DA UNIVERSIDADE DO PORTO, 2012.

4.3 Tijolos cerâmicos

Segundo Martins (2010), a alvenaria em tijolo é considerada um material ortotrópico, ou seja, suas propriedades mecânicas dependem da direção que são estudadas, mas não obedecem a nenhuma simetria em relação a eixo ou plano.

Ainda segundo o autor, as alvenarias de tijolos, principalmente as que não apresentam funções estruturais, são regularmente negligenciadas tanto na fase de projeto quanto na etapa de execução. Algumas vezes devido à ausência de domínio dos detalhes da execução e das características dos materiais. Esses e outros fatores são responsáveis pelo desenvolvimento de manifestações patológicas nas alvenarias em tijolo cerâmico. Nas seções a seguir serão apresentadas as principais anomalias presentes nesse tipo de alvenaria e seus mecanismos de manifestação.

4.3.1 Fissuras

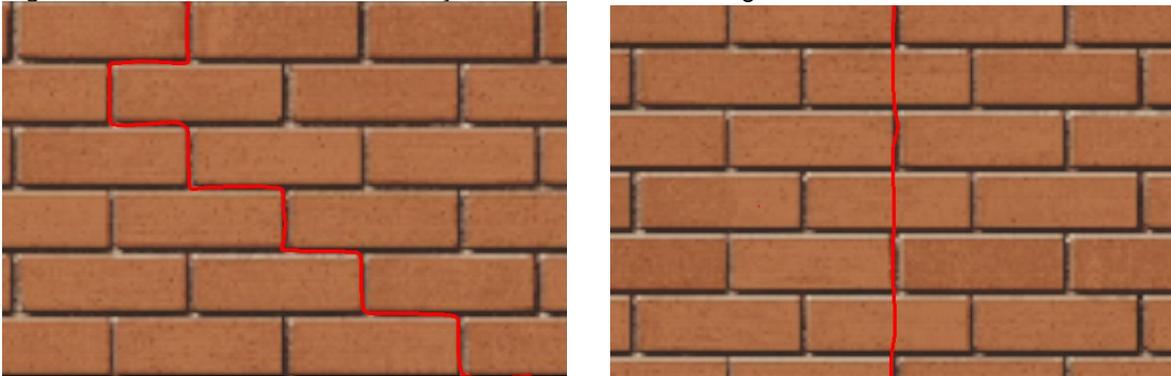
Segundo Antonino (2019), as fissuras são manifestações patológicas bastante comuns em edificações, podendo ter origem em problemas estruturais e até mesmo conduzir para o colapso da estrutura.

Thomaz (1989) afirma que as fissuras por movimentações térmicas possuem diferentes origens, ocorrendo principalmente devido à junção de materiais de diferentes coeficientes de dilatação e à exposição de diferentes gradientes de temperatura em um mesmo elemento.

Em muros muito longos, as fissuras por movimentações térmicas são verticais e podem ocorrer no encontro da alvenaria com pilares ou mesmo na alvenaria.

Outra manifestação patológica que acomete os muros são as fissuras seguindo a argamassa, quando a resistência a tração dos tijolos é superior a resistência da argamassa ou a tensão de aderência entre a argamassa e os blocos, e vertical, quando a resistência dos tijolos é inferior ou igual à da argamassa, como mostradas na figura 39.

Figura 39 - Fissuras devido à diferença de resistência entre argamassa e bloco.

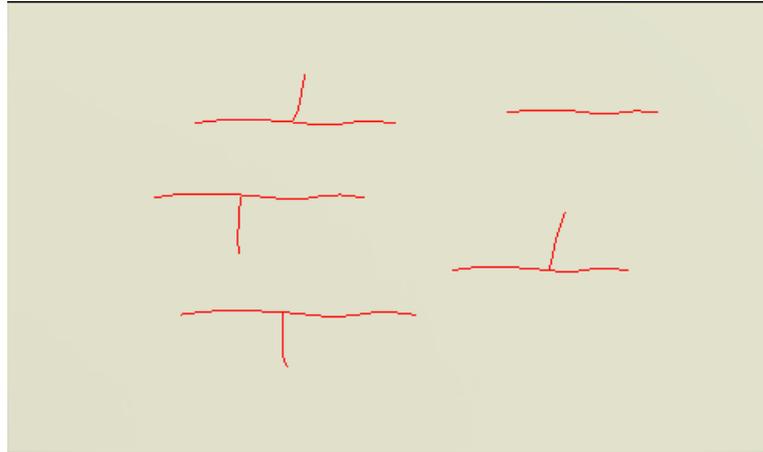


Fonte: Da autora.

As movimentações higroscópicas também provocam variações dimensionais nos materiais porosos, sendo o aumento da umidade responsável pela expansão e a redução da umidade pela contração (THOMAZ, 1989).

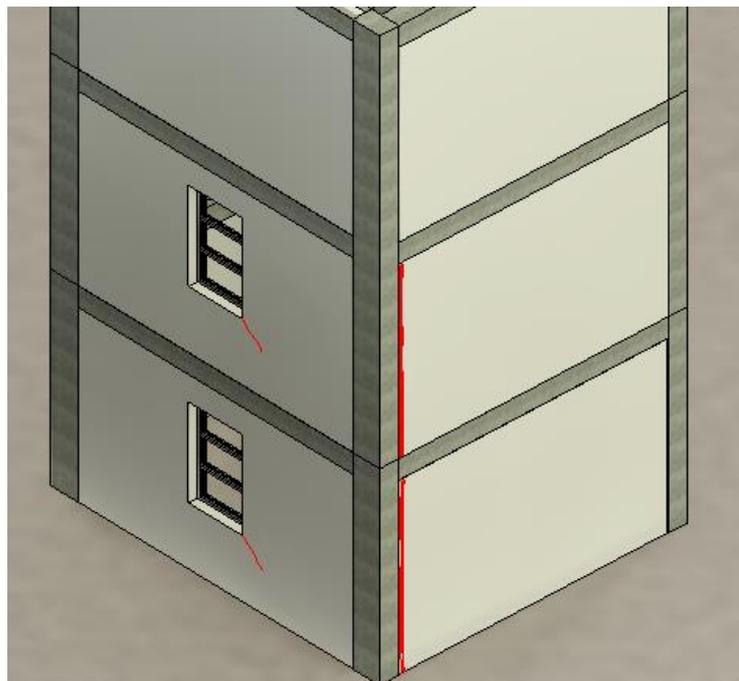
Thomaz (1989), completa dizendo que as fissuras em alvenaria devido às movimentações higroscópicas ocorrem, principalmente de três tipos, pequenas e horizontais, provenientes da expansão de tijolos, exemplificada na figura 40. Verticais, seguindo a união de alvenarias, ilustrada na figura 41, e horizontais na parte inferior das alvenarias, devido a umidade ascendente do solo e a má execução da impermeabilização dos alicerces, como na figura 42.

Figura 40 – Fissuras devido expansão dos tijolos por causa das movimentações higroscópicas.



Fonte: Da autora.

Figura 41 - Fissura na união das alvenarias devido a movimentações higroscópicas



Fonte: Da autora.

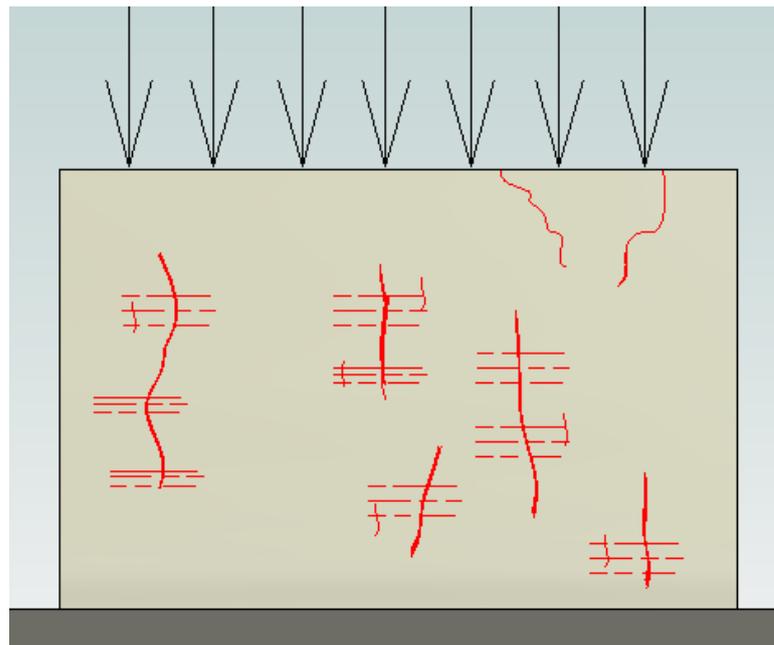
Figura 42 - Fissura devido presença de umidade ascendente do solo.



Fonte: Adaptadas de Thomaz (1989).

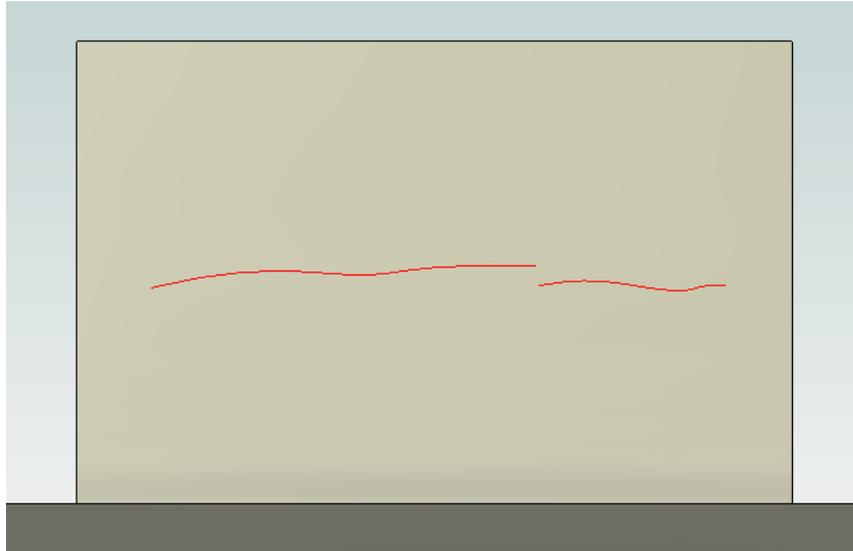
O autor ainda afirma que dois tipos de fissuras surgem em alvenarias que são solicitadas por sobrecargas uniformemente distribuídas, podendo ser verticais, devido a deformação transversal da argamassa como na figura 43, ou horizontais, devido a ruptura por compressão dos elementos da alvenaria ou da própria argamassa, ilustradas na figura 44.

Figura 43 - Fissuras devido distribuição uniforme de sobrecargas.



Fonte: Da autora.

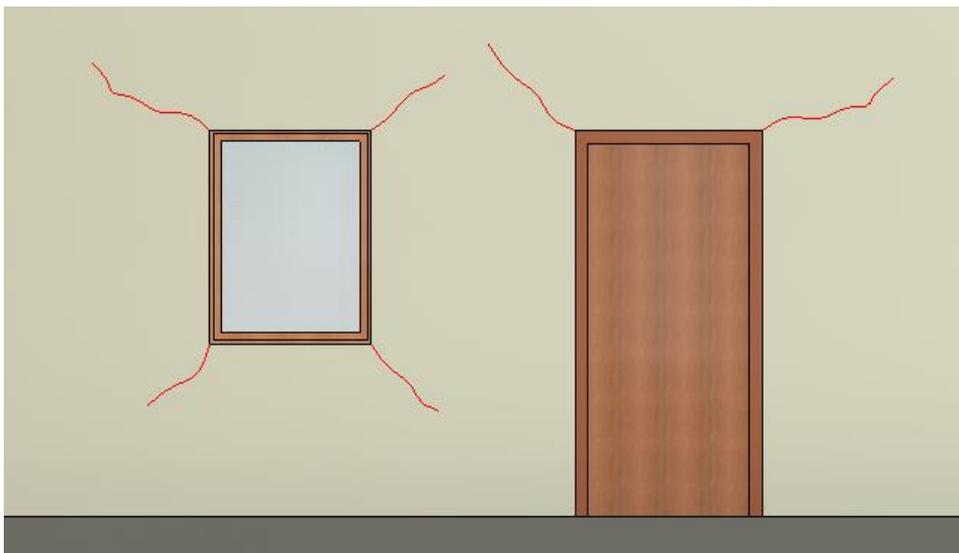
Figura 44 - Fissura devido a ruptura por compressão dos elementos de alvenaria ou da argamassa.



Fonte: Da autora.

Em alvenarias com abertura, para portas e janelas, fissuras a partir dos vértices podem surgir de acordo com o caminho das isostáticas de compressão, exemplificadas na figura 45. As causas dessas fissuras são múltiplas podendo ser devido a dimensões dos painéis, a rigidez das vergas e contravergas ou a atuação de sobrecargas (THOMAZ, 1989).

Figura 45 - Fissuras devido à má execução ou ausência de vergas e contravergas.

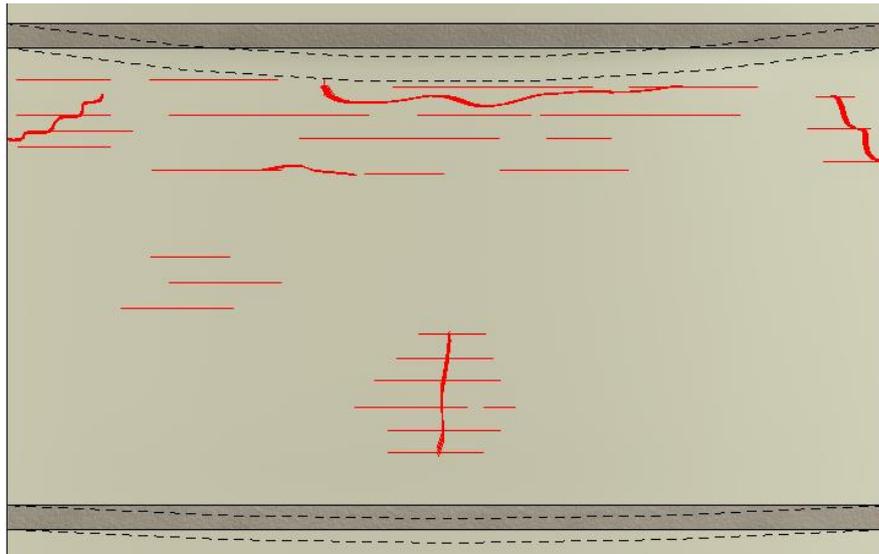


Fonte: Da autora.

Contudo a origem das fissuras em alvenaria pode estar relacionada com elementos estruturais. Thomaz (1989) diz que para paredes sem aberturas existem três configurações típicas dessas manifestações patológicas. Quando a deformação do elemento estrutural inferior é menor que a do superior, quando a deformação do elemento estrutural inferior é maior que a do superior e quando a deformação dos elementos estruturais é igual. Esses elementos estruturais podem ser pisos e lajes, assim como vigas, em construções que mesclam saberes vernaculares com novas tecnologias construtivas.

Na primeira situação, ilustrada na figura 46, as fissuras apresentam-se na horizontal no centro superior da parede e podem surgir na vertical também no centro, na parte inferior.

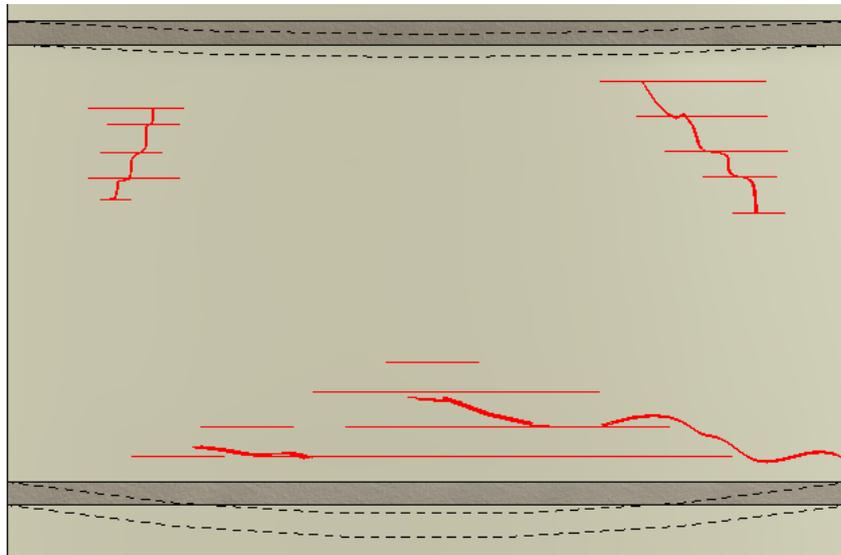
Figura 46 - Fissura devido a deformação de elemento estrutural inferior, menor que a deformação do elemento estrutural superior



Fonte: Da autora.

Na segunda condição, mostrada na figura 47, as fissuras aparecem inclinadas nos cantos superiores, já que os esforços tendem a serem maiores nos cantos, e geralmente aparece uma fissura horizontal na parte inferior da parede.

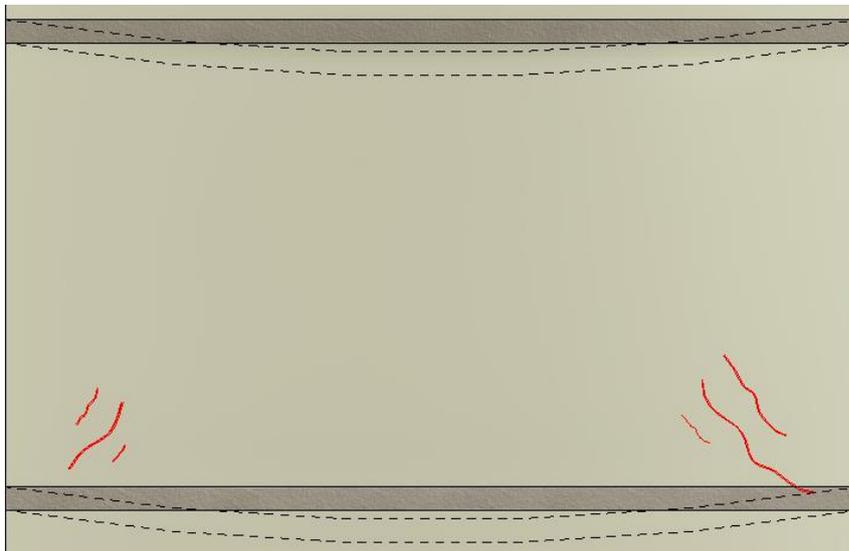
Figura 47 – Fissura devido a deformação de elemento estrutural inferior maior que a deformação do elemento estrutural superior ou devido aos deslocamentos ao nível das fundações.



Fonte: Da autora.

No terceiro cenário, ilustrada na figura 48, a parede é submetida a tensões de cisalhamento e as fissuras aparecem inclinadas em 45° nos cantos inferiores da parede.

Figura 48 – Fissuras devido a deformação igual dos elementos estruturais inferiores e superiores.



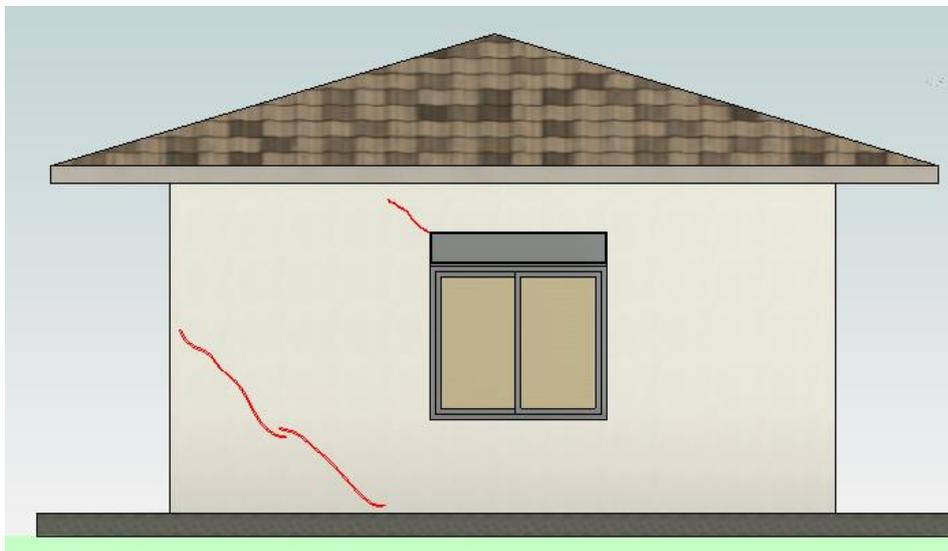
Fonte: Da autora.

Segundo De Oliveira (2012), os recalques são o deslocamento vertical que a base da fundação sofre em relação à superfície do terreno. Esse deslocamento é

resultado do adensamento do solo devido a aplicação de cargas ou ao peso próprio das camadas do solo. Se esse rebaixamento ocorrer em apenas uma parte da estrutura resulta em recalque diferencial.

Segundo Thomaz (1989), o recalque diferencial também pode ser resultado de cargas desbalanceadas. As fissuras resultantes do recalque diferencial são inclinadas e, caso exista aberturas na alvenaria, podem surgir a partir dessas aberturas, como na figura 49.

Figura 49 - Fissuras devido a recalque diferencial.



Fonte: Da autora.

Argamassas e concretos estão sujeitos a retração devido ao excesso de água na fabricação para melhorar a trabalhabilidade. A retração da argamassa de assentamento causa rebaixamento da parede ocasionando fissuras, exemplificadas na figura 50 no encontro da alvenaria com a viga ou laje devido a encunhamento precoce (THOMAZ, 1989).

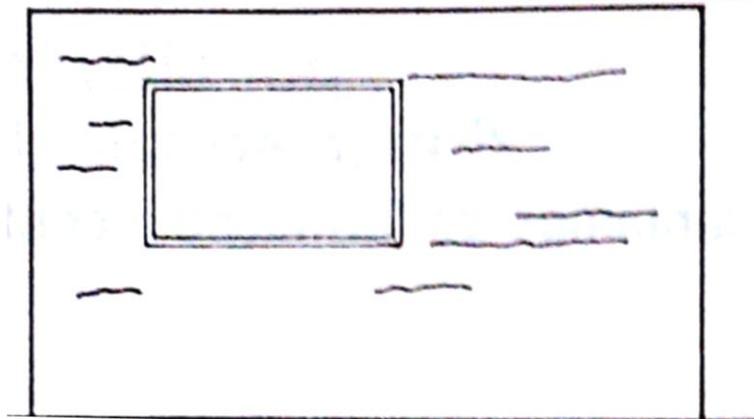
Figura 50 - Fissura devido a retração de argamassa.



Fonte: Da autora.

Thomaz (1989) afirma que fissuras horizontais podem ocorrer nas alvenarias devido a expansão das argamassas de assentamento, causada pela hidratação retardada de cales. Essas fissuras acompanham as juntas de assentamento da alvenaria e localizam-se na parte superior da parede, ilustradas na figura 51, onde os esforços de compressão são menores.

Figura 51 - Fissura devido à expansão das argamassas de assentamento em alvenarias de tijolo cerâmico.

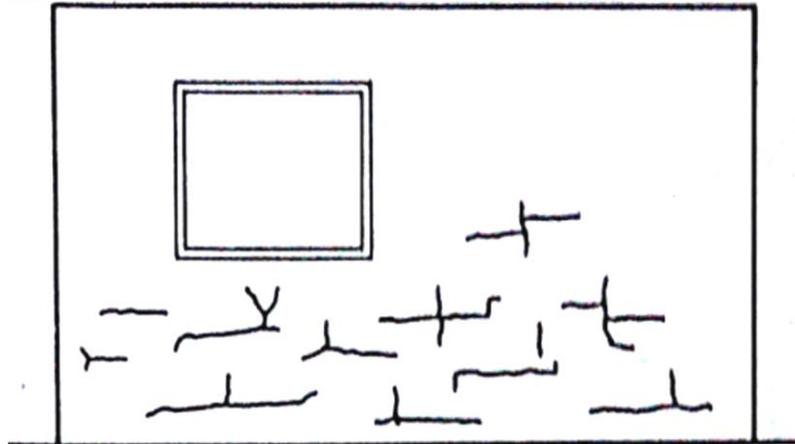


Fonte: THOMAZ, 1989

O autor completa dizendo que as alvenarias podem sofrer ataques de sulfatos, que podem surgir de diversas formas como água, solos ou os próprios componentes com altos teores de sais. As fissuras, causadas por esse ataque, aparecem nas alvenarias seguindo as juntas assentamento horizontais e verticais na

parte de baixo da parede e quase sempre acompanhada de eflorescências, exemplificadas na figura 52.

Figura 52 - Fissuras devido ao ataque de sulfatos em alvenarias de tijolo cerâmico.



Fonte: THOMAZ, 1989.

De acordo com Metha e Moteiro (2008), os sulfatos penetram nos poros do concreto e reagem com o Ca(OH)_2 , produzido por hidratação do Silicato tricálcico (C_3S), responsável pela resistência do concreto. Forma-se sulfato de cálcio que reage com as aluminas e resulta em etringita. Esse componente, quando formado na fase endurecida, está repleto de componente sólidos que podem formar um volume maior que o volume dos poros, fissurando o concreto.

3.3.2 Destacamento do revestimento cerâmico

Segundo Magalhães (2002), a perda de aderência entre o revestimento e a parede de alvenaria pode ocorrer de três estágios. No primeiro, o descolamento é o afastamento do revestimento da alvenaria, caracterizado pelo som cavo quando submetido a percussão. Se após o afastamento é possível observar a formação de convexidade na superfície, identificando o abaulamento do revestimento. Por último, o destacamento é a separação total entre o revestimento e a alvenaria, demonstrado na figura 53.

Figura 53 - Destacamento do revestimento cerâmico em alvenaria de tijolo cerâmico.



Fonte: CHAVES, 2009.

De acordo com Silvestre (2005), as causas dessa anomalia são dependentes das características do revestimento cerâmico, da edificação, da manutenção e do uso ao qual foram expostos. Podendo estar relacionadas com erros no projeto, como a escolha de materiais incompatíveis ou o dimensionamento incorreto das juntas do revestimento, ou com erros de execução, como a espessura inadequada do material de assentamento ou a aplicação em suportes sujos. Além disso, as causas ainda podem estar relacionadas com ações mecânicas contra o revestimento, ações ambientais e falhas na manutenção.

3.3.3 Eflorescência

Guterres (2009), define a eflorescência com os cristais de sais que são depositados na superfície dos tijolos, formando uma mancha branca. Quando o material absorve água, durante o processo de cura ou por capilaridade, os cristais de sais são dissolvidos e transportados do interior para a superfície. Quando a água evapora, os sais cristalizam-se e formam a eflorescência, ilustrada na figura 54.

Ainda segundo o autor, esses sais podem ser novamente dissolvidos na presença de água, porém esse ciclo de diluição e cristalização dos sais pode resultar na degradação da alvenaria.

Figura 54 – Eflorescência em paredes de tijolo cerâmico.



Fonte: RIBEIRO ET AL, 2018.

Os sais mais agressivos as edificações são os cloretos, os sulfatos e os nitratos. Essa patologia ocorre devido a solubilidade do hidróxido de cálcio (Ca(OH)_2) na presença de umidade. A origem desses sais pode ser intrínseca aos matérias da edificação ou provir de fontes externas. É possível encontrar sais causadores dessa anomalia em matérias-primas que dão origem aos materiais de construção, em produtos químicos de formulação inadequada aplicados impróprios aos materiais de construção durante execução ou em produtos de limpeza, durante o uso do edifício.

3.3.4 Fatores Biológicos

Segundo Magalhães (2002), microrganismos depositam-se na superfície das alvenarias advindos de diferentes origens, algumas características favorecem o surgimento dessa manifestação patológica como a elevada porosidade, a deficiente ventilação e o acúmulo de umidade, exemplificado na figura 55.

Figura 55 – Manchas devido à fatores biológicos.



Fonte: CHAVES, 2009.

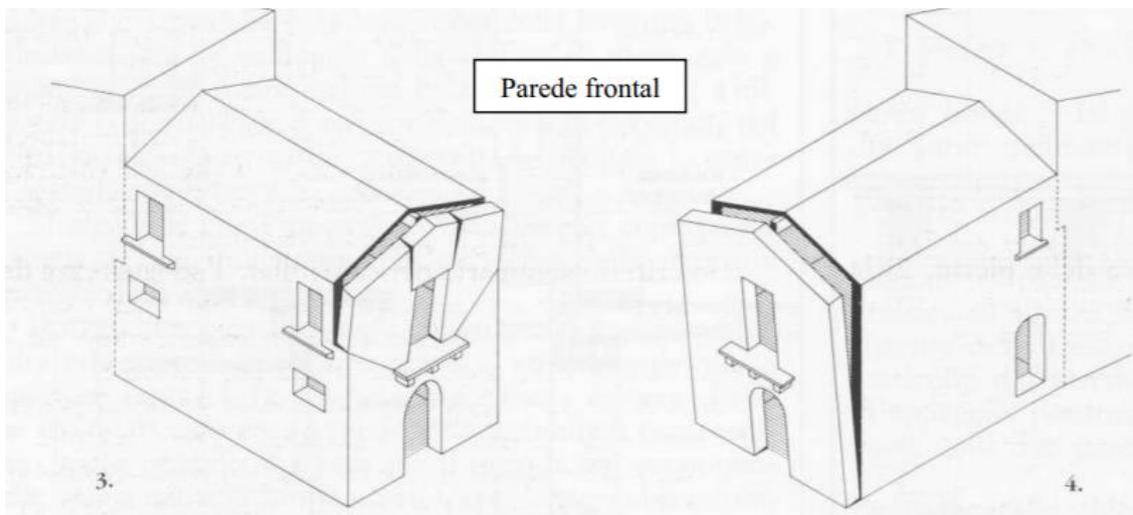
Ainda segundo o autor, em um primeiro momento os danos causados são estéticos, originando manchas. Porém, em geral, microrganismos são capazes de degradar a matéria, alterando as propriedades dos materiais de acordo com produtos formados a partir de seus metabolismos.

3.3.5 Rotação de paredes

Segundo Rego (2016), quando alvenarias são submetidas a ações sísmicas são as ligações entre as paredes transversais que desempenham a função de segurança da edificação. Mesmo as paredes contínuas, sob efeito de ações sísmicas podem desunir-se.

Reis (2011) afirma que essa deformação da fachada é traduzida em uma grande abertura na ligação das paredes, ilustrada na figura 56. As causas podem ser o mau funcionamento da cobertura que provoca forças horizontais na parede, fazendo-a deformar.

Figura 56 - Rotação de paredes devido a ações sísmicas.



Fonte: Adaptada de Silva, 2008.

3.3.6 Manifestações patológicas em pinturas

Segundo Breitbach (2016), o desprendimento das pinturas causa enormes prejuízos e tem se tornado cada vez mais frequente. O desenvolvimento dessa anomalia inicia com penetração de água pelas microfissuras do reboco que decompõe o selador, provocando o desprendimento da tinta.

Segundo Chaves (2009), o desprendimento das pinturas, como na figura 57, também pode ocorrer devido a falhas na execução como má preparação da base, desrespeito com o tempo de secagem entre aplicações e mau dosagem, originando misturas com características diferentes daquelas esperadas.

Figura 57 - Desprendimento da pintura em alvenarias de tijolos cerâmicos.



Fonte: ZUCHETTI, 2016.

Outra manifestação patológica que acomete as pinturas é a formação de bolhas, exemplificado na figura 58, que geralmente é resultado da perda localizada de adesão e levantamento da película de tinta. Essa anomalia é causada pelo uso de tinta à base de óleo sobre uma superfície úmida ou molhada ou quando a superfície é exposta a umidade logo após secagem (POLITO, 2006).

Figura 58 - Bolhas nas pinturas em alvenarias de tijolos cerâmicos.



Fonte: POLITO, 2006.

5 MÉTODOS DE REABILITAÇÃO

Segundo Chaves (2009), apesar da crescente preocupação com o desempenho das construções é frequentemente observado o aparecimento de manifestações patológicas em edifícios recentes.

Costa et al (2005) apresenta uma metodologia para verificação de segurança e reforço do patrimônio edificado que segue os princípios estabelecidos pelo Conselho Internacional de Monumentos e Sítios – ICOMOS.

Essa metodologia busca respeitar a história da edificação, analisando sua trajetória, as alterações e intervenções a qual foram submetidas, facilitando a compreensão do seu estado atual (COSTA ET AL, 2005).

As etapas desse procedimento, de acordo com o autor, são comentadas a seguir.

1. *Pesquisa e análise histórica.*

O conhecimento dos critérios de projeto inicial e das possíveis fases de construção ou intervenções, bem como das metodologias de construção e das propriedades dos materiais utilizados, podem ser utilizados para compreensão do comportamento estrutural.

2. *Danos observados.*

Deve-se proceder com identificação de todas as manifestações patológicas e produção de registro fotográfico minucioso.

3. *Caracterização geométrica da edificação.*

Permite identificar irregularidades, como desvios verticais ou horizontais.

4. *Caracterização mecânica.*

Determinação dos ensaios a serem realizados para caracterização dos materiais e da estrutura, caso necessário incluir elementos de fundações.

5. *Identificação e estabelecimento de modelos estruturais adequados.*

Identificar modelos numéricos que descrevam apropriadamente a estrutura e os eventos associados à sua complexidade, possibilitando a aplicação das teorias disponíveis.

6. *Calibração do modelo numérico.*

Ajuste dos parâmetros de comportamento, comparando frequências numéricas com as experimentais, produzindo melhores respostas estruturais obtida dos ensaios experimentais.

7. *Análise e interpretação de resultados.*

A interpretação dos resultados e a definição os limites de validação do modelo numérico utilizado dependem do especialista. É possível comparar os danos teóricos, produzidos por diferentes ações, com os danos efetivamente observados.

8. *Avaliação de segurança.*

É realizada de acordo com a análise dos resultados da modelação estrutural e da comparação com a resistência dos elementos. É uma etapa primordial já que irá fundamentar a escolha das medidas de reabilitação.

9. *Técnicas de reforço.*

Possuem a tarefa de executar um projeto de reforço sem interferir no conceito original da edificação, assegurando a segurança e conservação do patrimônio.

De acordo com Moraes (2007), quanto a origem as manifestações patológicas são classificadas em congénitas, cuja causa origina-se na etapa de projeto, responsáveis por grande parte das anomalias presentes nos edifícios, construtivas, quando a origem está relacionada com a fase de execução do projeto, e adquiridas, quando ligadas à exposição às intempéries do meio ambiente, consideradas naturais, ou à falta de manutenção da construção, quando relacionada a ações humanas.

Para melhor compreensão dos métodos de reabilitação as manifestações, neste trabalho, são divididas em níveis, de acordo com a seguinte ordem:

- As reabilitações de nível I são aquelas que não impactam a estabilidade da estrutura e sem substituição de material, surgindo, normalmente, apenas em revestimentos, e tem impactos apenas visuais no desempenho da edificação.
- As intervenções de nível II são aquelas onde é necessário substituição de materiais, mas não impactam diretamente no comportamento estrutural da edificação. Como exemplo, intervenções nos revestimentos ou nas alvenarias.
- As reabilitações de nível III são aquelas executadas para corrigir a geometria e/ou estrutura da edificação, impactando diretamente a estabilidade da edificação.

5.1 Reabilitações de nível I

5.1.1 Pinturas

O desprendimento precoce da pintura afeta esteticamente a edificação, danificando apenas o revestimento. O procedimento de recuperação, segundo Pires et al (2013 e de acordo com a NBR 13245/2011 - tintas para construção civil – execução de pinturas em edificações não industriais – preparação de superfície, segue os passos descritos na tabela 5.

Tabela 5 - Reabilitação de desprendimento precoce da pintura.

Objetivo	Remover a pintura desprendida, regularizar o substrato e eliminar a causa da anomalia	
Procedimentos	<p>Etapa 1: para superfícies com imperfeições, lixar, eliminar o pó, nivelar com massa corrida.</p> <p>Etapa 2: limpeza com pano ou esponja macia e detergente neutro e, em seguida, limpar com pano umedecido de água.</p> <p>Etapa 3: aplicação do selador.</p>	
	Pinturas Internas	Pintura Externas
	<p>Etapa 4: aplicação massa PVA.</p> <p>Etapa 5: aplicação da tinta diluída a 50%.</p> <p>Etapa 6: aplicação de tinta látex (2 a 3 demãos)</p>	<p>Etapa 4: aplicação de massa acrílica.</p> <p>Etapa 5: aplicação de tinta diluída a 50%.</p> <p>Etapa 6: aplicação de tinta acrílica (2 a 3 demãos).</p>
Manutenção	Limpezas anuais da superfície para remoção de maresia, poluição e outros contaminantes.	

Fonte: Da autora.

A formação de bolhas também afeta esteticamente a edificação, danificando a pintura. Caso as bolhas, após algum tempo, baixem é necessário identificar a fonte de umidade e solucioná-la. O processo de reabilitação, segundo Polito (2006) e de pintura é descrito na tabela 6.

Tabela 6 - Reabilitação de bolhas em pinturas.

Objetivo	Remover bolhas da pintura, regularizar o substrato e eliminar a causa da anomalia.	
Procedimento	Caso as bolhas não baixarem	Caso as bolhas baixarem
	<p>Etapa 1: remoção completa, por raspagem, da pintura.</p> <p>Etapa 2: remover imperfeições, lixando a superfície.</p> <p>Etapa 3: realizar limpeza com esponja ou pano úmido e detergente neutro e em seguida limpeza com pano úmido.</p> <p>Etapa 4: aplicação de massa acrílica.</p> <p>Etapa 5: aplicação de selador.</p> <p>Etapa 6: aplicação de tinta</p>	<p>Etapa 1: identificar a fonte de umidade e eliminá-la.</p> <p>Etapa 2: remoção completa, por raspagem, da pintura.</p> <p>Etapa 3: remover imperfeições, lixando a superfície.</p> <p>Etapa 4: realizar limpeza com esponja ou pano úmido e detergente neutro e em seguida limpeza com pano úmido.</p> <p>Etapa 5: aplicação de selador.</p> <p>Etapa 6: aplicação de tinta.</p>
Manutenção	Manutenção da tubulação para não surgir umidade e limpeza anuais da superfície para manutenção da pintura.	

Fonte: Da autora.

5.1.2 Destacamento

Os destacamentos do revestimento cerâmico, como já citado, podem ocorrer por diversas causas, sendo as ações ambientais, como o efeito da temperatura, e os erros de projeto as mais comuns, segundo Silvestre (2007).

Segundo Moraes (2005), os processos de reabilitação dessa anomalia são diretamente relacionados com sua causa, para isso será abordado, na tabela 7, o processo mantendo a solução original do projeto, quando a camada de suporte apresenta instabilidades, devido à má execução do assentamento do revestimento cerâmico.

Tabela 7 - Reabilitação de destacamentos cerâmico, mantendo solução original.

Objetivo	Remover revestimentos cerâmicos degradados, regularizar camada de suporte e eliminar a causa da anomalia.
Procedimento	<p>Etapa 1: remoção do revestimento cerâmico degradado.</p> <p>Etapa 2: picagem na camada de assentamento, caso reste pontos com argamassa de assentamento.</p> <p>Etapa 3: estabilização da camada de suporte, podendo ser:</p> <p style="padding-left: 40px;">3.1 Reforço localizado com peças metálicas.</p> <p style="padding-left: 40px;">3.2 Grampeamento de paredes a outros elementos.</p> <p>Etapa 4: preparação da camada de suporte, definindo a largura das juntas entre os revestimentos cerâmicos e executando uma camada de regularização, se necessário.</p> <p>Etapa 5: aplicação do material de assentamento, podendo ser:</p> <p style="padding-left: 40px;">5.1 Colagem simples, quando a argamassa de assentamento é aplicada apenas na camada de suporte.</p> <p style="padding-left: 40px;">5.2 Colagem dupla, quando a argamassa de assentamento é aplicada na camada de suporte e na peça do revestimento.</p> <p>Etapa 6: execução das juntas de revestimento cerâmico.</p> <p>Etapa 7: aplicação de rejunte.</p> <p>Etapa 8: limpeza da superfície do revestimento cerâmico, com auxílio de pano umedecido em movimento diagonal, para não prejudicar as juntas preenchidas.</p>
Manutenção	Vistorias anuais do sistema de rejuntamento quando a presença de furos ou fissuras.

Fonte: Da autora.

5.1.3 Eflorescências

Segundo Rodrigues et al (2006), a presença de sais, causando a eflorescência, pode ter diversas origens. Como o reboco rico em hidróxido de cálcio que em contato com a atmosfera reage com o dióxido de carbono, produzindo carbonato de cálcio, e a ascensão de água por capilaridade, transportando sais solúveis.

Puim (2010) lista métodos de tratamento para eliminação das ações dos sais em alvenarias, contemplados e referenciados na tabela 8, como a remoção mecânica com aplicação de silício coloidal, a remoção de materiais contaminantes, o controle a umidade ascendente e remoção eletroquímica dos sais.

O método de remoção mecânica das eflorescências com aplicação de silício coloidal – método A – é de fácil execução e possibilita a melhoria das condições estéticas, porém o procedimento pode danificar materiais frágeis e não é definitivo, se a causa da anomalia não for eliminada.

O método de remoção de materiais contaminantes – método B – é um processo relativamente simples, caso a origem dessa anomalia sejam os revestimentos ou rebocos. Porém, caso o material contaminante seja a alvenaria ou a argamassa de assentamento, o procedimento torna-se mais trabalhosa e em alguns caso inviável.

O método de controle da umidade ascendente – método C – funciona eliminando a umidade que, em alguns casos, resolverá definitivamente os problemas de degradação por sais. Porém, possui um custo elevado e pode ser de difícil execução, dependendo das características da edificação.

O método de remoção eletroquímica – método D – depende das solubilidades de sais presentes na alvenaria, não é um processo definitivo, caso não seja eliminada a fonte de sais e de umidade, e pode ocorrer alteração do pH na envolvendo dos eletrodos.

Tabela 8 - Reabilitação de eflorescências.

Objetivo	Remover eflorescências da alvenaria e eliminara causa da anomalia.	
Procedimento	Método A	Método B
	Etapa 1: escovação das superfícies com eflorescência. Etapa 2: recolher as eflorescências caídas no pavimento, evitando a penetração dos sais. Etapa 3: limpeza da superfície com pano umedecido. Etapa 4: pulverizar silício coloidal.	Etapa 1: identificar o material que está dando origem ao problema. Etapa 2: de acordo com o material contaminantes, iniciar o processo de remoção. Etapa 3: substituir o material por uma solução adequada.
	Método C	Método D
	Etapa 1: introdução de espaços vazios na base da parede, reduzindo a seção absorvente e favorecendo a evaporação. Etapa 2: injeção de produtos selantes nos furos de modo a criar uma barreira. Etapa 3: tratamento superficial do terreno, de modo a afastar a água proveniente das chuvas.	Etapa 1: umedecer a superfície com a manifestação patológica. Etapa 2: posicionar os eletrodos na área danificada. Etapa 3: aplicação de corrente elétrica, fazendo com que os cátions e ânions descoquem-se para os eletrodos de sinal contrário. Etapa 4: os ânions ficarão acumulados no eletrodo, reduzindo o teor de sais contaminantes.
Manutenção	Limpezas anuais com produtos químicos ou escovação, principalmente em juntas, para prevenir o surgimento de manchas.	

Fonte: Da autora.

5.1.4 Erosão

Segundo Bruno (2008), o processo de preenchimento das lacunas erodidas em paredes de taipa varia de acordo com a localização e as dimensões das cavidades. O processo de reabilitação deve, além de preencher as superfícies erodidas, eliminar a causa do surgimento dessa anomalia.

Para erosões na parte inferior da alvenaria de taipa é recomendado aumentar o tamanho do beiral do telhado, para evitar respingos, e controle da umidade ascendente, por métodos anteriormente descritos. Já para as erosões que ocorrem na parte superior da taipa é necessário redimensionar a distribuição das cargas e solucionar a infiltração advinda do telhado.

Pissani (2007) discorre sobre o preenchimento como reabilitação para alvenarias de taipa de mão. O processo é descrito na tabela 9.

Tabela 9 - Reabilitação de erosão, em taipas de mão e de pilão, por preenchimento.

Objetivo	Preencher lacunas erodidas, eliminar a causa da manifestação patológica e reabilitar a alvenaria de taipa.	
Procedimento	Taipa de Mão	Taipa de pilão
	<p>Etapa 1: análise do solo da taipa, como testes granulométricos e análise visual para avaliação de cor e textura.</p> <p>Etapa 2: definição dos solos e misturas a serem utilizados, de acordo com a análise elaborada.</p>	
Procedimento	<p>Etapa 3: execução de orifícios inclinados, utilizados para aderência.</p> <p>Etapa 4: aplicação do solo com as mãos, na taipa de mão.</p>	<p>Etapa 3: definição de fôrmas a serem utilizadas, de acordo com a análise elaborada.</p> <p>Etapa 4: recorde da taipa para obtenção de formas geométricas que permita a execução da reabilitação.</p> <p>Etapa 5: execução da “nova” taipa com a estrutura devidamente escorada.</p>
	Manutenção	
	Vistorias e limpeza anuais, com reposição de elementos degradados da cobertura, evitando infiltrações e verificação do sistema de drenagem.	

Fonte: Da autora.

5.1.5 Degradação material e destacamento

A degradação em alvenarias de pedra é a perda de parte dessas paredes devido ação d'água ou influência dos movimentos de expansão e contração, oriundos da variação térmica ou da atuação de sais na estrutura.

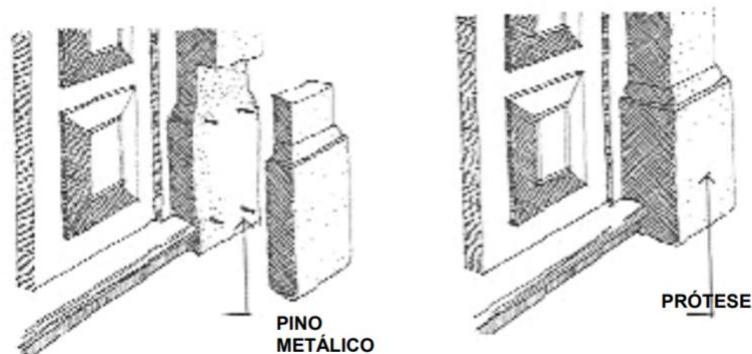
Segundo Almeida (2005) discorre sobre as possíveis reconstituição dessas alvenarias de pedra, listando duas diferentes maneiras, a reabilitação com próteses é descrita na tabela 10 e exemplificada na figura 59.

Tabela 10 - Reabilitação da deterioração e do destacamento com próteses em alvenarias de pedra.

Objetivo	Preenchimento da alvenaria deteriorada, reabilitando a pedra e eliminando a causa da anomalia.
Procedimento	<p>Etapa 1: análise técnica da pedra constituinte, obtendo cor, textura e características físicas da pedra original.</p> <p>Etapa 2: confecção do elemento a ser substituído.</p> <p>Etapa 3: aplicação da prótese.</p> <p>3.1 Pequenas dimensões: Executada apenas com auxílio de colas ou resinas, podendo ser epóxis, resinas poliéster, poliuretano e acrílica.</p> <p>3.2 Grandes dimensões: É necessário aplicação de reforço com pinos metálicos e aplicação de colas epóxis, para garantir estabilidade.</p> <p>Etapa 4: reconstituição de juntas, desfaçando a prótese com uso de resinas, garantindo perfeita integração com o material original.</p>
Manutenção	Vistorias e limpeza anuais, com reposição de elementos degradados da cobertura, evitando infiltrações e verificação do sistema de drenagem.

Fonte: Da autora.

Figura 59 - Reabilitação da deterioração com próteses em alvenarias de pedra



Fonte: SILVA ET AL (1992).

O autor disserta sobre reconstituição utilizando polímeros para reabilitações mais superficiais. O processo é descrito na tabela 11 e exemplificada na figura 60.

Tabela 11 - Reabilitação da deterioração e do destacamento com aplicação de polímeros em alvenarias de pedras.

Objetivo	Preenchimento da alvenaria deteriorada, reabilitando a pedra e eliminando a causa da anomalia.
Procedimento	<p>Etapa 1: análise técnica da pedra constituinte, obtendo cor, textura e características físicas da pedra original.</p> <p>Etapa 2: execução da pasta in situ, utilizando adregados de acordo com as características da pedra a ser restaurada, garantindo integração da cor e da textura com as originais.</p> <p>Etapa 3: adição de filtros UV, em casos com altos índices de exposição a luz.</p> <p>Etapa 4: aplicação da pasta e acabamento para reconstituição da alvenaria.</p>
Manutenção	Vistorias e limpeza anuais, com reposição de elementos degradados da cobertura, evitando infiltrações e verificação do sistema de drenagem.

Fonte: Da autora.

Figura 60 - Reabilitação da deterioração com aplicação de polímeros em alvenarias de pedras.



Fonte: ALMEIDA (2005).

Segundo Almeida (2005), para combater a umidade ascendente por capilaridade é possível realizar um processo que consiste em corte da alvenaria e aplicação de resinas poliéster, formando barreiras físicas ao longo da alvenaria. O corte deve ser executado de maneira a garantir a estabilidade da estrutura.

5.1.6 Fatores Biológicos

Para o desenvolvimento de fungos é necessário que o revestimento possua nutrientes e porosidade necessários e que a umidade existente seja suficiente para germinação dos esporos. Essa umidade pode advir de diversos fatores como umidade ascendente por capilaridade, infiltrações pelo telhado ou umidade relativa do ar em torno de 80% (SHIRAKAWA, 1995).

O processo de reparo, segundo Shirakawa (1995), é descrito na tabela 12.

Tabela 12 - Reabilitação de bolores em alvenarias de tijolo cerâmico.

Objetivo	Remover manchas, reabilitando a alvenaria e eliminando a causa da anomalia.
Procedimento	<p>Etapa 1: remover revestimentos degradados.</p> <p>Etapa 2: lavar e escovar com hipoclorito de sódio o revestimento remanescente com hipoclorito de sódio.</p> <p>Etapa 4: execução de novo revestimento.</p> <p>OBSERVAÇÃO: Para tratamento da umidade ascendente pode-se utilizar o processo descrito no <i>item 4.1.5</i>.</p>
Manutenção	Limpezas anuais com detergente neutro.

Fonte: Da autora.

5.2 Reabilitações de nível II

5.2.1 Fissuras

5.2.1.1 Vergas e Contravergas

De acordo com Rocha (2018), nas regiões de abertura ocorrem concentrações de tensões que devem ser absorvidas pelas vergas e contravergas. As fissuras nesses elementos ocorrem quando mal executadas ou quando ausentes na edificação. O processo de reabilitação de acordo com Ambigro (2018) para esse caso é descrito na tabela 13.

Tabela 13 - Reabilitação de fissuras devido à má execução ou inexistência de vergas e contravergas.

Objetivo	Restaurar fissuras e tornar operantes as vergas e contravergas, em suas funções de absorver esforços.
Procedimento	<p>Etapa 1: realizar cortes na alvenaria.</p> <p>Etapa 2: limpeza e remoção da verga e/ou contraverga inoperante.</p> <p>Etapa 3: execução de verga e/ou contraverga em concreto armado de acordo com:</p> <p>3.1 Em vãos inferiores a 1,20 metros: 2 a 3 barras de ϕ 10 mm e argamassa de 1:3;</p> <p>3.2 Em vão entre 1,20 e 2,40 metros: 2 barras de ϕ 5 mm e estribo de ϕ 5 mm com espaçamento de 20 centímetros.</p> <p>3.3 Em vãos maiores a 2,4 metros: Calculado como vigas de concreto.</p> <p>As vergas e contravergas devem ter no mínimo 20 centímetros de altura e ultrapassar os vãos em 30 centímetros para cada lado.</p>
Manutenção	Vistorias anuais e correção da anomalia em estágios iniciais.

Fonte: Da autora.

Em alvenarias de taipas as vergas e contravergas são executadas, normalmente, em madeira. Katinsky (1973) aponta uma solução, ilustrada na figura 61, onde as peças horizontais são maiores que o vão final, estando encravadas na parede de taipa no mínimo de 14 centímetros de cada alado.

Figura 61 - Solução em madeira para vergas e contravergas em alvenarias de taipas.



Fonte: KATINSKY, 1973

5.2.1.2 Outras fissuras

Segundo Ripper e Souza (1998), quando as fissuras são mais superficiais o tratamento é mais simples, podendo utilizar nata de cimento, com aditivo expensor, como solução. Em outras situações é necessário utilizar resinas epoxídicas.

Algumas soluções para o preenchimento dessas fissuras são descritas nas tabelas a seguir, de acordo com Thomaz (1989) e Ripper e Souza (1998). Entretanto a primeira medida para a reabilitação é a eliminação do agente causador da fissura, para que o tratamento não se torne paliativo.

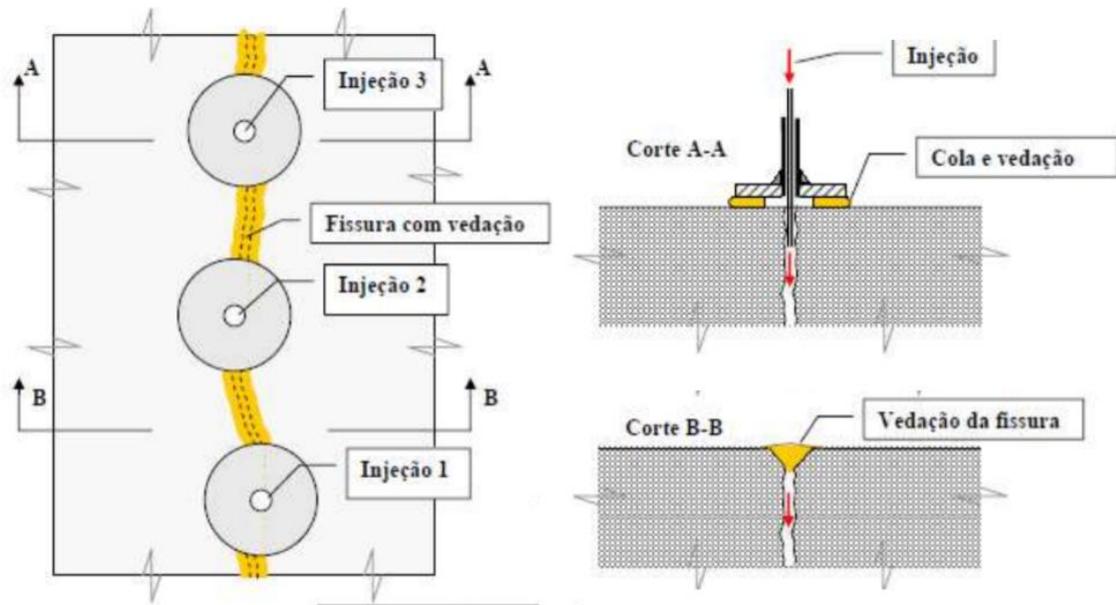
A técnica de injeção de fissuras, descrita na tabela 14 e exemplificada na figura 62, é recomendada, segundo Ripper e Souza (1998), para fissuras superiores a 0,1 milímetros, utilizando baixa pressão para o preenchimento, e em fissuras superiores a 3,0 milímetros com pequena profundidade, utilizando a gravidade para preenchimento.

Tabela 14 - Reabilitação de fissuras por injeção.

Objetivo	Preencher fissuras passivas e ativas, reabilitando alvenarias.
Procedimento	<p>Etapa 1: abertura de furos ao longo da fissura com diâmetro de 10 mm e profundidade de no máximo 30 mm, com espaçamento entre 50 e 300 mm.</p> <p>Etapa 2: limpeza da fissura e dos furos, com ar comprimido, para remover particular soltas.</p> <p>Etapa 3: fixação de tubinhos plásticos nos furos com diâmetro imediatamente inferior, para injeção dos produtos. E selagem com cola epoxídica ao redor dos tubos, para garantir fixação.</p> <p>Etapa 4: testar eficiência do sistema de furos, com ar comprimido, garantido que não haja obstrução dos tubinhos. Caso exista tubinhos obstruídos, deverá ser reduzido o espaçamento entre os furos obstruídos.</p> <p>Etapa 5: iniciar a injeção, tubo a tubo, com pressão crescente, iniciando pelos pontos de contas para baixas. O próximo tubo deve estar aberto e deve-se prosseguir com a injeção até a saída de material pelo próximo tubo.</p>
Manutenção	Vistorias anuais, evitando infiltrações, ataque de agentes externos e mau uso da edificação.

Fonte: Da autora.

Figura 62 - Reabilitação de fissuras por injeção



Fonte: RIPPER E SOUZA (1998).

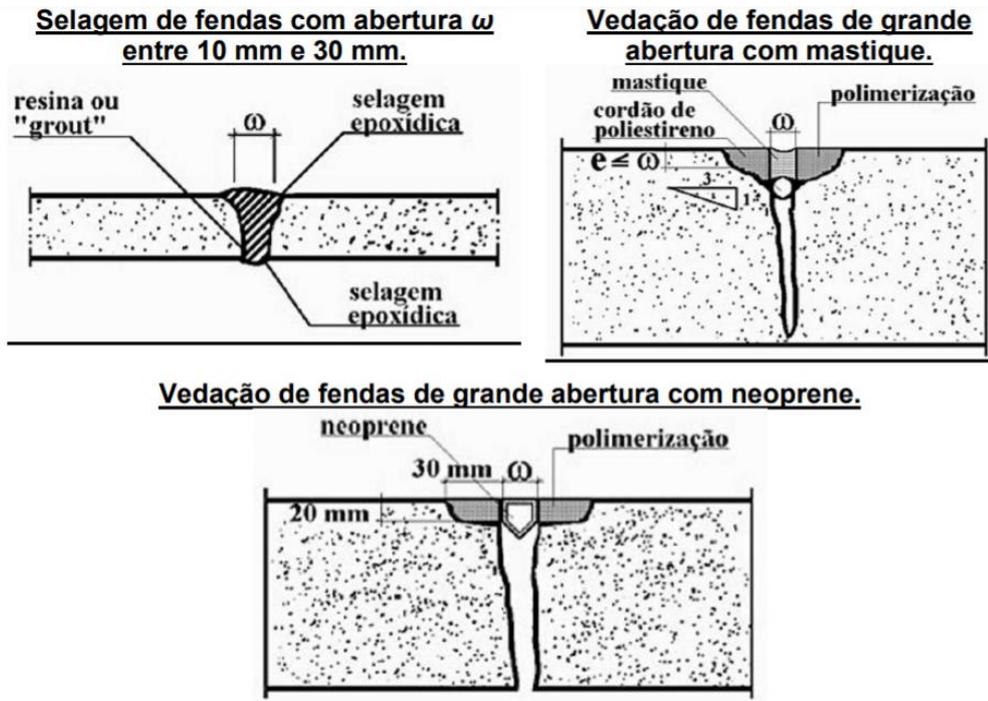
A solução de reabilitação de fissuras por selagem, expressa na tabela 15 e exemplificada na figura 63, é recomendada para fissuras ativas e necessita utilizar um material aderente, resistente mecânica e quimicamente, não retrátil e com módulo de elasticidade suficiente para adaptar-se as possíveis deformações da fissura.

Tabela 15 - Reabilitação de fissuras por selagem.

Objetivo	Preencher fissuras ativas, reabilitando alvenarias.	
Procedimento	<p>Abertura entre 10 e 30 mm</p> <p>Etapa 1: limpeza da superfície da fissura, com ar comprimido.</p> <p>Etapa 2: preenchimento da fissura, sempre na mesma direção com grout.</p> <p>Etapa 3: selagem convencional de bordas com produtos à base de epóxi.</p>	<p>Abertura maior que 30 mm</p> <p>Etapa1: limpeza da superfície da fissura, com ar comprimido.</p> <p>Etapa 2: inserção de cordão em poliestireno extrudado para servir de apoio.</p> <p>Etapa 3: selagem com mastique.</p> <p>OBSERVAÇÃO: Caso deseje utilizar juntas de Neoprene que deverão aderir as bordas da fissura, devidamente reforçadas, não é necessário usar o cordão de poliestireno.</p>
Manutenção	Vistorias anuais, evitando infiltrações, ataque de agentes externos e mau uso da edificação.	

Fonte: Da autora.

Figura 63 - Reabilitação de fissuras por selagem.



Fonte: RIPPER E SOUZA (1998).

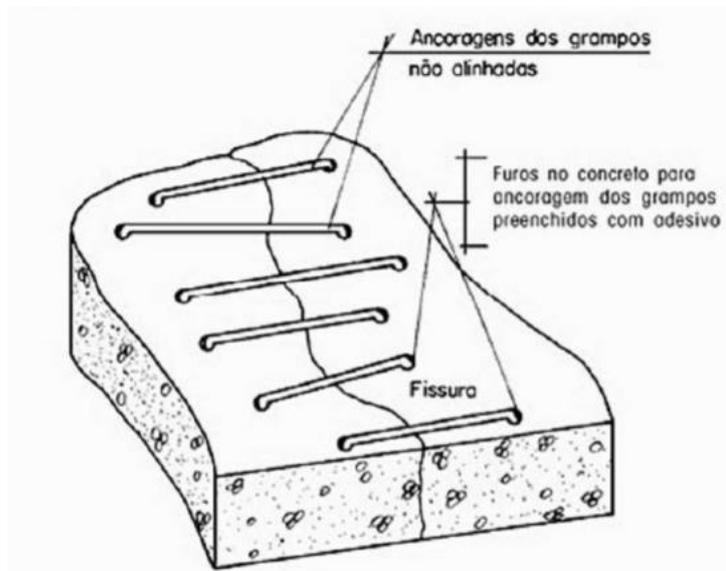
Ripper e Souza (1998) decorrem ainda sobre outra técnica, utilizada quando a causa da fissura é a capacidade resistente. A técnica, nomeada de grampeamento de fissuras, descrita na tabela 16 e exemplificada na figura 64, é controversa já que ao mesmo passo que aumenta a rigidez de maneira pontual na estrutura, podem surgir fissuras no local de aplicação da técnica.

Tabela 16 - Reabilitação de fissuras por grampeamento.

Objetivo	Reforçar estruturas, assegurando aumento da resistência a tração, e reabilitando alvenarias.
Procedimento	<p>Etapa 1: descarregamento da estrutura, sempre que possível.</p> <p>Etapa 2: execução de berços na superfície, para assentamento das barras.</p> <p>Etapa 3: execução de furos para amarração das extremidades dos grampos, devidamente preenchidos de com adesivo apropriado.</p> <p>Etapa 4: injeção de resinas epoxínicas ou cimentícias na fissura, selando a um nível inferior ao dos berços executados.</p> <p>Etapa 5: colocação dos grampos.</p> <p>Etapa 6: complementação dos berços com o mesmo adesivo utilizado para selagem.</p> <p>OBSERVAÇÃO: As fissuras devem ser costuradas nos dois lados da peça, caso seja uma peça tracionada.</p>
Manutenção	Vistorias anuais, evitando infiltrações, ataque de agentes externos e mau uso da edificação.

Fonte: Da autora.

Figura 64 - Reabilitação de fissuras por grampeamento



Fonte: RIPPER E SOUZA (1998).

5.3 Reabilitações de nível III

5.3.1 Fissuras

5.3.1.1 Causadas por recalque do solo

Segundo Thomaz (1989), a reabilitação definitiva deve ser direcionada para a causa da manifestação patológicas. Todas as medidas devem ser executadas para minimizar ou eliminar a causa.

De acordo com Rocha (2018), a recuperação em si somente deve ser executada após a estabilização da origem da anomalia. Para manifestações patológicas relacionadas com recalques diferenciais, o processo de reabilitação deve ser iniciado apenas após a ausência de movimentação do solo. Uma solução para as fissuras é explicada na tabela 17.

Tabela 17 - Reabilitação de fissuras causadas por recalque.

Objetivo	Solucionar as fissuras causadas por recalque do solo, reabilitando a alvenaria.
Procedimento	<p>Etapa 1: remover o revestimento da argamassa em, pelo menos, uma largura de 30 centímetros.</p> <p>Etapa 2: limpeza para garantir melhor aderência.</p> <p>Etapa 3: fixação da fita adesiva, com no mínimo 3 centímetros, selando a fissura dos dois lados da alvenaria.</p> <p>Etapa 4: introdução da tela metálica, que absorverá as solicitações não previstas.</p> <p>Etapa 5: aplicação do revestimento com argamassa, recebendo os devidos revestimentos.</p>
Manutenção	Vistorias anuais e identificação da anomalia em estágios iniciais.

Fonte: Da autora.

5.3.2 Rotação de paredes

Reis (2011) elucida que a reabilitação tem como objetivo garantir a estabilidade da edificação, mantendo, sempre que possível, a geometria e materiais da solução inicial, procurando processos de intervenção menos intrusivos.

Rodrigues (2010) e Reis (2011) propõem como solução para rotação de paredes o uso de tirantes, objetivando reposicionar a parede e repor sua verticalidade. Abordaremos a aplicação de tirantes interno na ligação de paredes, garantindo travamento das zonas que se deslocam da estrutura. A principal vantagem da colocação de tirantes internos é a realização da ligação simultânea entre pisos, paredes e cobertura. Esse processo é descrito na tabela 18.

Tabela 18 - Reabilitação de rotação de parede por tirantes internos.

Objetivo	Garantir travamento a estrutura e verticalização das paredes, reabilitando a rotação de paredes.
Procedimento	Antes da instalação é necessário um pré-tensão para assegurar que o tirante seja solicitado, quando instalado. Ancoragem das varas de aço de forma simétrica, funcionando a tração, ligando paredes opostas. As varas devem ter um sistema de ajuste de tensão, para compensar eventuais extensões ou perdas que ocorram com o tirante.
Manutenção	Checar periodicamente as cargas atuantes nos tirantes.

Fonte: Da autora.

5.3.3 Fatores biológicos

O ataque de cupins em paredes de taipa de mão pode representar danos a estabilidade da estrutura, por atacarem as tramas de madeira, que servem para aumentar a resistência da alvenaria de taipa de mão. A tabela 19 descreve o processo, de acordo com Fontes & Cunhas (2018), de eliminação da infestação de cupins.

Tabela 19 - Reabilitação de ataque de cupins a alvenarias de taipa.

Objetivo	Eliminar infestação de cupins, reabilitando a alvenaria de taipa.
Procedimento	Etapa 1: diagnóstico da infestação, visando identificar o tipo de cupim e a extensão da infestação. Etapa 2: controlar a infestação, de acordo com o tipo de cupim, com tratamentos químicos. Esse processo deve ser feito por um profissional de controle de pragas. Etapa 3: reconstruir a taipa degradada de acordo com os processos descritos na tabela 7 - Reabilitação de erosão em taipas de mão e de pilão por preenchimento. OBSERVAÇÃO: de acordo com o nível de deterioração da trama que sofreu o ataque de cupins é necessária sua substituição. Podendo ser executada apenas como reforço, no local atingido, se constatado que a infestação foi local e que a estabilidade da parede não está danificada. Caso contrário, é necessário a reconstrução de toda a alvenaria, seguindo os protocolos de escoramento e as técnicas de construção adequadas para taipas de mão.
Manutenção	Vistorias e limpezas anuais para evitar infestações.

Fonte: Da autora.

6 COMENTÁRIOS FINAIS

Os estudos dos centros históricos revelam as influências do povoamento português e do papel religioso da maioria das edificações que os compõem. É possível perceber as influências dos estilos *art nouveau*, barroco, rococó, neoclássico e colonial nas edificações que representam os centros históricos.

Além disso, foi possível identificar as tipologias construtivas dos centros históricos, caracterizando-as por suas propriedades mecânicas. Sendo identificadas como mais usuais as alvenarias de pedra, de tijolos cerâmicos e de taipa.

O levantamento realizado dos principais danos que acometem as alvenarias tradicionais aponta a umidade como principal causa ou fator determinante para progressão dos danos. Nas alvenarias de taipa, a manifestação patológica mais comum é a erosão, em razão das falhas na cobertura. Já nas paredes de cantaria, o principal dano é a degradação material, associada às infiltrações e à umidade ascendente. Nas alvenarias de tijolo cerâmico, as anomalias usualmente identificadas são os destacamentos do revestimento cerâmico e as manchas, devido a sais ou fatores biológicos, em ambos os casos a umidade é motor da propagação dos danos.

O manual de reabilitação de alvenarias tradicionais, desenvolvido neste trabalho, descreve métodos de restauro que garantem segurança e conservação das edificações. Além disso, preservam as características arquitetônicas e a noção histórica do patrimônio.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBUQUERQUE, Marcos. Arqueologia do Forte dos Reis Magos em Natal. **DaCultra**, a. 13, n. 24, p. 22-31. 2014

ALMEIDA, Frederico. **Manual de conservação de cantarias – 2ª edição**. IPHAN – Programa Monumenta. 2005.

ALVES, André; SANTOS, Francisco; BRANDÃO, Francisco; MESQUITA, Esequiel; DIOGENES, Aldecira. **Estimativa do módulo de elasticidade global de uma edificação histórica de alvenaria de tijolos maciços pelo método ultrassônico**. CBPAT- Congresso Brasileiro de Patologia das Construções, 2016.

ALVES, Vicente Eudes Lemos. As bases históricas da formação territorial piauiense. **Geosul**, Florianópolis, v. 18, n. 36, p. 55-76, 2003.

AMBIAGRO – Núcleo de Pesquisa em Ambiente e Engenharia de Sistemas Agroindustriais. **Apostila técnicas construtivas**. Departamento de Engenharia Agrícola – UFV, 2018. Disponível em: <http://arquivo.ufv.br/dea/ambiagro/gallery/publicacoes.html>. Acesso em: 02 de fevereiro 2021.

ANDRADE, Jean Carlos Silva. **Estudo e caracterização de matérias-primas para o desenvolvimento de blocos sílico-calários**. 2009. Dissertação de Mestrado em Tecnologia de Materiais; Projetos Mecânico; Termociências. Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal.

ANTONINO, Fabio de Lacerda. **Trincas em alvenarias de vedação ou convencional**. 2019.

ARAÚJO, Emanuel, SOUSA, Israel; PAZ, Rosimeire; COSTA, Carlos H.; MESQUITA, Esequiel. **Physical and mechanical characterization of traditional Brazilian clay bricks from different centuries**. Journal of Building Pathology and Rehabilitation, v. 5, n. 1, p. 1-12, 2020.

ARAÚJO, Maria das Graças. **O povoamento norte-rio-grandense na segunda metade do século XVII e século XVIII**. 1997.

ARÊDE, A.; COSTA, A.; GUEDES, J.; PAUPÉRIO, E. **Reforço de Estruturas de Alvenaria de pedra contribuições do NCREP - FEUP**. 2º Jornadas de Engenharia Civil da Universidade de Aveiro - Avaliação e Reabilitação das Construções Existentes, Universidade de Aveiro, Aveiro, 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12118: blocos vazados de concreto simples para alvenaria – métodos de ensaio**. Rio de Janeiro, 2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13245: tintas para construção civil – execução de pinturas em edificações não industriais – preparação de superfície**. Rio de Janeiro, 2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14974: Bloco silício-calcário para alvenaria.** Rio de Janeiro, 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15270-1: componentes cerâmicos. parte 1: blocos cerâmicos para alvenaria de vedação – terminologia e requisitos.** Rio de Janeiro, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6136: requisitos para blocos de concreto.** Rio de Janeiro, 2008.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7170: Tijolo maciço cerâmico para alvenaria.** Rio de Janeiro, 1983.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8491: Tijolo solo-cimento - Requisitos.** Rio de Janeiro, 2012.

BARBOSA, Fernando B.; JOHN, Leandro M.; SILVA, Valter E.; SILVA, Elaine Cristina R. **Um comparativo entre os blocos cerâmicos utilizados nas edificações de Caruaru – Estudos preliminares.** Caruaru, 2011.

BREITBACH, Aécio de Miranda; MARCHIORI, Fernanda Fernandes. **Avaliação de Manifestações patológicas frequentes de pintura externas em Florianópolis.** Rehabend, p. 24-27, 2016.

BRUNO, Patrícia. **Patologias e reparação de paredes de taipa–uma abordagem genérica.** 2008.

CAPORRINO, Cristiana Furlan. **Patologias em alvenarias.** Editora oficina de textos. 2ª ed. São Paulo, 2018. 96p

CHAVES, Ana Margarida Vaz Alves. **Patologia e reabilitação de revestimentos de fachadas.** Tese de Doutorado, 2009.

COMITÉ EUROPÉEN DE NORMALISATION. **EN 1996-1: Eurocode 6 - Design of masonry structures - Part 1-1: General rules for reinforced and unreinforced masonry structures.** 2005.

COSTA, Aníbal G.; ARÊDE, António; GUEDES, João; PAUPÉRIO, E. **Metodologias de intervenção no património edificado.** 2º Seminário "A Intervenção no Património. Práticas de Conservação e Reabilitação, Porto, 2005.

CUNHA, George Henrique de Moura. Ensaio sobre a economia da província do Ceará durante do século XIX. **Revista Economia Política do Desenvolvimento,** Maceió, v.5, n. 7, p. 98-111. 2018.

DA SILVA, Maria Angélica; MUNIZ, Bianca Machado. A cidade que abraça uma rocha: histórias de penedo do rio São Francisco, alagoas. **Geonomos,** Minas Gerais, v. 24, n. 2, p. 125-134. 2016.

DE ALMEIDA, Celeste Maria Nunes Vieira. **Paredes de alvenaria do Porto. Tipificação e caracterização experimental.** Dissertação do Doutorado em Engenharia Civil, Universidade do Porto, 2013.

DE CASTRO, Marco Antonio Rosa. **Alvenaria estrutural em bloco cerâmico e suas principais patologias.** 2015.

DE OLIVEIRA, Alexandre Magno. **Fissuras, trincas e rachaduras causadas por recalque de diferencial de fundações.** 2012.

DE OLIVEIRA, Almir Leal. A força periférica da empresa comercial do charque. **CEDOPE**, Curitiba, p. 110- 118. 2011.

DE REZENDE, Marco Antonio Penido. Taipa de pilão histórica: roteiro para reconstituição. **Arquitetura Revista**, v. 8, n. 2, p. 101-107. 2012.

EIJK, Dries Van. **Restauro de taipa de pilão: Aspectos de materiais, técnicas construtivas, patologias e restauração.** 2005. Tese de Doutorado. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Niterói: UFF.

EN 1996-1-1: 2005. **Eurocode 6 – Part 1-1: General Rules for Reinforced and Unreinforced Masonry Structures.** Brussels CEN, 2005.

FERNANDEZ, Rosa Amélia Flores. **Estudo Da Taipa de Pilão Visando Às Intervenções Em Edificações De Interesse Cultural.** UFBA/FAU, 1995.

FERREIRA, Antonio José de Araújo. **Políticas territoriais e a reorganização do espaço maranhense.** 2008. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

FONTES, Luiz; CUNHAS, Horácio. **Sugestões de controle de cupins em bens culturais - Fatores biológicos que deterioram bens culturais.** 2018

FRANÇA, Danilo de Araújo; SIMÕES, Marina Teixeira. **Tijolo Solo-Cimento: Processo produtivo e suas vantagens econômicas e ambientais.** 2018.

FREIRE, Felisbello. História de Sergipe. **Editora Vozes**, Aracaju 1977.

GOMES, M. I. **Conservação de construções de taipa: argamassas de reparação.** Tese de Doutoramento. Faculdade de Ciências e Tecnologias da Universidade Nova de Lisboa, 2013.

GONÇALVES, Mayckaell de Figueiredo. **Estudo comparativo entre blocos cerâmicos, blocos de concreto e blocos solo-cimento para execução de alvenaria.** 2016. Juazeiro do Norte-CE.

GUEDES, Paulo Henrique Marques de Queiroz. **No íntimo do sertão: poder político, cultura e transgressão na capitania da Paraíba (1750-1800).** 2013.

GUPTA, Divay. **Conserving the Heritage in Ladakh case study of Basgo temples.** 9th International Conference on the Study and Conservation of Earthen Architecture – Terra 2003, Yazd, Iran, p. 221-253.

GUTERRES, P. C. **Argamassas de reabilitação: estudo da sua utilização e do seu comportamento para o tratamento e recuperação de construções afetadas por eflorescências.** Tese de Doutorado em Engenharia Civil – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2009.

HOUBEN, Hugo, GUILLAUD, Hubert. **Earth construction: a comprehensive guide.** ITDG Publishing, London, 1994.

IANTAS, Lauren Cristina. **Estudo de caso: análise de patologias estruturais em edificações de gestão pública.** Monografia, Especialização - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2010.

INSTITUTO DA CONSTRUÇÃO DA UNIVERSIDADE DO PORTO. **Relatório de inspeção / Indicação de intervenção.** Universidade do Porto, 2012.

INSTITUTO BRASILEIRO DE DESENVOLVIMENTO DA ARQUITETURA - IBDA. **Alvenaria Estrutural: vantagens, desvantagens e cuidados.** Disponível em: <http://www.forumdaconstrucao.com.br/conteudo.php?a=7&Cod=1252>. Acesso em: 7 de dezembro de 2020.

JEANNET, Jacky; PIGNAL, Bruno; POLLET, Gérard; SCARATO, Pascal. **LE PISÉ Patrimoine, Restauration, Technique d'avenir.** Editions CRÉER 63340 Nonette; ISBN 2-909797-94-5, 2003.

KATINSKY, Júlio Roberto; MOTTA, Flavio Lichtenfels. **Casas bandeiristas: nascimento e reconhecimento da arte em São Paulo.** 1973. Universidade de São Paulo, São Paulo, 1973.

MAGALHÃES, A. Cristian – **Patologia de rebocos antigos.** LNEC, Cadernos de Edifícios, nº 2, 2002.

MAIA, Geraldo. A colonização do sertão nordestino. **Blog do gemaia.** 27 de junho de 2009. Disponível em: <http://www.blogdogemaia.com/detalhes.php?not=165>. Acesso em: 09 de abril de 2021.

MARTINS, João Abel Vinagre Correia. **Patologia em paredes de alvenaria de tijolo.** 2010. Tese de Doutorado.

MEDEIROS, Mércia Carréra de. **A lógica de planejamento português na capitania de Pernambuco: 1535 a 1555.** 2011.

MEHTA, P. Kumar & MONTEIRO, Paulo J. M. **Concreto: Microestrutura, Propriedades e Materiais.** 3. ed. São Paulo, IBRACON, 2008. 660p.

MESBAH, A.; MOREL J.C.; GENTILLEAU J.M.; OLIVIER M. **Solutions techniques pour la restauration des remparts de Taroudannt (Maroc).** Terra 2000: 8th

international conference on the study and conservation of earthen architecture, Torquay, Devon, UK, May 2000. London: James & James, 2000, p. 266-271, ISBN 1-902916-05-0.

MESQUITA, Esequiel. Engenharia do Patrimônio. 1 ed. **Íthala**, Curitiba. 2019. ISBN 978-85-5544-175-2.

MINKE, Gernot. Manual de construcción en tierra: la tierra como material de construcción y sus aplicaciones en la arquitectura actual. 1 ed. **Nordan-Comunidad**, Uruguai. 2001.

MORAIS, Ana Isabel Barbosa – **Soluções de Reabilitação de Fachadas com Revestimentos em Ladrilhos Cerâmicos**. Porto, 2007

NOGUEIRA, Sônia Aparecida. Técnicas tradicionais da construção no trabalho de conservação e restauração arquitetônica: a experiência da Casa de Oswaldo Cruz na preservação do Pavilhão Mourisco. **História, Ciências, Saúde - Manguinhos**, v. 27, n. 2, p. 607-636, 2020.

OLENDER, Mônica Cristina Henriques Leite. **A técnica do pau-a-pique: subsídios para a sua preservação**. Dissertação de Mestrado em Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal da Bahia, Salvador – BA, 2006.

OLIVER, Anne. **Fort Selden Adobe Test Wall Project – Phase I Final Report, Historic Preservation and Architectural Conservation**. Socorro, New Mexico, 2000.

PIRES, Rita; DE BRITO, Jorge; AMARO, Bárbara. Sistema de inspeção, diagnóstico e reabilitação de revestimentos por pintura em fachadas rebocadas. **Revista Construlink**, Lisboa, v. 11, p. 32-38, 2013.

PISANI, Maria Augusta Justi. Restauração das paredes de taipa paulista. **Revista ae ensaios**, Rio de Janeiro, v. 2, n. 1. 2007.

PISANI, Maria Augusta Justi. Taipas: a arquitetura de terra. **Revista Sinergia**, Rio Grande do Sul, v. 5, n. 1, p. 09-15, 2004.

POLITO, Giulliano. **Principais sistemas de pinturas e suas patologias**. Belo Horizonte, março, p. 1-62, 2006.

PRESA, Marcello Bastos. **Resistência à compressão e absorção de água em tijolos de solo cimento**. Universidade de Brasília, Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Brasília – DF, 2011.

PUIM, Pedro Garoupa Albergaria de Chaves. **Controlo e reparação de anomalias devidas à presença de sais solúveis em edifícios antigos**, 95 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa, 2010.

REGO, J. M. M. M. **Desenvolvimento de um plano de monitorização a implementar na igreja de São Lourenço.** 2016. Tese de Doutoramento. Dissertação de Mestrado. Universidade do Porto, Portugal.

REIS, Maria João Monteiro et al. **Inspecção e proposta de reabilitação de um edifício de alvenaria de pedra.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade do Porto, 2011.

RIBEIRO, Iracira José da Costa; BARBOSA, Gerson Emídio; SILVA, Osmando da; ARAÚJO, Debora Thais Rodrigues de; LUCENA, Adri Duarte. Implantação de métodos de tratamento para combater as eflorescências. **Revista Principia**, Paraíba, n. 38, p. 43-53, João Pessoa, 2018.

ROCHA, Guilherme Carneiro. **Soluções para recuperação de fissuras em uma edificação inserida no programa social Minha Casa Minha Vida.** Niterói, 2018

RODRIGUES, Jorge Miguel Vital. **Principais técnicas de consolidação e reforço de paredes de edifícios antigos.** Tese de Doutoramento. Faculdade de Ciências e Tecnologia, 2010.

RODRIGUES, M. Paula; EUSÉBIO, M. Isabel; RIBEIRO, Alejandro. Revestimentos por Pintura. Defeitos, Causas e Reparação. **LNEC**, Lisboa 2006.

RODRIGUES, Paulina Faria. Paredes de terra crua: condicionantes associadas aos revestimentos. **Revista Pedra & Cal**, Lisboa, n. 24, p. 14-15, 2004.

Roque, João C. Almendra (2002). **Reabilitação estrutural de paredes antigas de alvenaria.** Braga: Universidade do Minho. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil

ROTONDARO, Rodolfo. **Adobe. Técnicas en construcción con tierra. Red Iberoamericana.** PROTERRA, Bauru, Brasil, p. 16-25, 2011.

RUBENS, Tallis; OLIVEIRA, Fabiana; MESQUITA, Esequiel. **Caracterização de tijolos históricos luso-brasileiros pelo método ultrassônico.** 15º Congresso Internacional de Patología y Recuperación de Estructuras. 2019.

SAIA, Luís. Compromisso de Brasília. **Revista de História**, São Paulo, v. 41, n. 84, p. 453-484, 1970.

SAMPAIO, GUILHERME SANTOS. **Estudo interdisciplinar da viabilidade de aplicação do tijolo de solo-cimento na construção civil: economia aliada à sustentabilidade.** FATEA, 2015.

SANTOS, Fabricio Lyrio. **Da catequese à civilização: colonização e povos indígenas na Bahia.** 2014

SARMENTO, Christiane Finizola. **Povoações, freguesias e vilas na Paraíba Colonial: Pombal e Sousa, 1697-1800.** 2007. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Norte.

SCHMIDT, Carlos Borges. **Construções de Taipa**. Boletim de Agricultura, São Paulo, Secretaria da Agricultura do Estado de São Paulo, 1949.

SCHMIDT, Carlos Borges. **Construções de taipa: alguns aspectos de seu emprego e da sua técnica**. São Paulo: Secretaria da Agricultura, 1946.

SHIRAKAWA, M. A. **Identificação de fungos em revestimentos de argamassa com bolor evidente**. Goiânia, 1995.

SILVA, Eliane Azevedo; DE MEDEIROS, Jorge Passos; DE GOIS, Tânia Lemos Cruz. **Manual do morador de Olinda**. Fundação Centro de Preservação dos Sítios Históricos de Olinda. Olinda, 1992.

SILVA, Paulo Rogério de Freitas; CALHEIROS, Silvana Quintella Cavalcanti; O estado de Alagoas no contexto regional nordestino. **Confins (online)**. n. 41. setembro de 2019. Disponível em: <http://journals.openedition.org/confins/21096>. Acesso em 08 de dezembro de 2020.

SILVA, R. **Caracterização Experimental de Alvenaria Antiga: Reforço e Efeitos Diferidos**. Dissertação de Mestrado, Escola de Engenharia da Universidade do Minho, Braga, 2008.

SILVA, Vlândia da; ALENCAR, Francisco Amaro Gomes. Formação territorial do Ceará: das 16 vilas originais aos 184 municípios atuais. **Boletim Goiano de Geografia**, Goiânia, v.35, n.1, p.53-69. 2015.

SILVESTRE, J. Dinis. **Sistema de Apoio à inspeção e diagnóstico de anomalias em revestimentos cerâmicos aderentes**. Dissertação do Mestrado em Construção, Instituto Superior Técnico da Universidade Técnica de Lisboa, 2005.

SOUSA, A. M. D.; MOURA, D. S. S.; PASKOCIMAS, C. A.; VARELA, M. L. Propriedades físico-mecânicas de blocos sílico calcários incorporando resíduo calcário. **Holos (online)**, v. 3, p. 41-55. 2011.

SOUZA, Vicente Custódio de; RIPPER, Thomaz. **Patologia, recuperação e reforço de estruturas de concreto**. 1ª ed. São Paulo, Pini, 1998.

THOMAZ, Ercio. **Trincas em edifícios: causas, prevenção e recuperação**. Editora Pini. São Paulo, 1989.

VARUM, Humberto et al. **Ensaio de caracterização do comportamento estrutural de construções existentes em adobe**. Proc. of V SIACOT Seminário Ibero-Americano de Construção com terra and I Seminario Argentino de Arquitectura y Construcción con tierra, p. 73-74, 2006.

ZUCHETTI, Pedro Augusto Bastiani. **Patologias da construção civil: investigação patológica em edifício corporativo de administração pública no Vale do Taquari/RS**. Trabalho de Conclusão de Curso. 2016.

APÊNDICE A – Reabilitação de desprendimento precoce da pintura

Objetivo	Remover a pintura desprendida, regularizar o substrato e eliminar a causa da anomalia	
Procedimentos	<p>Etapa 1: para superfícies com imperfeições, lixar, eliminar o pó, nivelar com massa corrida.</p> <p>Etapa 2: limpeza com pano ou esponja macia e detergente neutro e, em seguida, limpar com pano umedecido de água.</p> <p>Etapa 3: aplicação do selador.</p>	
	<p align="center">Pinturas Internas</p> <p>Etapa 4: aplicação massa PVA.</p> <p>Etapa 5: aplicação da tinta diluída a 50%.</p> <p>Etapa 6: aplicação de tinta látex (2 a 3 demãos.)</p>	<p align="center">Pintura Externas</p> <p>Etapa 4: aplicação de massa acrílica.</p> <p>Etapa 5: aplicação de tinta diluída a 50%.</p> <p>Etapa 6: aplicação de tinta acrílica (2 a 3 demãos).</p>
Manutenção	Limpezas anuais da superfície para remoção de maresia, poluição e outros contaminantes.	

Fonte: Da autora.

APÊNDICE B – Reabilitação de bolhas em pinturas

Objetivo	Remover bolhas da pintura, regularizar o substrato e eliminar a causa da anomalia.	
Procedimento	Caso as bolhas não baixarem	Caso as bolhas baixarem
	<p>Etapa 1: remoção completa, por raspagem, da pintura.</p> <p>Etapa 2: remover imperfeições, lixando a superfície.</p> <p>Etapa 3: realizar limpeza com esponja ou pano úmido e detergente neutro e em seguida limpeza com pano úmido.</p> <p>Etapa 4: aplicação de massa acrílica.</p> <p>Etapa 5: aplicação de selador.</p> <p>Etapa 6: aplicação de tinta</p>	<p>Etapa 1: identificar a fonte de umidade e eliminá-la.</p> <p>Etapa 2: remoção completa, por raspagem, da pintura.</p> <p>Etapa 3: remover imperfeições, lixando a superfície.</p> <p>Etapa 4: realizar limpeza com esponja ou pano úmido e detergente neutro e em seguida limpeza com pano úmido.</p> <p>Etapa 5: aplicação de selador.</p> <p>Etapa 6: aplicação de tinta.</p>
Manutenção	Manutenção da tubulação para não surgir umidade e limpeza anuais da superfície para manutenção da pintura.	

Fonte: Da autora.

APÊNDICE C – Reabilitação de destacamentos cerâmicos, mantendo a solução original.

Objetivo	Remover revestimentos cerâmicos degradados, regularizar camada de suporte e eliminar a causa da anomalia.
Procedimento	<p>Etapa 1: remoção do revestimento cerâmico degradado.</p> <p>Etapa 2: picagem na camada de assentamento, caso reste pontos com argamassa de assentamento.</p> <p>Etapa 3: estabilização da camada de suporte, podendo ser:</p> <p>3.1 Reforço localizado com peças metálicas.</p> <p>3.2 Grampeamento de paredes a outros elementos.</p> <p>Etapa 4: preparação da camada de suporte, definindo a largura das juntas entre os revestimentos cerâmicos e executando uma camada de regularização, se necessário.</p> <p>Etapa 5: aplicação do material de assentamento, podendo ser:</p> <p>5.1 Colagem simples, quando a argamassa de assentamento é aplicada apenas na camada de suporte.</p> <p>5.2 Colagem dupla, quando a argamassa de assentamento é aplicada na camada de suporte e na peça do revestimento.</p> <p>Etapa 6: execução das juntas de revestimento cerâmico.</p> <p>Etapa 7: aplicação de rejunte.</p> <p>Etapa 8: limpeza da superfície do revestimento cerâmico, com auxílio de pano umedecido em movimento diagonal, para não prejudicar as juntas preenchidas.</p>
Manutenção	Vistorias anuais do sistema de rejuntamento quando a presença de furos ou fissuras.

Fonte: Da autora.

APÊNDICE D – Reabilitação de eflorescências

Objetivo	Remover eflorescências da alvenaria e eliminara causa da anomalia.	
Procedimento	Método A	Método B
	<p>Etapa 1: escovação das superfícies com eflorescência.</p> <p>Etapa 2: recolher as eflorescências caídas no pavimento, evitando a penetração dos sais.</p> <p>Etapa 3: limpeza da superfície com pano umedecido.</p> <p>Etapa 4: pulverizar silício coloidal.</p>	<p>Etapa 1: identificar o material que está dando origem ao problema.</p> <p>Etapa 2: de acordo com o material contaminantes, iniciar o processo de remoção.</p> <p>Etapa 3: substituir o material por uma solução adequada.</p>
Procedimento	Método C	Método D
	<p>Etapa 1: introdução de espaços vazios na base da parede, reduzindo a seção absorvente e favorecendo a evaporação.</p> <p>Etapa 2: injeção de produtos selantes nos furos de modo a criar uma barreira.</p> <p>Etapa 3: tratamento superficial do terreno, de modo a afastar a água proveniente das chuvas.</p>	<p>Etapa 1: umedecer a superfície com a manifestação patológica.</p> <p>Etapa 2: posicionar os eletrodos na área danificada.</p> <p>Etapa 3: aplicação de corrente elétrica, fazendo com que os cátions e ânions descoquem-se para os eletrodos de sinal contrário.</p> <p>Etapa 4: os ânions ficarão acumulados no eletrodo, reduzindo o teor de sais contaminantes.</p>
Manutenção	Limpezas anuais com produtos químicos ou escovação, principalmente em juntas, para prevenir o surgimento de manchas.	

Fonte: Da autora.

APÊNDICE E – Reabilitação de erosão, em taipas de mão e de pilão, por preenchimento

Objetivo	Preencher lacunas erodidas, eliminar a causa da manifestação patológica e reabilitar a alvenaria de taipa.	
Procedimento	Taipa de Mão	Taipa de pilão
	Etapa 1: análise do solo da taipa, como testes granulométricos e análise visual para avaliação de cor e textura. Etapa 2: definição dos solos e misturas a serem utilizados, de acordo com a análise elaborada.	
	Etapa 3: execução de orifícios inclinados, utilizados para aderência. Etapa 4: aplicação do solo com as mãos, na taipa de mão.	Etapa 3: definição de fôrmas a serem utilizadas, de acordo com a análise elaborada. Etapa 4: recorde da taipa para obtenção de formas geométricas que permita a execução da reabilitação. Etapa 5: execução da “nova” taipa com a estrutura devidamente escorada.
Manutenção	Vistorias e limpeza anuais, com reposição de elementos degradados da cobertura, evitando infiltrações e verificação do sistema de drenagem.	

Fonte: Da autora.

APÊNCIDE F – Reabilitação da deterioração e do destacamento com próteses em alvenarias de pedra

Objetivo	Preenchimento da alvenaria deteriorada, reabilitando a pedra e eliminando a causa da anomalia.
Procedimento	<p>Etapa 1: análise técnica da pedra constituinte, obtendo cor, textura e características físicas da pedra original.</p> <p>Etapa 2: confecção do elemento a ser substituído.</p> <p>Etapa 3: aplicação da prótese.</p> <p>3.1 Pequenas dimensões: Executada apenas com auxílio de colas ou resinas, podendo ser epóxis, resinas poliéster, poliuretano e acrílica.</p> <p>3.2 Grandes dimensões: É necessário aplicação de reforço com pinos metálicos e aplicação de colas epóxis, para garantir estabilidade.</p> <p>Etapa 4: reconstituição de juntas, desfaçando a prótese com uso de resinas, garantindo perfeita integração com o material original.</p>
Manutenção	Vistorias e limpeza anuais, com reposição de elementos degradados da cobertura, evitando infiltrações e verificação do sistema de drenagem.

Fonte: Da autora.

APÊNDICE G - Reabilitação da deterioração e do destacamento com aplicação de polímeros em alvenarias de pedras.

Objetivo	Preenchimento da alvenaria deteriorada, reabilitando a pedra e eliminando a causa da anomalia.
Procedimento	<p>Etapa 1: análise técnica da pedra constituinte, obtendo cor, textura e características físicas da pedra original.</p> <p>Etapa 2: execução da pasta in situ, utilizando adregados de acordo com as características da pedra a ser restaurada, garantindo integração da cor e da textura com as originais.</p> <p>Etapa 3: adição de filtros UV, em casos com altos índices de exposição a luz.</p> <p>Etapa 4: aplicação da pasta e acabamento para reconstituição da alvenaria.</p>
Manutenção	Vistorias e limpeza anuais, com reposição de elementos degradados da cobertura, evitando infiltrações e verificação do sistema de drenagem.

Fonte: Da autora.

APÊNDICE H – Reabilitação de bolores em alvenarias de tijolo cerâmico

Objetivo	Remover manchas, reabilitando a alvenaria e eliminando a causa da anomalia.
Procedimento	Etapa 1: remover revestimentos degradados. Etapa 2: lavar e escovar com hipoclorito de sódio o revestimento remanescente com hipoclorito de sódio. Etapa 4: execução de novo revestimento. OBSERVAÇÃO: Para tratamento da umidade ascendente pode-se utilizar o processo descrito no <i>item 4.1.5</i> .
Manutenção	Limpezas anuais com detergente neutro.

Fonte: Da autora.

APÊNDICE I - Reabilitação de fissuras devido à má execução ou inexistência de vergas e contravergas

Objetivo	Restaurar fissuras e tornar operantes as vergas e contravergas, em suas funções de absorver esforços.
Procedimento	<p>Etapa 1: realizar cortes na alvenaria.</p> <p>Etapa 2: limpeza e remoção da verga e/ou contraverga inoperante.</p> <p>Etapa 3: execução de verga e/ou contraverga em concreto armado de acordo com:</p> <p>3.1 Em vãos inferiores a 1,20 metros: 2 a 3 barras de ϕ 10 mm e argamassa de 1:3;</p> <p>3.2 Em vão entre 1,20 e 2,40 metros: 2 barras de ϕ 5 mm e estribo de ϕ 5 mm com espaçamento de 20 centímetros.</p> <p>3.3 Em vãos maiores a 2,4 metros: Calculado como vigas de concreto.</p> <p>As vergas e contravergas devem ter no mínimo 20 centímetros de altura e ultrapassar os vãos em 30 centímetros para cada lado.</p>
Manutenção	Vistorias anuais e correção da anomalia em estágios iniciais.

Fonte: Da autora.

APÊNDICE J – Reabilitação de fissuras por injeção

Objetivo	Preencher fissuras passivas e ativas, reabilitando alvenarias.
Procedimento	<p>Etapa 1: abertura de furos ao longo da fissura com diâmetro de 10 mm e profundidade de no máximo 30 mm, com espaçamento entre 50 e 300 mm.</p> <p>Etapa 2: limpeza da fissura e dos furos, com ar comprimido, para remover particular soltas.</p> <p>Etapa 3: fixação de tubinhos plásticos nos furos com diâmetro imediatamente inferior, para injeção dos produtos. E selagem com cola epoxídica ao redor dos tubos, para garantir fixação.</p> <p>Etapa 4: testar eficiência do sistema de furos, com ar comprimido, garantido que não haja obstrução dos tubinhos. Caso exista tubinhos obstruídos, deverá ser reduzido o espaçamento entre os furos obstruídos.</p> <p>Etapa 5: iniciar a injeção, tubo a tubo, com pressão crescente, iniciando pelos pontos de contas para baixas. O próximo tubo deve estar aberto e deve-se prosseguir com a injeção até a saída de material pelo próximo tubo.</p>
Manutenção	Vistorias anuais, evitando infiltrações, ataque de agentes externos e mau uso da edificação.

Fonte: Da autora.

APÊNDICE K – Reabilitação de fissuras por selagem

Objetivo	Preencher fissuras ativas, reabilitando alvenarias.	
Procedimento	<p style="text-align: center;">Abertura entre 10 e 30 mm</p> <p>Etapa 1: limpeza da superfície da fissura, com ar comprimido.</p> <p>Etapa 2: preenchimento da fissura, sempre na mesma direção com grout.</p> <p>Etapa 3: selagem convencional de bordas com produtos à base de epóxi.</p>	<p style="text-align: center;">Abertura maior que 30 mm</p> <p>Etapa1: limpeza da superfície da fissura, com ar comprimido.</p> <p>Etapa 2: inserção de cordão em poliestireno extrudado para servir de apoio.</p> <p>Etapa 3: selagem com mastique.</p> <p>OBSERVAÇÃO: Caso deseje utilizar juntas de Neoprene que deverão aderir as bordas da fissura, devidamente reforçadas, não é necessário usar o cordão de poliestireno.</p>
Manutenção	Vistorias anuais, evitando infiltrações, ataque de agentes externos e mau uso da edificação.	

Fonte: Da autora.

APÊNDICE L – Reabilitação de fissuras por grampeamento

Objetivo	Reforçar estruturas, assegurando aumento da resistência a tração, e reabilitando alvenarias.
Procedimento	<p>Etapa 1: descarregamento da estrutura, sempre que possível.</p> <p>Etapa 2: execução de berços na superfície, para assentamento das barras.</p> <p>Etapa 3: execução de furos para amarração das extremidades dos grampos, devidamente preenchidos de com adesivo apropriado.</p> <p>Etapa 4: injeção de resinas epoxínicas ou cimentícias na fissura, selando a um nível inferior ao dos berços executados.</p> <p>Etapa 5: colocação dos grampos.</p> <p>Etapa 6: complementação dos berços com o mesmo adesivo utilizado para selagem.</p> <p>OBSERVAÇÃO: As fissuras devem ser costuradas nos dois lados da peça, caso seja uma peça tracionada.</p>
Manutenção	Vistorias anuais, evitando infiltrações, ataque de agentes externos e mau uso da edificação.

Fonte: Da autora.

APÊNDICE M – Reabilitação de fissuras causadas por recalque.

Objetivo	Solucionar as fissuras causadas por recalque do solo, reabilitando a alvenaria.
Procedimento	Etapa 1: remover o revestimento da argamassa em, pelo menos, uma largura de 30 centímetros. Etapa 2: limpeza para garantir melhor aderência. Etapa 3: fixação da fita adesiva, com no mínimo 3 centímetros, selando a fissura dos dois lados da alvenaria. Etapa 4: introdução da tela metálica, que absorverá as solicitações não previstas. Etapa 5: aplicação do revestimento com argamassa, recebendo os devidos revestimentos.
Manutenção	Vistorias anuais e identificação da anomalia em estágios iniciais.

Fonte: Da autora.

APÊNDICE N – Reabilitação de rotação de parede por tirantes internos

Objetivo	Garantir travamento a estrutura e verticalização das paredes, reabilitando a rotação de paredes.
Procedimento	Antes da instalação é necessário um pré-tensão para assegurar que o tirante seja solicitado, quando instalado. Ancoragem das varas de aço de forma simétrica, funcionando a tração, ligando paredes opostas. As varas devem ter um sistema de ajuste de tensão, para compensar eventuais extensões ou perdas que ocorram com o tirante.
Manutenção	Checar periodicamente as cargas atuantes nos tirantes.

Fonte: Da autora.

APÊNDICE O – Reabilitação de ataque de cupins a alvenarias de taipa

Objetivo	Eliminar infestação de cupins, reabilitando a alvenaria de taipa.
Procedimento	<p>Etapa 1: diagnóstico da infestação, visando identificar o tipo de cupim e a extensão da infestação.</p> <p>Etapa 2: controlar a infestação, de acordo com o tipo de cupim, com tratamentos químicos. Esse processo deve ser feito por um profissional de controle de pragas.</p> <p>Etapa 3: reconstruir a taipa degradada de acordo com os processos descritos na tabela 7 - Reabilitação de erosão em taipas de mão e de pilão por preenchimento.</p> <p>OBSERVAÇÃO: de acordo com o nível de deterioração da trama que sofreu o ataque de cupins é necessária sua substituição. Podendo ser executada apenas como reforço, no local atingido, se constatado que a infestação foi local e que a estabilidade da parede não está danificada. Caso contrário, é necessário a reconstrução de toda a alvenaria, seguindo os protocolos de escoramento e as técnicas de construção adequadas para taipas de mão.</p>
Manutenção	Vistorias e limpezas anuais para evitar infestações.

Fonte: Da autora.