



Universidade Federal do Espírito Santo
Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo
Mestrado: Cidade e impactos no território
Linha de Pesquisa: Patrimônio, Sustentabilidade e Tecnologia

LUCIANA DA SILVA FLORENZANO

CONSERVAÇÃO DE TIJOLO CERÂMICO EM ALVENARIAS HISTÓRICAS:

SUBSIDIOS PARA RESTAURAÇÃO DO SÍTIO HISTÓRICO
DE SANTA LEOPOLDINA-ES

Vitória - ES
2016



Universidade Federal do Espírito Santo
Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo
Mestrado: Cidade e impactos no território
Linha de Pesquisa: Patrimônio, Sustentabilidade e Tecnologia

LUCIANA DA SILVA FLORENZANO

CONSERVAÇÃO DE TIJOLO CERÂMICO EM ALVENARIAS HISTÓRICAS:

SUBSIDIOS PARA RESTAURAÇÃO DO SÍTIO HISTÓRICO
DE SANTA LEOPOLDINA-ES

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado do **Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal do Espírito Santo**, na área de Patrimônio, Sustentabilidade e Tecnologia como parte dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Arquitetura e Urbanismo.

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Renata Hermann de Almeida

Vitória - ES
2016

LUCIANA DA SILVA FLORENZANO

"CONSERVAÇÃO DE TIJOLO CERÂMICO EM ALVENARIAS
HISTÓRICAS: SUBSÍDIOS PARA RESTAURAÇÃO DO SÍTIO
HISTÓRICO DE SANTA LEOPOLDINA - ES"

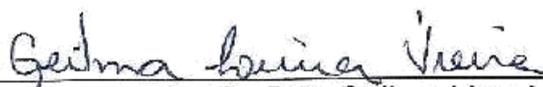
Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em
Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal do Espírito
Santo, como requisito final para a obtenção do grau de Mestre em
Arquitetura e Urbanismo.

Aprovada em 24 de maio de 2016.

Comissão Examinadora



Profa. Dra. Renata Hermanny de Almeida
(Orientadora – PPGAU/UFES)



Profa. Dra. Geilma Lima Vieira
(membro externo – PPGEC/UFES)



Profa. Dra. Thais Alessandra Bastos Caminha Sanjad
(membro externo – UFPA)

À minha amada avó Cezarina;
Aos meus queridos irmãos e pais;
Ao meu marido Wagner.

AGRADECIMENTOS

Nestes últimos dois anos dedicados ao mestrado, várias pessoas foram essenciais para conclusão dessa pesquisa. Em primeiro lugar, ainda que de forma indireta, agradeço minha avó Cezarina, por ter me criado com o maior amor do mundo e ter me ensinado que eu poderia ser quem eu quisesse, se me esforçasse e me dedicasse a isso.

A minha orientadora Renata, que sempre acreditou no meu crescimento pessoal e no sucesso dessa pesquisa, me apoiando e me encorajando em todos os momentos. Renata, eu agradeço por todas as vezes que você compartilhou todo o conhecimento que tinha a oferecer e me abriu todas as portas que poderia abrir, me estimulando cada vez mais com o patrimônio arquitetônico do Espírito Santo. Agradeço também por todos os conselhos e sugestões, sempre ditos com a maior gentileza do mundo, e agradeço também por tantas vezes que você exerceu um papel de amiga tanto quanto de orientadora.

A Thais Sanjad, minha eterna professora, que fez crescer em mim a admiração pelo restauro arquitetônico, me ensinando ao longo de toda a minha formação, na graduação e até os dias de hoje. Obrigada por me incluir no LACORE em todas as minhas idas a Belém e me ajudar a realizar uma etapa dos ensaios laboratoriais no LACORE. Minha eterna amizade e admiração pelo seu trabalho.

Ao professor Mário Mendonça, por ter me aceitado e aberto as portas do NTPR durante minha estadia em Salvador, compartilhando conhecimento todos os dias no laboratório. Obrigada, professor, por todas as vezes que você leu e corrigiu meu trabalho, opinando e trazendo sugestões sempre valiosas.

A toda a equipe do NTPR, em especial ao Allard Monteiro, Lucas Ribeiro e a Thamires Canário, por terem me ajudado com os ensaios laboratoriais, sempre solícitos e bem-humorados. Tenho certeza que durante os meses que passei em Salvador, fiz grandes amigos e conheci pessoas maravilhosas.

Por falar em Salvador, meu agradecimento a minha amiga-irmã, Renata Gribel, por ter participado de mais uma etapa da minha vida, dessa vez dividindo o teto comigo durante um semestre em Salvador, compartilhando de todos os meus anseios e dúvidas na pesquisa, mas também muitos passeios e diversão na Bahia.

A professora Geilma Vieira, que disponibilizou o LEMAC para que eu pudesse fazer grande parte dos meus ensaios lá e ao Henrique Horácio, técnico do laboratório, que me acompanhou, me auxiliando nos ensaios durante alguns meses, sempre com muito bom humor e eficácia.

Ao professor Rômulo Simões Angélica que possibilitou a caracterização mineralógica das amostras, fornecendo seu laboratório para que eu pudesse fazer o ensaio e depois me ajudando com a interpretação dos dados. Também agradeço muito ao colega e doutorando Alexandre Loureiro, que nas vésperas do Natal ficou moendo amostras de tijolo comigo e me acompanhou durante os ensaios no LACORE e no IG.

Aos meus colegas do Patri-Lab, em especial o Bruno, a Damiany, o Miguel, a Aline e a Angélica, por trocarem experiências, almoços (e filas) no Ru, acompanhando minhas angústias e alegrias e tornando os dias na UFES sempre alegres e divertidos.

Por fim, mas não menos importante, ao meu marido Wagner, que participou de todas as etapas desta pesquisa, tanto na produção intelectual, opinando e sugerindo, (por vezes me socorrendo nas dúvidas para elaboração dos gráficos!), quanto nas visitas de campo, me acompanhando nas viagens à Santa Leopoldina, botando a mão na massa e na furadeira para me ajudar a coletar as amostras. Wagner, tu me trazes serenidade e certeza em todos os momentos de dúvidas na minha vida. Obrigada por dividir comigo todas as preocupações e conquistas dos últimos anos. Estar contigo torna tudo mais fácil!

À CAPES, pela bolsa de auxílio disponibilizada para esta pesquisa.

Para finalizar, aos que eu não mencionei, mas que, de alguma forma, participaram na elaboração deste trabalho, minha eterna gratidão pela ajuda prestada.

“The greatest enemy of knowledge is not ignorance,
it is the illusion of knowledge.”

Stephen Hawking

RESUMO

As primitivas comunidades agrícolas do Oriente Médio introduzem o uso da terra para viabilizar abrigo, construindo suas cidades inicialmente com tijolos de argila crua, secos ao sol e, em seguida, queimando-os em fornos, transformando a terra crua em material cerâmico. Os tijolos cerâmicos existem, portanto, há muitos séculos e, desde as mais antigas civilizações, o homem faz uso do tijolo cozido para erguer paredes e materializar a arquitetura; permanecendo, ao longo do tempo, com poucas alterações a técnica de fabricação e o método construtivo. No Brasil, o tijolo cerâmico é utilizado desde o primeiro século de ocupação, principalmente em capitais como Salvador e Recife, tornando-se potencialmente empregado em larga escala a partir de 1850, especialmente a partir da produção em massa advinda com a Revolução Industrial. No contexto socioeconômico brasileiro, a partir da década de 1840, ressaltam-se as ações políticas do II Império: o Governo imperial, ciente dos impactos da abolição da escravidão sobre a mão-de-obra nacional, elabora programas governamentais de estímulo à imigração europeia não lusitana. Dessa forma, o estado do Espírito Santo foi habitado, para além do litoral, pelos imigrantes europeus não lusitanos, responsáveis pelo florescimento das cidades do interior espírito-santense. Neste contexto, a cidade de Santa Leopoldina é um dos primeiros núcleos urbanos a habitar a região centro-serrana, ocupada inicialmente por imigrantes suíços e em seguida por colonos de origem germânica. Santa Leopoldina possui significativo acervo arquitetônico, com edificações erguidas com alvenarias estruturais, sustentadas predominantemente por tijolos cerâmicos maciços. Mesmo possuindo valor histórico e artístico e protegidos em esfera estadual pelo Conselho Estadual de Cultura do Espírito Santo (1983), muitos desses remanescentes estão à mercê do desmoronamento, pois, situado nas margens do Rio Santa Maria da Vitória, o Sítio histórico sofre o impacto de recorrentes enchentes responsáveis pela inundação dos edifícios situados no corredor histórico da cidade. Dessa forma, esta pesquisa aborda a importância deste tema, estabelecendo referências históricas e tecnológicas à conservação e restauração de tijolos cerâmicos em estruturas históricas. O objetivo desse estudo é, portanto, estabelecer referências para procedimento de ações restaurativas às alvenarias históricas de tijolo cerâmico e para o resgate da memória do *saber fazer* dos imigrantes europeus e colonizadores do interior espírito-santense. Para tanto, este estudo abrange duas frentes de pesquisa, a primeira, de cunho histórico, sobre a produção de tijolo cerâmico na antiga colônia de Santa Leopoldina, no final do século XIX e início do século XX e, a segunda, de cunho tecnológico, com a caracterização física e mineralógica dos tijolos cerâmicos por meio de ensaios laboratoriais e a identificação das manifestações patológicas presentes nas alvenarias. Em seguida, os resultados são relacionados aos parâmetros climáticos da região e, por fim, são propostas diretrizes para a conservação das alvenarias de tijolo cerâmico do Sítio histórico de Santa Leopoldina.

Palavras chave: alvenarias históricas, tijolo cerâmico, conservação, restauração, Santa Leopoldina.

ABSTRACT

Primitive Middle East farming communities introduce the use of clay to enable shelter, building their cities initially with raw clay bricks dried in the sun and then burning them in kilns, turning raw clay into ceramic material. Therefore, the ceramic bricks have been around for many centuries and, from the most ancient civilizations, man uses the burnt brick to raise walls and materialize the architecture; the manufacturing technique and the construction method remaining with little change over time. In Brazil, the ceramic brick is used since the first century of occupation, especially in capital cities such as Salvador and Recife, becoming potentially employed on a large scale after 1850, especially due to the mass production derived from the Industrial Revolution. In the Brazilian socioeconomic context, from the 1840s, the following political action of the Second Empire stands out: the imperial government, aware of the impact of the abolition of slavery on the national labor, prepares government programs to encourage non Lusitanian European immigration. Thus, the state of Espírito Santo was inhabited, beyond the coast, by non lusitanians European immigrants, responsible for the flourishing of rural areas of the state. In this context, the city of Santa Leopoldina is one of the first urban centers placed at the mountainous region, occupied initially by Swiss immigrants and then by germanic settlers. Santa Leopoldina has a significant architectural heritage, with buildings erected in structural masonry, sustained mainly by massive ceramic bricks. Even with historical and artistic value and protected by the Conselho Estadual de Cultura do Espírito Santo (1983), many of those remainings are at the mercy of collapse because, situated on the banks of the Santa Maria da Vitoria river, the historic site is impacted by recurring floods, responsible for flooding the buildings in the city's historic corridor. Thus, this research addresses the importance of this issue, establishing historical and technological references to the conservation and restoration of historic structures in ceramic brick. The aim of this study is, therefore, to establish references for restorative actions to historic masonry of ceramic bricks and rescue the memory of the *know-how* of European immigrants and settlers from the interior of the Espírito Santo state. For this, this study covers two research fronts, the first, of historical nature, on the use and production of ceramic brick in the State of Espírito Santo and the second, of a technological nature, with physical and mineralogical characterization of ceramic bricks by laboratory testing and identification of pathological manifestations present in the masonry. Then the results are related to climatic parameters in the region and, finally, it is proposed orientations for the conservation of ceramic brick masonry of the historic site of Santa Leopoldina.

Keywords: historic buildings, ceramic brick, conservation, restoration, Santa Leopoldina.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Imóveis tombados no Sítio Histórico e sua relação com o Rio Santa Maria da Vitória	6
Figura 2: (a) Vista área da cidade de Santa Leopoldina durante a enchente de 2013. (b) A cidade na enchente de 1960.	8
Figura 3: Elenco de edificações estudadas na pesquisa.....	12
Figura 4 – Os tijolos encontrados em Jericó, Palestina	19
Figura 5 – Pintura na parede do túmulo de Rek-mi-Re.....	19
Figura 6 – O Zigurate de Al-Untesh-Napirisha	23
Figura 7 – (a) Porta de Ishtar, construída entre 604 e 562 a.C. (b) Parede da sala do trono do palácio (604-562 a.C).....	24
Figura 8 – (a) Tijolos vidrados provenientes de Susa, atualmente em exposição no British Museum. (b) Relevos de tijolo vidrado do Palácio de Dário, em Susa, atualmente expostos no Museu do Louvre. (c) uma das partes do “Friso dos Arqueiros”, painel do palácio de Dário, atualmente em exposição no British Museum.	25
Figura 9 – (a) Anfiteatro Flaviano, Coliseu, Roma. (b) Panteão romano, Roma.....	28
Figura 10 – (a) Aqueduto Acqua Claudia, um dos primeiros aquedutos em Roma, segundo Campbell & Price, 2005, construído em 38 d.C. (b) Exterior dos mercados de Trajano, em Roma.....	28
Figura 11 – Tipos de tijolos romanos	29
Figura 12 – Estrutura das paredes romanas.....	30
Figura 13 – Detalhe dos tijolos cerâmicos da alvenaria da igreja Santa Irene, em Istambul, construída no século VI.....	31
Figura 14 – (a) – Igreja de San Vitale, construída entre 527 e 537, Ravena. (b) O Mausoléu de Galla Placida, construído no século V, em Ravena	32
Figura 15 – Stupas de Bagan.....	33
Figura 16 – Túmulo dos Samanidas, no Uzbequistão.....	35
Figura 17 - Catedral de Santa Cecília, em Albi	36
Figura 18 – Vista da cúpula da Catedral Santa Maria Del Fiore, em Florença.....	37
Figura 19 – Exemplo do padrão de losangos	38
Figura 20 – (a) Exemplo da técnica da empena perfilada, em Haarlem, Holanda. (b) Exemplo da técnica da empena perfilada, em Alcalá de Henares, Espanha.....	39
Figura 21 – Destaque em vermelho da parede interna de tijolos cerâmicos do Forte Orange, em Pernambuco.	43
Figura 22 - Tijolos com tamanhos e formas diferentes utilizados nos Engenhos de açúcar.	45
Figura 23 – Fortaleza de São José de Macapá, imagem mostrando os canhões e os tijolos.	47
Figura 24 – Estação Ferroviária de Matilde, Alfredo Chaves, Espírito Santo, construída no século XIX por meio da técnica do tijolo aparente.....	51
Figura 25 – Residências projetadas por Ramos de Azevedo, na segunda metade do século XIX em São Paulo	51
Figura 26 – Cristais de argila.....	56
Figura 27 – (a) – camadas de argila deslizando. (b) camadas de argila sem coesão	61
Figura 28 – (a) Mesa do moldador. (b) Moldes duplos.	68
Figura 29 – <i>Pug Mill</i>	69

Figura 30 – Diferentes tipos de plantas baixas de fornos romanos	71
Figura 31 – Vista isométrica de um forno típico do período romano	73
Figura 32 – (a) – Secção demonstrando forno romano intermitente do tipo corrente descendente. (b) planta baixa em colméia de um forno romano de corrente descendente. .	74
Figura 33 – Planta baixa e Secção do forno contínuo Hoffmann	76
Figura 34 – Planta baixa oval do forno contínuo Hofmann.....	76
Figura 35 - Perfil esquemático demonstrando enchentes e inundações.....	79
Figura 36 – Capilaridade ascendente.	82
Figura 37 – Desenho esquemático demonstrando eflorescências e criptoflorescências.	83
Figura 38 – (a) Eflorescência salina. (b) Eflorescência salina Arquivo Público Estadual Espírito Santo.....	84
Figura 39 – Desagregação do tijolo devido a tensão de cristalização em edificação em Veneza.	84
Figura 40 – (a) Tensão de cristalização e criptoflorescência devido a cristalização de sulfato. (b) Desagregação superfície dos tijolos devido a criptoflorescência.	84
Figura 41 – Deterioração da base da parede devido a ciclos de evaporação da água.	86
Figura 42 – (a) descamação dos tijolos da fachada, edificação em Veneza. (b) descamação dos tijolos da fachada, edificação em Santa Leopoldina.	86
Figura 43 – (a) Tijolos do templo de Insusinak, em Susa. (b) Fortezza de Basso, Florença.	88
Figura 44 – (a) Edificação em Toledo, Espanha. (b) Museu Náutico da Bahia, no Forte Santo Antônio da Barra.....	88
Figura 45 – (a) fachada edificação 01. (b) foto tirada da sala da edificação 01	93
Figura 46 – (a) fachada edificação 02. (b) foto tirada do salão no 2º pavimento da edificação 02	94
Figura 47 – (a) fachada edificação 03. (b) foto tirada do salão, no térreo da edificação 03. .	94
Figura 48 – Localização das edificações selecionadas dentro da área do Sítio histórico. Da direita para esquerda: em vermelho, imóvel 01; em amarelo, imóvel 02 e em azul, imóvel 03	95
Figura 49 – (a) imóvel 01, (b) imóvel 02, (c) imóvel 03.	96
Figura 50 - (a) secagem em estufa, momento do início da imersão por 24h). (b) amostra da edificação 02 durante ensaio de absorção total em água (após secagem em estufa e imersão por 24h).	99
Figura 51 – (a) Amostra da edificação 01 durante ensaio de massa unitária com picnômetro de Hubbard e mercúrio. (b) Amostra da edificação 03 durante o mesmo ensaio.....	100
Figura 52 – Amostras após ataque com ácido clorídrico.	101
Figura 53 – amostras durante a filtragem.....	101
Figura 54 – (a) tijolo da edificação 01. (b) tijolo da edificação 03.	102
Figura 55 – (a) regularização tijolo da edificação 02. (b) Tijolo da edificação 02 na prensa para rompimento.	103
Figura 56 – (a) tijolo da edificação 02 rompido. (b) tijolo da edificação 03 rompido.	103
Figura 57 – Igreja Matriz Sagrada Família, no alto.....	105
Figura 58 – (a) amostra pulverizada. (b) Amostras pulverizadas e organizadas para o ensaio.	106
Figura 59 – (a) amostra inserida no porta amostra. (b) porta amostra com todas as amostras.	106

Figura 60 – (a) fragmentos de quartzo edificação 02. (b) tijolo da edificação 02 e edificação 03.	108
Figura 61 – Tijolos edificação 01	109
Figura 62 - Tijolos edificação 02.	109
Figura 63 - Tijolos edificação 03.	109
Figura 64 - (a) Alvenaria exposta edificação 02, pavimento térreo. (b) localização da alvenaria na edificação 02.	110
Figura 65 - (a) Alvenaria exposta edificação 02, pavimento superior. (b) localização da alvenaria na edificação 02.	110
Figura 66 – Comparação entre tijolos assentados na mesma alvenaria, na fachada posterior da edificação 01	111
Figura 67 - (a) localização amostra edificação 01. (b) localização amostra edificação 02. (c) localização amostra edificação 03.	114
Figura 68 - (a) localização amostra edificação 01. (b) localização amostra edificação 02. (c) localização amostra edificação 03.	116
Figura 69 – Difratoograma amostras grupo 01. Fonte: Elaborado por ANGELICA, IG-UFPA	125
Figura 70 - Difratoograma amostras grupo 01	125
Figura 71 - Difratoograma amostras grupo 01	126
Figura 72 – Amostra 01, edificação 03, bastante perceptível as partículas de brilho provenientes da mica	127
Figura 73 - Território da antiga colônia de Santa Leopoldina dentro do Espírito Santo.	129
Figura 74 - A Vila do Porto de Cachoeiro de Santa Leopoldina, entre os anos de 1869 e 1878.	130
Figura 75 - (a) O percurso do rio Santa Maria da Vitória dentro do Espírito Santo. (b) O rio Santa Maria da Vitória na cidade de Santa Leopoldina	131
Figura 76 - Vista aérea da região de Santa Leopoldina.	132
Figura 77 - Edificações remanescentes do auge econômico do núcleo urbano de Santa Leopoldina.	133
Figura 78 – Algumas das edificações históricas com trechos deteriorados revelando sistema construtivo em tijolo cerâmico, 2015	133
Figura 79 – Publicação encontrada no jornal Correio da Victoria.	137
Figura 80 - Ortofoto fachada principal edificação 01	141
Figura 81 - Ortofoto edificação 02.	142
Figura 82 – Ortofoto edificação 03	143
Figura 83 – Tijolos da edificação 02 apresentando descamação e fissuras, 20/11/2015.	144
Figura 84 - (a) trecho de alvenaria interna da edificação 02 apresentando descamação em nível elevado. (b) outro trecho da mesma alvenaria apresentando fissuras e descamação, também em nível elevado, 22/03/2026.	144
Figura 85 – Tijolos da edificação 01 apresentando descamação, 20/05/2015.	145
Figura 86 - Localização paredes analisadas ensaio umidade, edificação 01	149
Figura 87 - Resultado umidade encontrada amostras edificação 01	149
Figura 88 - Localização paredes analisadas ensaio umidade, edificação 02	149
Figura 89 - Resultado umidade encontrada amostras edificação 02	149
Figura 90 - Localização paredes analisadas ensaio umidade, edificação 03	150
Figura 91 - Resultado umidade encontrada amostras edificação 03	151

Figura 92 – Enchente Rio de Janeiro, 2011.....	155
Figura 93 – Bairro Darly Santos, em Vila Velha, Espírito Santo.....	155
Figura 94 - Guarapuava – Paraná.....	156
Figura 95 – Cidade de Subaé, na Bahia, inundação em 2015.	156
Figura 96 – Situação em Quaraí, Rio Grande do Sul, dezembro 2015.....	157
Figura 97 – �rea urbana de Eldorado – São Paulo.....	157
Figura 98 – Eleva�o do nível do rio perceptível através da casa da poeta Cora Coralina.	158
Figura 99 – (a) Imagem do Centro Histórico antes da enchente, com a Igreja Matriz. (b) Imagem do Centro histórico depois da enchente, onde ocorreu o desmoronamento da Igreja Matriz.....	159
Figura 100 – Mapa Precipita�o média anual acumulada para o Estado do Espírito Santo.	162
Figura 101 – Zonas naturais de Santa Leopoldina.....	163
Figura 102 – Temperatura máxima média mensal em Santa Leopoldina, entre 1961 e 2013	164
Figura 103 – Localiza�o esta�o Incaper em Santa Teresa e localiza�o do núcleo urbano de Santa Leopoldina.....	166
Figura 104 – Enchente de 1960.....	171
Figura 105 - Enchente de 1960.....	171
Figura 106 - Enchente de 1960.....	171
Figura 107 – Imagens da inunda�o de 2009	172
Figura 108 - Imagens da inunda�o de 2009	172
Figura 109 – Imagens da inunda�o de 2012	173
Figura 110 - (a) Vista aérea da inunda�o de 2012 em Santa Leopoldina. (b) Imagem da inunda�o de 2012, no Sítio histórico de Santa Leopoldina.	173
Figura 111 – Inunda�o ocorrida em 2013 em Santa Leopoldina.....	174
Figura 112 – Imagens da inunda�o de 2013 em Santa Leopoldina.	174
Figura 113 – Imagens da inunda�o de 2013.	174
Figura 114 – Corte esquemático demonstrando utiliza�o de emplastos.....	178
Figura 115 – Emplastro desenvolvido no NTPR	178
Figura 116 – Limpeza de coluna em Bolonha, utilizando emplastro de bentonita.....	178
Figura 117 – (a) Estado inicial dos sais quando da coloca�o do emplastro. (b) Estado final dos sais quando da coloca�o do emplastro.....	179
Figura 118 – Fórmula tetraetil ortossilicato (TEOS).....	180
Figura 119 – Fórmula da hidrólise silicato de etila.....	181
Figura 120 – Tijolo edifica�o 02	182

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Composição química da argila	57
Tabela 2 – Classificação das argilas quanto à temperatura de queima.....	60
Tabela 3 – Comportamento ao calor de caulinitas, montmorilonitas e ilitas.....	63
Tabela 4 – Amostras coletadas.....	91
Tabela 5 – Ensaios laboratoriais e tipo de caracterização	98
Tabela 6 – Níveis de teor de umidade em alvenarias de tijolo e alvenarias de pedra	103
Tabela 7 – Resultado ensaio de absorção total em água e massa unitária com picnômetro de Hubbard e localização das amostras na edificação 01.	112
Tabela 8 - Resultado ensaio de absorção total em água e massa unitária com picnômetro de Hubbard e localização das amostras na edificação 02.	112
Tabela 9 - Resultado ensaio de absorção total em água e massa unitária com picnômetro de Hubbard e localização das amostras na edificação 03.	113
Tabela 10 – Resultado resistência mecânica dos tijolos da edificação 01, 02 e 03.....	115
Tabela 11 – Determinação do traço provável da argamassa.....	117
Tabela 12 – Olarias em Vitória, cadastradas entre 1984 e 1912. Fonte: Alves, 2015, p. 128.	136
Tabela 13 - Resultado identificação qualitativa sais solúveis, edificação 01.....	145
Tabela 14 - Resultado identificação qualitativa sais solúveis, edificação 02.....	146
Tabela 15 - Resultado identificação qualitativa sais solúveis, edificação 03.....	146
Tabela 16 – Características das zonas de Santa Leopoldina.	163

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	1
2	CONSIDERAÇÕES SOBRE O USO DE TIJOLOS CERÂMICOS NA ARQUITETURA	17
2.1	EVOLUÇÃO DAS ESTRUTURAS HISTÓRICAS EM TIJOLO	17
2.1.1.	A DESCOBERTA DA CERÂMICA E AS PRIMEIRAS UTILIZAÇÕES DO TIJOLO NA ARQUITETURA.....	17
2.1.2.	EVOLUÇÃO DO TIJOLO COMO MATERIAL DE CONSTRUÇÃO	26
2.1.3.	O CONTEXTO BRASILEIRO.....	41
2.2	TIJOLO: CARACTERÍSTICAS E PRODUÇÃO.....	52
2.2.1.	MATÉRIA-PRIMA, CLASSIFICAÇÃO E PROPRIEDADES.....	52
2.2.2.	TÉCNICAS TRADICIONAIS DE FABRICAÇÃO DE TIJOLO CERÂMICO	64
2.3	COMPORTAMENTO DE ALVENARIAS HISTÓRICAS EM TIJOLO:.....	77
2.3.1.	MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM DECORRÊNCIA DA PRECIPITAÇÃO E SATURAÇÃO EM ÁGUA.....	77
3	MATERIAIS E MÉTODOS.....	91
3.1	SELEÇÃO DO ELENCO A SER PESQUISADO.....	93
3.2	LEVANTAMENTO FÍSICO-CADASTRAL.....	96
3.3	PARÂMETROS CLIMÁTICOS SOBRE A REGIÃO DE SANTA LEOPOLDINA	97
3.4	ENSAIOS LABORATORIAIS.....	97
	□ Absorção total em água	98
	□ Massa unitária com picnômetro de Hubbard	99
	□ Traço de Argamassa.....	100
	□ Resistência Mecânica	102
	□ Teor de Umidade	103
	□ Determinação qualitativa de sais solúveis (Nitrato, Cloreto e Sulfato).....	104
	□ Difratometria de raios-x.....	105
4.	CARACTERÍSTICAS, PROPRIEDADES E FABRICAÇÃO DOS TIJOLOS CERÂMICOS DO SÍTIO HISTÓRICO DE SANTA LEOPOLDINA	108
4.1	ANÁLISE TÁTIL-VISUAL.....	108
4.2	ANÁLISE TECNOLÓGICA	111
4.2.1.	CARACTERIZAÇÃO FÍSICA	111
	□ Absorção total em água (%) e massa unitária (g/m ³) com picnômetro de Hubbard	111

□	Resistência mecânica	114
□	Traço provável argamassa	116
□	Análise granulométrica	117
4.2.2.	CARACTERIZAÇÃO MINERALÓGICA.....	124
4.3	ANÁLISE HISTÓRICA.....	128
4.3.1.	A ANTIGA COLÔNIA DE SANTA LEOPOLDINA.....	128
4.3.2.	A PRODUÇÃO DE TIJOLO CERÂMICO NO SÉCULO XIX E NAS PRIMEIRAS DÉCADAS DO SÉCULO XX EM SANTA LEOPOLDINA	133
4.4	MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS	140
5	CONSERVAÇÃO E RESTAURAÇÃO DE TIJOLOS CERÂMICOS EM ALVENARIAS HISTÓRICAS: CONTRIBUIÇÃO PARA PRESERVAÇÃO DE SÍTIOS HISTÓRICOS EM ÁREAS SUJEITAS A INUNDAÇÃO.....	153
5.1	A PROBLEMÁTICA DA PRESERVAÇÃO DO PATRIMÔNIO ARQUITETÔNICO EM ÁREAS DE INUNDAÇÃO	153
5.2	PARÂMETROS CLIMÁTICOS – REGIÃO DE SANTA LEOPOLDINA.....	161
5.3	CONSERVAÇÃO E RESTAURAÇÃO DE TIJOLOS CERÂMICOS EM ALVENARIAS HISTÓRICAS	175
5.3.1.	DESSALINIZAÇÃO, CONSOLIDAÇÃO E PROTEÇÃO DE TIJOLOS CERÂMICOS.....	175
5.4	DIRETRIZES ESPECÍFICAS PARA PRESERVAÇÃO DO SÍTIO HISTÓRICO DE SANTA LEOPOLDINA.....	182
6	CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	189
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	197
	Apêndice	204
	Anexos.....	206

Capítulo 1

- INTRODUÇÃO

1 INTRODUÇÃO

Ainda na pré-história, o homem percebe que pode construir usando a terra como matéria-prima. Com este domínio, as primitivas comunidades agrícolas introduzem o uso da terra para viabilizar abrigo, inicialmente, construindo suas cidades com tijolos de argila crua, secos ao sol (MATEUS, 2002); e, em seguida, queimando-os em fornos, transformando a terra crua em material cerâmico. Os tijolos cerâmicos existem, portanto, há muitos séculos e, desde as mais antigas civilizações, surgidas no Oriente Médio, o homem faz uso do tijolo cozido para erguer paredes e materializar a arquitetura; permanecendo, ao longo do tempo, com poucas alterações a técnica de fabricação e o método construtivo (DAVEY, 1961). Portanto, ainda que os grandes monumentos tenham sido construídos em pedra, as mais antigas e modestas habitações foram erguidas com tijolos crus e, depois com tijolos cozidos em fornos.

Viollet-le-Duc (1967), em seu *Dictionnaire raisonné de la architecture française*, descreve tijolo como “terra moldada, seca ao sol e cozida em forno”. Quanto às origens do tijolo, Leon Batista Alberti, no livro *De Re aedificatoria* afirma que o uso de tijolos cerâmicos havia, provavelmente, surgido após a observação da facilidade de construção de paredes de adobes (ALBERTI, 1986 apud SANTIAGO, 2001). Dessa forma, ainda que não se saiba se intencionalmente ou por acaso, o homem, quando queima a argila, percebe a maior durabilidade que o material oferece quanto à resistência às intempéries e desenvolve, a partir de então tijolos, telhas, tubos e revestimentos cerâmicos mais específicos para as necessidades de abrigo (SANTIAGO, 2001, p. 83). De maneira semelhante, Warren (1999) afirma que o surgimento do tijolo cozido representa a resposta frente à necessidade da durabilidade do construído em condições de saturação em água; uma vez que, após a queima, o tijolo cozido adquire resistência semelhante à pedra (SANTOS, 2012), e obtém estabilidade em contato com inundações. Santiago (2001, p. 87) corrobora esta afirmação quando escreve que “os tijolos cerâmicos, se comparados aos adobes, apresentam teoricamente melhores propriedades do que esses”¹.

¹ Vale ressaltar a continuidade do parágrafo de Santiago (2001, p. 87): “Faz-se a ressalva pelo facto de que, se um tijolo for mal feito (se o solo escolhido for inadequado ou contiver impurezas,

Os vestígios mais antigos do uso de tijolos datam de 3.000 a.C na Mesopotâmia (OLIVEIRA, 2011). O emprego do material cerâmico, “obtido por cozimento de argilas, primeiro ao sol e depois em fornos, inicia-se naqueles lugares onde é escassa a pedra e são abundantes os materiais argilosos” (PETRUCCI, 1975, p. 1). Assim, na região da Mesopotâmia, considerada o alvorecer da civilização, celebrada, principalmente pela invenção da cidade e da escrita (STRICKLAND, 2003), encontram-se os vestígios mais primitivos do emprego do tijolo cerâmico. A região, ocupada por três gerações, sumérios, babilônicos e assírios, localiza-se no atual país do Iraque, cujo território, escasso de rochas, não detém recursos naturais como a pedra para erguer seus monumentos. Coube à argila e à água, a técnica e a arte da construção da arquitetura em larga escala. Petrucci (1975) ainda afirma que o tijolo cerâmico era largamente utilizado pelos assírios na construção de obras monumentais, como os palácios de Khorsabad e Sargão; bem como na Pérsia, onde o tijolo é utilizado principalmente durante o reinado de Dário I. Na Babilônia, é possível perceber o uso do tijolo como ornamento: a Porta de Ishtar mostra como os babilônios, com recursos naturais supostamente não muito promissores, transformam o material cerâmico em obras de arte, utilizando o tijolo como estrutura e como ornamento.

No entanto, apesar do tijolo ser conhecido e utilizado pelas sociedades do mundo antigo, coube ao Império Romano o aperfeiçoamento das técnicas construtivas existentes, inclusive as que utilizam o emprego do material cerâmico. De acordo com Petrucci (1975) os romanos são responsáveis pela ampliação dos conhecimentos estruturais do tijolo para outras regiões. No final do século II, os tijolos já eram produzidos por meio de um processo de fabricação semi-industrial, utilizando para o seu assentamento a argamassa de cal, obtida através da extração do calcário seguida do processo de queima. Warren (1999) confirma o notável avanço técnico atingido a partir da civilização romana, revelando considerável potencial para construção de grandes estruturas em tijolo. No seu domínio sobre o mundo, Roma levava seus conhecimentos sobre a arte da

se for usada água em excesso na moldagem ou se a queima for insuficiente ou excessiva), ao se compará-lo com um adobe bem feito, empregue de maneira tal que não fique em contacto com a água – requisito básico para sua durabilidade -, o adobe desempenhará seu papel na construção de maneira muito melhor que o tijolo”.

cerâmica a todas as partes, mesmo que em determinadas etapas construtivas tenha optado por ocultar as alvenarias de tijolo embaixo de gesso ou pedra, empregando predominantemente o material cerâmico associado ao concreto.

Sabe-se que na antiguidade romana, Vitruvius já mencionava que os arquitetos deveriam conhecer as propriedades dos materiais de construção, pois com estes conhecimentos, erros construtivos seriam raros, e os arquitetos, dessa forma, poderiam prover dos materiais adequados a suas construções (SANTIAGO, 2000). Santiago (2000, p. 12) também comenta:

É consenso, entre os autores de textos de arquitetura e engenharia analisados, que ao bom arquiteto compete o domínio de várias ciências, de modo que possa, com sucesso, ter condições de especificar correctamente os materiais de construção, assim como controlar todas as actividades ligadas à execução do projecto arquitectónico. Isto se torna crucial quando se trata de um arquitecto que se dedica à conservação e ao restauro.

Portanto, para compreender melhor as estruturas históricas em tijolo, destaca-se a matéria-prima empregada na fabricação dos tijolos cerâmicos tradicionais, compreendendo as argilas e os desengordurantes, sendo as primeiras a matéria ativa, e os segundos os materiais inertes que diminuem a plasticidade (PETRUCCI, 1975, p.2). A argila consiste em um conjunto de minerais, composto, sobretudo de silicatos e aluminatos hidratados, cuja característica predominante é a propriedade de, em contato com a água, transformar-se em uma pasta plástica, passível de moldagem, secagem e endurecimento, se exposta ao calor (PETRUCCI, 1975). Ademais, como a matéria-prima é abundante no planeta, os produtos cerâmicos tornam-se elementos essenciais na história da humanidade. Adquirem, paulatinamente, protagonismo no sistema construtivo em várias regiões geograficamente e culturalmente distintas, tornando-se um dos principais materiais empregados em construções; um elo de temporalidade entre o antigo e o novo.

Dessa forma, quando as evoluções das técnicas logo o permitem, o tijolo passa a ser produzido em larga escala. Assim, com a revolução industrial, dá-se, de fato, o salto de qualidade e quantidade na fabricação industrial de tijolos cerâmicos, onde a produção em massa não pôde acontecer sem as máquinas motrizes. Portanto, com o surgimento da máquina a vapor de James Watt, no século XIX, a

fabricação manual dos tijolos rapidamente cede lugar ao processo mecânico (LESEIGNEUR e GUILLUY, 1988). Surge, então, o primeiro forno *Hoffman*, cujo desenvolvimento potencializa e torna mais uniforme a queima cerâmica e a matéria-prima passa então a ser cozida em fornos contínuos.

Desta forma, é possível afirmar que a história do material cerâmico, e, por consequência, do tijolo tradicional, funde-se à própria história da arquitetura. No Brasil o tijolo cerâmico é utilizado desde o primeiro século de ocupação, especialmente em capitais como Salvador e Recife (ROCHA, 2012). Entretanto, o material cerâmico só se torna potencialmente empregado em larga escala a partir de 1850 (WEIMER, 2005, p. 266). Portanto, apesar da trajetória do tijolo estar vinculada à cultura do açúcar, e não somente a economia do café (ROCHA, 2012), de forma geral, no Brasil, o tijolo cerâmico é usado com maior frequência para a arquitetura popular, a partir do século XIX. As edificações deste período passam a utilizar predominantemente alvenarias estruturais com o uso de tijolos maciços, já que estes são mais leves e possibilitam paredes de menor espessura, exigindo, conseqüentemente, menos esforço das fundações. O tijolo, então, revela-se como elemento principal no sistema construtivo brasileiro, especialmente nas últimas décadas do século XIX e no início do século XX. Em geral, quando não é elemento principal, o tijolo divide as funções estruturais com a pedra, fato visualmente perceptível em várias edificações remanescentes deste período no Brasil. Assim, os sobrados erguidos nesse período frequentemente possuem alvenarias em pedra e cal no térreo, utilizando tijolos cerâmicos maciços no segundo pavimento.

Diante deste contexto nacional, a partir da década de 1840, a produção arquitetônica no estado do Espírito Santo começa a incorporar novas influências e técnicas construtivas advindas com a produção em massa da Revolução Industrial. No contexto socioeconômico, ressaltam-se as ações políticas do II Império. O Governo imperial, ciente dos impactos da abolição da escravatura sobre a mão-de-obra nacional, elabora programas governamentais de estímulo à imigração europeia não lusitana.

Dessa forma, não por acaso, os responsáveis pelo florescimento das cidades do interior espírito-santense não são nativos brasileiros, tampouco descendentes do

colonizador português. São imigrantes europeus não lusitanos, onde “as denominações [das comunidades] Tirol, Luxemburgo, Suíça, não deixam dúvidas. Elas devem lhes fazer lembrar o que deixaram para trás” (SECULT, 2009, p. 168). Nestas condições, as técnicas construtivas dos europeus não lusitanos se mesclam à produção arquitetônica em vigor no Brasil. Desse modo, a arquitetura praticada no interior do Espírito Santo se revela como expressão técnica e artística da arquitetura do século XIX, resultando em edificações com características bastante diversificadas. Vale ressaltar:

Assim, fruto de passado e presente, de sonhos e lembranças, de sofrimento e alegria, enfim, da necessária adaptação de herança e trabalho, os imigrantes de Santa Leopoldina, erguem seu espaço geográfico particular, constroem sua espacialidade histórica singular. Muitas são as expressões materiais e imateriais deste evento. Sua magnitude e seu valor podem ser avaliados sob diversas perspectivas, de corresponde multiplicidade. No plano urbano-arquitetônico, o núcleo urbano da Sede de Santa Leopoldina é um deles (ESPÍRITO SANTO, 2009, p. 168).

Neste contexto, a cidade de Santa Leopoldina é um dos primeiros núcleos urbanos a ocupar a região centro-serrana do estado do Espírito Santo, povoada inicialmente por imigrantes suíços, e, em seguida, por colonos de origem germânica, como prussianos, pomeranos e austríacos (ESPÍRITO SANTO, 2009). A ocupação inicia-se a partir de um programa do II Império, na metade do século XIX, visando estimular a imigração europeia não lusitana, em vista da proximidade da abolição da escravatura (SCHWARZ, 1992). Assim, em 1856, é fundada a colônia de Santa Maria (SCHWARZ, 1992), implantada em um ponto localizado quatro milhas (aproximadamente 6.4 km) acima da Cachoeira do Funil (COSTA, 1982); cuja sede é transferida em 1857 para a Vila do Cachoeiro de Santa Leopoldina, nas margens do Rio Santa Maria, em vista da logística de produção e comércio de mercadorias (SCHWARZ, 1992). Ainda no final do século XIX, a Colônia é desmembrada, originando as cidades de Santa Tereza, em 1890, Afonso Claudio e Ibirapu, em 1891, e Santa Maria de Jetibá, em 1988 (SCHWARZ, 1992).

Acompanhando a tendência nacional no emprego de tijolos cerâmicos na arquitetura, a grande maioria dos remanescentes arquitetônicos encontrados no sítio histórico de Santa Leopoldina é erguida em alvenarias estruturais de tijolo

cerâmico maciço, revestidos de uma camada de reboco e uma camada pictórica². Nos demais sítios históricos do Espírito Santo, também edificadas no século XIX e início do século XX, este sistema construtivo é igualmente adotado em larga escala³.

Santa Leopoldina é estruturada em torno do Rio Santa Maria da Vitória, cuja nascente origina-se na Serra do Garrafão, no município vizinho de Santa Maria de Jetibá e deságua na baía de Vitória, tendo 122 km de extensão territorial. O núcleo urbano situa-se estrategicamente nas proximidades do ponto em que o rio se torna navegável, até a baía de Vitória, escolhido em vista da relação econômica como entreposto comercial até a segunda década do século XX. Este núcleo urbano - centro da cidade - resguarda seus ares de cidade do início do século XX, com sua configuração urbana constituída, em grande parte, pelos sobrados e casarões ao longo da área central, chamada de Sede. Nesse contexto, trinta e oito imóveis estão protegidos na esfera estadual pelo processo de tombamento realizado pelo Conselho Estadual de Cultura (Figura 1), por meio da Resolução nº 5/193, e conforme inscrição no Livro do Tombo Histórico nº 32 a 68, folhas 4v a 7v (SILVA et al, 2013).

Figura 1 - Imóveis tombados no Sítio Histórico e sua relação com o Rio Santa Maria da Vitória



Fonte: Queiroz, 2013

² A identificação do sistema construtivo é possível em alguns imóveis que, devido a deterioração possuem tijolos expostos. Nos demais, verifica-se o sistema construtivo nas fichas cadastrais do processo de tombamento e no livro *Arquitetura / Patrimônio Cultural do Espírito Santo - Espírito Santo (Estado)*. Secretaria de Estado da Cultura. Conselho Estadual da Cultura. Vitória: SECULT, 2009.

³ Conforme identificação no livro *Arquitetura / Patrimônio Cultural do Espírito Santo - Espírito Santo (Estado)*. Secretaria de Estado da Cultura. Conselho Estadual da Cultura. Vitória: SECULT, 2009.

O núcleo histórico permanece com seu traçado primitivo, no qual as edificações se mantêm sobre o alinhamento das vias públicas e sobre os limites laterais do terreno, característica remanescente do traçado colonial (REIS FILHO, 2010). Os sobrados e casarões são edificados no final do século XIX e início do século XX, período no qual a economia da cidade prospera, devido à sua localização estratégica como entreposto comercial entre a capital e a região de montanhas do interior do estado.

O acervo arquitetônico, materializado no Sítio histórico, e em edifícios isolados nas áreas rurais, caracterizam o conjunto como objeto relevante para documentação patrimonial do sedimento historicamente consolidado no território espírito-santense. Contudo, o conjunto de edificações do sítio histórico de Santa Leopoldina está exposto ao intemperismo⁴ com altos índices pluviométricos em determinadas épocas do ano, o que, associado a outros fatores, ocasiona o aumento do nível fluvial. Dessa forma, as cheias do Rio Santa Maria já culminaram, em Santa Leopoldina, em três grandes inundações catalogadas no século XX⁵; nos anos de 1960, 2000 e recentemente, em dezembro de 2013 (Figura 2). O período chuvoso na região se inicia por volta do mês de outubro e termina em meados do mês de fevereiro, tendo nestes períodos, registros de grande volume em precipitação, com média mínima de 600mm a 800mm e média máxima de 1700mm a 1900mm, conforme dados emitidos pelo governo municipal; fato este que justifica e orienta a realização de registros históricos e científicos destas edificações, para que não ocorra, paulatinamente, o desmoronamento dos edifícios, perdendo-se assim, por completo, o testemunho do nosso passado.

⁴ Sanjad (2007, p. 70) explica que “intemperismo é um termo utilizado para explicar os processos de degradação das rochas no ambiente, que ocorrem através da atuação de processos físicos, químicos e biológicos, originados em função das características ambientais do local [...]. Apesar de originalmente ser um termo para explicar os processos de alteração natural das rochas, a palavra intemperismo vem sendo empregada na descrição dos processos recentes de alteração dos materiais de construção das edificações históricas, sejam rochas, tijolos e mesmo azulejos”.

⁵ Vale ressaltar que estes dados se referem ao quantitativo de enchentes registradas pelo município, conforme informação disponível em: <http://www.santaleopoldina.es.gov.br>. Acesso: 14 maio 2014.

Figura 2: (a) Vista área da cidade de Santa Leopoldina durante a enchente de 2013. (b) A cidade na enchente de 1960.



(a)



(b)

Fonte: (a): Disponível em: <http://preview.folhavoria.com.br/geral/noticia/2013/12/enchente>. Acesso 05 maio 2015. (b) Acervo Laboratório Patrimônio & Desenvolvimento

Nesse contexto, é importante destacar que se há a problemática inerente do meio inserido, situado em preexistência crítica para a conservação, cabe a inserção de métodos, teorias e tecnologias disponíveis, manipuladas pelos profissionais competentes para perpetuação da história e da memória do sítio histórico. As edificações antigas de Santa Leopoldina se caracterizam como remanescentes da arquitetura edificada segundo saber técnico-construtivo e material dos imigrantes europeus provenientes de outras regiões da Europa, diferente daquele saber técnico-construtivo e material utilizado na edificação da capital do estado, Vitória, onde luso-brasileiros são maioria até meados do século XIX.

Vale ressaltar, a documentação e interpretação do patrimônio arquitetônico e urbano é, sobretudo, um estudo técnico e científico, além de crítico, orientado para a elaboração de subsídios metodológicos e instrumentos de representação e intervenção em estrutura preexistente. O patrimônio edificado do Sítio Histórico de Santa Leopoldina é muito importante, não só para a preservação da materialidade arquitetônico-urbana e conseqüente valor artístico e técnico, como também para a dimensão histórica e o valor de rememoração. Cabe destacar as palavras de Oliveira (2005, p. 3):

Buscar os procedimentos e técnicas construtivas do passado, além de ser um resgate da memória do “fazer”, permite um conhecimento mais aprofundado do acervo construtivo que nos foi legado, para melhor podermos intervir na sua conservação, já que a permanência dos materiais originais de fábrica e das pretéritas técnicas construtivas é um dos principais axiomas da restauração.

Em conjunto, o estudo dos materiais e das técnicas construtivas empregadas em edificações históricas de interesse a preservação é determinante para um projeto de restauro, pois conhecer, física e quimicamente, a materialidade do edifício é essencial em qualquer orientação quanto ao futuro do patrimônio, especialmente quando são necessárias intervenções. Ressalta-se, ainda, nessa abordagem, a materialidade do campo disciplinar da arquitetura, esta compreendida, enquanto forma⁶; materializada no espaço através de materiais e estruturas regidos pelas leis da química e da física. Portanto, em similitude com esta compreensão, Brandi (2008) afirma que, para recuperar um edifício, restaura-se somente a matéria; e, para tanto, é fundamental conhecer a ciência da conservação e da restauração. Oliveira (2011, p. 10) destaca:

Além do mais, como todos sabemos, o que se restaura é **somente a matéria** e, como consequência, a organização desta matéria no espaço, ou seja, a estrutura. Seria, pois, uma temeridade alguém arvorar-se a restaurar um edifício sem dominar minimamente a ciência de tais argumentos (grifo do autor).

Portanto, como é de conhecimento de todos que trabalham com o patrimônio edificado, a conservação das edificações históricas é essencial para garantir a durabilidade arquitetônica. Contudo, Oliveira (2005, p. 2) adverte que “devemos estar preparados para consolidá-lo e/ou restaurá-lo, **mesmo se tratando de uma situação extrema**” (grifo do autor). Assim, considerando essa premissa, a partir do século XX, com o avanço no campo da pesquisa científica sobre as cerâmicas e tijolos, surgem trabalhos voltados para os diagnósticos de degradação e técnicas de restauração das paredes antigas de tijolo cerâmico. A partir da década de 1970, desenvolvem-se trabalhos científicos abordando técnicas interdisciplinares com o objetivo de salvaguardar os monumentos históricos. Surgem, dessa forma, sobretudo na Europa, muitos trabalhos iniciando a discussão interdisciplinar do restauro, envolvendo profissionais da química, física, biologia, etc.

No Brasil, destaca-se a produção científica e técnica de Mário Mendonça de Oliveira a frente do Núcleo de Tecnologia da Preservação e da Restauração (NTPR), cujos trabalhos publicados, bem como as dissertações e teses

⁶ Para Arnheim (1997, p. 89) "forma é a configuração visível do conteúdo."

produzidas, estão estreitamente relacionados à temática da durabilidade do construído e a restauração do patrimônio edificado. O NTPR, o primeiro laboratório a pesquisar tecnologias para estender a longevidade dos edifícios históricos, possui muitas pesquisas sobre conservação e restauro de cerâmica. Após o trabalho pioneiro de Mário Mendonça de Oliveira, surgem novos laboratórios nas universidades brasileiras, voltados, particularmente, à conservação e restauro dos monumentos brasileiros, com importantes publicações sobre restauro de peças em cerâmica. Como é o caso do Laboratório de Conservação, Restauração e Reabilitação (LACORE/FAU-UFPA), do Grupo de Conservação e Restauro em Arquitetura (GCOR/Arquitetura-UNICAMP), do Laboratório: RestauArq (PROARQ-UFRJ), entre outros.

No estado do Espírito Santo, ainda permanecem poucos estudos científicos voltados à durabilidade das alvenarias tradicionais em tijolo cerâmico. Felizmente, existem alguns trabalhos desenvolvidos pelo professor Nelson Pôrto Ribeiro sobre as alvenarias e argamassas históricas, nos quais há estudos sobre as edificações remanescentes do século XIX do Estado do Espírito Santo e pesquisas sobre as técnicas construtivas empregadas nas edificações históricas do Estado, especialmente as de tradição portuguesa. Contudo, ainda há muito a ser estudado, pois, embora existam cinco sítios históricos tombados no Espírito-Santo, todos erguidos predominantemente com alvenarias de tijolo cerâmico maciço, ainda não há pesquisas científicas voltadas especificamente a esse material. Ainda, são raros os trabalhos científicos com o objetivo de estender a durabilidade das alvenarias antigas do patrimônio espírito-santense, que, paulatinamente, sofre os efeitos nocivos do intemperismo, sobretudo com as inundações ocorridas em muitas cidades do Estado.

Hoje, por meio da teoria do restauro crítico e do desenvolvimento de disciplinas aplicadas à preservação dos edifícios históricos, como a física, a química, a biologia e mineralogia, verifica-se o papel fundamental da ciência da conservação e da restauração para a manutenção da integridade dos monumentos e extensão da longevidade do patrimônio edificado. Da mesma maneira, convém lembrar o essencial conhecimento acerca dos materiais históricos e sua matéria-prima em

qualquer intervenção de caráter restaurativo nas construções antigas, destacando as palavras de Manonni (1996):

Se com as caracterizações científicas demonstramos porque certo material foi escolhido em uma região, porque foi extraído, trabalhado e colocado na obra de certo modo, conhecendo-se já a durabilidade nos edifícios históricos, ajudaremos a conhecer o saber do passado, a evitar a perda das técnicas tradicionais e a melhorar a conservação da edificação histórica com seus valores (MANONNI, 1996, p. 10 apud SANTOS, 2012, p. 35).

Assim, diante das inundações correntes em Santa Leopoldina, que ameaçam a materialidade das edificações, esta pesquisa estuda e analisa três imóveis tombados situados no corredor histórico da cidade que estão sujeitos a estas inundações periódicas. Convém observar que inundações podem culminar em extensas degradações nos tijolos cerâmicos, especialmente em edificações históricas, cujos materiais podem apresentar características como elevada porosidade, baixa massa específica ou resistência mecânica abaixo dos valores exigidos hoje nas normas brasileiras. Em muitas situações, devido ao desgaste pelo tempo, os materiais construtivos podem estar fragilizados ou conter sais solúveis. Dessa forma, a entrada de água nas alvenarias pode culminar em graves degradações, comprometendo a estrutura da edificação como um todo.

Portanto, como o fator degradante mais frequente e com maior impacto negativo sobre as edificações históricas no núcleo urbano de Santa Leopoldina é o excesso de água que entra nas alvenarias por meio das inundações do Rio Santa Maria e dos extensos volumes de precipitação, ainda que outros fatores possam atuar negativamente sobre a estrutura das edificações, nesta pesquisa são abordados os danos provenientes da água.

O resultado obtido fornece dados teórico-científicos para futuras intervenções no objeto-concreto; uma vez que, ao produzir material inédito sobre os edifícios em questão, contribui no momento da intervenção. Dessa forma, auxilia a conservação e restauração de edificações construídas com tijolos cerâmicos maciços, sujeitas ou não à mesma problemática. Ainda, modifica a situação atual de carência de dados científicos acerca do Sítio histórico de Santa Leopoldina, e subsidia futuras pesquisas voltadas aos demais sítios históricos do estado do Espírito-Santo.

Portanto, o objeto inicial desta pesquisa é o universo da arquitetura remanescente da transição do século XIX para o XX em Santa Leopoldina, situada no núcleo urbano que compõe o Sítio histórico tombado. Mas, para efeitos práticos de análise, seleciona-se um elenco correspondente aos principais exemplares que mantêm suas características artísticas e históricas típicas do período em questão, considerando inclusive seu risco iminente de desaparecimento.

Neste contexto, são selecionados três imóveis situados numa mesma rua, com localizações estratégicas para análise⁷ e apresentando trechos do sistema construtivo expostos; permitindo a coleta de amostras para investigação tecnológica e a verificação da degradação dos tijolos cerâmicos (Figura 3).

Figura 3: Elenco de edificações estudadas na pesquisa.



Fonte: Autora

O objetivo geral deste trabalho é identificar os métodos de fabricação dos tijolos cerâmicos utilizados para construção do objeto de estudo, analisando essas informações para traçar os caminhos possíveis para a preservação da materialidade do Sítio histórico de Santa Leopoldina a partir da elaboração de diretrizes restaurativas para as alvenarias tradicionais em tijolo cerâmico maciço, com base na teoria e na tecnologia da conservação e do restauro.

Os objetivos específicos são:

- Contribuir para o reconhecimento da produção arquitetônica remanescente do século XIX, fornecendo subsídios para preencher a lacuna na historiografia quanto a estudos para conservação e restauração das alvenarias históricas em tijolo;

⁷ A edificação 01 situa-se no início do Sítio histórico, a edificação 02 no meio e a edificação 03 no fim.

- Caracterizar fisicamente as alvenarias de tijolo e sua composição mineralógica, identificando também as manifestações patológicas encontradas.
- Obter informações, por meio de pesquisa histórica e científica, quanto ao processo de fabricação do tijolo cerâmico; bem como o contexto histórico da comercialização e produção dos tijolos no Sítio histórico de Santa Leopoldina, no estado do Espírito Santo;
- Contribuir para a documentação dos tijolos cerâmicos fabricados na transição do século XIX para o XX no Estado do Espírito Santo, e ainda para a documentação do Sítio histórico de Santa Leopoldina, fornecendo dados científicos referentes aos materiais construtivos das edificações analisadas, e abrangendo documentação das fachadas por meio de ortofotos geradas a partir da fotogrametria digital.
- Verificar possibilidades para a preservação do Sítio histórico de Santa Leopoldina, sujeito a inundações frequentes que ameaçam a materialidade dos imóveis. Por consequência, propor, para esta situação específica, diretrizes práticas para a conservação e restauração de alvenarias históricas em tijolo.

A metodologia aplicada é uma abordagem qualitativa, empírica e experimental; para a qual se faz necessária uma revisão bibliográfica sobre o tema e o objeto-concreto, além de manipulação de softwares específicos para ensaio no elenco selecionado. Os procedimentos metodológicos consistem então, em quatro tipos de pesquisa – de campo, tecnológica, histórica e reflexiva – e dividem-se em cinco etapas, conforme descrição abaixo.

- 1. Revisão bibliográfica;**
- 2. Pesquisa de campo;**
- 3. Investigação tecnológica;**

- 4. Pesquisa histórica sobre a produção de tijolo cerâmico em Santa Leopoldina, entre as últimas décadas do século XIX e as primeiras décadas do século XX;**
- 5. Reflexão sobre a preservação do patrimônio histórico em áreas de inundação e diretrizes práticas para conservação e restauração de alvenarias em tijolo cerâmico maciço, expostas a esta situação.**

A pesquisa de campo é composta pela inspeção *in loco*, com análise tátil-visual, levantamento físico cadastral por meio dos softwares da *Autodesk Autocad* e *Photomodeler* e coleta de amostras para análises laboratoriais.

A pesquisa tecnológica consiste nos ensaios realizados em laboratório para caracterização física e mineralógica do material coletado, bem como para o diagnóstico das manifestações patológicas. A caracterização física engloba as características dos tijolos cerâmicos quanto à porosidade, massa específica e resistência mecânica, por meio dos ensaios de absorção total em água, massa unitária com picnômetro de *Hubbard* e resistência mecânica a compressão. A caracterização física também inclui a determinação provável do traço de argamassa, uma vez que as alvenarias não possuem o sistema construtivo aparente. Com relação ao diagnóstico de manifestações patológicas, a investigação laboratorial consiste nos ensaios para determinação do teor de umidade nas amostras e a determinação qualitativa de sais solúveis, tendo em vista a situação frequente de inundações e o poder de degradação que os sais causam nos materiais cerâmicos. A análise da composição mineralógica ocorre por meio da difração de raios-x (DRX), identificando os minerais presentes em nove amostras coletadas.

A pesquisa histórica aborda a o processo de produção dos tijolos cerâmicos do Sítio histórico de Santa Leopoldina. A metodologia de investigação consiste na análise da produção de tijolo na capital do Estado, Vitória, entre os séculos XIX e XX aproximadamente, com base na leitura de historiadores e pesquisadores que abordam o período citado no Espírito Santo e leitura de jornais da época. As informações obtidas são correlacionadas com a revisão de literatura e a

caracterização física e mineralógica dos tijolos coletados, para tecer considerações sobre a fabricação dos tijolos cerâmicos de Santa Leopoldina.

Por fim, a reflexão aborda os impactos dos desastres naturais como as inundações no patrimônio arquitetônico, enfatizando o risco de perda para as edificações históricas brasileiras. Nesse contexto, explora-se a abrangência, a frequência e a potencialidade de destruição desses desastres, procurando alternativas para conservação do patrimônio arquitetônico no cenário descrito. A segunda etapa do último capítulo trata de orientações, verificando técnicas possíveis a serem utilizadas nos edifícios analisados, de forma a propor métodos adequados para salvaguarda do patrimônio edificado em áreas de risco. Para tanto, são estabelecidas diretrizes práticas, que podem ser adotadas para conservação e restauro das alvenarias históricas em tijolo maciço sujeitas a incidência de água por tempo prolongado, visando retardar, tanto quanto possível, a perda do patrimônio edificado.

Capítulo 2

- CONSIDERAÇÕES SOBRE O USO DE TIJOLOS CERÂMICOS NA ARQUITETURA

2 CONSIDERAÇÕES SOBRE O USO DE TIJOLOS CERÂMICOS NA ARQUITETURA

2.1 EVOLUÇÃO DAS ESTRUTURAS HISTÓRICAS EM TIJOLO

2.1.1. A DESCOBERTA DA CERÂMICA E AS PRIMEIRAS UTILIZAÇÕES DO TIJOLO NA ARQUITETURA

A matéria-prima empregada na fabricação das cerâmicas e tijolos primitivos consiste, basicamente, na mistura de argila com características adequadas e água (SANTIAGO, 2001). A argila é constituída por um conjunto de minerais, composto, sobretudo de silicatos e aluminatos hidratados, cuja característica predominante é a propriedade de transformar-se em uma pasta plástica, passível de moldagem quando misturada à água e de secagem e endurecimento, quando exposta ao calor. A cerâmica é um material elaborado pelo homem a partir da argila, cuja plasticidade facilitou a fabricação manual de recipientes e formas diversas, e cuja origem remonta à pré-história, quando o homem descobre que, através da ação do calor, a argila endurece, originando formas rígidas. Na história da humanidade, esse é um acontecimento primordial, no qual os seres humanos começam a expressar-se, desenvolvendo utensílios próprios e diferentes dos objetos disponíveis na natureza. Embora pesquisadores tenham buscado fixar no tempo a invenção da cerâmica, este momento preciso da história humana ainda não foi datado (COSTA, 2000). Santiago (2001, p. 83) comenta que:

Assim como a descoberta da cal e do vidro ocorreram ao acaso, possivelmente o mesmo se deu com a cerâmica. Algum elemento de barro deve ter tido contato com o fogo, e daí o material enrijeceu. Pode ter sido tanto uma vasilha, quanto um adobe. Não é possível afirmar ao certo, principalmente pelo facto de que algumas civilizações primitivas conheciam a cerâmica, mas não os tijolos. A Marajoara, uma das civilizações indígenas existentes no Brasil, é exemplo de uma delas.

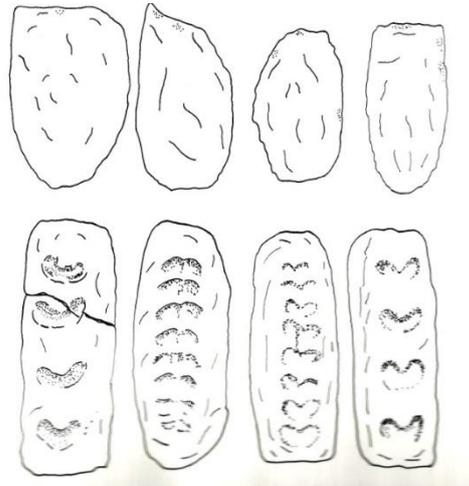
Santiago (2001) também observa que, quando o homem deixa de habitar as cavernas e desenvolve mecanismos para prover abrigo, utiliza somente recursos disponíveis na natureza, inicialmente apropriados tais quais encontrados; sendo posteriormente manipulados e transformados conforme novas necessidades, especialmente a partir do momento em que o homem se torna sedentário. Surgem, a partir de então, os artefatos em pedra polida e, em seguida, a cerâmica. Campbell e

Price (2005) discorrem, com prudente incerteza, que os primeiros povoados humanos datam do período entre 10.000 e 8.000 a.C. A partir desse momento, florescem as primeiras comunidades agrícolas nos vales do rio Nilo, Tigre, Eufrates e Indus (WARREN, 1999). Nesse período, quando se desenvolvem estas primeiras comunidades no Oriente Médio, o homem deixa de ser nômade, cria laços com o lugar e prospera a agricultura. Trata-se do período neolítico da pré-história, onde alguns utensílios e estatuetas, descobertos em escavações arqueológicas, revelam que os homens desse período manipulam bem a argila, elaborando distintos artefatos cerâmicos.

Nesse cenário, encontram-se os primeiros tijolos, elaborados pelas antigas povoações para promover abrigo e muros de proteção. Assim, desde a pré-história, o homem utiliza o tijolo para erguer paredes e materializar a arquitetura. De acordo com Warren (1999), o neolítico nos deixou estatuetas em terracota e algumas evidências do uso da terra para viabilizar abrigo, uma vez que o homem deixa de ser nômade e desenvolve um padrão de vida mais estável. De acordo com Campbell e Price (2005), os tijolos mais antigos foram descobertos na cidade de Jericó, nas margens do Rio Jordão, na Palestina, e datam do período entre 8.300-7.600 a.C (Figura 4). Estes tijolos pré-históricos eram compostos de lama, raspada do solo e misturada à água até obter uma massa plástica, moldada de forma tosca e com as próprias mãos em uma estrutura retangular e, em seguida, exposta ao calor para secagem. Tratava-se do adobe (CAMPBELL E PRICE, 2005). Após o processo de endurecimento, os tijolos eram organizados em fiadas, utilizando para aderência entre as peças a própria matéria prima como argamassa. Benevolo (1983, p. 30) ratifica esta informação quando descreve que:

[...] fabricação dos tijolos de argila, amassados com palha e cozidos ao sol, se usa no Oriente desde os tempos mais antigos até hoje. Os tijolos são depois levados à parede recobertos com uma nova argila e formam um produto que se adapta a todas as formas.

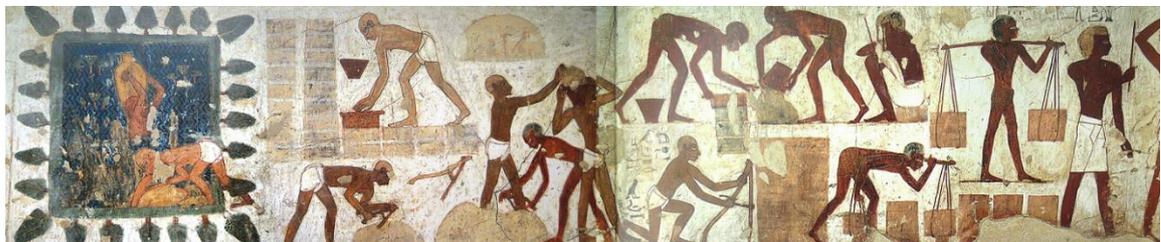
Figura 4 – Os tijolos encontrados em Jericó, Palestina



Fonte: Campbell e Price, 2005, p. 26

Estas primeiras estruturas de adobe tinham como obstáculo um bom encaixe, tendo em vista sua forma irregular. Portanto, a primeira grande evolução no desenvolvimento dos tijolos consiste na utilização de moldes para sua fabricação, viabilizando formas mais homogêneas. Há indícios de que a civilização egípcia foi a primeira a introduzir o uso do molde na fabricação dos tijolos, alegação que encontra materialidade em pinturas nas paredes do túmulo do vizir Rek-mi-Re, em Tebas (Figura 5). Entretanto, embora existam registros sobre o desenvolvimento do uso do molde no Egito, esse provavelmente já havia sido explorado na região do Vale do Indus e na Mesopotâmia, localizando-se nessas regiões possivelmente as primeiras civilizações que utilizaram os tijolos cozidos na arquitetura.

Figura 5 – Pintura na parede do túmulo de Rek-mi-Re



Fonte: Campbell e Price, 2005, p. 28 e 29

O emprego do material cerâmico, “obtido através do cozimento da argila, primeiro ao sol e depois em fornos, inicia-se naqueles lugares onde é escassa a pedra e são abundantes os materiais argilosos” (PETRUCCI, 1975, p. 1). Assim, na região da Mesopotâmia, considerada o alvorecer da civilização, celebrada, principalmente pela

invenção da cidade e da escrita (STRICKLAND, 2003), encontram-se os vestígios mais primitivos do emprego do tijolo cerâmico (OLIVEIRA, 2011). Porém, cabe ressaltar a incerteza do local de surgimento dos primeiros tijolos cozidos. De acordo com Leseigneur e Guilluy (1988), os primeiros tijolos cozidos foram encontrados em Sialk, no norte do Irã, e datam do 3º milênio a.C. De fato, parece ser provável que o tijolo cozido tenha se tornado material construtivo em distintas regiões da Ásia, tendo em vista a farta disponibilidade da argila em detrimento da pedra. Sustentando esta afirmação, Campbell e Price (2005) afirmam que as grandes civilizações da Mesopotâmia praticavam comércio. Warren (1999) corrobora a hipótese da utilização do tijolo cozido como alternativa na construção, em regiões próximas à Mesopotâmica, sendo provável que, em vista das rotas de comércio por terra e mar, ligando o Nilo, Mesopotâmia e o Vale do Indus, um intercâmbio de tecnologias tenha ocorrido, garantindo o conhecimento prático para os problemas de construções entre as civilizações antigas. Portanto, para Warren (1999), no Vale do Indus, atual território do Paquistão, na Antiguidade, o mesmo desenvolvimento quanto à utilização de tijolos cozidos parece ser aparente. Reforçando esta afirmação, Davey (1961) ratifica que, assim como a Mesopotâmia, grandes cidades como Harappa e Mohenjo-Daro, atualmente localizadas no Paquistão, também usaram vasta quantidade de tijolo cozido e muitas casas foram construídas em plataformas de tijolos para elevar o piso acima do nível de inundação.

Portanto, não é possível afirmar com segurança a hegemonia dos sumérios na invenção do tijolo cozido. Entretanto, os vestígios de construções utilizando materiais cerâmicos predominam na Mesopotâmia, cujos registros prevalecem sobre as demais regiões. A antiga Mesopotâmia está localizada no atual país do Iraque, cujo território, escasso de rochas (OLIVEIRA, 2002), não possuía recursos naturais como a pedra para erguer seus monumentos. Coube à argila e à água, a técnica e a arte da construção da arquitetura em larga escala. Oliveira (2002, p. 24) ratifica o uso do barro em larga escala, especialmente os adobes, na região da Mesopotâmia:

Em termos de arquitetura, podemos afirmar que os povos antigos radicados na bacia do Tigre e do Eufrates forjaram uma “civilização do barro” onde a construção foi toda fundamentada no emprego dos materiais argilosos, desde o adobe e o tijolo, usados como elementos estruturais e de vedação, até os materiais de revestimento, acabamento e decoração: ladrilhos cerâmicos simples e vitrificados, terracotas, etc. O fato é facilmente explicado pela natureza aluvionar do solo, nas regiões da Caldéia e da

Babilônia, desprovido totalmente de formações rochosas. Os assírios, embora possuíssem muito material lítico, preferiram em muitos casos seguir a influência dos seus vizinhos mais antigos e de raízes culturais mais profundas no tempo.

Dessa forma, Campbell e Price (2005) discorrem sobre o período das primeiras utilizações do tijolo cozido na arquitetura, afirmando que, embora a tecnologia para produção de tijolo cerâmico tenha sido utilizada pelos sumérios na construção de um canal de esgoto, no período *Ubaid 3-4* (5.000-4.500 a.C), os tijolos cozidos não foram amplamente utilizados antes do período *Uruk/Jemdet Nasr*, entre 3100 e 2900 a.C. Sobre esta data, Davey (1961) também afirma que, até o final do 3º milênio a.C, muitos edifícios em cidades sumérias, como Erech, Eridu, Lagash, e Ur, são construídos utilizando tijolos cozidos em fornos. Os tijolos mediam entre 20 e 28cm de comprimento, podendo chegar até 33cm, por 15 a 17cm de largura e 3cm de espessura, atingindo, em alguns casos, até 7cm de espessura (DAVEY, 1961). Davey (1961) também afirma que, na Mesopotâmia, são fabricados tijolos com selos distintivos ou inscrições, a partir do 3º milênio a.C. As marcas registravam eventos importantes e, de forma geral, referiam-se ao nome do Rei e à obra que seria erguida com aqueles tijolos.

No entanto, cabe afirmar que, na Antiguidade, os tijolos cerâmicos eram usados com moderação, pois o cozimento destes demandava muito combustível e a madeira, material usado para alimentar o fogo durante a queima dos tijolos, era escassa e, portanto, usada com parcimônia. Davey (1961) afirma que a fabricação de tijolos cerâmicos em grande quantidade só pode ter ocorrido em locais com muita quantidade de madeira, cana ou outro material de origem vegetal para combustível. Outros autores, como Leseigneur e Guilluy (1988), afirmam que, ainda assim, nestas regiões o tijolo cozido foi reservado para construção de edifícios com certo prestígio ou utilizado como elemento de decoração. Dessa forma, ainda que o tijolo cozido tenha maior durabilidade quando comparado ao adobe, devido à dificuldade de obter-se combustível para a queima, cuja temperatura média varia entre 950°C e 1.150°C (SANTOS, 2012), os tijolos cerâmicos só foram utilizados nas regiões que não tinham pedras para erguer seus monumentos.

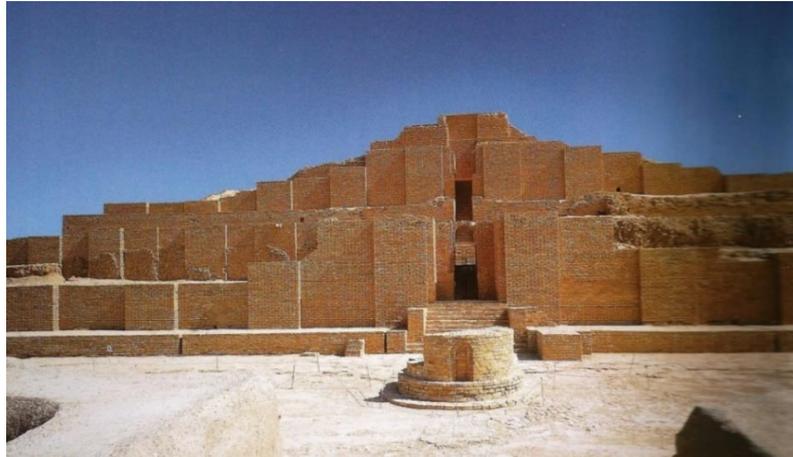
No Egito, por exemplo, a madeira é escassa e, portanto, o combustível necessário para a queima dos tijolos na Antiguidade, também era limitado. Dessa forma, como

no Egito havia muitas rochas disponíveis no território, o tijolo cozido pouco foi utilizado. Assim, no Egito, a pedra é a grande protagonista para construção das grandes obras, sendo os adobes empregados na arquitetura popular e o tijolo cerâmico empregado em raras situações. Contudo, apesar da utilização da pedra para templos e obras de grande porte, vale ressaltar a abundância de argila à beira do Nilo e o sistema de encaixe desenvolvido pelos egípcios, cujo modelo possibilitava boa aderência entre as peças e, conseqüentemente, grande estabilidade às alvenarias.

Campbell e Price (2005) também afirmam que, devido à aparente permanência e resistência, bem como à complexidade de fabricação, o tijolo cerâmico, na antiguidade, torna-se um dos símbolos da eternidade e trata-se de um material caro, empregado somente em grandes obras de arquitetura. Outro fator importante para o predomínio do adobe na arquitetura popular das civilizações antigas foi a boa relação custo/benefício dos mesmos, em comparação aos tijolos cerâmicos. De acordo com Leseigneur e Guilluy (1988), os adobes fabricados pelas antigas civilizações da Ásia e do Egito, eram suficientemente resistentes para suportar o intemperismo. Portanto, a despeito da notável durabilidade do tijolo cozido frente ao adobe, também é significativa a dificuldade de produção do tijolo cerâmico, se comparado aos tijolos de barro. Assim, o adobe perdurou como significativo elemento construtivo, pois era econômico e de fácil fabricação, já que não demandava combustível nem queima e, por conseqüência, não necessitava de profissional qualificado para a produção (SANTOS, 2012).

Dessa forma, na Mesopotâmia, devido aos fatores de ordem econômica e logística e, provavelmente, em decorrência do clima quente, o uso do adobe associado ao tijolo cozido era frequente na construção (SANTOS, 2012). Assim, a maior obra arquitetônica da cidade, o zigurate, reflete na sua estrutura o uso em conjunto do adobe com o tijolo cozido. O primeiro grande zigurate da Mesopotâmia, construído em Uruk durante o período Sumério (WARREN, 1999), era o templo do rei e foi erguido com as paredes externas de tijolo cerâmico e o interior com adobes. Também é possível verificar esta associação no grande zigurate de Al-Untesh-Napirisha (Figura 6).

Figura 6 – O Zigurate de Al-Untesh-Napirisha



Fonte: Campbell e Price, 2005, p. 32

Durante a terceira dinastia de Ur (2111-2003 a.C), inicia-se o período Babilônico na Mesopotâmia (CAMPBELL E PRICE, 2005). Babilônios e Assírios atingiram elevado grau de conhecimento em alvenarias e um bom exemplo do uso hábil do tijolo cozido veio de Nimrud (DAVEY, 1961). Em Ur, cerca de 2100 a. C, os construtores já dominam formas mais complexas, como arcos e abóbadas (WARREN, 1999). Também já se encontram na arquitetura tijolos esmaltados, estruturas cerâmicas revestidas com uma camada vidrada, com cores e desenhos de ornamentação. Santiago (2001) observa que, talvez por obra do acaso, o homem tenha descoberto como esmaltar a superfície dos tijolos, conferindo maior impermeabilidade à peça, bem como ornamentação e possibilidades de representação artística, utilizando a própria alvenaria como suporte. Surgem, a partir desta técnica, ladrilhos, azulejos, pastilhas e telhas decoradas. Estes tijolos vidrados, de acordo com Davey (1961), foram fabricados tanto pela civilização babilônica, quanto pela assíria, a partir do 9º século a.C. Tais objetos revelam uma fase mais sofisticada de alvenaria, cuja engenharia fornece evidências da produção do tijolo com modelagem específica (WARREN, 1999).

Neste contexto histórico, durante escavações arqueológicas na região da antiga Mesopotâmia, arqueólogos descobriram vestígios de grandes edifícios e palácios construídos em adobes e tijolos vidrados. A grande descoberta consiste na porta de Ishtar (Figura 7-a), construída sob o reinado de Nebuchadnezzar II, entre 604 a 562 a.C (DAVEY, 1961); demonstrando como a Babilônia desenvolve a moldagem de tijolos e, em seguida, elabora a arte do vidrado, revelando um alto nível de

sofisticação e uma tecnologia que permanece oculta até hoje. Tijolos vidrados com superfícies coloridas eram utilizados em grandes salões e palácios, modelados em figurais ornamentais como dragões e touros, predominando a cor azul de fundo (Figura 7-b). A arte em tijolo vidrado revelava o brilho e permanência apropriados ao status real (WARREN, 1999).

Figura 7 – (a) Porta de Ishtar, construída entre 604 e 562 a.C. (b) Paredes da sala do trono do palácio (604-562 a.C)



(a)



(b)

Fonte (a): <http://gallery4share.com/b/babylonian-god-ishtar.html>, acesso 27 jul 15.

Fonte (b): Campbell e Price, 2005, p. 34

Mais ao leste da bacia da Mesopotâmia, na Pérsia, atualmente uma área que corresponde ao sudeste do Irã, desenvolve-se a civilização assíria desde 4.000 a.C; alcançando importância no reinado de Dário I, entre 521 a 486 a.C, (CAMPELL E PRICE, 2005). Embora Warren (1999) afirme que vestígios do período do reinado de Sargão II (722-705 a.C) revelem o uso do tijolo cozido em aplicações práticas, como esgotos construídos com drenos de terracota, a Pérsia assume destaque na construção, utilizando material cerâmico durante o governo de Dário I, destacando-se a cidade de Susa, cujos exemplares significativos de obras moldadas em tijolo vidrado demonstram a mão de obra especializada (Figura 8-a; 8-b). Arqueólogos franceses, em escavações no final do século XIX, descobrem um salão com as colunas do palácio de Dário e o magnífico "Friso dos arqueiros", datado de 500 a.C (DAVEY, 1961), atualmente localizado no British Museum, em Londres (emprestado permanentemente do Museu do Louvre (Figura 8-c). De acordo com Campbell e Price (2005), Dário importava objetos preciosos de toda a Mesopotâmia e Oriente Médio, bem como os artesãos mais hábeis para trabalhar como pedreiros. Talvez a grande

oferta de materiais, devido a correntes importações, explique a maior variedade de cores utilizadas nas obras em tijolo vidrado. Esta afirmativa encontra respaldo em Benevolo (1983 p. 52) quando este afirma:

Do VI a IV século a.C, todo o Oriente Médio é unificado no Império Persa. O território do Egito ao Vale do Indo goza assim de um longo período de paz e de administração uniforme, que permite a circulação dos homens, das mercadorias e das ideias de uma extremidade à outra.

Figura 8 – (a) Tijolos vidrados provenientes de Susa, atualmente em exposição no British Museum. (b) Relevos de tijolo vidrado do Palácio de Dário, em Susa, atualmente expostos no Museu do Louvre. (c) uma das partes do “Friso dos Arqueiros”, painel do palácio de Dário, atualmente em exposição no British Museum.



(a)



(b)



(c)

Fonte (a) e (c): Autora

Fonte (b): Campbell e Price, 2005, p. 37

Entretanto, a influência da Pérsia como eixo central encontra declínio, sendo finalmente interrompida com a invasão de Alexandre Magno entre 356 e 323 a.C (CAMPBELL E PRICE, 2005). Alexandre foi o responsável pelo desenvolvimento de um dominante império grego, que se estendia da Índia ao norte da África. Campbell e Price (2005, p. 36) também relatam que:

As riquezas dos saques ocorridos nas guerras deixaram de entrar nos cofres da Babilônia e de Susa. O dinheiro e a justificação para construção para grandes e luxuosos projetos de construção desaparecem e as habilidades associadas deixaram de ser requeridas. A continuidade duma tradição de fabricação de tijolos que durava 6000 mil anos foi finalmente interrompida.

Com a morte de Alexandre, o poder é centralizado no Mediterrâneo e as grandes cidades da Mesopotâmia entram em decadência. A partir de então, nem gregos, nem romanos fizeram uso dos tijolos vidrados (DAVEY, 1961).

2.1.2. EVOLUÇÃO DO TIJOLO COMO MATERIAL DE CONSTRUÇÃO

As primitivas civilizações da Grécia aparecem por volta de 3000-2800 a.C, revelando uma arquitetura preliminar, materializada em formas e materiais rudimentares (CAMPBELL E PRICE, 2005). Quanto às técnicas construtivas, Campbell e Price (2005) destacam que a arquitetura civil utilizava tijolos de barro como principal material construtivo. Dessa forma, embora os gregos tenham introduzido o uso da terracota para produção de telhas, a arquitetura em tijolo cozido era incipiente, sendo este empregado geralmente como base das alvenarias, separando o solo do adobe (CAMPBELL E PRICE, 2005). Davey (1961) ratifica que os tijolos cozidos praticamente não foram utilizados na Grécia antes de meados do século IV a.C e que, mesmo após esse período, raramente eram empregados nas grandes obras de arquitetura. A transição seguinte da civilização grega, marcando o período helênico (700-300 a.C), extraiu do solo fértil em rochas os fragmentos necessários para construção dos grandes templos, interrompendo o uso do tijolo cozido e utilizando o material cerâmico apenas nos telhados.

Os romanos, em seguida, também utilizam o adobe para construção das casas, cujos métodos de construção permanecem durante toda a conquista da península itálica e nos dois séculos seguintes, até meados do século I a.C (CAMPBELL E PRICE, 2005). De acordo com Davey (1961), provavelmente as primeiras construções de tijolos cerâmicos na Itália foram paredes provenientes dos construtores etruscos em Arezzo. Como a civilização grega, os romanos também desenvolvem primeiro a fabricação de telhas cerâmicas, provavelmente porque a impermeabilização dos telhados era mais urgente do que a proteção e resistência das paredes (DAVEY, 1961). Davey (1961) também afirma que, até o século II a.C, os romanos só utilizavam adobes, com raras exceções de utilização de tijolo cerâmico, que não se torna comum até o período de Júlio Cesar.

Portanto, ainda que o tijolo cozido tenha sido aperfeiçoado e extremamente trabalhado como elemento decorativo pelas civilizações antigas, ele só se torna

potencialmente empregado no mundo clássico a partir do reinado de Augusto (27 a.C-14 d.C) em Roma (CAMPBELL E PRICE, 2005). Os romanos desenvolvem, a partir de então, uma arquitetura monumental marcada pelo uso do tijolo cerâmico e avanços técnicos obtidos com a utilização do material cerâmico. Para tanto, Warren (1999) destaca que o próximo passo significativo na história da construção em tijolo foi a introdução de uma argamassa com mais resistência que a lama e mais durabilidade, sendo os romanos os grandes responsáveis pela expansão do uso e potencialidades das argamassas. Assim, Warren (1999) confirma que, a partir da civilização romana, atinge-se notável avanço técnico, revelando considerável potencial para construção de grandes estruturas em tijolo cerâmico com a introdução da pozolana na argamassa. A pozolana consistia em agregados de cinza vulcânicas descobertos em Pozzuoli, região próxima à cidade de Nápoles. A pozolona obtida era misturada a cal e à areia, conferindo hidráulidade⁸ ao conjunto (SANTIAGO, 2007) e produzindo uma argamassa rígida e forte, que possibilitou grandes avanços para a engenharia da época. Davey (1961) salienta que a boa qualidade dos tijolos romanos também era consequência do preparo elaborado da argila que, por sua vez, era muito plástica. Outro grande feito dos romanos consiste do desenvolvimento dos arcos e abóbadas, construindo-os com tijolos cerâmicos e atingindo alto padrão na construção.

Nesse contexto, Davey (1961) observa que a arquitetura clássica romana construída em tijolo possuía o mesmo nível de sofisticação que as construções erguidas em pedra. Dessa forma, em Roma, tijolos especiais foram cortados para fazer fôrmas elaboradas de cornijas; e da mesma maneira, capitéis eram esculpidos em várias ordens, especialmente no 1º e 2º século d.C. Portanto, a partir dos dois primeiros séculos d.C, a civilização romana explora largamente a potencialidade construtiva do tijolo, criando magníficas construções, como o Anfiteatro Flaviano (Coliseu), iniciado em 70 d.C e concluído em 80 d.C, construído em concreto e tijolo e revestido

⁸ Sobre hidráulidade, Santiago (2007) explica: Esta propriedade propicia sua utilização [da argamassa] em locais úmidos ou alagadiços. Por isto, era recomendada pelo mestre romano (Vitrúvio), e por outros que lhe sucederam, na construção de portos. Não obstante, o material pode ser utilizado em locais secos, adquirindo boa resistência após o endurecimento, conforme igualmente evidenciado nos textos analisados, desde que durante o processo a argamassa seja mantida úmida. As argamassas pozolânicas endurecem exatamente devido à reação cal-pozolana que ocorre em presença de água. Isto porque o material apresenta elevada porosidade, o que favorece a reação entre a pozolana e a cal extinta, com a formação de compostos hidráulicos.

externamente em mármore travertino (Figura 9-a); o Panteão romano, erguido entre 118 e 128 d.C, cuja cúpula em concreto tem o tambor de sustentação em tijolo (Figura 9-b); o aqueduto de Aqua Claudia, construído entre 38 e 52 d.C (Figura 10-a); e o mercado de Trajano, centro comercial construído durante o reinado de Trajano (98-117 d.C), maior expoente romano da arquitetura em tijolo, utilizando o material argiloso como estrutura e ornamento (Figura 10-b).

Figura 9 – (a) Anfiteatro Flaviano, Coliseu, Roma. (b) Panteão romano, Roma



(a)



(b)

Fonte: Autora

Figura 10 – (a) Aqueduto Acqua Claudia, um dos primeiros aquedutos em Roma, segundo Campbell & Price, 2005, construído em 38 d.C. (b) Exterior dos mercados de Trajano, em Roma.



(a)



(b)

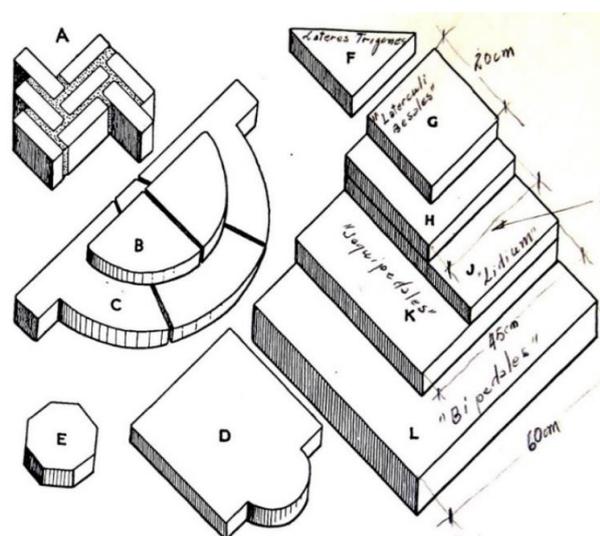
Fonte (a): Campbell e Price, 2005, p. 54 Fonte (b): Autora

Quanto aos tamanhos dos tijolos, os romanos, assim como outras civilizações, tinham o hábito de utilizar partes do corpo humano como parâmetros para criar padrões métricos e construtivos. Dessa forma, os tijolos romanos tinham medidas orientadas conforme os tamanhos dos pés e das mãos do homem; predominando o formato quadrado e plano. Vitruvius, em seu tratado de arquitetura, datado do século I a.C, faz menção ao tijolo no livro II. Entretanto, não é claro se a descrição de Vitruvius refere-se somente a adobes, ou se engloba os tijolos cozidos (SANTIAGO,

2001). O tratado vitruviano descreve três tipos de tijolos: *lydion*, com medida de um pé e meio, aproximadamente 44.25cm de comprimento e 29.5cm de largura, o *pentadoron*, cuja medida refere-se a quatro palmos, aproximadamente 36,88cm em cada lado, e o *tetradoron*, medindo três palmos de cada lado, o equivalente a um pé, em torno de 29.5cm (CAMPBELL E PRICE, 2005). De fato, no período romano, o tamanho dos tijolos passa a ser padronizado, ainda que permanecessem formas diferentes para finalidades especiais. Davey (1961) salienta, inclusive, a dificuldade de produção de tijolos com medidas exatas, já que a argila, durante a queima, pode encolher até 10% do seu volume inicial, o que depende das características desta argila, da temperatura da queima e da posição dos tijolos nos fornos.

Dessa forma, Davey (1961) descreve dez tipos de tijolos romanos, conforme (Figura 11): (a) tijolos pequenos para piso, (b) distintas seções para construção de colunas, (c) e (d) tijolos para fazer meia coluna, (e) tijolo octogonal para construção de pequenos pilares, (f) tijolo triangular, (g) tijolo *bessalis*, cuja medida consistia em dois terços de uma unidade de pé romano (29.5cm), tendo, portanto, 20cm quadrados, (h) tijolo *tetradoron*, como descrito por Vitruvius, (j) tijolo retangular, chamado de *lydion* por Vitruvius, (k) tijolo quadrado, chamado *sesquipedalis*, de tamanho maior, medindo um pé e meio quadrado – 44.3cm em cada lado, e 5cm de espessura, (L) tijolo *bipedalis*, também quadrado, medindo dois pés romanos – 59cm em cada lado e 6cm de espessura.

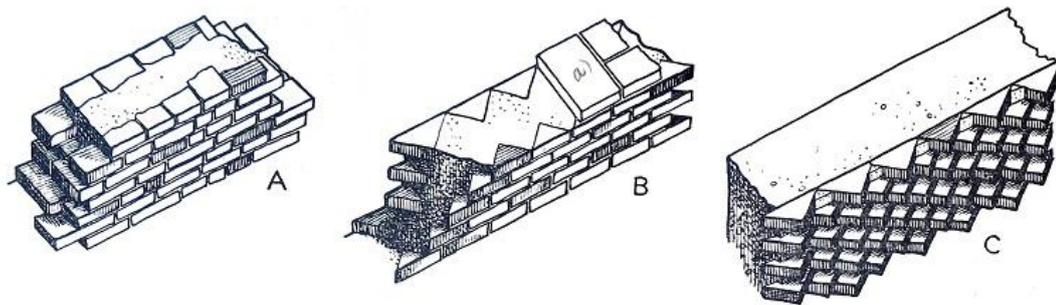
Figura 11 – Tipos de tijolos romanos



Fonte: DAVEY, 1961, p. 70

Os romanos desenvolveram grande repertório de formas e padrões construtivos para os tijolos, empregando predominantemente o material cerâmico associado ao concreto⁹ ou como estrutura a receber revestimento. Dessa forma, muitas vezes construía-se os edifícios em alvenaria de tijolo cerâmico, revestindo as superfícies com escaiola ou mármore. Outra técnica comum é o aproveitamento dos tijolos somente nas faces externas da parede e o preenchimento interno feito com concreto. Assim, a alvenaria externa era erguida com os tijolos cortados em formato triangular, constituindo uma face externa e outra interna, cujo interior era preenchido com pedra argamassada (Figura 12). Santos (2012) ainda afirma que raramente as paredes eram construídas inteiramente com tijolos.

Figura 12 – Estrutura das paredes romanas



Fonte: DAVEY, 1961, p. 70

Quanto à identificação, os romanos adquirem o hábito de inserir marcas nos tijolos fabricados em larga escala. Estas marcas são extremamente interessantes, na medida em que, muitas vezes, revelam a fonte de extração da argila, bem como a data da fabricação. Dessa forma, Davey (1961) afirma que, assim como a civilização babilônica, os romanos também inserem selos ou marcas nos seus tijolos e telhas, especialmente a partir da metade do 1º século d.C. Estas marcas eram impressas com motivos decorativos, como cabeças de animais, e consistiam na aplicação de um selo na superfície superior, antes do processo de queima; adquirindo desenhos elaborados durante o governo de Trajano (CAMPBELL E PRICE, 2005).

Com o declínio do Império Romano do Ocidente, no século IV, o Imperador Constantino transfere a Capital de Roma para Bizâncio (BENEVOLO, 1983), fundando o Império Romano do Oriente e levando o conhecimento das técnicas

⁹ O concreto romano era produzido por meio de uma mistura de argamassa de cal, areia e pedras de diferentes tamanhos.

construtivas para o Império Bizantino. Segundo Campbell e Price (2005), os tijolos bizantinos possuíam o mesmo processo de fabricação que os tijolos produzidos em Roma, seguindo o costume romano no uso de tijolos quadrados. Entretanto, ao contrário de Roma, que utiliza o tijolo como suporte ao concreto, o Império Romano do Oriente produz uma arquitetura fortemente caracterizada pela alvenaria em tijolo cerâmico. Rocha (2012) escreve semelhante afirmação quando destaca que, enquanto os romanos ainda utilizavam o betão (concreto) no interior das paredes, os bizantinos já executavam as alvenarias somente em tijolo ou utilizando uma técnica mista de tijolo alternado com pedra. Campbell e Price (2005) argumentam a provável desconfiança dos colonos romanos na sua própria argamassa, uma vez que não conheciam fontes de pozolana, embora usassem pó de tijolo, aditivo que conferia melhor resistência à argamassa. Na arquitetura, a mudança é significativa, caracterizando as obras bizantinas pelo uso de tijolos maciços e argamassas tão espessas quanto os próprios tijolos e de cor rosada em vista do acréscimo do pó de tijolo (Figura 13) (CAMPBELL E PRICE, 2005).

Figura 13 – Detalhe dos tijolos cerâmicos da alvenaria da igreja Santa Irene, em Istambul, construída no século VI.



Fonte: CAMPBELL E PRICE, 2005, p. 61

Ao longo dos séculos seguintes, ocorre paulatinamente uma transição do tijolo romano clássico para o tijolo medieval. Davey (1961) observa que a arquitetura medieval sofre bastante influência dos bizantinos. Campbell e Price (2005) destacam que esta transição é bastante perceptível em Ravena, escolhida como nova capital do Império do Ocidente em 402 (BENEVOLO, 1983). A igreja de San Vitale, construída por Julianus Argentarius, entre 527-537, possui tijolos longos, com juntas

horizontais espessas e paredes em tijolo cerâmico (Figura 14-a). Ainda em Ravena, o edifício chamado "Mausoléu de Galla Placida" (Figura 14–b), construído antes da igreja de San Vitale, possui juntas horizontais e verticais do mesmo tamanho, sendo os tijolos bem mais espessos que os romanos. Davey (1961) salienta também o tamanho dos tijolos utilizados no Mausoléu de Galla Placida, sendo estes bem grandes, em torno de 40cm de comprimento, por 15cm de largura e 10cm de espessura. A partir de então, a variedade dos padrões decorativos é ampliada e os tijolos diminuem consideravelmente de tamanho, perdurando com as dimensões dos tijolos utilizados na igreja de Santa Vitale, medindo aproximadamente 22cm de comprimento, por 12cm de largura e 6cm de espessura, permanecendo neste tamanho por muitos anos (DAVEY, 1961).

Figura 14 – (a) – Igreja de San Vitale, construída entre 527 e 537, Ravena. (b) O Mausoléu de Galla Placida, construído no século V, em Ravena



(a)



(b)

Fonte (a): Acervo Mário Mendonça de Oliveira.

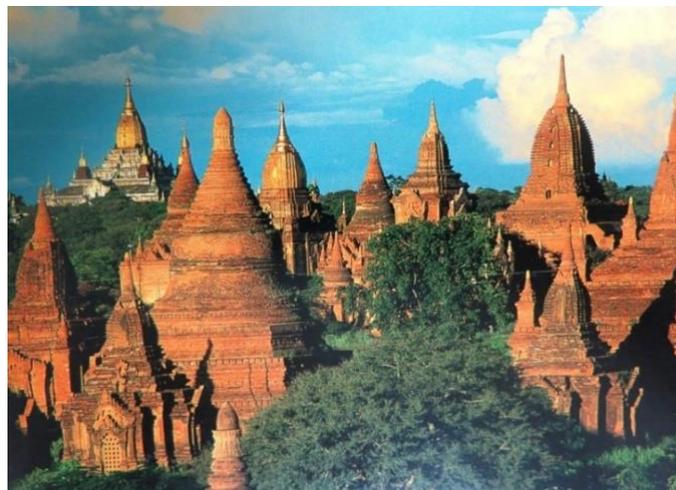
Fonte (b): Campbell e Price, 2005, p. 67

Em paralelo, a arquitetura em tijolo cerâmico desenvolve-se completamente diferente na China. Embora exista pouca evidência de troca de conhecimento técnico, Warren (1999) defende a teoria da troca de experiências entre romanos e chineses, afirmando que Roma e China conheciam-se mutuamente através do comércio entre as rotas da seda da Ásia. Campbell e Price (2005) afirmam que a primeira utilização de tijolos cozidos pelos chineses data do período dos Estados Feudais (475-221 a.C) e consiste em um poço de ventilação de uma fundição na província de Xinzheng, em Henan. A china produz tijolos com formas e tamanhos bem diferentes dos romanos e utilizam sofisticados fornos para o processo de

queima, construindo magníficas obras durante a Idade Média, como a impressionante muralha da China.

Ainda na Ásia, a antiga cidade de Pagan, hoje chamada Bagan, situada no norte de Myanmar, sul asiático, é uma das primeiras civilizações da Ásia, posterior ao Império Romano do Ocidente, a desenvolver uma arquitetura com grande emprego de tijolos cerâmicos. Pagan foi capital do reino em Myannar, antiga Birmânia, ao longo de quatrocentos anos, atingindo notável crescimento nos séculos XI e XII. A arquitetura popular, erguida em madeira desapareceu com o tempo, mas, os inúmeros templos, construídos em tijolos, permanecem (CAMPBELL E PRICE, 2005). Destacam-se duas tipologias de arquitetura religiosa - os templos e as stupas - sendo estas últimas estruturas básicas da arquitetura budista (Figura 15). As mais primitivas datam de 250 a.C e foram construídas em terra e pedra, quando disponível (CAMPBELL E PRICE, 2005). Entretanto, os exemplares mais significativos para a história das construções datam do período após o século II. A maior stupa de tijolo, a *Jetavana Dagoba*, construída no século III, tem 123 m de altura e tijolos de 50cm x25cm x5cm, assentados com argamassa de barro, possuindo grande quantidade de sedimentos e gesso (SANTOS, 2012). Os tijolos em Bagan têm, em média, 37 - 40cm x 18 - 22.5cm x 5cm e consistem no uso da argila aluvial como matéria prima, sendo esta naturalmente mais fina, depositada pela água próxima a superfície. Dessa forma, a matéria prima, densa e granulada, produz tijolos duros, de alta qualidade e que podem ser assentados com grande precisão e juntas pequenas.

Figura 15 – Stupas de Bagan.



Fonte: Campbell e Price, 2005, p. 83

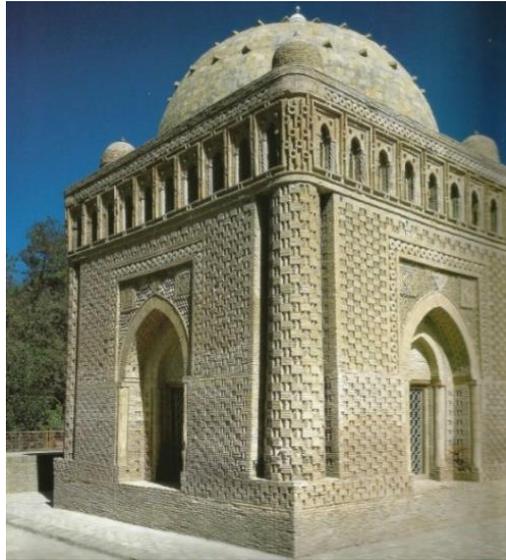
No mundo ocidental, os primeiros cinco séculos após a queda do Império Romano do Ocidente marcam um período de intensa crise econômica e política, cuja maior consequência para a arquitetura e urbanismo é o declínio das cidades e dispersão da população para o campo. A partir de então, na história da arquitetura, a Idade Média caracteriza-se pelas obras de cunho religioso, uma vez que este período é marcado pela influência e poder da religião. Ressalta-se que, no mundo oriental, também datam deste período diversas obras de caráter religioso. Dessa forma, florescem templos budistas na Ásia, pagodes na China, mesquitas islâmicas no Oriente Médio e Igrejas na Europa Ocidental (CAMPBELL E PRICE, 2005). Como consequência imediata, a arquitetura monumental desse período reflete a afirmação de um poder central e duradouro na sociedade. Em paralelo, como método construtivo, o tijolo fornece extensa durabilidade, sendo, a partir do século X, largamente utilizado em diversas regiões do mundo.

Nesse contexto, no sudeste asiático, destaca-se nesse período a atual Tailândia, ocupada na Idade Média pelos povos Mon, Khmer, Srivijayan e Tai. Com exceção dos Khmer, que utilizam predominantemente o laterite¹⁰ e a pedra, os demais povos erguem seus monumentos em tijolos. Na arquitetura islâmica, um dos exemplos mais expressivos do tijolo está no túmulo dos Samanidas, localizado na cidade de Bucara, atual Uzbequistão (Figura 16), construído entre 862 e 907. A construção é toda concretizada em tijolos quadrados na cor areia, medindo entre 22 e 26cm de cada lado e 4cm de espessura, assentados com juntas de 1cm. Aos tijolos padrão misturam-se tijolos com outras modelagens e tamanhos distintos (CAMPBELL E PRICE, 2005).

¹⁰ Laterite ou laterita, “termo dado por Buchanan em 1807 aos solos vermelhos dos trópicos que tinham a condição particular de endurecerem irreversivelmente quando secos, também abrange todas as alterações alíticas, onde a alumina encontra-se acompanhada por óxido e hidróxido férrico”. Disponível em:

<http://www.etg.ufmg.br/ensino/transportes/disciplinas/etg033/turmaa/tb02.pdf>. Acesso: 05 abril 2015.

Figura 16 – Túmulo dos Samanidas, no Uzbequistão.



Fonte: Campbell e Price, 2005, p. 74

A China, por sua vez, transforma paulatinamente o modelo arquitetônico da stupa no pagode; as altas torres de cunho religioso, também utilizadas como farol e observatório. Os chineses neste período também usam argamassa de cal e areia, desenvolvendo no período Song Norte (960-1127) um aditivo para a argamassa que consiste em uma espécie de papa de arroz (CAMPBELL E PRICE, 2005). A grande muralha da China, construída em grande parte na Dinastia Ming (SANTOS, 2012), tem seu exterior construído em tijolos, assentados com argamassa de cal e papa de arroz.

Na Europa florescem igrejas e mosteiros construídos em alvenaria de tijolos cerâmicos. Campbell e Price (2005) destacam a produção italiana, uma vez que a Itália, em especial, apesar do fim do Império Romano do Ocidente, desenvolve uma vasta arquitetura em tijolo associada ao Vale do Pó, planície do Vale dos Rios, rica em argila aluvial. O Vale dos Rios percorre muitas cidades, entre elas Milão, onde penetra em uma rede de canais chamados *navigli*. Dessa forma, embora o uso do tijolo na Itália esteja presente em quase todo o país, as cidades de Milão e Bolonha assumem, durante a Idade Média, a posição de eixo central dos grandes progressos na construção em tijolo, devido aos grandes depósitos de argila aluvial. Estes tijolos italianos adquirem formato retangular e espesso, diferenciando-se da produção em Ravena. Assim, a arquitetura italiana desenvolve notória ornamentação com o uso

do tijolo e diferencia sua produção arquitetônica do norte da Europa, prevalecendo à frente do progresso artístico e técnico durante a Idade Média.

Entretanto, em paralelo à tradição do tijolo na Itália, importante produção de tijolos medievais se desenvolve ao longo do litoral norte da Europa, do Báltico até os países baixos, onde a pedra era escassa (WARREM, 1999). Nestas regiões, o tijolo surge como alternativa abrangente na construção a partir do século XII, sendo predominante na Dinamarca e no norte da Alemanha. Rocha (2012, p. 70) também afirma que no sul da França o tijolo é empregado a partir do século IX:

Na França, as construções galo-romanas e as merovíngias mantiveram as tradições em alvenarias mistas com betão, mas só a partir do século IX passaram a utilizar tijolos em elementos da edificação. No sul, pela absoluta falta de pedra desde o século XII começaram a construir prédios inteiramente em tijolos.

A partir de então, o material cerâmico é largamente utilizado em igrejas, castelos, fortificações¹¹ e, frequente, em uma estrutura descrita por Campbell e Price (2005) como a igreja fortificada. Um dos mais notórios exemplares dessa tipologia arquitetônica é a Catedral de Santa Cecília, iniciada em 1276 e concluída quase dois séculos depois, em Albi, na França (Figura 17).

Figura 17 - Catedral de Santa Cecília, em Albi



Fonte: Campbell e Price, 2005, p. 111

Ainda durante a Idade Média, algumas cidades europeias estabeleceram normas quanto à fabricação do tijolo, visando regulamentar o tamanho e a produção, embora

¹¹ Entretanto, vale ressaltar que: “Apesar das vantagens do tijolo, foi a pedra que substituiu a maior parte das fortificações em madeira no norte da Europa. Contudo, em zonas onde a pedra não era facilmente disponível ou onde a tecnologia do tijolo era melhor compreendida, os castelos e muralhas eram construídos neste material”. (CAMPBELL E PRICE, 2005, p. 105).

não fique clara a abrangência destas normas. Santos (2012) afirma que, de forma geral, as normas eram determinadas entre o fabricante e o construtor. Estas eram criadas pelas corporações de artesãos. Uma delas, por exemplo, consistia na obrigatoriedade de todos os profissionais da área tornarem-se associados. Para tanto, exigia-se estudo com duração de sete a oito anos (CAMPBELL E PRICE, 2005). Campbell e Price (2005, p. 101) também destacam que este sistema de corporações apresentava vantagens, pois, ao regulamentar a profissão, os profissionais tinham que concluir os estudos obrigatórios e, dessa forma, os construtores tornavam-se mais qualificados e produziam tijolos com padrões mais elaborados. Campbell e Price (2005) ainda afirmam que este processo teve grande influência na alta qualidade de muitas obras em tijolo construídas durante a Idade Média.

Dessa forma, quando se inicia a Idade Moderna, o tijolo é amplamente utilizado em muitas construções na Europa e na Ásia. Cabe salientar que no século XV, na Europa, o conhecimento das artes é valorizado e floresce na Itália a profissão do arquiteto, emergindo, a partir de então, uma distinção entre o projetista e o construtor. Nesse contexto, cabe destacar o trabalho do arquiteto Filippo Brunelleschi, um dos primeiros interessados na estrutura e estabilidade da arquitetura. Brunelleschi projetou e construiu, utilizando o tijolo como material construtivo, a cúpula com o maior diâmetro até então na história da construção, o *duomo* de Florença - a Catedral Santa Maria Del Fiore (Figura 18).

Figura 18 – Vista da cúpula da Catedral Santa Maria Del Fiore, em Florença.



Fonte: Autora

Ainda na Itália renascentista, Campbell e Price (2005) destacam o uso do tijolo cerâmico associado com a pedra, revelando o apreço pelas obras da antiguidade clássica com a técnica de manter a pedra visível e o tijolo escondido. Dessa forma, os arquitetos da renascença erguiam edifícios em tijolo e o revestiam com pedra, terracota e estuque, sendo outras técnicas também utilizadas, como cobrir a fachada em estuque picado, assentar tijolos com argamassa da mesma cor ou mesmo pintar os tijolos (CAMPBELL E PRICE, 2005).

Em contrapartida, na Inglaterra, nos séculos XV e XVI, os tijolos são utilizados sem revestimento e ressurge a técnica do padrão em formas de losangos, alcançando diversas regiões do país. A técnica, que, segundo Campbell e Price (2005), já era encontrada em todo o norte da Europa medieval, assume grande destaque a partir de então e consiste no assentamento de tijolos de cores diferentes colocados a intervalos regulares, criando contraste entre as cores e desenvolvendo padrões, em especial a forma de losango (Figura 19).

Figura 19 – Exemplo do padrão de losangos



Fonte: Campbell e Price, 2005, p. 139.

Convém observar que, embora no século XVII o tijolo já fosse amplamente utilizado em toda a Inglaterra, a afirmação do material como método predominante na construção aconteceu após o incêndio ocorrido em Londres, em 1666. O fogo destruiu extensas áreas da região central, atingindo grandes proporções por causa da madeira, até então frequente na arquitetura civil. Com a tragédia, foi estabelecido que toda nova arquitetura erguida em Londres fosse construída com tijolo ou pedra, criando uma demanda enorme e, culminando, por consequência, no desenvolvimento de novas normas para fabricação de tijolos (SANTOS, 2012).

Assim como a Inglaterra, cuja proibição de realizar construções em madeira nutriu de forma exponencial a arquitetura em tijolo, a Holanda, também sob a mesma interdição, desenvolve indústrias de fabricação tijoleira, possuindo fornos bem elaborados, com capacidade de queimar de uma só vez quinhentos mil tijolos (CAMPBELL E PRICE, 2005). Santos (2012) também afirma a exportação de tijolo holandês para países vizinhos e longínquos, como Antilhas Ocidental e Brasil, potencialmente a partir da ocupação holandesa no século XVII. Ademais, ao longo do século XVII e XVIII, a tradição na fabricação do tijolo holandês adquire grande status, influenciando a arquitetura produzida em toda a Europa, especialmente através da técnica da empena perfilada, que consiste em utilizar a pedra como elemento decorativo e o tijolo como material de sustentação (Figura 20).

Figura 20 – (a) Exemplo da técnica da empena perfilada, em Haarlem, Holanda. (b) Exemplo da técnica da empena perfilada, em Alcalá de Henares, Espanha



(a)



(b)

Fonte (a): Campbell e Price, 2005, p. 166.

Fonte (b): Autora.

Na França, permanece um estilo arquitetônico similar, combinando a pedra com o tijolo, o que se torna popular em todo o país. Portanto, embora durante a Idade Média o tijolo não tenha sido usado com frequência na construção civil francesa, sendo empregado em larga escala somente no Sul, ao longo dos séculos XVII e XVIII este se torna popular através da técnica de mesclá-los à pedra, criando fachadas clássicas e de duas tonalidades, destacando os tons vermelho e branco (CAMPBELL E PRICE, 2005). Santos (2012) ressalta que muitas construções na

França consistem em alvenarias de tijolo com o uso de pedras nas laterais das fachadas, visando mais resistência. Essa arquitetura tem alguns exemplos, como a Place des Vosges, construída entre 1605 e 1612, e o pavilhão de caça de Louis XIII, em Versalhes, erguido em meados da segunda década do século XVII, tornando-se o Palácio de Versalhes no final do mesmo século (CAMPBELL E PRICE, 2005).

Depois da segunda metade do século XVIII, a Revolução Industrial modifica a estrutura vigente na sociedade, alterando a trajetória da economia na Inglaterra e, em seguida, em todo o território mundial. Surge a máquina a vapor, o trem e os navios, “favorecidos pela ampla produção de ferro, aço, cimento, uso intensivo do carvão mineral e do petróleo” (COSTA E RODRIGUES, 2012). Os avanços da tecnologia permitiram um grande salto nos transportes e nas máquinas. Benevolo (1983) afirma que o desenvolvimento dos meios de comunicação, das estradas de ferro e dos navios a vapor, são alguns dos principais fatores de influência na ordem da cidade e do território. A mobilidade de mercadorias torna-se potencialmente eficaz: todo tipo de mercadoria, independente do peso, pode ser transportada a partir de então.

Dessa forma, quando as evoluções das técnicas o permitem, o tijolo cerâmico passa a ser produzido em larga escala. Assim, com a Revolução Industrial dá-se, de fato, o salto de qualidade e quantidade na produção industrial de tijolos tradicionais, cuja produção em massa não pôde acontecer sem as máquinas motrizes. Surge, então, o primeiro forno Hoffman, cujo desenvolvimento potencializa a queima cerâmica e os tijolos passam a ser cozidos em fornos contínuos. Dessa forma, no século XVIII métodos mecânicos de preparação de argila, compactação, secagem e cozimento assumem menor destaque na produção do tijolo (SANTOS, 2012). Contudo, as principais modificações na fabricação dos tijolos ocorrem no século XIX, período no qual a produção artesanal é, em grande parte, substituída pela indústria e o trabalho mecânico. Warren (1999) afirma que, a partir de então, ocorre melhora significativa na qualidade do tijolo, pois o produto final torna-se mais uniforme, com corte mais preciso e acabamento mais elaborado, resultando em um material mais barato e mais confiável. Mendonça (2011) sustenta a afirmação de Warren, quando observa a “quantidade aliada à qualidade a partir dos fornos hoffman, quando foi aumentada a economia de energia”.

2.1.3. O CONTEXTO BRASILEIRO

De modo geral, nos primeiros momentos em que uma população ocupa terras desabitadas, as construções são erguidas rapidamente e utilizando materiais leves e de fácil manipulação, como madeiras, palhas e terra. No início da colonização brasileira, especialmente nas primeiras décadas após o descobrimento, os fatores de ordem econômica e técnica foram determinantes na arquitetura. A falta de recursos para a colônia brasileira e a ausência de mão de obra foram fatores decisivos que culminaram na precariedade da arquitetura, embora em muitos casos a inexistente consciência do valor do patrimônio e do saber fazer dos colonos tenha sido determinante para a efemeridade de muitas construções quinhentistas. Rocha (2012, p.76) discorre sobre a fragilidade destas primitivas construções brasileiras:

A precariedade destas construções deve ter-se restringido aos primórdios da ocupação tendo em vista o ambiente hostil: fauna, flora e nativos eram totalmente estranhos à cultura europeia. Os nativos (índios) não aceitaram pacificamente a presença invasora e promoveram diversos ataques aos colonizadores como aquele que vitimou os frades franciscanos.

Santos (2012), da mesma forma, discorre sobre a falta de mão de obra no início do povoamento português no Brasil, quando afirma que, em vista da falta de habilidade dos índios com materiais mais perenes como pedra, tijolos e telhas, a coroa portuguesa envia ao Brasil mestres, carpinteiros, destacando-se aqui a figura do oleiro, responsável pela fabricação de tijolos e telhas. Santos (2012) também relata que o estabelecimento de olarias era estimulado pelos jesuítas, visando fornecer material de construção para suas obras, e afirma que o fabrico cerâmico nos primórdios da ocupação em terras brasileiras ocorria por meio da “Companhia de Jesus¹²”, cujo excedente também era comercializado nos centros urbanos. Ainda com relação à produção cerâmica da Companhia de Jesus, segue relato do Padre Serafim Leite¹³ (LEITE, 1993, p. 195 apud SANTOS, 2012, p. 207).

[...] o fabrico de objectos de barro nasceu na Companhia por necessidade doméstica, ainda no tempo de Nóbrega, por não haver mercado onde se comprassem, e conjuntamente para que a ociosidade não tivesse lugar em

¹² A história da Companhia de Jesus no Brasil inicia com a chegada dos jesuítas em 1549 na Bahia, onde estabelecem um colégio e iniciam a catequese dos índios.

¹³ Serafim Soares Leite (1890 - 1969) foi um padre jesuíta, português, residente no Brasil, escreveu a obra História da Companhia de Jesus no Brasil, em dez volumes. Disponível em: http://www.histedbr.fe.unicamp.br/revista/edicoes/45/rdt06_45.pdf. Acesso: 26 mar 2015..

casa, segundo o espírito das Constituições. Assim era em São Paulo de Piratininga em 1560. Produção rudimentar, que depois aperfeiçoada em moldes europeus se organizou pelo Brasil acima até o Pará. Deixou nome de bom oleiro Amaro Lopes, irmão que no século XVI ensinou a arte ao pessoal do colégio do Baía, escravos e livres; e no século XVIII já algumas destas olarias se poderiam chamar fábricas de cerâmica. Tomadas em conjunto produziam ladrilhos, tijolos, telhas, formas de açúcar, botijas, quartas, púcaros e louça em geral. Serviam para os gastos da Companhia [...].

Para compreender a história do emprego do tijolo como método construtivo na arquitetura brasileira, é inevitável, ainda que de forma preliminar, a abordagem quanto às bases econômicas do Brasil, cuja história nos primeiros séculos esteve atrelada à lógica de acumulação primitiva de capital. A ocupação portuguesa ocorre por meio da exploração do pau-brasil, inicialmente, e, em seguida, desenvolve-se a economia açucareira (BICCA E BICCA, 2008). Assim, nas primeiras três décadas do século XVI, predomina no Brasil a atividade extrativista associada ao pau-brasil, cuja necessidade demanda apenas uma arquitetura precária. Em seguida, Portugal investe na colônia, com a criação do Governo Federal e da fundação da cidade de Salvador, primeira capital do Brasil. A partir de então, é priorizada a produção e exportação açucareira, predominante na região Nordeste, perdurando até o século XIX (BICCA E BICCA, 2008).

Nesse contexto, Rocha (2012) descreve muitas informações acerca da utilização do tijolo na colônia brasileira, enfatizando que o tijolo adentra no Brasil ainda no século XVI, nos pilares no convento de Olinda¹⁴, e que as ordens religiosas, como beneditinos e jesuítas, também produziam tijolo (CARDIM, 1847 apud ROCHA, 2012). Rocha (2012) ainda acredita que outras experiências de fabricação de tijolo tenham ocorrido no Brasil quinhentista. A afirmação da autora tem fundamento no relato do cronista Gabriel Soares de Souza¹⁵ sobre a fabricação de material cerâmico nos engenhos:

14 "O Convento primitivo foi construído em 1585, com projeto do frei Francisco dos Santos, sendo o primeiro estabelecimento franciscano do Brasil. É formado por um conjunto que inclui a Igreja de Nossa Senhora das Neves, a Capela de São Roque, a Capela de Santana e a sacristia". Disponível em: <http://www.olinda.pe.gov.br/guia-turistico/igrejas>. Acesso 23 mar 2015.

15 Sobre Gabriel Soares, Rocha (2012) descreve: "Português, Gabriel Soares (1547/1591) migrou para o Brasil em 1560, fixando-se na Bahia como dono de engenho, concluiu seu trabalho em 1587, portanto, se reportou a experiência de duas décadas de residência no território brasileiro" (ROCHA, 2012, p. 84).

[...] e para as mesmas obras e edifícios que forem necessários, tem a Bahia muito barro de que se faz muito e boa telha, e muito tijolo de toda sorte, do que há em cada engenho um forno de tijolo e telha, entre os quaes se coze também muito boa louça e formas que se faz o mesmo barro (SOARES DE SOUZA, 1851, p. 356 apud ROCHA, 2012, p.84).

No século XVII, entre os anos de 1630 e 1654, durante a ocupação holandesa em Pernambuco, a necessidade de construção de alojamentos e a escassa e, por vezes, insuficiente quantidade de olarias produzindo tijolos, resultam na importação deste material diretamente da Holanda (SANTOS, 2012), país que já tinha tradição no uso do tijolo em suas construções. Dessa forma, Santos (2012) discorre sobre o emprego dos tijolos cerâmicos em Pernambuco, onde pesquisas arqueológicas realizadas na Fortaleza de Santa Cruz, construída pelos portugueses na ilha de Itamaracá, encontram vestígios do Forte Orange, de origem holandesa, datado do século XVII. Durante as escavações são descobertos tijolos holandeses (Figura 21) com coloração amarelada e dimensões aproximadas de 17cm x 7.5cm x 3.5cm, cuja origem, segundo o arqueólogo Marcos Albuquerque¹⁶, seria provavelmente a utilização como lastro dos navios originados da Holanda (GOMES, 2006, p. 87 apud SANTOS, 2012, p. 210).

Figura 21 – Destaque em vermelho da parede interna de tijolos cerâmicos do Forte Orange, em Pernambuco.



Fonte: Albuquerque, 2007.

Gomes (2006) salienta que, após os anos iniciais da ocupação holandesa em Pernambuco, os holandeses se dedicam à construção urbana, construindo olarias

¹⁶ Marcos Albuquerque, pernambucano, arqueólogo, professor aposentado da Universidade Federal de Pernambuco (UFPe), pesquisador do CNPq, dedica-se a arqueologia militar desde 1965.

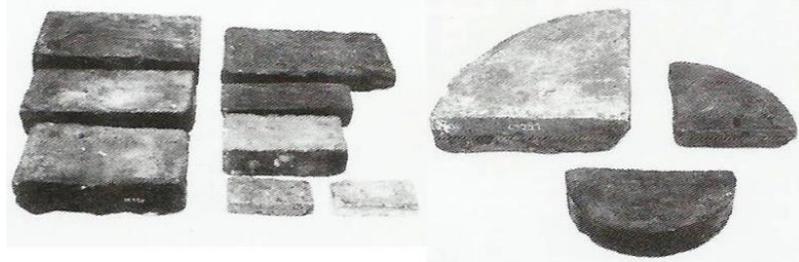
mais próximas para atender a cidade. A ocupação do território era favorecida pela existência dos engenhos, onde, segundo Gomes (2006), “o sistema construtivo mais usado nos edifícios da fábrica e em casas-grandes de senhores de mais posses foi a alvenaria de tijolo” (GOMES, 2006 apud SANTOS, 2012). Santos (2012) também constata a produção de tijolos de forma significativa no século XVII por meio do “Relatório sobre o Estado das Capitanias conquistadas no Brasil, apresentado pelo Senhor Adriaen Van der Dussen¹⁷ ao conselho dos XIX, na Câmara de Amsterdam, em 4 de abril de 1640”. Adriaen van der Dussen afirma no relatório que “faz-se muito bom tijolo, cada engenho tendo a sua olaria [...] e informa que o senhor de engenho “precisa ter as terras de cana necessárias, mata para fornecer lenha, pastagem, barreiros para o trabalho de olaria, etc” (MELLO, 1981, p. 178 apud SANTOS, 2012, p. 212). De fato, observa-se a importância da olaria para os engenhos, pois a produção destes não se concentrava somente nas fôrmas para produzir o açúcar, mas, consistia também na produção de materiais de construção.

Nos engenhos, o sistema construtivo adotado dependia da disponibilidade do material na região, da distância do engenho à cidade, bem como das posses do senhor de engenho. Assim, de acordo com a distância que o separava da cidade, o senhor de engenho optava por uma casa grande com muitos ambientes ou uma residência menor e mais simples, na qual residisse somente no período da produção açucareira. Gomes (2008) também observa esta diferença: [...] “assim, do século XVII ao século XIX, em alguns engenhos foram construídas enormes vivendas de alvenaria de tijolos e pedra, enquanto que, em outros, eram erguidas casas mais simples”. Dessa forma, quanto mais distante da cidade estivesse sua propriedade, o proprietário ocupava grande parte do seu tempo no engenho e, portanto, as casas eram maiores e empregavam-se tecnologias mais duráveis, como alvenarias de pedra ou tijolo (GOMES, 2008). Gomes (2008) salienta que as fábricas do engenho também eram predominantemente erguidas com alvenarias de tijolos cerâmicos, sendo a estrutura de cobertura construída com madeira. Gomes (2008) ainda afirma que foram utilizados tijolos não só para as alvenarias das fábricas dos engenhos,

¹⁷ Adriaen Jacobszoon van der Dusse (1585-642) foi conselheiro da Companhia Neerlandesa das Índias Ocidentais durante a ocupação holandesa no Brasil.

adotando, inclusive, tijolos em forma circular, ou de meio círculo, nas colunas de casas grandes, capelas e senzalas (Figura 22).

Figura 22 - Tijolos com tamanhos e formas diferentes utilizados nos Engenhos de açúcar.



Fonte: Gomes, 2008, p. 97.

Ainda sobre a fabricação e utilização do tijolo na colônia brasileira, destaca-se o trabalho de Lemos (1989), o qual descreve informações sobre a produção de tijolo no estado de São Paulo, no início do século XVII:

Já no começo do século XVII, precisamente em 1610, conforme nos contam as *Atas da Câmara Municipal de São Paulo*, vol. II, p. 268, o pelourinho paulistano foi projetado em “tijolos cozidos” e empreitado pelo oleiro Fernão Álvares, o fabricante de telhas do novo burgo. Depois, sabemos que, em 1767, o sempre mencionado governador-geral Morgado de Mateus referia-se a índios oleiros que estava enviando de São Miguel, nos arredores da cidade, a São Sebastião, para que ali fizessem telhas e tijolos destinados à fortificação daquela vila.

No estado do Rio de Janeiro, Rocha (2012) destaca a grande demanda para produção de materiais cerâmicos na capital, que possuía oito olarias nas duas primeiras décadas do século XVII (Mello Moraes, 1879, p. 144 e 145 apud Rocha, 2012). Ainda no estado do Rio de Janeiro, na cidade de Paraty, Rocha (2012) participa de uma intervenção em algumas casas datadas do século XVII e observa o uso do tijolo como elemento de vedação nas fachadas e no interior de edificações construídas no século XVII.

Convém destacar que, no Brasil, nos primeiros séculos da colonização, a fabricação de tijolos e a existência de olarias foram mais frequentes nas regiões nordeste e sudeste. Porém, é possível observar o emprego do tijolo, ainda que em menor escala, nas outras regiões. Na região norte, por exemplo, ainda pouco ocupada no início do século XVIII, as técnicas construtivas mais usadas foram o pau-a-pique e a taipa de pilão. Contudo, nas residências mais importantes utilizava-se com frequência alvenarias de pedras, ou mistas. Ainda, no início da segunda metade do

século XVIII, diversas vilas foram fundadas no interior da Amazônia, criando demanda de materiais de construção, especialmente para produção local, em vista da distância e acesso a estas novas povoações (SANTOS, 2012). Santos (2012) também afirma a existência de algumas olarias nestas vilas, as quais produziam tijolos e telhas. Neste contexto, destaca-se o Engenho do Murutucu, propriedade rural do arquiteto Antônio José Landi, onde eram praticadas atividades de cultivo e beneficiamento de arroz, havendo também uma olaria que fornecia tijolos para Belém¹⁸.

Há, ainda no período colonial, o emprego do tijolo nas fortificações brasileiras. As fortalezas militares tiveram íntima relação com o planejamento das cidades, já que, durante o período colonial, o Brasil estava constantemente sujeito a ameaças, invasões estrangeiras e pirataria. Assim, Oliveira (2004, p. 152) destaca o uso de tijolos na construção de algumas fortalezas do Brasil, salientando que, embora o tijolo fosse pouco utilizado, pois “preferiam os povoadores investir na fabricação de telhas, deixando os tijolos para depois, já que os muros poderiam ser feitos de terra crua (taipa de sopapo ou de pilão) ou então de pedra em cal”, muitos engenheiros apoiavam o uso do tijolo nas fortalezas, sendo o material cerâmico mais resistente que a terra crua e estilhaçando menos que a pedra quando atingido pelos projéteis (OLIVEIRA, 2004, p. 152). Oliveira (2004) também afirma que os tijolos eram quase sempre empregados nas abóbadas, arcos de envasaduras ou arcos de descarga, ou então em detalhes, como as guaritas e os pisos dos cômodos da fortaleza.

Um dos exemplos, no Brasil, de fortaleza construída com tijolos cerâmicos, é a fortaleza de São José de Macapá, construída no século XVIII (Figura 23). Oliveira (2004) salienta dois motivos que podem ser apontados para a adoção desta solução:

¹⁸ Conforme informa Fernando Marques, arqueólogo e pesquisador: “Em 1766, Antonio José Landi, arquiteto italiano, que chegou ao Brasil em 1753 como integrante da comissão de demarcação de limites da Amazônia, adquiriu o engenho Murutucu com "setenta pessoas, entre índios, índias e rapazes nascidos no dito engenho". [...] Contemporânea à época, é a reforma da Capela do Engenho, à qual o arquiteto incorporou os traços marcantes do Neoclassicismo. [...]. Em 1780, Landi encontrava dificuldades em obter a mão-de-obra para operar atividades do engenho, como a plantação de um novo canavial, razão pela qual solicitou ao reino a concessão de até 24 índios para suprir as necessidades. Mesmo assim, chegou a produzir açúcar e aguardente, e colocou em atividade uma **olaria** para fabrico de telhas e tijolos” (grifo nosso). Disponível em: http://marte.museu-goeldi.br/museuempauta/index.php?option=com_k2&view=item&id=351:um-pouco-mais-sobre-os-vest%C3%ADgios-do-murutucu. Acesso: 05 mai 2015.

a influência de Manoel de Azevedo Fortes¹⁹ no seu projeto e também a escassa quantidade da pedra local. A região, em contrapartida, é rica em terrenos argilosos sedimentados pelo Amazonas.

Figura 23 – Fortaleza de São José de Macapá, imagem mostrando os canhões e os tijolos.



Fonte: Disponível em: <http://amapaemdestaque.webnode.com.br/pontos-turisticos/fortaleza%20de%20s%C3%A3o%20jose%20de%20macapa/>, acesso 27 jul 2015.

Portanto, cabe destacar que, o tijolo foi utilizado durante o período colonial brasileiro em diversas regiões, sobretudo nas cidades de maior destaque no panorama econômico da época. Dessa forma, Rocha (2012) comprova, com base em dados e quadros estatísticos, que a trajetória do tijolo no Brasil está vinculada à cultura do açúcar e não restrita a economia cafeeira, cuja logística deu continuidade as práticas já consolidadas da fabricação do tijolo brasileiro. Assim, embora empregado com moderação nas construções nos primeiros séculos de ocupação do Brasil, os tijolos tiveram importante papel no desenvolvimento da arquitetura colonial brasileira. Ribeiro (2009, p. 56) destaca que as alvenarias de tijolos foram usadas com parcimônia, tendo em vista a dificuldade de encontrar oleiro qualificado:

Sabe-se, por exemplo, que os jesuítas adestravam os índios das Reduções na arte da olaria e que essa mão-de-obra era altamente disputada. É conhecida uma carta do Morgado Mateus, governador de São Paulo no

¹⁹ Sobre Manoel de Azevedo, conta Oliveira (2004, p. 51): “Brigadeiro Manoel de Azevedo Fortes (1660-1749): Na primeira metade do século XVIII, brilha a estrela desse famoso engenheiro militar. 19 Na qualidade de engenheiro-mor do Reino, nomeado em 1719, opinou sobre muitas coisas do Brasil e a ele serão atribuídos os traços de algumas fortalezas, como a de S. José de Macapá. Tendo nascido em Portugal, fez seus primeiros estudos na Espanha, no colégio Imperial, depois na Universidade de Alcalá, partindo em seguida para a França onde estudou, por algum tempo, no Colégio de Plessis”.

século XVIII, pedindo ao colégio de Santos que enviasse índios oleiros para ajudarem nas construções da capital. Também se pode pensar que a baixa produtividade das olarias artesanais coloniais influenciasse no custo dos tijolos, que acabavam significativamente mais caros que a pedra de mão, em especial em locais onde essa pedra não dava muito trabalho para ser obtida. Assim, o tijolo no período colonial dificilmente era usado para paredes unicamente deste material. Ele participava dos arcos de descarga e mesmo de ombreiras e vergas das paredes em alvenaria de pedra. Em paredes do tipo enxaimel ou frontal utilizava-se nos enchimentos, algumas vezes, alvenarias de tijolos: paredes em que uma estrutura de madeira é preenchida com material de alvenaria (pedra de mão, tijolo ou adobe). O resultado final é uma parede estrutural mais delgada e mais leve que a parede de alvenaria.

Contudo, ainda que o tijolo tenha participação na arquitetura colonial brasileira, ele não é largamente utilizado em todas as regiões do Brasil antes dos avanços técnicos oriundos da revolução industrial. Assim, no Brasil, até meados do século XIX, a terra crua e a pedra foram as principais matérias primas para a arquitetura. No entanto, a partir do século XIX, os fatos que decorreram depois da Independência do Brasil foram importantes para o estabelecimento de novos padrões construtivos, pois com a vinda da corte portuguesa em 1808 e com a Independência em 1822, extensas áreas da cidade do Rio de Janeiro foram remodeladas para atender as novas necessidades. Para tanto, construía-se demasiadamente, aumentando de forma significativa a quantidade de olarias existentes (ROCHA, 2012). Porém, a arquitetura ainda persistia sob os moldes coloniais, permanecendo o aparato socioeconômico por meio do trabalho escravo e da agricultura de exportação (REIS FILHO, 2010).

Entretanto, as mudanças socioeconômicas e tecnológicas ocorridas durante a segunda metade do século XIX implicam em profundas transformações nos modos de habitar e construir. No Brasil, mudam-se os valores e hábitos e a sociedade passa a almejar um padrão de vida moderno. Neste momento, ocorre a decadência do trabalho escravo com a supressão do tráfico em 1850 e abolição da escravatura em 1888; inicia-se a imigração europeia, desenvolve-se o trabalho remunerado e aperfeiçoam-se as técnicas construtivas (REIS FILHO, 2010). Nesse contexto, para materializar os novos anseios da sociedade, o tijolo cerâmico surge como opção mais viável; sendo este mais maleável que a pedra e cujas alvenarias eram mais esbeltas se comparadas com as tradicionais alvenarias de taipa de pilão. Dessa forma, o tijolo se torna potencialmente empregado na arquitetura brasileira após a Revolução Industrial, predominando com a economia cafeeira e tendo o estado de

São Paulo como polo central. Rocha (2012) também confirma que, embora existam registros sobre a adoção de tijolos na arquitetura de São Paulo desde 1610, este só se torna popular e significativo em meados do século XIX, especialmente a partir da segunda metade, onde inicia-se no Brasil a industrialização da fabricação cerâmica.

Assim, de forma geral no Brasil, ainda que a trajetória do tijolo esteja vinculada à cultura do açúcar e não somente à economia do café (ROCHA, 2012), este é usado com maior frequência para as construções a partir do século XIX. Alguns autores, como Weimer (2005), afirmam que o tijolo só se torna popularizado no Brasil a partir de 1850. Reis Filho (2010, p. 48) corrobora a ampliação das alvenarias de tijolo a partir da segunda metade do século XIX:

As primeiras manifestações da mecanização na produção de materiais de construção e a presença dos imigrantes como trabalhadores assalariados respondiam pelas alterações das técnicas construtivas nessa época. Surgiam então as casas construídas com tijolos e cobertas com telhas de tipo Marselha [..]

Dessa forma, as edificações da segunda metade do século XIX passam a utilizar predominantemente alvenarias estruturais com o uso de tijolos maciços, já que estes são mais leves e possibilitam paredes de menor espessura, exigindo, conseqüentemente, menos esforço das fundações. Santos (2012) evidencia, neste período, a importação de maquinários capazes de aumentar a produção cerâmica brasileira, vindos do continente europeu e da América do Norte. Outro fator determinante para a disseminação do tijolo, de acordo com Santos (2012), refere-se à lei nº 3129, de 14 de outubro de 1882, que assegurava ao autor de qualquer invenção ou descoberta o registro de uma carta-patente e o uso exclusivo da mesma, intensificando a produção de material cerâmico no Brasil e popularizando o uso de alvenarias de tijolo.

De acordo com Lemos (1989), a primeira olaria mecanizada do Brasil pertencia a Antonio Carlos de Sampaio Peixoto e localizava-se na cidade de Campinas; já funcionando no ano de 1867, quando é visitada por D. Pedro II. A fábrica utilizava máquinas a vapor, com sistema *Clayton & Comp. Machina BB*, fornecendo, segundo Lemos (1989), tijolos a inúmeras cidades e fazendas da vizinhança, mesmo as localizadas em Minas Gerais. Lemos (1989, p. 40) também afirma que o tijolo se torna popular com o café; uma vez que o “tijolo permitia a fácil construção de

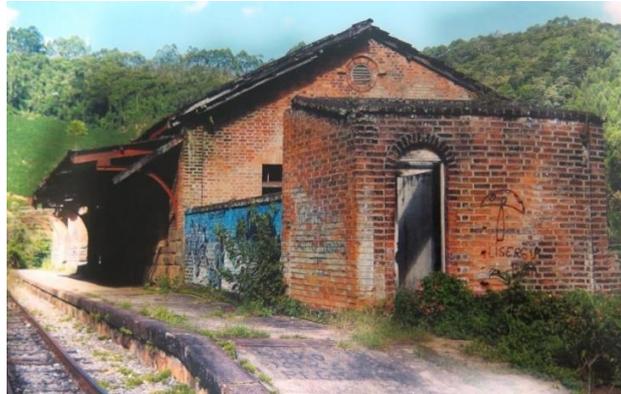
aquedutos, muros de arrimo e o calçamento dos grandes terreiros de secagem dos grãos”.

Sabe-se que o cultivo e comercialização do café foram determinantes para o crescimento do estado de São Paulo. Lemos (1989) também destaca o papel decisivo da estrada de ferro dos ingleses, em 1867, para a modernização da cidade, a qual, gradualmente, alterou seus costumes e comportamentos. Reis Filho (2010) salienta a integração do Brasil no mercado mundial por meio da abertura dos portos, fator determinante na importação de diversos materiais e equipamentos. Lemos (1989, p. 30) também atenta para a importação do tijolo, ainda que em menor escala se comparada a outros materiais: “Às vezes, já no século XIX, o tijolo aparece trazido de fora, bem pequeno e delgado, ajudando a perfilar padieiras curvas ou arcos de escarção, a tapar buracos ou reentrâncias ou mesmo trincas [...]”.

As novas condições de transporte, criadas com a instalação das ferrovias e linhas de navegação fluvial, permitem a importação completa de diversos materiais e estruturas, inclusive os edifícios produzidos pela indústria. A economia do café prospera e o desejo de modernização cresce entre a elite, que passa a almejar um modelo de construção alinhado a sociedade industrial. No estado de São Paulo, um dos reflexos na arquitetura é o crescente abandono da taipa de pilão e a adoção do tijolo cerâmico como principal elemento construtivo, tanto nas residências urbanas quanto nas rurais, inclusive, empregando pela primeira vez no Brasil o tijolo aparente. As ferrovias têm importante participação nesse processo, disseminando um novo modo de construir no interior do Brasil (Figura 24). Reis Filho (2010, p, 158-159) acrescenta:

Novas soluções arquitetônicas e construtivas eram assim difundidas pelo interior, influenciando sob vários aspectos na arquitetura. Como uma consequência dessas transformações deve ser reconhecido o chalé. [...] Na maioria dos casos evitava-se empregar a madeira nas paredes, devido aos preconceitos e conseqüente resistência da população. Utilizavam-se, porém, normalmente, paredes estruturais de tijolos aparentes. A solução, associada ao esquema de chalé, era sem precedentes no Brasil. Ainda que fossem comuns o exemplo desse material mesmo no primeiro século de colonização, seu uso sem revestimento apareceu somente no século XIX, por influência dos ingleses, começando, quase certamente, nas estações ferroviárias.

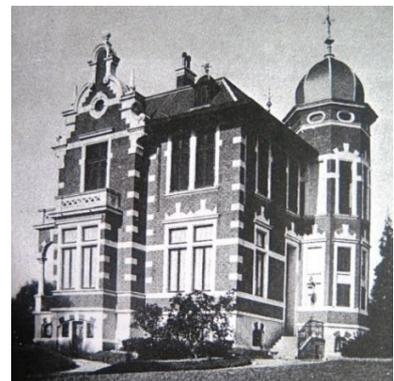
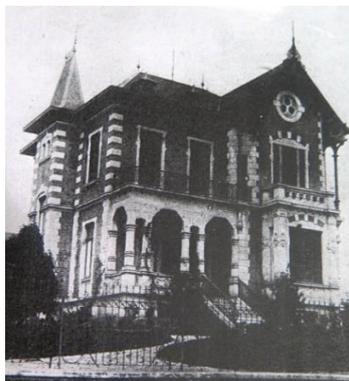
Figura 24 – Estação Ferroviária de Matilde, Alfredo Chaves, Espírito Santo, construída no século XIX por meio da técnica do tijolo aparente



Fonte: Espírito Santo, 2009.

Nesse contexto, já em meados da segunda metade do século XIX, um arquiteto brasileiro, com formação concluída na Bélgica, chamado Francisco de Paula Ramos de Azevedo, constrói em São Paulo diversos edifícios utilizando como material construtivo o tijolo cerâmico; muitos dos quais se mostravam aparentes, revelando uma nova fase da arquitetura paulistana a partir de 1850 (Figura 25). Como enfatizado por Lemos (1989), os edifícios soltos, recuados do terreno, demonstravam a potencialidade da alvenaria, possibilitando a abertura de grandes vãos e a aproximação de janelas. O arquiteto fez os primeiros edifícios oficiais do governo, alinhados à estética neoclássica, e foi o arquiteto e construtor oficial do governo e da classe alta de São Paulo. Ainda segundo Lemos (1989), Ramos de Azevedo foi proprietário da Cerâmica Vila Prudente, responsável pela produção de tijolos e telhas prensadas.

Figura 25 – Residências projetadas por Ramos de Azevedo, na segunda metade do século XIX em São Paulo



Fonte: Lemos, 1989.

No entanto, embora a industrialização da produção cerâmica tenha sido decisiva para a popularização do tijolo como material construtivo, no Brasil, as mudanças advindas com a Revolução Industrial tinham custo elevado de implantação e manutenção; exigindo mão de obra especializada no transporte e manipulação dos novos maquinários para a produção em larga escala (ROCHA, 2012); o que culmina na concentração das mudanças oriundas na industrialização nas capitais. Dessa forma, Rocha (2012) ainda destaca:

[...] apesar de serem capazes de absorver a produção em larga escala, as novas tecnologias só poderiam ser difundidas nos grandes centros urbanos e, principalmente, junto à malha pluvial ou ferroviária que garantisse o transporte do produto (ROCHA, 2012, p. 293).

No entanto, é importante destacar que, de modo geral, a arquitetura produzida na segunda metade do século XIX, especialmente as últimas duas décadas, possui um nível elevado de realizações técnicas, dentro dos padrões acadêmicos (REIS FILHO, 2010). Para a arquitetura, a mudança do sistema construtivo para as alvenarias de tijolo cerâmico implica em um significativo aumento de precisão nas construções, onde Reis Filhos (2010, p. 159) salienta que “os erros de medida, que com emprego das técnicas tradicionais podiam ser avaliados quase sempre em decímetros, reduziam-se agora a centímetros”.

No século XX, ressalta-se o estabelecimento do *international style* na Europa e, no Brasil, o quadro político, econômico, e artístico desenvolvidos a partir da Semana de Arte Moderna de 1922. Na arquitetura brasileira, um dos reflexos é a incorporação do concreto armado, embora ainda permaneçam e predominem na arquitetura civil os sistemas construtivos baseados nas alvenarias estruturais de tijolo cerâmico até meados da segunda metade do século XX.

2.2 TIJOLO: CARACTERÍSTICAS E PRODUÇÃO

2.2.1. MATÉRIA-PRIMA, CLASSIFICAÇÃO E PROPRIEDADES

Química é a ciência que estuda a estrutura e as propriedades da matéria e das possíveis transformações que esta passa. Desde a Antiguidade, a química esteve diretamente relacionada aos avanços das civilizações, envolvendo especialmente as manifestações artísticas. Moya e Ferrer (2004), quando discorrem sobre a

composição da matéria, enfatizam que a vinculação da química com as artes plásticas sempre foi e é vital, já que os materiais que o artista emprega são compostos químicos, cujas propriedades estão diretamente relacionadas com sua composição química.

Para a arquitetura, o princípio é o mesmo, já que os materiais empregados pelos construtores são compostos químicos e, portanto, possuem características próprias baseadas na sua composição química. Cabe ressaltar, desde os primórdios da civilização até a atualidade do século XXI, muitos dos materiais que compõem a estrutura de uma obra de arte (e também da arquitetura) são obtidos através de algum tipo de processo diretamente relacionado com o campo da química (MOYA E FERRER, 2004).

Portanto, muitos processos químicos têm sido conhecidos e praticados desde a Antiguidade, embora o sistema de aplicação fosse totalmente empírico, desprovido de uma compreensão profunda sobre o comportamento das substâncias (MOYA E FERRER, 2004; SANTIAGO, 2000). Entretanto, a partir do século XV, durante o florescimento do Renascimento em Florença, os tratadistas iniciam uma espécie de ciência da conservação *lato sensu* (OLIVEIRA, 2011) dos materiais e das estruturas que compõem os edifícios. Assim, pode-se considerar que Brunelleschi, além de iniciar o período renascentista, é um dos primeiros profissionais a buscar esta ciência da conservação *lato sensu* quando analisa as soluções para a cúpula da Catedral de Santa Maria Del Fiore, estudando os materiais de construção, bem como sua estrutura e estabilidade. Em seguida, Leon Battista Alberti discorre sobre a durabilidade do construído, tendo em vista a relação inevitável com a ação da natureza e as consequências do intemperismo sobre as edificações. Assim, Alberti dedica parte do seu trabalho ao estudo das construções no que tange aos seus danos e meios de reparação destes (OLIVEIRA, 2011).

Contudo, somente a partir do século XVIII, as pesquisas começam a ter um fundamento e metodologia científica, o que permite a relação entre a estrutura e o comportamento das substâncias. No século XIX, a descoberta da composição química de vários minerais possibilita a classificação química destes. Inventa-se o microscópio ótico e, em seguida, os fundamentos da cristalografia dos raios X (COSTA E RODRIGUES, 2012). Já no século XX, consolida-se a ciência da

conservação e do restauro com os avanços da mineralogia, por meio do surgimento da difração de raios x (DRX), da microsonda eletrônica, do microscópio eletrônico de varredura (MEV), da análise química pelo Sistema de Energia Dispersiva (SED) e do microscópio eletrônico de transmissão de alta resolução (COSTA E RODRIGUES, 2012).

Costa e Rodrigues (2009) salientam sobre o panorama da mineralogia nas últimas décadas do século XX e no início do século XXI, enfatizando a indissociável relação das ciências básicas com o desenvolvimento da humanidade; destacando que os grandes avanços da química, da física, da matemática e da informática criaram bases para o desenvolvimento de diversas técnicas e equipamentos adequados para o estudo dos minerais. Sendo a arquitetura indissociável da matéria, toda obra concretizada está fundamentada no comportamento químico e físico dos materiais utilizados. Portanto, a química e a física têm grande vinculação com o campo da conservação do patrimônio, bem como dos processos de restauração. Como todas as ciências experimentais, a química se rege a partir de uma série de leis e fundamentos, cujo conhecimento se faz necessário conhecer para o entendimento do comportamento químico das substâncias.

Nesse contexto, este capítulo discorre sobre a ciência dos minerais no que tange a composição mineralógica da argila, matéria-prima dos tijolos, destacando suas propriedades; para, em seguida, compreender os métodos de fabricação do material cerâmico na construção civil.

- **Composição química**

Torraca (1986), quando descreve o movimento da água nos sólidos porosos, discorre sobre a composição química dos tijolos, afirmando que estes são compostos de carbonatos, silicatos, aluminatos e óxidos, embora eventualmente também seja possível ocorrer a presença de silicatos vítreos, não cristalizados. A principal matéria prima dos tijolos são as argilas, que consistem em minerais resultantes da degradação de diferentes tipos de rocha após intemperismo (TORRACA, 1986). Sobre este processo, Leseigneur e Gruilley (1988, p. 11, tradução nossa) escrevem:

A argila é produzida pela erosão, e esta é contínua e universal, por isso a argila é um material extremamente comum na natureza. É necessário

retornar a crosta terrestre para compreender o processo de fabricação da argila e principalmente sua composição química. Na origem, a Terra era uma massa de matéria em fusão e sua crosta terrestre, fina e superficial, se solidificou e resfriou. Diversos minerais foram então formados. Mas, é importante observar que cinco minerais correspondem a 90% da composição da superfície da terra, dos quais o feldspato é o mais comum (59,5%)

O termo rocha designa um agregado sólido de origem natural, constituído por um ou mais minerais que existem nas camadas externas da Terra. A classificação das rochas varia conforme o processo de formação. Portanto, de acordo com sua origem, as rochas podem ser classificadas como ígneas, sedimentares ou metamórficas. A formação das argilas deriva quase sempre das rochas ígneas, sendo estas provenientes do resfriamento do magma derretido ou parcialmente derretido e consolidado na litosfera. Assim, Petrucci (1975) afirma que as argilas são formadas na crosta terrestre através da desintegração das rochas ígneas, sendo a origem mais comum os feldspatos²⁰, minerais existentes nos granitos e pórfiros (ambos tipos de rocha ígnea); embora gnaisses e micaxistos (rochas de origem metamórficas) também possam originar argilas. Portanto, argila também provém das rochas sedimentares, já que ela também se origina da decomposição destas rochas (LESEIGNEUR E GRUILLEY, 1988). As frações fragmentadas destas rochas são transportadas e depositadas como sedimentos fluviais, marinhos, lacustres ou eólicos (SANTOS, 1989).

Pode-se afirmar que a argila é um material natural, terroso, de granulação fina e, constituída essencialmente por partículas cristalinas extremamente pequenas de um número restrito de minerais, conhecidos como argilominerais, podendo também conter outros minerais (quartzo, mica, pirita, calcita, dolomita, entre outros), matéria orgânica, sais solúveis e outras impurezas (SANTOS, 1989, p. 1).

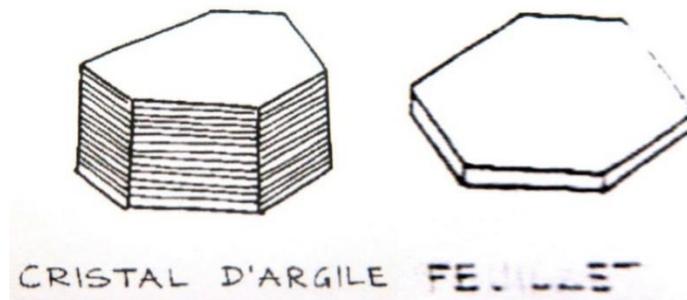
Os cristais de argila são partículas bem pequenas, possuindo tamanho inferior a dois μm^{21} e forma hexagonal, onde cada cristal é composto de uma série de folhas

²⁰ Feldspato é um dos componentes do granito, junto com mica e quartzo. Sob a ação do gás carbônico contido na água, o feldspato se decompõe e torna-se caulim (minério composto de silicatos de alumínio hidratados) (LESEIGNEUR E GRUILLEY, 1988).

²¹ Cabe destacar que este tamanho oscila em alguns países, e varia de acordo com as normas quanto à classificação da argila.

(TORRACA, 1986) (Figura 26). Os argilominerais são filossilicatos²², com estruturas cristalinas em formato de folha; e geralmente formados pela combinação de lâminas de tetraedro de silício, ordenados de forma hexagonal com lâminas octaédricas de alumínio ou magnésio (SANTOS, 2012). Oliveira (2011) também descreve a estrutura cristalina das argilas, identificando as mesmas como importantes aglutinantes.

Figura 26 – Cristais de argila.



Fonte: Torraca, 1986, p. 97.

Os argilominerais consistem em uma formação conjunta de óxido de silício (SiO_2) e óxido de alumínio (Al_2O_3) (TORRACA, 1986), embora possam conter também outros tipos de elementos. Santos (1989) afirma que análises químicas de argilas mostram que estas são constituídas essencialmente por sílica, alumina e água, e, frequentemente, por quantidades significativas de ferro e de metais alcalinos e alcalinos terrosos. Ratificando esta informação, Leseigneur e Gruilley (1988) afirmam que a argila é um silicato de alumina hidratado, cuja fórmula química $\text{Al}_2\text{O}_3 - 2 \text{SiO}_2 - 2 \text{H}_2\text{O}$, indica que uma molécula de alumina está associada à duas moléculas de sílica e à duas moléculas de água. No entanto, cabe salientar que esta fórmula não compreende a mistura complexa de impurezas que acompanham sempre as argilas naturais, pois a argila pode constituir-se de um ou mais argilominerais e, ainda, pelo agrupamento de um argilomineral com outros minerais não argilosos (SANTOS, 2012).

Portanto, em relação à composição química, segundo Petrucci (1975) a análise química das argilas revela a existência dos seguintes minerais (Tabela 1):

²² Silicatos em folha, também chamado estrutura lamelar, são silicatos contendo folhas tetraédricas bidimensionais contínuas de composição SiO_5 (SANTOS, 1989, p. 45)

Tabela 1 – Composição química da argila

Mineral	Fórmula Química	Porcentagem em relação à massa
Sílica	SiO ₂	40-80%
Alumina	Al ₂ O ₃	10-40%
Óxido férrico	Fe ₂ O ₃	Até 7%
Cal	CaO	Abaixo de 10%
Magnésia	MgO	Até 1%
Álcalis	Na ₂ O e K ₂ O	10%
Anidrido Carbônico	CO ₂	
Anidrido Sulfúrico	SO ₃	

Fonte: Adaptado de Petrucci, 1975.

A variedade das argilas ocorre porque estas podem conter fragmentos não só da rocha de origem, mas também minerais e rochas que se depositam no transporte e na sedimentação. Assim, as diferentes espécies de argilas decorrem da mistura de diferentes hidrossilicatos de alumínio, denominados materiais argilosos (PETRUCCI, 1975). Petrucci (1975) define materiais argilosos como unidades estruturais constituídas de sílica e alumina. Em função da variedade de camadas, têm-se diferentes argilominerais. Devido a estes argilominerais, a argila, quando misturada à água, adquire propriedades como plasticidade, resistência mecânica, compactação, tixotropia, entre outras²³.

Embora existam diversos argilominerais na crosta terrestre, três grupos se destacam pelo seu uso e importância na fabricação de produtos cerâmicos: a caulinita, a montmorilonita e a illita; embora raramente as argilas tenham apenas um material argiloso, frequentemente eles estão misturados, predominando um tipo. Segundo Petrucci (1975), o que diferencia estes materiais argilosos é a proporção entre sílica e alumina, bem como a água de constituição e sua estrutura. Torraca (1986) afirma que nas argilas mais frequentes, como as montmorilonitas e as illitas, as folhas são constituídas de duas camadas de sílica e uma camada de alumina entre elas. A ABCERAM²⁴ destaca como diferença fundamental entre os distintos materiais argilosos:

²³ Informação disponível em: <http://www.abceram.org.br/site/?area=4&submenu=47>. Acesso 10 mai 2015.

²⁴ Associação Brasileira de Cerâmica. Disponível em: <http://www.abceram.org.br/site/?area=4&submenu=47>. Acesso 10 mai 2015.

O que diferencia estes argilominerais é basicamente o tipo de estrutura e as substituições que podem ocorrer, dentro da estrutura, do alumínio por magnésio ou ferro, e do silício por alumínio ou ferro, principalmente, e consequente neutralização das cargas residuais geradas pelas diferenças de cargas elétricas dos íons por alguns cátions. Dessa forma, na caulinita praticamente não ocorre substituição, na illita ocorre substituição e o cátion neutralizante é o potássio; na montmorilonita também ocorrem substituições e os cátions neutralizantes podem ser sódio, cálcio, potássio e outros. Isto implica em diferenças nas características de interesse para as diversas aplicações tecnológicas.

De acordo com Santos (2012), para a fabricação de materiais cerâmicos usados na construção civil, como tijolos e telhas, a argila utilizada é classificada como cerâmica vermelha e os materiais argilosos utilizados na produção de cerâmica vermelha são conhecidos popularmente como barro (SANTOS, 2012). Quanto ao termo terracota, este é adotado para designar o sentido amplo da argila, quando esta é modelada e cozida em forno (SANTIAGO, 2000). Quanto à cor, Petrucci (1975, 16) afirma que “a cor vermelha é devida ao óxido férrico”.

- **Classificação**

A classificação das argilas decorre da sua estrutura, assim, os argilominerais classificam-se em duas classes gerais: a) silicatos cristalinos com estrutura lamelar e b) silicatos cristalinos com estrutura fibrosa (SANTOS, 1989). Os silicatos de estrutura lamelar podem ser divididos em três grupos ou famílias: a) camadas 1:1 ou difórmicos, b) camadas 2:1 ou trifórmicos e c) camadas 2:2 ou tetrafórmicos. A nomenclatura 1:1 e 2:2 refere-se ao “número de camadas de tetraedros SiO_4 e de octaedros de hidróxidos, respectivamente, que entram na constituição da cela unitária do reticulado cristalino do argilomineral” (SANTOS, 1989, p. 45)

Para a produção cerâmica usam-se somente as argilas de estrutura laminar, onde estão inseridos os grupos das caulinitas, montmorilonitas e illitas (PETRUCCI, 1975). As caulinitas são frequentes na fabricação de porcelanas e cerâmicas sanitárias, por serem as mais puras e mais refratárias; e por não expandirem, já que não ocorre penetração de muita água entre as camadas (OLIVEIRA, 2011). Torraca (1986) discorre sobre este processo afirmando que as argilas puras, do tipo caulim, não possuem ferro nem sódio e são misturadas ao feldspato, que é um silicato rico em potássio. Quando esta mistura atinge temperatura em torno de 1200°C ou mais, ocorre a formação de silicatos de alumínio e, quando a mistura esfria, a quantidade

de material vítreo é suficiente para encher quase completamente os espaços entre os cristais. É por esta razão que a porcelana tem baixa porosidade; pois, são em parte cristalinas e em parte vítreas (TORRACA, 1986). Portanto, as taxas de porosidade e resistência da argila dependem do tipo de argila, da adição de materiais que contem sódio ou potássio e da temperatura de cozimento. As caulinitas também apresentam pouca plasticidade, e Santos (2012) observa que isto ocorre devido à forte ligação entre as lâminas.

Para estes três grupos de materiais argilosos, Santos (2012, p. 159) descreve a estrutura e composição, salientando que as caulinitas são argilominerais bilaminares, constituídas de uma folha tetraédrica de sílica e outra folha octaédrica de alumina, onde as partículas de água situam-se na superfície externa e não penetram entre as camadas.

Em contrapartida, as montmorilonitas são muito absorventes e possuem alto teor de expansão, por isso raramente são empregadas na fabricação cerâmica. Elas têm maior empregabilidade na construção quando misturadas com as caulinitas para corrigir a plasticidade. A montmorilonita é um argilomineral trilaminado, tendo duas lâminas de sílica intercaladas por uma lâmina de alumínio e unidas pelo oxigênio comum às folhas.

Já as argilas do grupo das ilitas são as mais empregadas na fabricação de tijolos, pois tornam-se cerâmicas a temperaturas inferiores a 1200°C, e não são nem refratárias e nem muito expansivas (PETRUCCI, 1975). Em relação à ilita, Santos (2012) a descreve com uma estrutura trilaminada, cuja unidade estrutural básica é composta por lâminas de tetraedros de silício com uma lâmina octogonal entre as camadas.

Petrucci (1975) também salienta que as argilas são classificadas em infusíveis, fusíveis e refratárias, salientando que para o uso na construção civil, as argilas fusíveis são as mais importantes, conforme a Tabela 2:

Tabela 2 – Classificação das argilas quanto à temperatura de queima

Infusíveis	As argilas infusíveis são constituídas de caulim puro, e quando cozidas tornam-se brancas, utilizadas em larga escala para a fabricação de porcelanas.
Fusíveis	Para a construção civil são as mais importantes, pois se deformam e vitrificam-se à temperaturas inferiores a 1.200°C
Refratárias	Possuem alto grau de pureza, não se deformam à temperatura de 1500°C e tem baixo coeficiente de condutibilidade térmica, sendo portanto, utilizadas como revestimento de fornos.

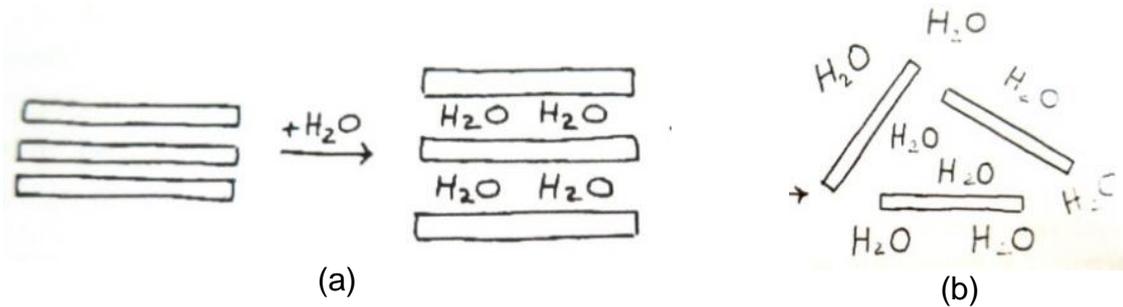
Fonte: Adaptado de Petrucci, 1975.

• **Propriedades**

Quanto às propriedades das argilas, existem determinadas características essenciais para que estas sejam adequadas à fabricação de materiais cerâmicos. Destaca-se a plasticidade, a capacidade de absorção à água e o comportamento ao calor como características essenciais; sendo a fusibilidade, a porosidade e a cor características secundárias (PETRUCCI, 1975).

Quanto à plasticidade, cabe ressaltar, todas as argilas são plásticas quando molhadas porque seus cristais deslizam facilmente uns sobre os outros (TORRACA, 1986). Assim, sobre a plasticidade, Petrucci (1975) a descreve como a propriedade da matéria de deformar e conservar a deformação, quando submetida a uma força indeterminada. Da mesma forma, para Santos (1989, p. 3) plasticidade é “a propriedade de o material úmido ficar deformado, sem romper, pela aplicação de uma tensão, sendo que a deformação permanece quando a tensão aplicada é retirada”. Portanto, para atingir esta propriedade, as argilas necessitam ser misturadas à um fluido. Para tanto, acrescenta-se água, tornando-a dura e plástica até um nível de plasticidade, onde as camadas dos cristais de argila ficam deslizando (Figura 27-a). A partir desse máximo, se houver mais acréscimo de água, a argila perde a coesão entre as partículas e torna-se um líquido viscoso, as camadas passam a flutuar e a partir de então não suportam nenhuma carga (Figura 27-b).

Figura 27 – (a) – camadas de argila deslizando. (b) camadas de argila sem coesão



Fonte: Torraca, 1986, p. 98 e 99

A argila, como já mencionado, exerce papel de matéria viva na composição dos materiais cerâmicos. Petrucci (1975) destaca que a matéria-prima dos materiais cerâmicos também engloba os desengordurantes, sendo estes os materiais inertes que diminuem a plasticidade. Assim, quanto à plasticidade, as argilas podem ser classificadas como gordas ou magras, sendo as gordas ou graxas, argilas que possuem bastante material argiloso em sua constituição e pouca quantidade de desengordurante, apresentando alta plasticidade e maior deformação durante o cozimento. As magras, em contrapartida, são pobres em materiais argilosos e ricas em desengordurantes.

Em alguns casos é necessário aumentar esta plasticidade para tornar o material cerâmico adequado; principalmente porque, quando as argilas são de baixa qualidade, elas necessitam de substâncias para aumentar a plasticidade. Tais substâncias podem ser de origem orgânica ou inorgânica, como: carbonato e hidróxido de sódio, silicatos, húmus, ácido oléico, entre outros (PETRUCCI, 1975). Da mesma forma, Petrucci (1975) afirma que existem alguns fatores que diminuem a plasticidade, como inclusões de ar, a temperatura e a adição de desengordurantes.

Petrucci (1975, p. 9) também destaca a importância da plasticidade da argila quando úmida, bem como a resistência à tração quando seca e a retração mínima durante a secagem. A resistência mecânica oscila de acordo com o teor de colóides e a granulometria, cuja proporção adequada permite que as partículas coloidais exerçam papel de aglutinação. Para Petrucci (1975), a composição ideal da argila para fabricação de materiais cerâmicos possui 60% de materiais argilosos e 40% de silte, areia fina e média, distribuídos igualmente. Davey (1961) descreve como melhor matéria-prima para produção de tijolos, a argila aluvial com 30% de areia e silte.

Sobre as proporções adequadas dos componentes da argila, Santiago (2001, p. 93) destaca:

As argilas muito gordas, ricas em silicatos de alumínio, contraem-se muito na queima e fissuram-se com facilidade; as muito magras, por outro lado, geram materiais porosos e pouco resistentes; as que possuem 10 a 15% de carbonato de cálcio produzem ótimos tijolos; as excessivamente carbonáticas tornam-se deveras vitrificadas e terminam por apresentar grumos de cal no seu interior, o que é prejudicial à sua durabilidade; pouca quantidade de ferro não influi na qualidade do produto e ajuda a minorar os problemas inerentes às argilas gordas, aumentando, inclusive, a resistência do produto pronto; a presença de substâncias betuminosas, quantidades de hidróxidos de cálcio, sódio e potássio, e outras bases que se combinam com a sílica, de modo a formar silicatos facilmente fusíveis, prestam-se à elaboração de materiais refractários.

Sobre as ações térmicas, Petrucci (1975) descreve a perda de peso e as variações dimensionais. Em relação à perda de peso, Petrucci (1975, p. 9) afirma que as transformações podem ser físicas, como a variação de densidade, porosidade, dureza, resistência, plasticidade, textura, condutibilidade térmica e elétrica; ou de natureza química, como desidratação, decomposição e formação de novos compostos. De acordo com Petrucci (1975), todos os materiais argilosos possuem água de constituição ou reticular, sendo esta água um dos elementos de constituição da rede cristalina do mineral. Existe também a água de absorção ou plasticidade, aquela que está unida à superfície das partículas. Há ainda nos materiais argilosos, a água zeolítica, cujas moléculas depositam-se nos vazios da rede cristalina. A energia térmica elimina toda água, qualquer que seja sua forma. Dessa forma, em 110°C é possível retirar a água de hidratação. Para eliminação da água zeolítica é necessária exposição entre 300°C e 400°C, pois a água zeolítica é proporcional à porosidade da textura. A água de constituição, por sua vez, é eliminada de acordo com o tipo de argila, já que esta é constante para cada tipo de argila, sendo a temperatura para eliminação também fixa para cada mineral (PETRUCCI, 1975).

Cabe salientar, quanto ao comportamento ao calor, que, é essencial conhecer os argilominerais componentes, pois estes influem no comportamento do material cerâmico, especialmente porque as transformações sofridas nos argilominerais em consequência da ação do calor dão origem a novos compostos minerais (SANTOS, 2012). Quando a argila é aquecida, ocorrem transformações de ordem exotérmica (liberação de calor) e ordem endotérmica (absorção de calor). Para que o tijolo se torne cerâmico, os materiais argilosos são aquecidos, mudando sua cristalização e

adquirindo propriedades de dureza. Por meio de uma análise térmico-diferencial, é possível verificar a amplitude dos picos de absorção ou liberação do calor. Analisando estes picos é possível identificar as temperaturas em que ocorrem as transformações e assim, pode-se identificar o grupo dos materiais argilosos, se estes são, por exemplo, caulinitas, montmorilonitas ou ilitas (PETRUCCI, 1975).

Portanto, quanto ao comportamento das argilas ao calor, Petrucci (1975) descreve as seguintes transformações (Tabela 3):

Tabela 3 – Comportamento ao calor de caulinitas, montmorilonitas e ilitas.

CAULINITAS	Pico endotérmico aparece entre 500°C e 600°C, onde se dá a perda da água de constituição; próximo aos 900°C aparece o pico exotérmico, que indica a fase de recristalização.
MONMORILONITAS	Forte absorção de calor a baixa temperatura, em consequência da elevada capacidade de retenção de água, sucedendo-se em vários picos endotérmicos de menor intensidade, sendo que aos 700°C há perda da água de constituição, e aos 900°C dá-se o início da liberação de calor.
ILITAS	Nas micáceas (ilitas) encontram-se em geral três picos endotérmicos, correspondentes à perda, respectivamente, de água zeolítica, de constituição e o último entre 800°C e 900°C é menor e está relacionado com a destruição da estrutura interna; nestas argilas são se notam efeitos exotérmicos apreciáveis.

Fonte: Adaptado de Petrucci, 1975

Quanto à porosidade, Petrucci (1975, p. 14) a define como a “relação entre o volume de poros e o volume total aparente do material. É um número constante para cada material. Depende da natureza dos constituintes, da forma, tamanho e posição relativa das partículas; e dos processos de fabricação”. A porosidade influi nas propriedades (principalmente físicas) da argila, já que absorção da água está na razão direta da porosidade. No entanto, cabe destacar que, mais importante que a quantidade de poros, é o tamanho destes e como se comportam. Por exemplo, poros grandes podem até evitar capilaridade ascendente e tensão de cristalização. Também poros bem finos evitam a tensão de cristalização. Dessa forma, absorve mais rapidamente a massa que tem poros médios; nos poros pequenos, cheios de ar, é difícil eliminar este ar e penetrar água. Portanto, as argilas são resistentes quando os poros são muito pequenos. No entanto, a resistência à abrasão e à erosão diminui com a porosidade, o mesmo acontecendo com a resistência mecânica.

Sobre a cerâmica vermelha, Santos (2012) salienta que a temperatura de queima exerce influência direta nas propriedades mecânicas, principalmente quanto à redução de poros abertos. Assim, Santos (2012, p. 161) afirma que “temperaturas de queima de até 950°C resultam em microestrutura porosa, favorável à fabricação de materiais de construção, como tijolos e blocos cerâmicos, nos quais a porosidade é necessária”.

2.2.2. TÉCNICAS TRADICIONAIS DE FABRICAÇÃO DE TIJOLO CERÂMICO

As técnicas tradicionais de construção de edifícios em alvenaria constituem um domínio do conhecimento que não faz parte actualmente do curriculum da formação da maioria dos engenheiros e arquitectos. Formados na linguagem do betão e do aço, face aos edifícios em alvenaria tradicional defrontam-se com a dificuldade de desconhecerem a linguagem com que estes foram construídos (MATEUS, 2002, p. 15).

Mateus (2002) quando inicia a introdução do seu livro *Técnicas tradicionais de Construção de Alvenarias*, observa a lacuna na formação dos arquitetos e engenheiros, quanto ao conhecimento sobre as técnicas tradicionais de construção e as degradações que os materiais sofrem ao longo do tempo. Entretanto, para os profissionais que lidam com a conservação e restauração do património arquitetónico, este domínio é fundamental para conduzir as decisões e as formas de intervenção nas edificações históricas, já que estas necessariamente devem estar alinhadas ao diagnóstico do estado de conservação do edifício. Portanto, é necessário conhecer os materiais e a estrutura como um todo, para que, desta forma, as diretrizes de restauro sejam compatíveis com as necessidades estruturais do edifício. Para tanto, nesta pesquisa, são descritos métodos de fabricação tradicional do tijolo, fornecendo, assim, subsídios para o restauro de alvenarias históricas e viabilizando conhecimentos importantes para os profissionais de restauro.

De forma geral, os tijolos foram fabricados ao longo dos séculos seguindo os mesmos métodos e técnicas, com poucas alterações em seu processo. Petrucci (1975, p. 20) salienta que “a fabricação dos produtos cerâmicos compreende várias fases, desde a exploração do barro e tratamento prévio da matéria-prima, passando pela homogeneização, moldagem e secagem do material até sua queima”.

Portanto, segundo Petrucci (1975), a fabricação do tijolo cerâmico compreende as seguintes etapas:

1. Exploração das jazidas
2. Tratamento da matéria-prima
3. Moldagem
4. Secagem
5. Queima

Quanto às duas primeiras etapas, vale ratificar que, cada produto cerâmico é fabricado com um tipo específico de argila. Vitruvius, em seu Tratado, já mencionava a necessidade da escolha adequada da argila para a produção de tijolos (VITRUVIO, 2006). Mateus (2002) quando estuda as alvenarias tradicionais, descreve inúmeras regras empíricas, utilizadas pelos antigos construtores para a fabricação de tijolos cerâmicos, as quais compreendiam métodos de escolha e extração da argila, seguidos da preparação e cozimento em fornos tradicionais, realizando ainda, controle de qualidade e mistura de aditivos.

Em relação à escolha da matéria-prima, Mateus (2002) observa que os critérios tradicionais se restringiam à avaliação da pureza e plasticidade da argila. Vitruvius, quando aborda os adobes em seu Tratado, descreve a terra ideal para produção de tijolos crus, a qual não poderia conter barro arenoso, com pedras ou areia grossa, advertindo que a palha não aderece bem e é lixiviada pela chuva (VITRUVIO, 2006 apud SANTOS, 2012). Frequentemente a terra era peneirada, com o objetivo de retirar as impurezas (SANTOS, 2012).

Séculos depois, já no século XV, as orientações de Vitruvius continuaram válidas. Santos (2012, p. 133) destaca o *De re aedificatoria*, tratado de Leon Battista Alberti, o qual também orienta que não sejam utilizadas terras arenosas para fabricação de cerâmicas, especialmente as que tiverem muito seixo, pois, na presença delas, a argila se contrai e ao queimar, fatura.

Depois de Alberti, muitos tratadistas retomaram as recomendações de Vitruvius. Nesse contexto, a *Encyclopédie*, também chamada de *Dictionnaire raisonné des sciences, des arts et des métiers par une société de gens de lettres*, de Diderot e d'Alembert, escrita no século XVIII, foi segundo Santos (2012), uma das primeiras

enciclopédias publicada na França, em entre os anos 1751 e 1772, data da sua 1ª edição. O conteúdo da *Encyclopédie* repetia as orientações citadas não só por Vitruvius, mas englobava também orientações de vários tratadistas ao longo do tempo. Porém, ainda continha resultados e experiências da época, de forma que, esta primeira enciclopédia, mesmo no século XXI é fonte de referência pelo seu extenso conteúdo acerca dos materiais de construção (SANTOS, 2012).

Assim, na *Encyclopédie*, Mateus (2002) constata que os oleiros observavam o aspecto visual do barro, verificando se este possuía as características necessárias para a construção. Dessa forma, um barro bom para fabricação de tijolo deveria ser cinzento ou esbranquiçado, gordo (portanto plástico), sem seixos e fácil de amassar e moldar. O conhecimento e a experiência do oleiro conduziam a escolha da argila. Santos (2012) ratifica que a análise da qualidade da argila consistia em um processo manual e empírico, onde coletava-se um punhado de argila e a apertava com as mãos, se esta grudasse e saísse com dificuldade da pele, era considerada ideal para fabricação de tijolos. Mateus (2002) também discorre sobre uma antiga regra empírica para escolher a melhor argila para a produção cerâmica. A técnica consistia em pisar em uma porção de argila após a chuva: se o barro grudasse nos sapatos, permanecendo inclusive após lavagem, este era plástico e, portanto, um bom barro para fabricar tijolos. Davey (1961) também destaca a importância desta etapa, enfatizando a boa qualidade dos tijolos romanos, cujo alto padrão era obtido porque a argila era bem preparada e muito plástica.

Quanto à extração da argila, Alberti afirma que deveria ocorrer no outono, permanecendo o material coletado em repouso ao longo do inverno, para que então os tijolos fossem moldados na primavera (ALBERTI, 1996 apud SANTIAGO, 2001). Santiago (2001, p. 93) observa que, “talvez não fosse adequado fazê-los antes do inverno, pois a água de amassamento poderia realmente congelar em seus poros, o que levaria a produção de tijolos defeituosos”. Santiago (2001) também constata as semelhanças nas recomendações de Alberti e Zanini²⁵, ambos orientando que, caso houvesse a necessidade de extração da argila para fabricação de tijolos no verão, estes deveriam ser protegidos com palha úmida, e, se fossem fabricados durante o

²⁵ Gioseffe Viola Zanini (1599-1631), pintor e arquiteto italiano, também escreve um tratado de arquitetura, chamado *Della architettura*.

inverno, protegidos com areia seca. Assim como Alberti, Scamozzi²⁶ também recomendava que os tijolos fossem moldados na primavera, pois, durante o inverno, com os ventos eles poderiam rachar (SCAMOZZI, 1615 apud SANTOS, 2012).

Atualmente, para fabricação dos produtos cerâmicos, não há restrições quanto ao período para extração da matéria-prima, tampouco para a moldagem dos tijolos. Santiago (2001) destaca que isto é possível devido aos avanços científicos, já que, os ensaios laboratoriais proporcionam novos parâmetros para escolha adequada da matéria-prima. Sobre estes avanços científicos, Mateus (2002) destaca: “para além da limpeza preliminar antes da moldagem, a pureza da argila nos nossos dias é controlada, sobretudo, no que se refere ao teor de sulfatos de cálcio, carbonatos e baritas”. Há ainda, métodos atuais de tratamento e cuidados na moldagem, especialmente quanto ao teor de umidade (SANTIAGO, 2001, p. 95).

Os métodos de tratamento da matéria-prima ocorrem após a extração do material e antes da moldagem dos produtos cerâmicos. Petrucci (1975, p. 23) discorre sobre esta etapa, afirmando:

O tratamento compreende todos os processos de depuração, divisão, homogeneização e obtenção da umidade adequada da matéria-prima. Estas operações, de maneira geral, precedem a fabricação propriamente dita dos produtos cerâmicos, que compreende a moldagem, a secagem e o cozimento dos mesmos.

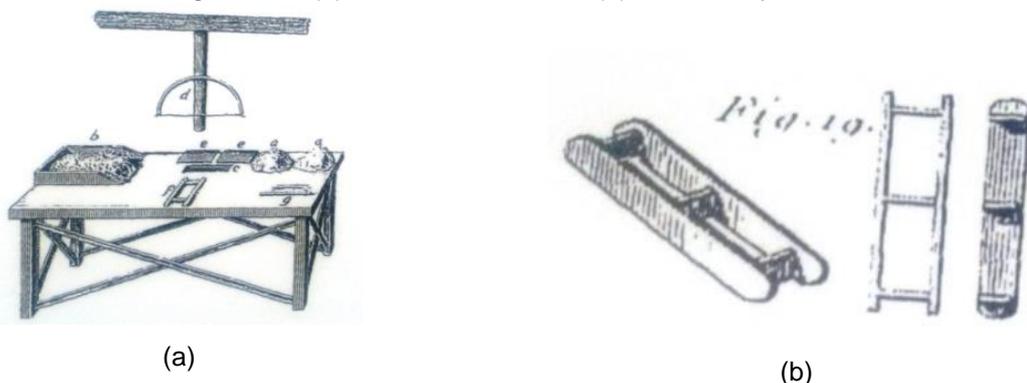
Portanto, antes da moldagem dos tijolos, Mateus (2002) aponta a importância da preparação da argila, destacando a retirada de impurezas e o amassamento do barro. Leseigneur e Guilluy (1988), também salientam que nos métodos tradicionais, a preparação da terra consistia em retirar todas as impurezas da argila (como pedras e raízes). Para os antigos construtores, a intensidade deste processo variava de acordo com a importância da construção que seria erguida. Mas, de forma geral, os oleiros retiravam da argila os seixos e impurezas, cuja presença ocasionava vazios internos e consequentes fissuras nos tijolos, pois, com o calor do cozimento, estes vazios se expandiam e fissuravam o bloco. Após esta limpeza, a argila era amontoada, pisada e amassada, repetindo este processo quatro ou cinco vezes. A regra consistia em amassar tanto quanto fosse possível o barro, pois, quanto mais

²⁶ Vincenzo Scamozzi (1548-1616), arquiteto e tratadista italiano. Publica em Veneza, em 1615, o último tratado renascentista, chamado *L'idea della architettura universale*.

amassado estivesse o material, mais densos e resistentes seriam os tijolos (MATEUS, 2002). Leseigneur e Guilluy (1988), também destacam que a argila era amassada com uma espécie de enxada longa, até obter uma pasta que não fosse muito mole, nem muito dura. Todos esses processos mecânicos perduraram durante séculos, e dependiam da força das mãos e dos pés do oleiro (LESEIGNEUR E GUILLUY, 1988).

Em relação à moldagem, Campbell & Price (2005) observam que até o início do século XIX, predominou o método tradicional, no qual os tijolos eram moldados com as próprias mãos, em cima de uma mesa de madeira polvilhada com areia (Figura 28-a). Também era colocada areia dentro do molde, assim evitava-se que a argila grudasse na mesa ou no interior do molde. O moldador então colocava o barro nos moldes (Figura 28-b) e pressionava, compactando-o e ajeitando a argila nos cantos. Em seguida, retirava o excesso com uma régua e acrescentava uma borrifada de água ou areia para manter a umidade da argila (ROCHA, 2012). Quanto ao tamanho dos moldes, estes eram maiores que o tijolo pronto, pois após o cozimento o tijolo sofre retração, já que a argila durante a queima perde umidade e se retrai (SANTOS, 2012).

Figura 28 – (a) Mesa do moldador. (b) Moldes duplos.

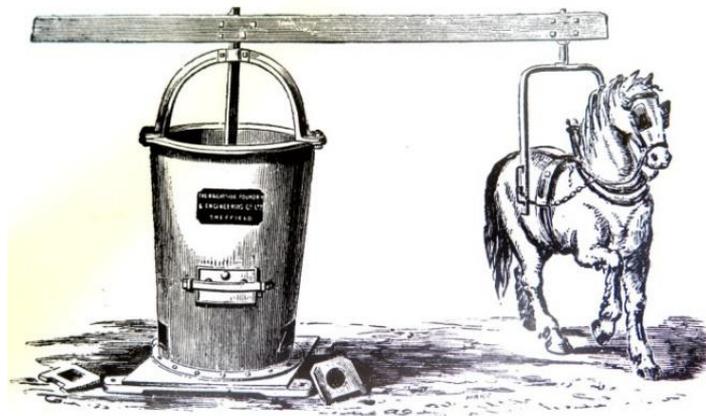


Fonte: Duhamel (1763, apud Rocha (2012, p. 183 e 188)

Com a industrialização, esta moldagem deixou de ser manual e tornou-se mecanizada. Dessa forma, o início da industrialização incorporou novos métodos de amassamento e preparação da matéria-prima e, para tanto, surgem máquinas responsáveis por este processo chamadas de amassadeiras. Campbell e Price (2005) descrevem uma das primeiras amassadeiras, que consistia em um barril com um eixo vertical no centro, do qual se projetavam várias pontas concêntricas, giradas

por tração animal, que cortavam e amassavam a argila colocada no barril pela abertura superior. Esta máquina (Figura 29) foi chamada na Inglaterra, de *pug mill* (CAMPBELL E PRICE, 2005). No Brasil, de acordo com Rocha (2012) o *pug Mill* recebeu o nome de pipa, e foi amplamente utilizado até a década de 1970. A partir do século XIX, as amassadeiras inicialmente movidas à tração animal foram aprimoradas, porém acabaram sendo substituídas por máquinas movidas pela energia a vapor (MATEUS, 2002).

Figura 29 – *Pug Mill*.



Fonte: Campbell e Price, 2005, p. 206

A industrialização também possibilitou o surgimento de máquinas que faziam o procedimento repetitivo da moldagem através do processo de extrusão ou da prensagem dos tijolos. A prensagem consistia em introduzir a argila, quase seca e bem densa, dentro do molde, sendo então comprimida por uma prensa (CAMPBELL E PRICE, 2005). Santos (2012) observa a vantagem deste processo, pois era simples e possibilitava a produção em massa, já que exigia pouco tempo na secagem e uma quantidade pequena de água. Santos (2012) também afirma que os tijolos prensados eram mais precisos, pois apresentam menor retração durante a queima e menor porosidade. Em contrapartida, a prensagem tinha custo inicial elevado.

Outro processo de fabricação de tijolos, surgido no século XIX, era o método da extrusão. Este método consistia em introduzir a argila, no estado plástico, em um bocal, o qual era pressionado depois. O resultado era uma faixa uniforme e contínua, moldada, e em seguida cortada com arames (CAMPBELL E PRICE, 2005). Campbell e Price (2005, p. 208) também destacam:

Este tipo de máquina produziu uma comprida extrusão de argila que, em seguida, seria fatiada para formar tijolos individuais. Os primeiros cortadores eram simples facas, mas exemplos mais tardios usavam grande número de arames que cortavam vários tijolos simultaneamente, agindo como um gigante fatiador de queijo. Este dispositivo de fatiar tinha de ser projectado de maneira que pudesse aguentar o movimento contínuo da argila.

Em relação à secagem dos objetos cerâmicos, Santos (2012) destaca que, embora Vitruvius não tenha deixado recomendações quanto à este procedimento, o tratadista romano orientava que os tijolos deveriam estar bem secos antes da queima. Esta afirmação também é repetida por Alberti, que afirma que os tijolos só secam completamente à sombra e após um período de dois anos (SANTOS, 2012). Davey (1961) destaca que após serem moldados, os tijolos eram deixados em uma cama de areia para endurecer até que pudessem ser tratados no forno. Rocha (2012) observa que se o tempo estivesse ensolarado, sem chuva, os tijolos eram colocados para secar em um local aberto, mas com cobertura, sendo revirados pelo menos uma vez antes da etapa final de queima. Leseigneur e Guilluy (1988) observam a importância da secagem completa dos tijolos, afirmando que se estes não estivessem bem secos, corriam o risco de rachar durante a queima.

A etapa final da fabricação de tijolos consiste na queima em fornos. Convém destacar que um tijolo só é considerado cerâmico após ser cozido em altas temperaturas. Portanto, o processo da queima é fundamental, pois representa a propriedade básica do material cerâmico, e, é também o processo responsável por garantir a resistência e durabilidade do produto final (SANTOS, 2012). Durante a queima, Mateus (2002) destaca a necessidade do aumento gradual da temperatura, até atingir a ideal, mantendo-a constante e garantindo a temperatura uniforme em todas as zonas do forno, condição essencial para assegurar uma boa produção de tijolos. Santos (2012, p. 131) também observa:

O calor do forno deve ser suficiente para queimar a argila e não deixar nenhuma parte crua que se desfaça com facilidade em contato com a água. O óxido de cálcio presente em algumas argilas também deve ser bem queimado para evitar a expansão causada pela reação química que ocorre quando este óxido entra em contato com a água.

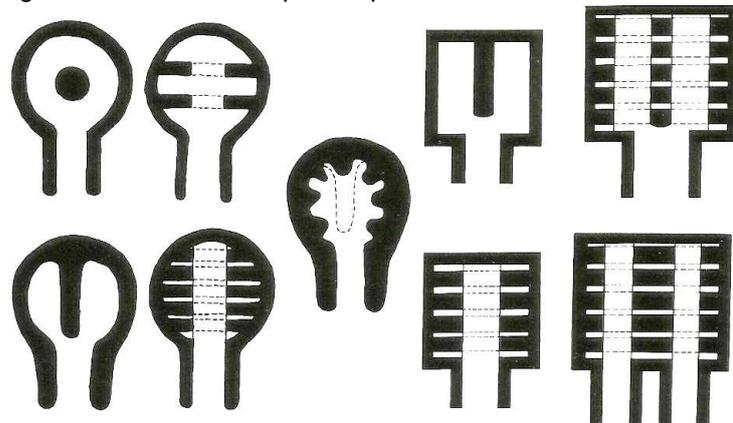
Petrucci (1975) também enfatiza que a transformação da argila pelo fogo ocorre devido à desidratação específica de cada argilomineral, salientando que durante a queima ocorrem transformações estruturais na argila, e, portanto, a temperatura ideal vai depender do tipo de argila empregada; ou seja, o procedimento varia

conforme o produto a ser queimado. Para a fabricação de tijolos, a temperatura deve atingir 950°C, variando até 1.150°C²⁷ (SANTOS, 2012). Petrucci (1975) destaca a importância da adoção de procedimentos adequados durante a queima, atentando para as temperaturas internas do forno, bem como a disposição dos tijolos no interior. Com estes cuidados podem-se evitar deformações, fissuras e rupturas das peças.

Quanto aos métodos de combustão empregados na queima, podem ser utilizados diferentes combustíveis, como lenha e carvão mineral de pedra ou turfa. Leseigneur e Guilluy (1988) observam que o tipo de combustível adotado tem relação direta com as propriedades do produto acabado. Warren (1999) salienta que tecnicamente a madeira foi o combustível da antiguidade, enfatizando que para produção de tijolo, telha e cal, empregava-se grande quantidade dela. Entretanto, a madeira pode ser escassa, especialmente em climas quentes, o que contribuiu para a adoção, em muitos países, do carvão mineral como combustível.

Davey (1961) observa que os fornos desenvolvidos pelas primitivas civilizações atingiram, em média, apenas 600°C de temperatura em seu interior, o que não era capaz de produzir tijolos resistentes e, portanto, poucos exemplares perduraram no tempo. Os fornos antigos também podiam ter tamanhos e formas distintos, variando de acordo com a quantidade necessária de produção (Figura 30).

Figura 30 – Diferentes tipos de plantas baixas de fornos romanos



Fonte: Cambell e Price, 2005, p. 49

²⁷ As argilas que demandam maiores temperaturas na queima não são adequadas à fabricação de tijolos para construção. Entretanto, estas argilas são muito importantes para a fabricação de outros produtos cerâmicos, como os tijolos refratários (LESEIGNEUR & GUILLUY, 1988).

O sistema adotado para a queima nos fornos permaneceu o mesmo ao longo dos séculos e consistia em queimar o material cerâmico em lotes, por meio de ciclos, em fornos denominados intermitentes, que podem ser do tipo corrente ascendente ou descendente. Rocha (2012, p. 215) relata outro tipo de forno, descrito por Duhamel (1763):

Outros fornos foram descritos por Duhamel (1763) construídos por fiadas dos próprios tijolos a serem cozidos, alternados com fragmentos de carvão e, na base, eram deixadas brechas para as bocas de fogo. À medida que os tijolos iam sendo empilhados, operários argamassavam as paredes externas para garantir a concentração do calor no interior do forno. Grande área externa era protegida com paliçada para impedir a ação dos ventos sobre a combustão do forno.

Rocha (2012, p. 217) também destaca que este método simples utilizado para produção de tijolos, consistia em queimar, simultaneamente, tijolos e telhas em estruturas bem rudimentares chamadas de medas, conforme descrição abaixo:

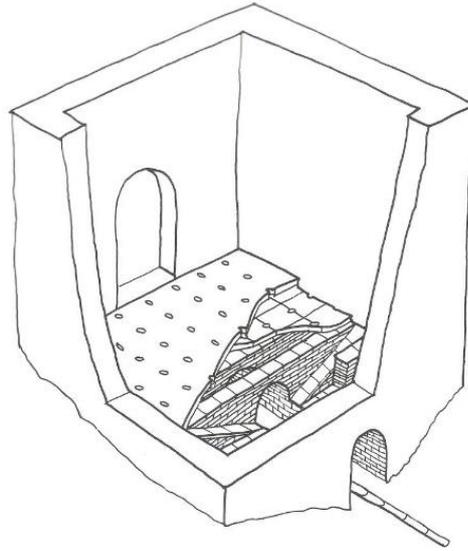
Os fornos antigos queimavam, simultaneamente, tijolos e telhas, e eram chamados de medas. Trata-se do forno de Duhamel (1753) [...]. Nele, os tijolos eram dispostos em fiadas intercaladas com espaçamento entre elas, longitudinais e transversais, preenchidos com material combustível. A pilha era revestida de barro e palha, processo denominado de encamizar, ateava-se o fogo e abria-se, paulatinamente, orifícios para se estimular a combustão. O processo consumia, no mínimo, três dias.

Mateus (2002) observa que estes fornos eram construídos próximos ao local em que os tijolos seriam utilizados, atentando para a efemeridade destes, pois não eram previstos para durar por muitos anos. Sobre estes fornos, Mateus (2002, p. 170) descreve:

Consistiam em medas de forma piramidal truncada formadas por fiadas sobrepostas de tijolos com camadas entrepostas de carvão ou a turfa. As campanhas de cozedura eram limitadas aos meses mais secos de julho a outubro, para evitar eventuais estragos pela água das chuvas.

Em relação aos fornos utilizados pelas civilizações da antiguidade, de acordo com Campbell e Price (2005), os romanos utilizavam fornos permanentes e intermitentes de corrente ascendente, os quais queimavam tijolos e telhas ao mesmo tempo (Figura 31). Esta afirmação encontra respaldo na arqueologia, pois arqueólogos já escavaram um grande número de fornos romanos (CAMPBELL E PRICE, 2005), fornecendo subsídios para a compreensão do procedimento utilizado na produção.

Figura 31 – Vista isométrica de um forno típico do período romano



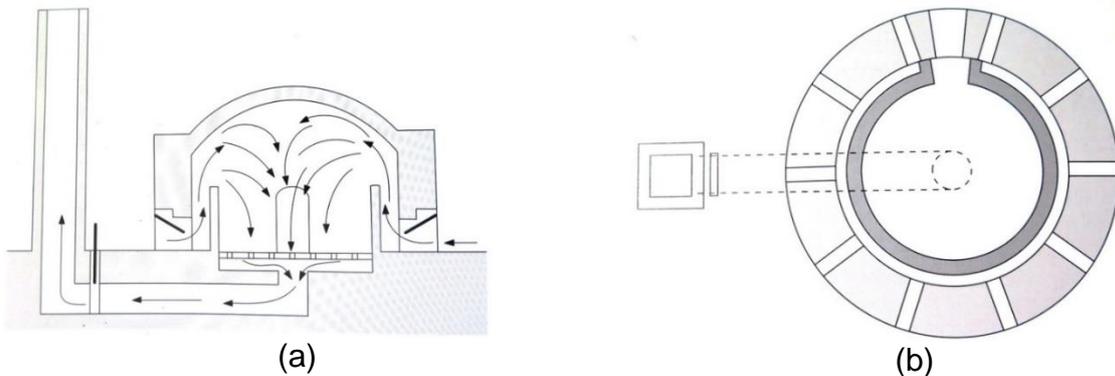
Fonte: Campbell e Price, 2005, p. 49

Estes fornos possuíam dois pisos, onde no piso inferior, ficava o fogo e existia um buraco para alimentar a fornalha desde o exterior. A cobertura do primeiro pavimento consistia em um piso furado no qual os gases escapavam. No piso superior eram depositados os tijolos empilhados. O forno não possuía cobertura, mas era cercado por paredes altas de forma a conservar o calor e as pilhas de tijolo eram cobertas por cacos de cerâmica, protegendo-os da chuva e do sol (CAMPBELL E PRICE, 2005).

Depois do Império romano, os fornos intermitentes de corrente ascendente foram largamente utilizados por várias sociedades ao longo dos séculos e queimavam tijolos e telhas ao mesmo tempo (MATEUS, 2002). Campbell e Price (2005) também afirmam que os fornos mais antigos eram todos de corrente ascendente (CAMPBELL E PRICE, 2005), nos quais há uma série de respiradouros na parte superior de onde saem os gases produzidos durante a queima. Petrucci (1975) destaca que nestes fornos o calor circula pelo interior através das pilhas de material cerâmico, porém o material não é cozido uniformemente. Campbell e Price (2005) também salientam a desvantagem da corrente ascendente, pois o fogo próximo à superfície, ao queimar, aquece demais os tijolos mais próximos, localizados na parte inferior, sendo que não queimam suficientemente os tijolos situados na parte superior.

Os fornos intermitentes também podem ser do tipo de corrente descendente. Campbell e Price (2005) destacam que neste tipo o ar quente era introduzido pelo topo do forno e o gás é expelido pela parte inferior, por meio de grelhas, que o direcionavam para altas chaminés, conforme a Figura 32-a. A planta baixa, circular, demonstra a forma mais simples e comum destes fornos, chamada de colmeia (Figura 32-b). Os buracos de alimentação encontram-se a intervalos regulares em volta da circunferência com um espaço para uma porta para carregar o forno, chamada de postigo (CAMPBELL E PRICE, 2005). A chaminé alta é a característica principal dos fornos de corrente descendente.

Figura 32 – (a) – Secção demonstrando forno romano intermitente do tipo corrente descendente. (b) planta baixa em colméia de um forno romano de corrente descendente.



Fonte: Campbell e Price, 2005, p. 206.

Sobre estes fornos, Mateus (2002) destaca que também são chamados de intermitentes, pois só permitiam o cozimento de uma fornada de cada vez. O resfriamento era realizado entre duas fornadas. Portanto, os fornos intermitentes de corrente descendente, ainda que resolvessem o problema do cozimento dos tijolos, continuavam funcionando por meio de um processo que consistia em queimar por lotes. Havia a etapa do empilhamento correto dos tijolos dentro do forno ainda frio, em seguida, alimentava-se o fogo até atingir a temperatura adequada, mantendo-a por trinta e seis horas. Após estas etapas, forno era resfriado até que os tijolos também estivessem suficientemente frios para serem descarregados. O processo durava, em média, duas semanas (CAMPBELL E PRICE, 2005). Mateus (2002) comenta que o processo podia durar até vinte dias, dependendo do tipo de combustível usado, das dimensões do forno e da qualidade da argila utilizada.

Entretanto, em grandes fornos este processo podia demorar bem mais, alcançando aproximadamente semanas, como descrito na *Encyclopédie* (SANTOS, 2012, p.153)

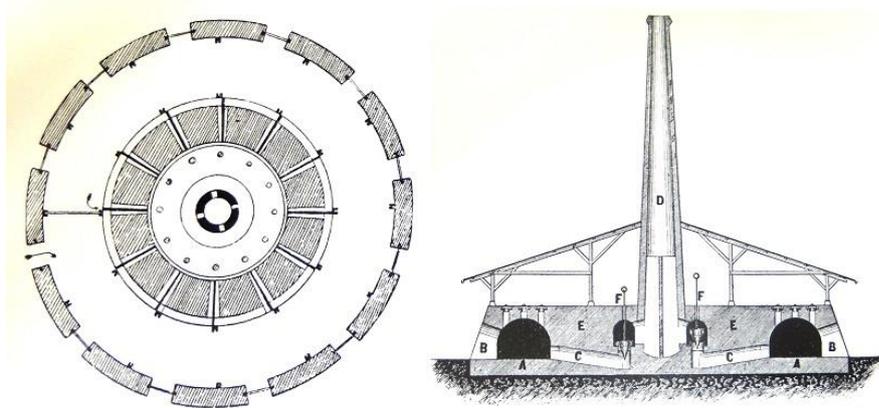
A *encyclopédie* recomenda que, após a queima dos objetos cerâmicos, o forno deve ser aberto e esvaziado somente quando as peças estiverem quase inteiramente frias, fato que nos grandes fornos só acontece depois de 5 a 6 semanas.

Após o resfriamento gradual, quando os tijolos se encontravam frios, eles eram retirados dos fornos e armazenados em pilhas, até o transporte a obra. Os tijolos não entravam em contato com o solo, evitando dessa forma, a absorção de sais responsáveis por futuras eflorescências (MATEUS, 2002). Como o ciclo total podia demorar até seis semanas, os fornos intermitentes possuíam uma limitada produção de tijolos. Com o processo de industrialização foram criados os fornos circulares contínuos, nos quais passou a ser possível o carregamento de diversas fornadas sem a necessidade de extinguir o fogo (MATEUS, 2002). Portanto, no início do século XIX, após a Revolução industrial, ocorrem, de fato, as maiores mudanças na fabricação dos tijolos cerâmicos. Os novos métodos de fabricação, advindos com a Revolução Industrial, modificam não só a queima dos tijolos, mas também os processos de moldagem, ainda que permaneçam no século XXI, olarias fabricando tijolo de forma artesanal.

Nesse cenário, de acordo com Mateus (2002), o primeiro forno contínuo surgiu na Alemanha, em 1850. Ele era circular, composto por diversos setores, chamados de câmaras, cada qual com postigo próprio. Estes setores não possuíam paredes, mas podiam ser carregados ou esvaziados por meio do postigo (CAMPBELL E PRICE, 2005). Dentro do forno Hoffman, as câmaras têm controle interno próprio e por isso podem ser carregadas ou esvaziadas a qualquer hora. Santos (2012, p. 155) observa que, “neste forno, o fogo circula dentro da câmara, permitindo que os compartimentos carregados possuam calor constante, enquanto o espaço ao lado esquenta ou resfria”.

O primeiro forno Hoffman possuía uma chaminé central, da qual se projetavam doze câmaras em círculos, independentes, ainda que não fossem isoladas por paredes (Figura 33).

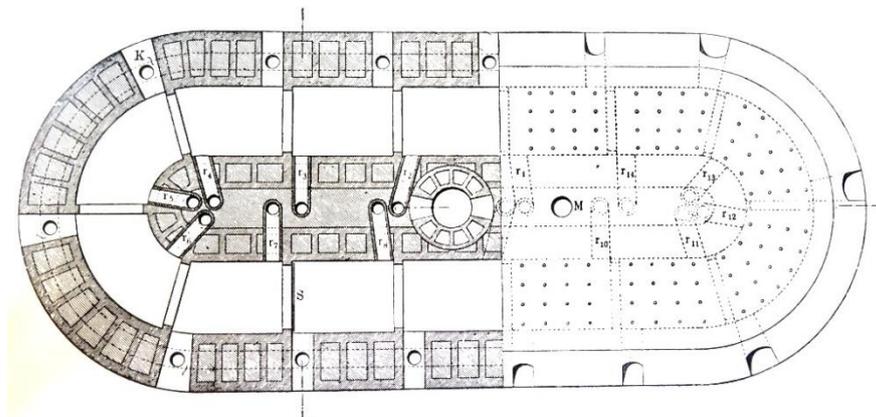
Figura 33 – Planta baixa e Secção do forno contínuo Hoffmann



Fonte: Campbell e Price, 2005, p. 213

No entanto, o forno Hoffman circular tinha uma capacidade limitada (CAMPBELL E PRICE, 2005). Para ampliar esta capacidade, Campbell & Price (2005) destacam que a solução foi alongar a planta circular, tornando-a oval, o que se tornou comum a partir de 1870 (Figura 34).

Figura 34 – Planta baixa oval do forno contínuo Hofmann.



Fonte: Campbell e Price, 2005, p. 213.

O forno Hoffman é ideal para a produção em larga escala e, de fato, muito eficaz para fabricação em massa de produtos cerâmicos de alta qualidade, pois queima os tijolos uniformemente. Mateus (2002, p. 171) também destaca que “uma sequência contínua das operações de enchimento, cozimento, arrefecimento e esvaziamento permitia uma produção em massa e uma economia de combustível”. Entretanto, Campbell e Price (2005) observam que o forno Hoffman não é adequado para a queima de materiais com formas e tamanhos distintos, sendo também pouco econômico para pequenas produções, ressaltando que “de fato, carregar e parar um

forno Hoffman é especialmente difícil, fazendo com que não sejam adequados para cozer menos de 2.000.000 tijolos ao ano” (CAMPBELL E PRICE, 2005, p. 212). Contudo, ainda que seja notória a importância e utilização destes fornos a partir do fim do século XIX, até hoje, nas primeiras décadas do século XXI, as pequenas olarias ainda permanecem com importante fabricação e representam forte produção de tijolos no Brasil.

2.3 COMPORTAMENTO DE ALVENARIAS HISTÓRICAS EM TIJOLO:

2.3.1. MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM DECORRÊNCIA DA PRECIPITAÇÃO E SATURAÇÃO EM ÁGUA

De forma geral, de acordo com Trevisan (2004), as manifestações patológicas que ocorrem nas edificações podem ser de ordem intrínseca, quando as patologias são provenientes dos materiais empregados na edificação ou extrínseca, quando a degradação se origina devido à fatores externos. Os fatores intrínsecos se relacionam diretamente com os materiais utilizados e os extrínsecos são os fatores em decorrência de ações “externas ao elemento como problemas de vandalismos, de catástrofes, de erosão mecânica, de ação de animais ou plantas e do meio ambiente” (TREVISAN, 2004).

Torraca (1986) discorre sobre os agentes causadores das degradações nos materiais porosos, cujas deteriorações podem ser de ordem física, química ou biológica, o que dependerá de fatores relacionados ao “clima, à poluição, a esforços mecânicos, à proliferação de macros e micro-organismos, além dos danos provocados por atos de incivilidade humana e restaurações inadequadas” (SANJAD, 2007, p. 71).

De acordo com Torraca (1986), os materiais porosos, como os tijolos, as pedras e as argamassas, estão sujeitos às degradações a partir do momento que estão expostos às ações do meio ambiente, variando o grau de deterioração conforme a intensidade do intemperismo. Sabe-se que tijolos são materiais artificiais feitos a partir de matéria-prima natural e, portanto, a queima resulta em uma variedade de cores e distintos comportamentos químicos e mecânicos (FRANKE E SCHUMAN, 2009). Como fator intrínseco de degradação, Franke e Schuman (2009) observam que

tijolos e argamassas de edificações históricas não correspondem ao atual padrão de qualidade e, provavelmente, durante seu processo de fabricação pode ter sido empregada água salgada e areia do mar, o que resulta na redução da qualidade e pode contribuir para deterioração da alvenaria ao longo do tempo.

Quanto às causas de degradação de origem extrínseca ao edifício, Torraca (1986) observa os danos ocasionados pela incidência de água sobre os materiais porosos, destacando como as consequências mais diretas:

- a) Migração de sais solúveis
- b) Umidade por capilaridade ascendente
- c) Umidade por precipitação e ventos
- d) Danos gerados pela água: substrato e revestimento
- e) Abalos estruturais (stress mecânico e vibração).

Com efeito, em quase todas as degradações que podem ocorrer nas edificações, a água exerce papel determinante, sendo um dos elementos da natureza que causam mais impactos as edificações, pois “sem a água não existiriam danos pelo congelamento, corrosão biológica ou química e nem tampouco transporte de sais” (TREVISAN, 2004, p. 97). Na antiguidade já se sabia os efeitos danosos da água; a bíblia a descreveu como a “lepra” da parede e Vitruvius já fazia menções e recomendações quanto a umidade nas edificações (OLIVEIRA, 2011, p. 55).

De fato, a presença de água nas estruturas é fator preponderante na deterioração das edificações. As chuvas exercem papel predominante de origem da umidade, especialmente se associadas a outros eventos, como fortes ventos e inundações causadas pela expansão dos níveis fluviais. Eventos meteorológicos extremos relacionados às inundações se “tornaram mais intensos e/ou frequentes nos últimos 50 anos no sudeste da América do Sul” (MARENGO et al, 2009, p. 6). Além disso, afetam várias regiões do Brasil, devastando configurações urbanas e desestruturando os núcleos urbanos. É importante destacar, inclusive, que diversos fatores contribuem para as inundações, embora não seja possível prever sua ocorrência. Sabe-se que eventos de precipitação desta natureza podem ser cíclicos

e influenciados pela temperatura do mar, eventos que se originam nos oceanos, mudanças climáticas e a variabilidade estatística dessas mudanças²⁸.

Convém destacar a diferença entre enchente e inundação. A enchente se trata do aumento do nível fluvial com a incidência de grandes volumes de precipitação, sem que este transborde. Em contrapartida, a inundação ocorrerá a partir do momento em que o nível de água do rio ultrapasse os limites da enchente e, por consequência, inunde a região²⁹, como ilustrado na Figura 35. Contudo, cabe ressaltar, inundações não devem ser consideradas como consequência direta de chuvas contínuas. De fato, ainda que fatores como excesso de precipitação, desmatamento e má impermeabilização do solo sejam agravantes para o mal escoamento da água dos rios, grande parte das inundações estão relacionadas à falta de manutenção no sistema de drenagem das chuvas.

Figura 35 - Perfil esquemático demonstrando enchentes e inundações



Fonte: Amaral e Ribeiro, 2009.

Henriques (2007) observa que, a princípio, as chuvas não são agentes de degradação dos edifícios, pois, se os telhados estiverem em bom estado de conservação, serão capazes de proteger as alvenarias. Entretanto, é comum que o vento esteja associado à precipitação, o que frequentemente ocasiona uma trajetória horizontal da água da chuva. Nestas situações, Henriques (2007) destaca que pode ocorrer uma diminuição da resistência térmica dos materiais, pois a incidência de

²⁸ Informações obtidas através da participação da autora no I Seminário Chuvas no Espírito Santo, ocorrido em Vitória nos dias 14 e 15 de maio de 2014.

²⁹ Dados obtidos em <http://defesacivil.to.gov.br/enchente/> e <http://boletimmedioambiente.blogspot.com.br/2012/07/>.

água provoca aumento da condutibilidade térmica³⁰ nos materiais e, por consequência, em climas temperados, pode aumentar a condensação (HENRIQUES, 2007).

Porém, é importante destacar que as principais ações diretas das inundações estão relacionadas com o impacto mecânico da água e dos entulhos sobre as edificações e podem comprometer a estrutura arquitetônica como um todo, uma vez que o solo onde está a edificação também é afetado, pois a água exerce pressão sobre as fundações, o solo e as paredes (TAMPONE, 2000). Sob tal efeito, a estrutura da edificação é comprometida pela rotação e deformação das paredes, desenvolvendo rachaduras ultraperiféricas e internas. De fato, a pressão hidrostática proveniente da correnteza provoca tensão nas paredes ocasionando abalos estruturais na edificação.

Contudo, em longo prazo, sabe-se que os danos nas alvenarias antigas de tijolo decorrem, principalmente, da presença de umidade. Se a quantidade de água absorvida por um material de construção é proporcional aos índices de porosidade³¹ e ao fator de capilaridade³², a intensidade das degradações nos tijolos está condicionada ao próprio material, dependendo da porosidade do tijolo, da argila que foi utilizada como matéria prima e do processo da queima.

Henriques (2007) atenta para a importância do conhecimento das formas de manifestação patológicas devidas à umidade, salientando que para a elaboração de um diagnóstico correto é essencial identificar as causas antes das respectivas recomendações técnicas. As manifestações patológicas devidas à infiltração de água podem ser ocasionadas por umidade de construção, umidade do terreno, umidade de precipitação, umidade de condensação, umidade por higroscopicidade³³ ou, por fim, devido a causas fortuitas (HENRIQUES, 2007).

³⁰ A condutibilidade térmica da água é maior do que a condutibilidade térmica dos materiais porosos; ou seja, ela conduz energia térmica de forma mais rápida do que os materiais porosos.

³¹ Porosidade é a relação entre o volume de poros e o volume total aparente (PETRUCCI, 1975, p. 14).

³² Capilaridade é a propriedade física que provoca o aparecimento das forças de sucção, responsáveis pela condução da água até a superfície do componente (THOMAZ, 2007, p. 34).

³³ Higroscopicidade é a capacidade que alguns sais têm de absorver a umidade presente no ar, dissolvendo-se (HENRIQUES, 2007).

Cabe destacar que os tijolos, as pedras e as argamassas são sólidos porosos, constituídos predominantemente de cristais de carbonatos, silicatos, aluminatos e óxidos, ricos em átomos de oxigênio, que se ligam aos átomos de hidrogênio formando o grupo hidroxila (OH)³⁴ e atraem as moléculas de água (TORRACA, 1986), que se depositam dentro dos poros do material.

A distribuição da água nos sólidos porosos irá variar conforme o tamanho dos poros do material, pois o diâmetro dos poros influencia diretamente na força de sucção da água, também chamada de capilaridade ascendente. Esta força de sucção é capaz de sugar a umidade do terreno até atingir as paredes da edificação (TREVISAN, 2004). A amplitude da força de sucção oscila de acordo com o diâmetro do poro; quanto menor este diâmetro, maior será a força de sucção e, portanto, maior é a altura da água nas paredes. De fato, há um intervalo crítico quanto ao diâmetro dos poros, oscilando entre 0,1 e 1 μ c, pois em poros bem finos a água não consegue entrar (OLIVEIRA, 2011). Dessa forma, diâmetros abaixo e acima deste intervalo evitam a capilaridade ascendente.

Portanto, se a capilaridade ascendente (Figura 36) não for contrabalançada por outros mecanismos como a evaporação, a ascensão da água nas alvenarias ocorrerá até que aconteça um equilíbrio entre a capilaridade e a força da gravidade. Assim, se as fundações das construções não forem isoladas dos solos úmidos, a água entrará na estrutura pelo mecanismo da sucção. Dessa forma, a altura que a água pode atingir em uma estrutura estará condicionada ao equilíbrio entre a entrada e a evaporação de água. Quando a entrada de água e a evaporação forem equivalentes, a capilaridade ascendente será interrompida.

³⁴ As superfícies que apresentam polos elétricos devido aos átomos de oxigênio ou ao grupo hidroxila são chamadas polares. A força de atração elétrica criada pelo átomo de hidrogênio na direção oposta a da sua ligação com o oxigênio, provoca a atração das moléculas de água pelo grupo hidroxila. As superfícies hidrófilas são, portanto, as superfícies que atraem as moléculas de água (TORRACA, 1986).

Figura 36 – Capilaridade ascendente.



Fonte: Hidalgo, 2004, p. 49.

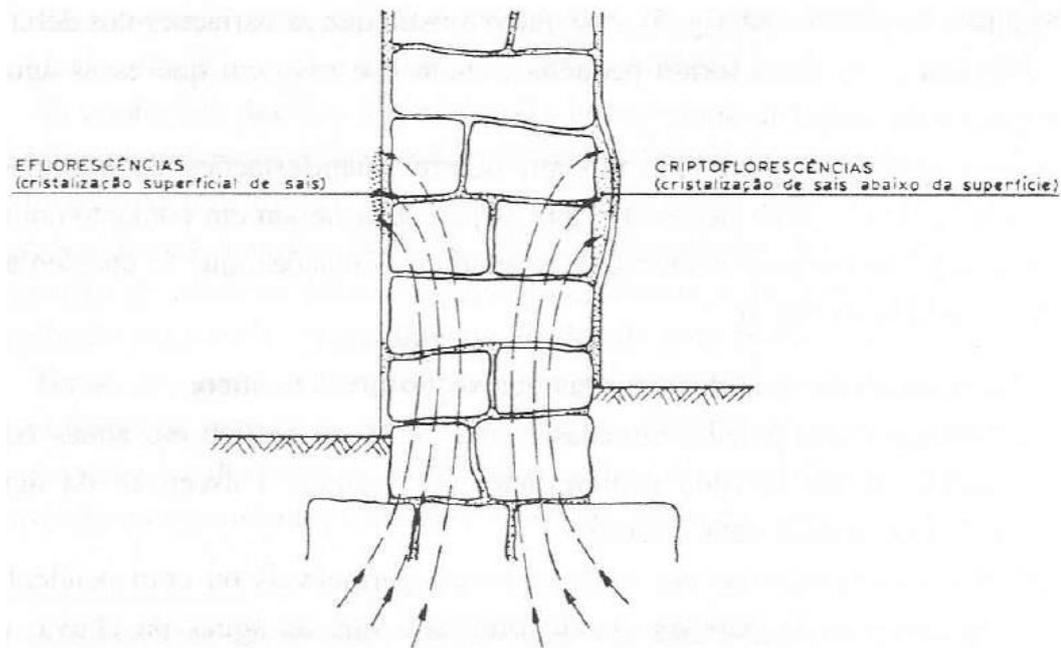
Rodrigues e Gonçalves (2007) salientam que a ascensão da água por capilaridade proveniente do solo conduz a migração de sais solúveis, já que há uma fonte relativamente constante de soluções salinas que serão continuamente levadas às paredes caso a capilaridade não seja contrabalanceada com a evaporação. Portanto, Trevisan (2004) destaca que os sais solúveis são aqueles que podem ser deslocados pela água, dos quais os sulfatos, cloretos e nitratos são os mais comuns. Estes sais, assim como as moléculas de água, depositam-se dentro dos poros dos materiais e, quando em contato com a água, são dissolvidos.

Após evaporação, se recristalizam e aumentam muito de volume, criando pressão interna dentro dos poros, cuja tendência é romper os tijolos e a argamassa, desagregando a superfície e causando a deterioração da alvenaria. Portanto, a deterioração dos tijolos causada pelos sais higroscópicos é resultado da hidratação e tensão de cristalização dos sais solúveis e representa o dano mais intenso e frequente nas alvenarias de tijolo cerâmico quando úmidas. Dessa forma, Torraca (1986) verifica que a água está presente não só em qualquer reação química, mas também na criação de tensões internas³⁵, já que a incidência de água nos materiais porosos atua como agente causador do transporte de sais, resultando na tensão de cristalização e nas eflorescências (OLIVEIRA, 2011).

³⁵ Nos materiais porosos, por tensões mecânicas entende-se não somente as tensões impostas pelo meio exterior, mais também as tensões ocorridas no interior do material em certas situações (TORRACA, 1986).

Henriques (2007) também observa que a energia cinética das moléculas de água de água da chuva (associada com o vento) pode fazer com que elas penetrem em fissuras ou juntas da edificação, resultando em manchas de umidade em formatos e posições variáveis nas alvenarias, e tensão de cristalização dos sais solúveis ocasionando em eflorescências e criptoflorescências (Figura 37).

Figura 37 – Desenho esquemático demonstrando eflorescências e criptoflorescências.



Fonte: Henriques, 2007, p. 7.

As eflorescências são o resultado do rompimento dos poros nas superfícies em contato com o meio externo e sua presença é caracterizada pela coloração esbranquiçada no local do rompimento dos poros (Figura 38). Ainda que seja visível, as eflorescências não representam abalos estruturais, pois não comprometem o substrato das alvenarias antigas. Em contrapartida, a tensão de cristalização dos sais solúveis conduz aos maiores danos nas alvenarias de tijolo, pois criam fissuras internas que tendem a desagregar o substrato (Figura 39 e Figura 40). Convém observar que, o grau de deterioração devido à cristalização dos sais dependerá das características dos poros do material (pois poros grandes evitam rompimento) e do sal solúvel presente³⁶.

³⁶ A cristalização do sulfato é mais agressiva, pois tem maior expansão.

Figura 38 – (a) Eflorescência salina. (b) Eflorescência salina Arquivo Público Estadual Espírito Santo.



(a)

(b)

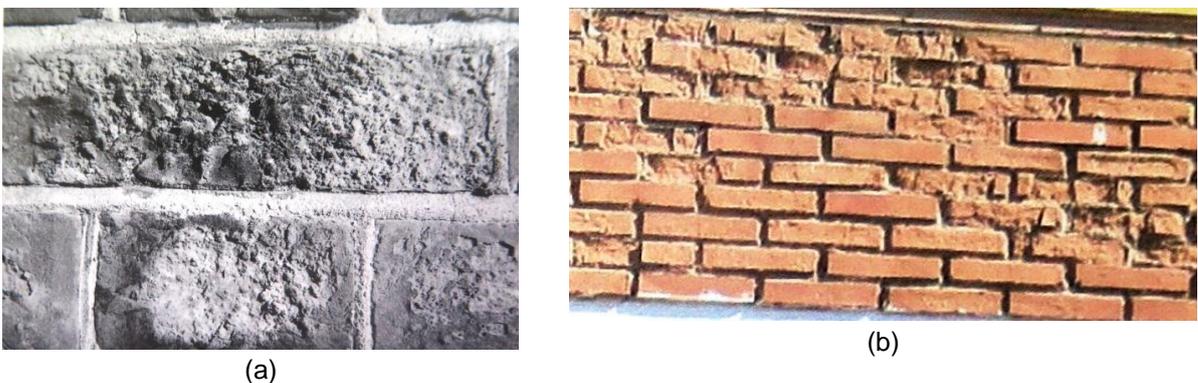
Fonte (a): Hidalgo, 2004. Fonte (b): Autora.

Figura 39 – Desagregação do tijolo devido a tensão de cristalização em edificação em Veneza.



Fonte: Autora.

Figura 40 – (a) Tensão de cristalização e criptoflorescência devido a cristalização de sulfato. (b) Desagregação superfície dos tijolos devido a criptoflorescência.



(a)

(b)

Fonte (a): Warren, 1999, p. 49. Fonte (b): Hidalgo, 2004, p. 15.

Quanto à origem dos sais solúveis nas paredes, Torraca (1986) destaca que estes sais podem estar presentes nas edificações históricas através da contaminação de tijolos, pedras e argamassas desde a construção, ou; podem migrar do solo para as alvenarias quando a água sobe por capilaridade; podem ser levados do mar pelo vento em cidades litorâneas; ou ainda, podem surgir quando os gases ácidos do ar reagem com a superfície das paredes por meio das argamassas de cal³⁷. Vale ressaltar que a poluição do ar, através da presença do dióxido de enxofre (SO₂), quando em contato com o gás carbônico (CO₂) produz ácido sulfúrico (H₂SO₄) e este quando incide sobre o carbonato de cálcio (CaCO₃) (cal) o transforma em sulfato de cálcio (CaSO₄).

Segundo Torraca (1986), ainda que a água não entre em contato com as alvenarias através da capilaridade, de chuvas contínuas ou ainda de infiltrações, os sais solúveis provocam danos, pois atraem as moléculas de água na forma líquida através da osmose e também na forma de vapor devido a higroscopia. Dessa forma, Henriques (2007) destaca que alguns sais solúveis são higroscópicos, o que significa que podem absorver a umidade presente no ar, especialmente em situações em que a umidade relativa esteja acima de 65-75%.

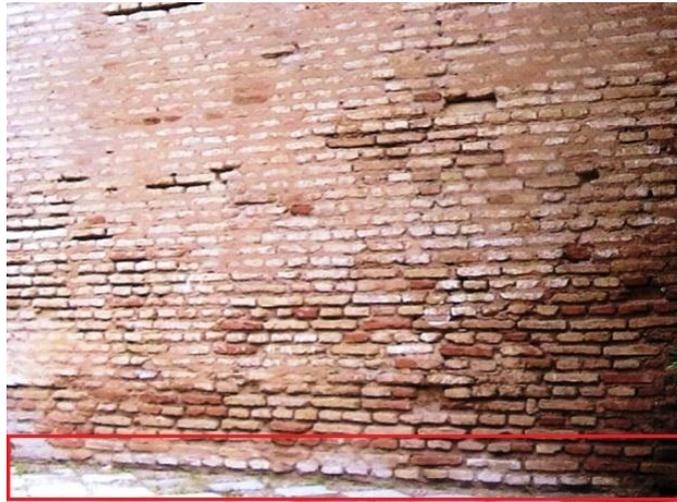
Outra forma de entrada de sais solúveis nas alvenarias antigas é enfatizada por Trevisan (2004) e refere-se ao uso de aditivos para limpeza de fachadas, como sulfato de cobre e sulfato de zinco, que se tratam de sais solúveis e ocasionam, se em contato com água, conseqüente tensão de cristalização nos materiais porosos. Entretanto, é importante salientar que não é a umidade em si que provoca a tensão de cristalização, mas sim ciclos frequentes de absorção e evaporação da água. Em superfícies imersas na água, os sais solúveis não irão se cristalizar dentro dos poros, pois as moléculas permanecerão em suspensão.

Portanto, o problema das inundações consiste nos ciclos de saturação em água e evaporação (Figura 41). Franke e Schuman (2009) salientam que quanto maior o tempo para cristalização dos sais em um ciclo (portanto quanto maior o tempo até a evaporação da água), mais cedo os danos irão aparecer. Os autores também destacam que nos tijolos que permanecem úmidos por longos períodos prevalecem,

³⁷ Antes da invenção do cimento portland em 1824, as argamassas tradicionais tinham como principais ligantes a argila, o gesso e a cal (KANAN, 2008).

de forma geral, laminação, craqueamento e fissuras nos blocos cerâmicos, observando que em alvenarias que permanecem molhadas durante longos períodos, ou estão expostas a chuvas frequentes, ocorrerá com maior intensidade descamação do tijolo (Figura 42). Em contrapartida, em situações onde as alvenarias secam rapidamente e, especialmente se houver aquecimento durante o ciclo de secagem, os tijolos apresentarão predominantemente pulverização.

Figura 41 – Deterioração da base da parede devido a ciclos de evaporação da água.



Fonte: Hidalgo, p. 74.

Figura 42 – (a) descamação dos tijolos da fachada, edificação em Veneza. (b) descamação dos tijolos da fachada, edificação em Santa Leopoldina.



Fonte: Autora.

A água também provoca dilatação e retração dos materiais presentes nas edificações. Portanto, se a edificação possui diferentes materiais e com isso distintos coeficientes de absorção, a dilatação e retração dos materiais podem ocasionar rupturas nas argamassas das alvenarias. Ainda, a água em excesso pode dissolver tijolos mal queimados e também pode levar a proliferação de micro-organismos,

como os fungos, especialmente em locais com alto índice de umidade relativa, como no interior das edificações. Nas fachadas que receberam água é comum a proliferação de cianobactérias.

Como no Brasil não há tradição do tijolo cerâmico aparente nas edificações, o sistema construtivo permanece protegido de alguns danos, que afetam predominantemente o revestimento. Contudo, em situações de alto grau deterioração, se o revestimento não cumprir mais a função de proteção do substrato, o tijolo ficará exposto ao intemperismo. Santos (2012, p. 131) observa:

Um dos grandes problemas de deixar tijolo aparente é a degradação que este material sofre quando exposto às intempéries, principalmente nos climas tropicais como o do Brasil, que registra grandes volumes de precipitações pluviométricas e, principalmente sal, devido ao aerossol salino. Outro problema gerado pela utilização de tijolos aparentes [...] é a tendência em retirar o revestimento de paredes antigas deixando o tijolo exposto à ação do tempo e à degradação por falta de proteção da alvenaria.

A incidência de água sobre as argamassas de cal também pode originar o fenômeno da dissolução, que consiste, no caso das argamassas de cal, na transformação do carbonato de cálcio (CaCO_3) sob efeito do anidrido carbônico (CO_2) em bicarbonato de cálcio ($\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$), substância extremamente solúvel, conforme reação química abaixo:



Cabe salientar que os revestimentos das edificações históricas não eram padronizados e, portanto, a constituição química variava conforme a região e o *saber fazer* da época. Entretanto, de forma geral, as argamassas de edifícios antigos são mais porosas e mais deformáveis que as argamassas produzidas atualmente. Ainda, diferente das argamassas da atualidade, os revestimentos antigos admitiam entrada de água no interior das paredes e, da mesma maneira, possibilitavam a evaporação da água (KANAN, 2008). Em contrapartida, Kanan (2008) destaca que as argamassas de cimento são menos porosas e quando imersas em água, demoram muito mais para completar a evaporação e dessa forma, provocam maior retenção de umidade nas paredes. As argamassas de cimento também possuem poros bem finos e, portanto, maior capilaridade ascendente, quando a água do terreno entra nas alvenarias. Ainda, as argamassas de cimento possuem gesso em sua composição (CaSO_4), sal solúvel. Portanto, em edificações históricas, especialmente

as que estiverem sobre ação da umidade, as argamassas de cimento não representam a melhor opção de reintegração.

Como consideração final da trajetória sobre o tijolo, cabe enfatizar que as alvenarias tradicionais em tijolo são estruturas históricas, cuja matéria prima, a argila, fez parte das mais antigas civilizações e em distintos momentos da história da arquitetura (Figura 43 e Figura 44). Para estender a longevidade destas alvenarias, o conhecimento da história e das técnicas de fabricação é domínio essencial dos profissionais que desejam trabalhar com o patrimônio histórico e, dessa forma, com o resgate da história e perpetuação da memória.

Figura 43 – (a) Tijolos do templo de Insusinak, em Susa. (b) Fortezza de Basso, Florença



(a)

(b)

Fonte: (a): Campbell e Price, 2005, p. 30
Fonte: (b) Autora.

Figura 44 – (a) Edificação em Toledo, Espanha. (b) Museu Náutico da Bahia, no Forte Santo Antônio da Barra.



(a)

(b)

Fonte: (a) e (b): Autora.

Nos últimos cinquenta anos ocorre um alargamento das questões patrimoniais e há uma ênfase dada ao estudo dos materiais de construção antigos, tendo em vista a materialidade do campo disciplinar da arquitetura. Logo, se Brandi (2008) afirma que, para recuperar um edifício, restaura-se somente a matéria, é fundamental conhecer a ciência da conservação e da restauração. Santiago (2001) enfatiza:

Várias referências podem ser encontradas em antigos textos e documentos de arquivos sobre a qualidade, a forma de emprego, a durabilidade e os cuidados que deveriam ser tomados com os materiais de construção, em épocas passadas. Estas referências servem como subsídios importantes para o conhecimento que se deve ter hoje sobre o assunto, fundamental aos trabalhos de conservação e restauro, quando se faz necessário o reforço ou a reintegração de antigas estruturas no mister da conservação e da memória.

Dessa forma, para guiar quaisquer estudos de intervenção restaurativa é fundamental um amplo conhecimento sobre o comportamento das estruturas e a composição dos materiais empregados. Conhecer os problemas e conseqüentemente as degradações que afetam as construções antigas é competência essencial para lidar com a conservação e restauração do patrimônio edificado. Assim como o conhecimento da matéria-prima e de como essa se comporta em seus aspectos físicos e químicos é basilar para manter a integridade dos monumentos. Recordar-se o inevitável desgaste sobre matéria e da correlação entre esta e arquitetura por meio das palavras de Oliveira (2011):

Ninguém que esteja em gozo de suas faculdades poderá negar que a arquitetura só existe quando o designium é transformado na realidade concreta dos materiais e das estruturas, e estes obedientes, inexoravelmente, às leis físicas e químicas que regem a sua durabilidade e o seu equilíbrio estático. Partindo deste pressuposto, todos os problemas de criatividade na nobre arte só podem ser afrontados com competência científica e técnica, para que se possa encontrar nela um mínimo de coerência, que permita servir dignamente à sociedade. [...] Conservar a memória da produção humana torna-se, por sua vez uma atividade mais empenhativa do ponto de vista científico, porque estamos lidando com exemplares insubstituíveis, irrepetíveis, sobre os quais os erros conceituais ou técnicos não nos deixam margem para desculpas.

Capítulo 3

- MATERIAIS E MÉTODOS

3 MATERIAIS E MÉTODOS

O ponto de partida de um projeto de intervenção consiste na documentação da obra, seu cadastro, equivalente ao que os italianos chamam de *rilievo* (OLIVEIRA, 2008, p. 09). Partindo do seu significado, no campo da arquitetura, o ato de *rilevare* pode ser sinônimo de compreender, entender e deduzir; ou seja: ler a obra de uma forma global, analisando seus aspectos, de modo a interpretá-la.

A caracterização de um material pode ser realizada de diversos pontos de vista, como químico, estrutural, entre outros; o que estará condicionado ao objetivo estabelecido. Dessa maneira, a caracterização de um material de construção pode ser a nível macroscópico ou microscópico. Considerando que cada nível fornece informações relevantes para se compreender o comportamento dos materiais, a análise tecnológica aqui empreendida compreende a caracterização física e a mineralógica dos tijolos do Sítio Histórico de Santa Leopoldina.

As propriedades e características dos tijolos de Santa Leopoldina foram analisadas com base nas inspeções visuais e nas amostras coletadas de três edificações situadas no Sítio histórico (Tabela 04). As amostras possuem tamanhos variados, de acordo com a necessidade de cada ensaio, respeitando valores mínimos exigidos. A composição mineralógica foi obtida pela difração de raios-x, e as amostras foram comparadas entre si e com mais duas amostras coletadas da Igreja Matriz de Santa Leopoldina, que possui sistema misto de pedra e tijolos cerâmicos e foi construída aproximadamente na mesma época das outras três edificações analisadas³⁸.

Tabela 4 – Amostras coletadas.

Edificação	Localização da edificação (Rua)	Amostra	Localização amostra
Edificação 01/ Imóvel 29	Prefeito Hélio Rocha, nº 59	AM01	Fachada lateral esquerda (sudoeste).
Edificação 01/ Imóvel 29	Prefeito Hélio Rocha, nº 59	AM02	Fachada posterior
Edificação 01/ Imóvel 29	Prefeito Hélio Rocha, nº 59	AM03	Parede interna
Edificação 01/ Imóvel 29	Prefeito Hélio Rocha, nº 59	AM04	Fachada posterior

³⁸ O objetivo da comparação com as amostras da Igreja Matriz de Santa Leopoldina consiste em cruzar informações de cunho histórico que serão argumentadas ainda neste capítulo.

Edificação 01/ Imóvel 29	Prefeito Hélio Rocha, nº 59	AM05	Parede interna
Edificação 01/ Imóvel 29	Prefeito Hélio Rocha, nº 59	AM06	Parede interna
Edificação 02/ Imóvel 03	Presidente Getúlio Vargas, nº 3	AM01	Fachada posterior (superfície interna)
Edificação 02/ Imóvel 03	Presidente Getúlio Vargas, nº 3	AM02	Facha frontal (superfície interna)
Edificação 02/ Imóvel 03	Presidente Getúlio Vargas, nº 3	AM03	Fachada frontal (superfície interna)
Edificação 02/ Imóvel 03	Presidente Getúlio Vargas, nº 3	AM04	Fachada lateral esquerda (sudoeste, superfície interna)
Edificação 02/ Imóvel 03	Presidente Getúlio Vargas, nº 3	AM05	Parede interna
Edificação 03/ Imóvel 24	Presidente Getúlio Vargas, nº 63	AM01	Parede interna
Edificação 03/ Imóvel 24	Presidente Getúlio Vargas, nº 63	AM02	Parede interna
Edificação 03/ Imóvel 24	Presidente Getúlio Vargas, nº 63	AM03	Parede interna
Edificação 03/ Imóvel 24	Presidente Getúlio Vargas, nº 63	AM05	Parede interna
Edificação 03/ Imóvel 24	Presidente Getúlio Vargas, nº 63	AM06	Muro fundos
Edificação 03/ Imóvel 24	Presidente Getúlio Vargas, nº 63	AM08	Muro fundos

Fonte: Autora

Os ensaios realizados foram importantes para determinar a caracterização física e mineralógica dos tijolos, bem como as manifestações patológicas existentes. Para além desses aspectos, a análise tecnológica trouxe subsídios importantes para o desenvolvimento da pesquisa histórica sobre os tijolos de Santa Leopoldina. Dessa forma, considerando a arqueologia da arquitetura³⁹, a arquitetura é analisada como documento histórico (RAMALHO, 2007), orientando um resgate do conhecimento do passado por meio da documentação dos materiais construtivos. Nessa condição, “a arqueologia está visceralmente ligada à conservação da memória, fazendo parte de sua interdisciplinaridade” (OLIVERA, 2008, p. 109). Nesta lógica, as tecnologias digitais utilizadas na arqueologia da

³⁹ Sobre a arqueologia da arquitetura, Ramalho (2007) a descreve como “método de análise oriundo da arqueologia aplicado ao património arquitectónico [...] a base deste método científico é a análise estratigráfica. O método estratigráfico em arqueologia consiste na análise dos processos de acumulação e erosão dos sedimentos, individualizando os diferentes estratos e analisando a relação entre eles”. (Aula do Curso de Mestrado em reabilitação de Arquitectura e Núcleos Urbanos – FAUTL, Lisboa. Disponível em: <http://icomos.fa.utl.pt/documentos/coimbra2007/mariaramalho.pdf>, acesso 14 mai 2015).

arquitetura se voltam a produzir dados concretos sobre a condição do imóvel, uma vez que a arquitetura é tratada como documento histórico, “guardiã” da memória (RAMALHO, 2007).

Portanto, foram feitos ensaios não somente dos tijolos isoladamente, mas também da argamassa de revestimento que compõe as alvenarias analisadas, pois as edificações históricas de Santa Leopoldina não têm o sistema construtivo aparente, ainda que, em certas situações, os tijolos estejam visíveis devido ao alto grau de deterioração do revestimento. Dessa forma, foram coletadas amostras de tijolos que estavam aparentes para os ensaios de absorção total em água, massa unitária, resistência mecânica e difração de raios-x, e amostras de tijolo e argamassa para os ensaios de identificação de sais solúveis e teor de umidade. Para o ensaio de determinação provável do traço da argamassa e análise granulométrica do agregado foram coletadas amostras somente de argamassas.

Assim, os materiais e métodos utilizados na pesquisa se caracterizam pela documentação e caracterização dos tijolos cerâmicos das alvenarias do elenco de edifícios escolhidos no Sítio Histórico de Santa Leopoldina. O processo metodológico envolve:

3.1 SELEÇÃO DO ELENCO A SER PESQUISADO

Opta-se pelo recorte nas seguintes edificações (Figura 45, Figura 46, e Figura 47).

Figura 45 – (a) fachada edificação 01. (b) foto tirada da sala da edificação 01



Fonte: Autora.

Figura 46 – (a) fachada edificação 02. (b) foto tirada do salão no 2º pavimento da edificação 02



(a)



(b)

Fonte: Autora.

Figura 47 – (a) fachada edificação 03. (b) foto tirada do salão, no térreo da edificação 03.



(a)



(b)

Fonte: Autora.

O elenco selecionado foi determinado adotando o critério de escolher edificações parcialmente distantes e em um mesmo lado da rua, conforme Figura 48. Este critério foi adotado para que todas as edificações analisadas estivessem equidistantes do rio Santa Maria e, portanto, sujeitas ao mesmo nível de incidência de água durante as inundações do rio.

Figura 48 – Localização das edificações selecionadas dentro da área do Sítio histórico. Da direita para esquerda: em vermelho, imóvel 01; em amarelo, imóvel 02 e em azul, imóvel 03



Fonte: Adaptado de Queiroz, 2013.

Para a seleção do elenco a ser pesquisado, foram analisados os sistemas construtivos, com o intuito de saber se as edificações selecionadas foram construídas em tijolo cerâmico. Para tanto, foram verificadas as fichas cadastrais do processo de tombamento do Conselho Estadual de Cultura do Espírito Santo e em seguida, confirmado o sistema construtivo em visita de campo em Santa Leopoldina. Também foi verificado se nestas edificações é possível ter uma leitura parcial do tijolo (Figura 49).

Figura 49 – (a) imóvel 01, (b) imóvel 02, (c) imóvel 03.



(a)



(b)



(c)

Fonte: Autora.

3.2 LEVANTAMENTO FÍSICO-CADASTRAL

O levantamento físico-cadastral consiste no mapeamento do elenco escolhido, por meio de desenhos das plantas baixas, e elevações das fachadas com o uso de tecnologias digitais, abrangendo documentação em softwares e documentação fotográfica e fotogramétrica.

A documentação por meio de levantamento físico é determinante para o conhecimento do material construtivo, fornecendo importantes informações sobre as espessuras das paredes, local de coleta das amostras e mapeamento dos danos encontrados. O software utilizado para desenho das plantas e das elevações foi o AutoCAD e o levantamento fotogramétrico foi realizado através do *Photomodeler Scanner*⁴⁰.

⁴⁰ Os imóveis 2 e 3 já possuem levantamento realizado por alunos da disciplina Patrimônio Histórico, Artístico e Cultural do DAU/UFES, ministrada pela professora Renata H. de Almeida, cedidos para esta pesquisa, como acervo do Laboratório Patrimônio & Desenvolvimento.

Os levantamentos fotogramétricos foram realizados em parceria com Damiany Farina Nossa (2015)⁴¹.

3.3 PARÂMETROS CLIMÁTICOS SOBRE A REGIÃO DE SANTA LEOPOLDINA

A análise destes parâmetros consiste na identificação, na região da cidade de Santa Leopoldina, da incidência de grandes volumes de precipitações e inundações, abrangendo dados quanto à temperatura e umidade relativa do ar e altura do Rio Santa Maria. Esses dados foram obtidos junto a Agência Nacional das Águas (ANA) e ao Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência técnica e extensão rural (INCAPER).

3.4 ENSAIOS LABORATORIAIS

Os ensaios realizados em laboratório (Tabela 5) têm como objetivo determinar as características físicas e mineralógicas dos tijolos cerâmicos utilizados nas alvenarias do elenco selecionado, subsidiando propostas de intervenção restaurativa. Também, por meio das análises em laboratório, é possível verificar as degradações que estão ocorrendo ou podem vir a acometer o elenco escolhido para a coleta.

Os ensaios foram realizados no Núcleo de Tecnologia da Preservação e Restauração (NTPR), localizado na Universidade Federal da Bahia; no Laboratório de Ensaio em Materiais de Construção (LEMAC), localizado na Universidade Federal do Espírito Santo, no Laboratório de Conservação, Restauração e Reabilitação (LACORE) e no Instituto de Geociências (IG), localizados na Universidade Federal do Pará.

⁴¹ Sub-projeto de pesquisa de Iniciação Científica (2014-2015) intitulado "Documentação & Intervenção Patrimonial: uso de tecnologias digitais na documentação e interpretação do patrimônio arquitetônico. Experimentação em Santa Leopoldina/ES", desenvolvido junto ao Laboratório Patrimônio & Desenvolvimento, UFES, com a orientação de Renata H. de Almeida e co-orientação dessa autora.

Tabela 5 – Ensaios laboratoriais e tipo de caracterização

CARACTERIZAÇÃO	ENSAIOS	QTE. AMOSTRAS	METODOLOGIA
Física	1. Absorção total em água	12	NBR 12766
	2. Massa unitária com picnômetro de hubbard	12	Norma italiana 4/80
	3. Traço Argamassa	11	Método NTPR adaptado ICCROM
	4. Análise granulométrica	9	Método NTPR adaptado ICCROM
	5. Resistência mecânica	3	NBR 6460
	6. Teor de Umidade	18	Método NTPR
	7. Determinação Qualitativa Sais Solúveis	12	Método NTPR adaptado ICCROM
Mineralógica	8. Difractometria de raios X (DRX)	9	Método do pó

Fonte: Autora

- **Absorção total em água**

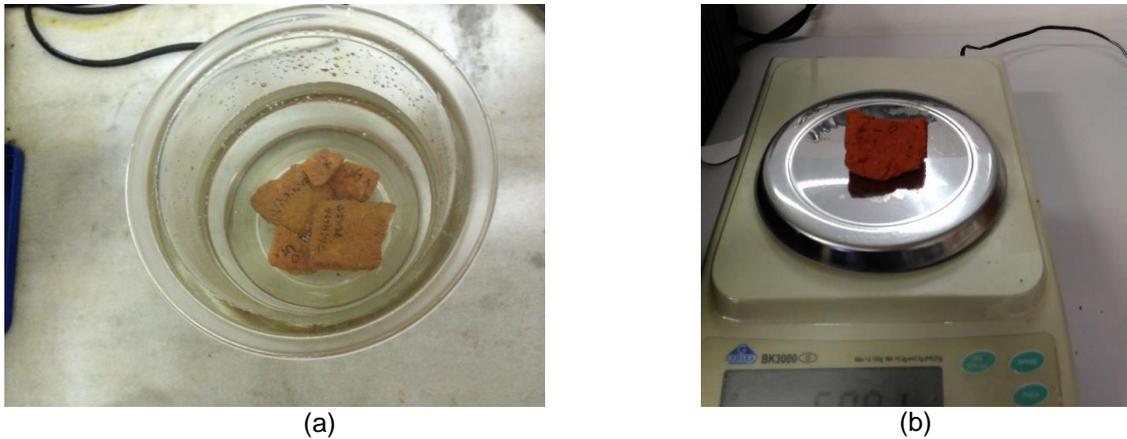
O objetivo deste ensaio é analisar a porosidade das amostras de tijolo por meio da relação da massa totalmente seca e totalmente úmida. O procedimento adotado neste ensaio consiste em adaptar o método descrito na NBR 12766, que se trata de uma norma para determinação da massa específica aparente, porosidade aparente e absorção d'água aparente utilizadas para rochas de revestimentos.

Este ensaio demanda os seguintes equipamentos: dessecador com água e bomba à vácuo, balança analítica e estufa. O processo inicia-se com a inserção das amostras na estufa a 75°C por no mínimo 24h. Em seguida, as amostras são pesadas na balança analítica quando totalmente secas e depois as amostras são inseridas no dessecador com água e bomba à vácuo, permanecendo nele por 24h. Após este prazo, as amostras são retiradas e pesadas quando totalmente úmidas.

O percentual de absorção será dado pela seguinte fórmula:

$$\text{Percentual de absorção (\%)} = \frac{\text{massa úmida} - \text{massa seca}}{\text{massa seca}} \times 100$$

Figura 50 - (a) secagem em estufa, momento do início da imersão por 24h). (b) amostra da edificação 02 durante ensaio de absorção total em água (após secagem em estufa e imersão por 24h).



Fonte: Autora.

• Massa unitária com picnômetro de Hubbard

Este ensaio consiste na determinação da massa das amostras quanto ao volume de cheios, relacionando-a com a massa unitária do mercúrio (Figura 51). O resultado deste ensaio complementa os resultados obtidos com o ensaio de absorção total em água e necessita dos seguintes equipamentos: vidraria específica de laboratório, balança analítica, picnômetro de Hubbard e mercúrio. Vale observar que o picnômetro de Hubbard permite um resultado muito eficaz no volume dos cheios da amostra e, é a forma mais adequada para se determinar a massa unitária dos fragmentos de tijolo cerâmico, pois utiliza mercúrio que não absorve tão rápido quanto a água.

O processo metodológico segue a norma italiana 4/80 e a determinação da massa unitária é dada por meio da fórmula:

$$\rho_a = \frac{M_3}{M_1 - M_2 + M_3} \times \rho_{Hg}$$

Onde:

ρ = massa unitária da amostra (g/cm³)

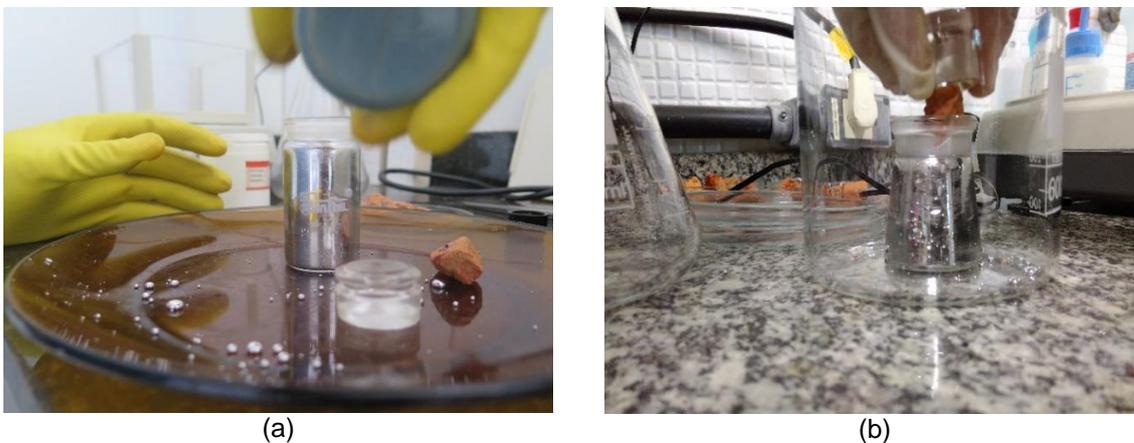
ρ_{Hg} = massa unitária do mercúrio = 13,60 (g/cm³)

M_1 = massa do picnômetro cheio de mercúrio (g)

M_2 = massa do picnômetro cheio de mercúrio + amostra (g)

M_3 = massa da amostra seca

Figura 51 – (a) Amostra da edificação 01 durante ensaio de massa unitária com picnômetro de Hubbard e mercúrio. (b) Amostra da edificação 03 durante o mesmo ensaio.



Fonte: Autora

- **Traço de Argamassa**

A determinação do traço provável consiste no ensaio simples de argamassa e é importante nesta pesquisa pois tem como objetivo obter dados quanto à argamassa utilizada nas alvenarias do elenco escolhido, com o intuito de verificar se as argamassas estão cumprindo a função de proteção do substrato.

O traço é determinado a partir da identificação da proporção entre os componentes do material, distinguindo os ligantes (basicamente carbonatos de cálcio CaCO_3 , solúvel em ácido, os finos, como as argilas, e os grossos, areia e agregados (TEUTONICO, 1988). Neste ensaio são utilizados os seguintes equipamentos: balança analítica, estufa, vidraria específica de laboratório, ácido clorídrico, água deionizada e papel de filtro.

A metodologia utilizada foi adotada com base no ICCROM⁴², em Teutonico (1988), mas seguida conforme adaptação de OLIVEIRA (2011) dentro do NTPR, na Escola Politécnica da Universidade Federal da Bahia.

⁴² O *International Centre for Study of the Preservation and Restoration of Cultural Property* (ICCROM) é uma organização científica intergovernamental autônoma, cuja área de abrangência envolve os diversos tipos de bens culturais, sendo ligado à UNESCO.

Figura 52 – Amostras após ataque com ácido clorídrico.



Fonte: Autora

Figura 53 – amostras durante a filtragem.



Fonte: Autora

- **Ensaio de análise granulométrica após ataque ácido e remoção dos finos**

Após o ensaio para determinação do traço provável da argamassa, ainda com as mesmas amostras, se faz o ensaio de análise granulométrica. O objetivo deste ensaio consiste em determinar a proporção entre os grãos finos, médios e grossos que constituem a argamassa analisada.

Nesta etapa, a argila e o silte foram separados; o ligante (a cal) dissolveu na reação com o ácido clorídrico (HCL), e, então, permanece a areia. A metodologia seguiu os procedimentos adotados no NTPR, com base no ICCROM e nas determinações de Teutonico (1988). Para este ensaio são utilizados conjunto de

peneiras n° 16, 35, 60, 100 e 200, balança analítica, estufa. Após o ensaio é preenchida a tabela referente a cada amostra e em seguida, calculada a porcentagem (%) retida em cada peneira. A curva granulométrica é traçada a partir do modelo disponível no NTPR, baseado nas determinações do ICCROM.

- **Resistência Mecânica**

Este ensaio tem como objetivo obter a resistência à compressão do tijolo cerâmico. A metodologia segue as recomendações da norma NBR 6460 de junho de 1983, com algumas adaptações por se tratar de uma edificação histórica. O processo consiste em cortar o tijolo ao meio e preparar as partes como corpo de prova, fazendo capeamento das superfícies superior e inferior da amostra. Contudo, foram realizadas adaptações à norma e, dessa forma, opta-se por não cortar o tijolo ao meio, já que este poderia estar fragilizado. Neste ensaio são utilizados os seguintes materiais e equipamentos: prensa hidráulica elétrica para o ensaio e pasta de cimento para o capeamento do corpo de prova. Após o rompimento na prensa, a resistência de cada corpo de prova é calculada e em seguida comparada com os dados de resistência mínima recomendados pela NBR 7170 de junho de 1983.

Figura 54 – (a) tijolo da edificação 01. (b) tijolo da edificação 03.



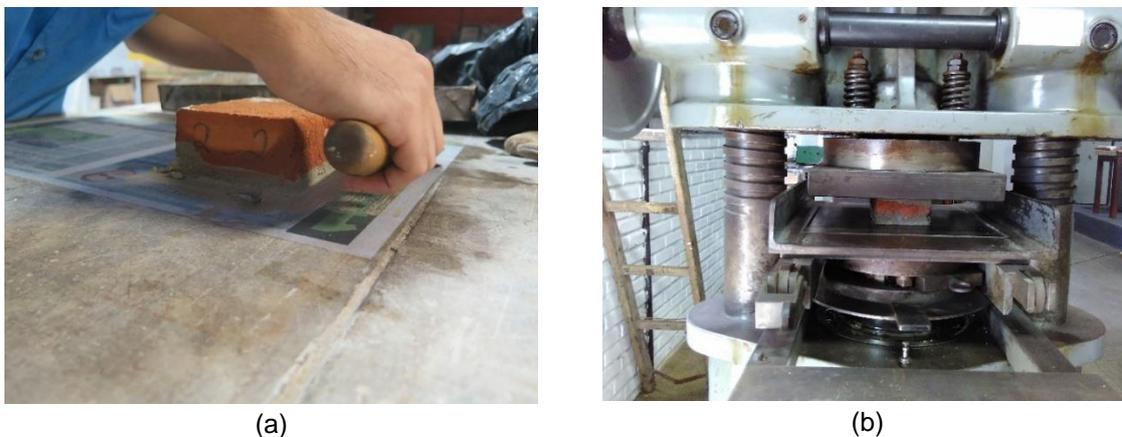
(a)



(b)

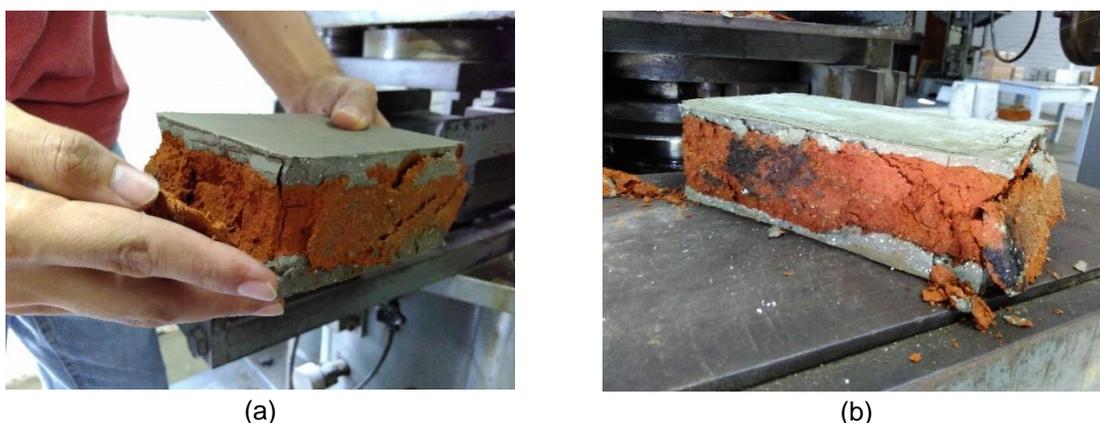
Fonte: Autora

Figura 55 – (a) regularização tijolo da edificação 02. (b) Tijolo da edificação 02 na prensa para rompimento.



Fonte: Autora

Figura 56 – (a) tijolo da edificação 02 rompido. (b) tijolo da edificação 03 rompido.



Fonte: Autora

• Teor de Umidade

Este ensaio tem como objetivo obter dados quanto à umidade do tijolo cerâmico e verificar se estes estão dentro do limite aceitável, conforme a Tabela 6:

Tabela 6 – Níveis de teor de umidade em alvenarias de tijolo e alvenarias de pedra

Tipos de Alvenaria	Tijolo comum	Pedras *	Outros
Umidade própria (U.P)	1%	até 4%	Umidade própria
Higiênico	até 3%	até 6%	U.P + 2%
Tolerado	até 7%	até 7%	U.P + 3 %
Úmido	8 a 9%	7 a 15%	-----
Úmidíssimo	> 9%	>15%	-----

* Massa específica < 1.9 t/m³

Fonte: Oliveira, 2011

A metodologia adotada seguiu os critérios estabelecidos por Oliveira (2011) dentro do NTPR, na UFBA. Neste ensaio são coletadas amostras em três alturas diferentes da alvenaria, para verificar se há capilaridade ascendente proveniente do terreno. O teor de umidade foi verificado em duas paredes de cada edificação do elenco escolhido, sendo uma interna e outra externa. Para realização deste ensaio é necessário os seguintes materiais e equipamentos: balança analítica, vidraria de laboratório, estufa. O procedimento consiste em pesar em balança analítica a amostra após a coleta, úmida, e em seguida, pesar após a secagem em estufa por 24h. O teor de umidade será dado pela seguinte fórmula:

$$\text{Teor de umidade (\%)} = \frac{\text{massa úmida} - \text{massa seca}}{\text{massa seca}} \times 100$$

- **Determinação qualitativa de sais solúveis (Nitrato, Cloreto e Sulfato)**

O objetivo deste ensaio é verificar se há sais solúveis nas amostras do elenco de edificações, pois, sabe-se que estes sais, quando em contato com a água, representam um dos maiores danos para as alvenarias de tijolo cerâmico. A metodologia deste ensaio consiste em realizar medição qualitativa de nitrato, cloreto e sulfato em cada uma das amostras. O processo ocorre individualmente para determinação da presença dos sais, pois cada um destes sais reage com um reativo diferente, necessitando de 10g de amostra para determinação de cada sal. A metodologia adotada consiste nas orientações do ICCROM, com base em Teutonico (1988), tendo algumas adaptações desenvolvidas no NTPR, como a indicação da quantidade de reagente. Outra metodologia adotada pelo NTPR, seguida nesta pesquisa, é referente a determinação qualitativa para nitratos.

Para realização deste ensaio são necessários os seguintes materiais e equipamentos: vidraria específica de laboratório, balança analítica, papel de filtro, água deionizada, reativo para nitrato: 1% de difenilamina em ácido sulfúrico (H_2SO_4) concentrado; reativo para cloreto: cinco gotas de ácido nítrico concentrado (HNO_3) mais cinco gotas de solução com 1% de nitrato de prata (AgNO_3) em água deionizada; reativo para sulfato: cinco gotas de ácido clorídrico concentrado (HCL) mais cinco gotas de solução com 5% de cloreto de bário (BaCl_2) em água deionizada.

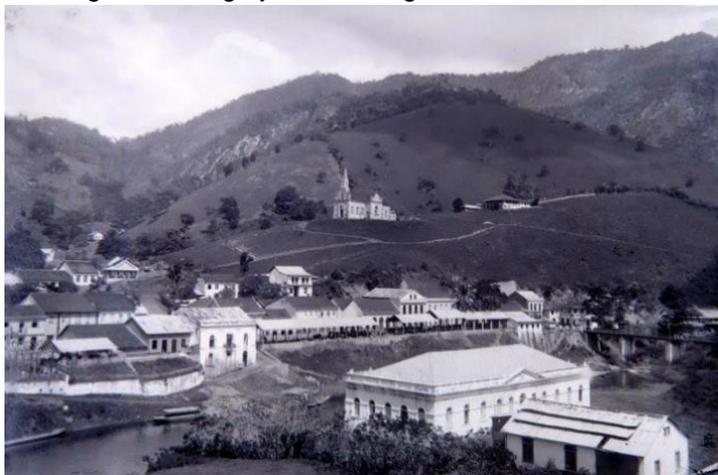
- **Difratometria de raios-x**

O objetivo do ensaio de Difratometria de raios-x é determinar os minerais que estão presentes na amostra de tijolo cerâmico. A estrutura cristalina das substâncias sólidas tem comprimentos de onda de magnitudes muito pequenas, próximos às distâncias interatômicas. Dessa forma, quando um feixe de raios-x específicos e em um determinado ângulo incide sobre a superfície cristalina, ocorre o fenômeno da difração (MATTEINI e MOLES, 2001). Matteini e Moles (2001) também destacam que a difração dos raios x por parte dos diferentes planos cristalinos resulta em uma série de reflexos com diferentes posições e intensidades, cujo conjunto determina o perfil característico do cristal que originou os reflexos. Dessa forma, através da análise do padrão de difração é possível determinar a natureza da substância cristalina.

Para realização deste ensaio é necessário um difratômetro com controle automático acoplado a um microcomputador. O método utilizado foi o método do pó, em difratômetro de raios-x da Panalytical, com tempo de rotação 2s, varredura 4-75°, tamanho do passo 0,0263 e tempo por passo 30.6s. As análises foram realizadas no Laboratório de raios-X do Instituto de Geociências da Universidade Federal do Pará (IG/UFGPA).

A caracterização mineralógica foi realizada em dez amostras de tijolos cerâmicos, das quais três são da edificação 01, duas da edificação 02, três da edificação 03 e duas da Igreja Matriz de Santa Leopoldina (Figura 57).

Figura 57 – Igreja Matriz Sagrada Família, no alto.



Fonte: Acervo Laboratório Patrimônio & Desenvolvimento, [1914?]

As amostras foram pulverizadas com gral e pistilo de ágata (Figura 58) e, em seguida, posicionadas no porta amostra para análise (Figura 59).

Figura 58 – (a) amostra pulverizada. (b) Amostras pulverizadas e organizadas para o ensaio.



(a)



(b)

Fonte: Autora

Figura 59 – (a) amostra inserida no porta amostra. (b) porta amostra com todas as amostras.



(a)



(b)

Fonte: Autora

Capítulo 4

- CARACTERÍSTICAS, PROPRIEDADES E FABRICAÇÃO DOS TIJOLOS CERÂMICOS DO SÍTIO HISTÓRICO DE SANTA LEOPOLDINA

4. CARACTERÍSTICAS, PROPRIEDADES E FABRICAÇÃO DOS TIJOLOS CERÂMICOS DO SÍTIO HISTÓRICO DE SANTA LEOPOLDINA

4.1 ANÁLISE TÁTIL-VISUAL

Em relação à análise macroscópica, na inspeção visual é possível verificar fragmentos de quartzo, superfícies irregulares e pulverulência nas amostras (Figura 60). Santos (2012) destaca que a aparência externa do tijolo decorre da técnica de fabricação utilizada, assim, tijolos que foram moldados a mão são mais irregulares.

Figura 60 – (a) fragmentos de quartzo edificação 02. (b) tijolo da edificação 02 e edificação 03.



(a)



(b)

Fonte: Autora.

Ainda com relação às diferenças encontradas na inspeção visual, cabe observar que os tijolos possuem colorações distintas, alguns com coloração bem mais avermelhada que outros. Quanto à tonalidade, Santos (2012) destaca que a análise macroscópica do tijolo pode fornecer indicações sobre a temperatura de queima, relacionando-a com o tipo de argila utilizada. Em relação à coloração, a cor das amostras a edificação 01 apresenta tons mais claros, que podem indicar tijolos pouco queimados e menor quantidade de óxido ferro (Fe_2O_3) (Figura 61). Contudo, a coloração mais clara também pode indicar a presença de carbonatos, que podem estar presentes na própria argila, ou ter sido adicionados como material fundente. Em contrapartida, a edificação 02 possui tijolos com uma coloração bem avermelhada (Figura 62). Os tijolos da edificação 03 são mais similares aos da edificação 02, mas possuem coloração ainda mais avermelhada (Figura 53). Além da quantidade de óxido de ferro, a cor vermelha ou marrom

Capítulo 4 • Características, propriedades e fabricação dos tijolos cerâmicos do Sítio histórico de Santa Leopoldina

acentuada indicam tijolos muito queimados, eventualmente com manchas irregulares em tonalidade cinza ou preta. Da mesma maneira, tijolos pouco queimados possuem coloração mais clara e, são também mais porosos (SANTOS, 2012).

Figura 61 – Tijolos edificação 01



Fonte: Autora.

Figura 62 - Tijolos edificação 02.



Fonte: Autora.

Figura 63 - Tijolos edificação 03.

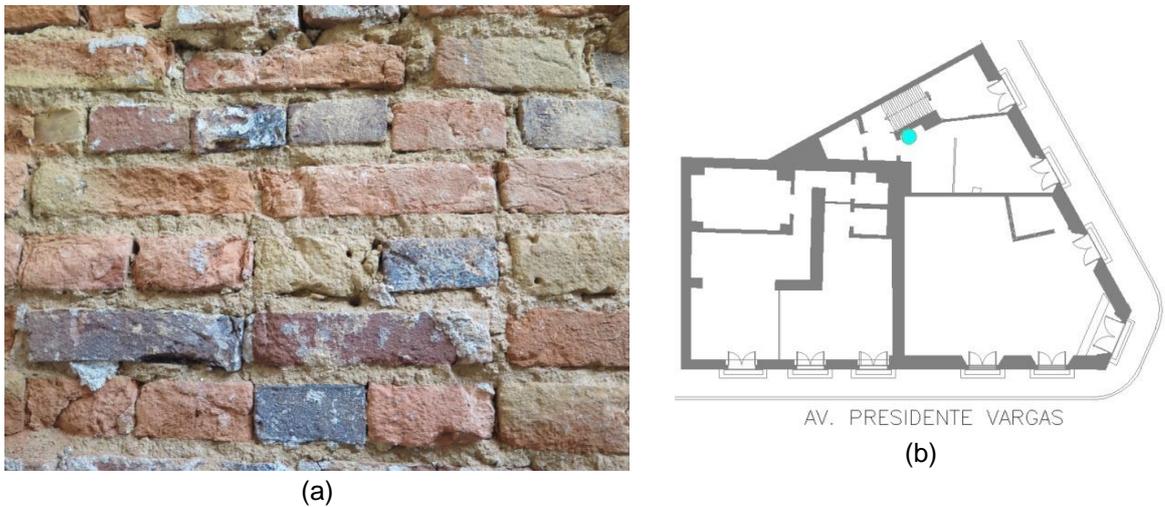


Fonte: Autora.

Capítulo 4 • Características, propriedades e fabricação dos tijolos cerâmicos do Sítio histórico de Santa Leopoldina

Durante a etapa final da pesquisa, a edificação 02 entrou em processo de restauração⁴³, o que possibilitou a análise das alvenarias sem o revestimento. Verifica-se que a coloração dos tijolos difere em paredes do térreo e do pavimento superior, ainda que prevaleça o tipo de aparelho utilizado para assentamento (Figuras 64 e 65).

Figura 64 - (a) Alvenaria exposta edificação 02, pavimento térreo. (b) localização da alvenaria na edificação 02.



Fonte: Autora.

Figura 65 - (a) Alvenaria exposta edificação 02, pavimento superior. (b) localização da alvenaria na edificação 02.



Fonte: Autora.

⁴³ Obra conduzida pela prefeitura. A edificação passará a ter uso cultural como a "Casa do Cidadão".

A inspeção visual dos tijolos também aponta diferenças na dimensão das amostras, cuja variação é bastante significativa, inclusive entre tijolos assentados na mesma edificação, como é o caso da edificação 01. Nos trechos em que os tijolos estão aparentes foram comparadas as dimensões e a variação oscila entre 1 a 2cm no comprimento e na altura (Figura 66).

Figura 66 – Comparação entre tijolos assentados na mesma alvenaria, na fachada posterior da edificação 01



Fonte: Autora

Dessa maneira, com relação ao elenco selecionado para amostragem, os tijolos possuem dimensões que variam entre 21 a 25cm de comprimento, 13 a 15cm de largura e 5 a 7 cm de espessura⁴⁴.

4.2 ANÁLISE TECNOLÓGICA

4.2.1. CARACTERIZAÇÃO FÍSICA

- **Absorção total em água (%) e massa unitária (g/m³) com picnômetro de Hubbard**

A relação dos cheios e vazios das amostras foi verificada por meio dos ensaios de absorção total em água (%) e massa unitária (g/m³) com picnômetro de Hubbard. Os resultados indicam que as amostras possuem entre 30.80 a 41.49% de poros

⁴⁴ Ainda, convém destacar que em outras edificações tombadas no núcleo urbano também é possível verificar tijolos com outras dimensões, como a edificação 23 (imóvel ao lado da edificação 03 utilizada como amostragem), que atualmente é um restaurante, onde em um trecho a estrutura da alvenaria foi propositalmente exposta, revelando tijolos com 20cm de comprimento e 6cm de altura, com pequenas oscilações de dimensão entre as peças expostas.

Capítulo 4 • Características, propriedades e fabricação dos tijolos cerâmicos do Sítio histórico de Santa Leopoldina

acessíveis, com massa específica variando de 0.91 a 1.49 g/cm³ (Tabela 07, 08 e 09).

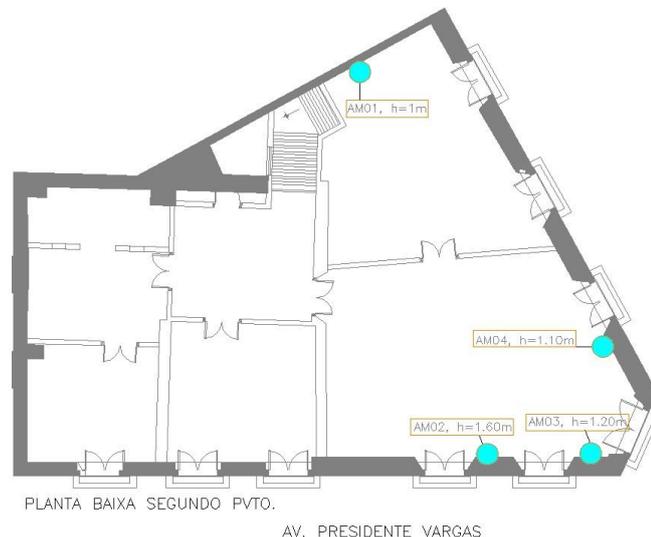
Tabela 7 – Resultado ensaio de absorção total em água e massa unitária com picnômetro de Hubbard e localização das amostras na edificação 01.

AMOSTRAS ED.01	ABSORÇÃO TOTAL EM ÁGUA (%)	MASSA UNITÁRIA (g/cm ³)
AM1	40.67	1.43
AM2	36.40	1.39
AM3	36.44	0.91
AM4	41.25	1.49



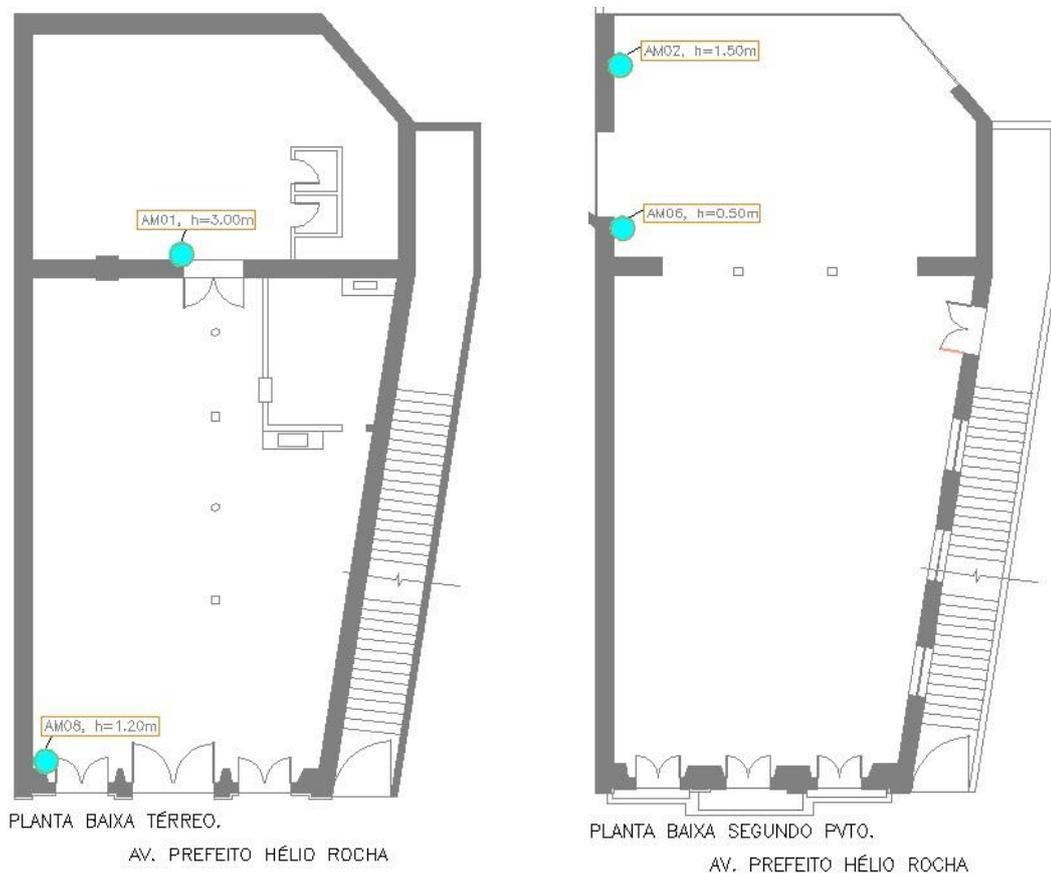
Tabela 8 - Resultado ensaio de absorção total em água e massa unitária com picnômetro de Hubbard e localização das amostras na edificação 02.

AMOSTRAS ED. 02	ABSORÇÃO TOTAL EM ÁGUA (%)	MASSA UNITÁRIA (g/cm ³)
AM1	38.57	1.29
AM2	39.98	1.39
AM3	41.49	1.31
AM4	38.76	1.49



Capítulo 4 • Características, propriedades e fabricação dos tijolos cerâmicos do Sítio histórico de Santa Leopoldina

Tabela 9 - Resultado ensaio de absorção total em água e massa unitária com picnômetro de Hubbard e localização das amostras na edificação 03.



AMOSTRAS ED. 03	ABSORÇÃO TOTAL EM ÁGUA (%)	MASSA UNITÁRIA (g/cm ³)
AM1	30.80	1.57
AM2	32.01	1.46
AM6	39.63	1.30
AM8	31.46	1.44

O ensaio para determinação da massa unitária determina a massa das amostras quanto ao volume de cheios, relacionando-a com a massa unitária do mercúrio; onde a massa unitária é a relação entre a massa e o volume aparente da amostra. O resultado complementa os resultados obtidos com o ensaio de absorção total em água.

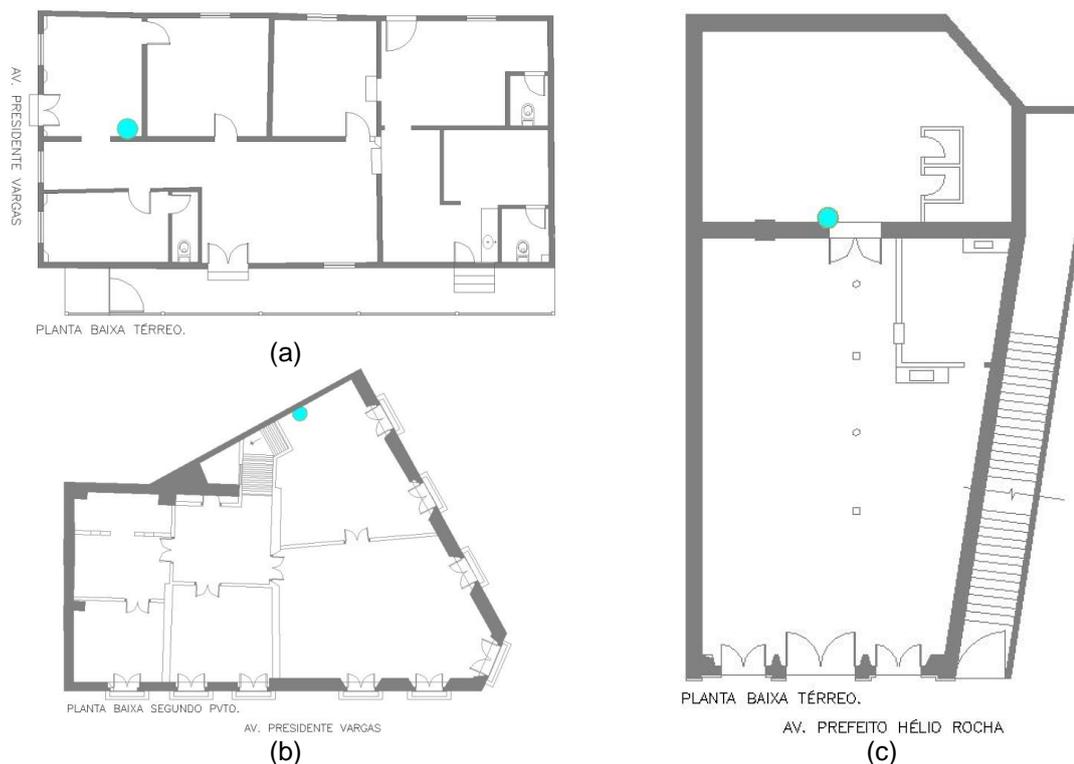
Com relação à absorção de água, nenhuma das amostras atende a NBR-7171/92, que determina que o índice aceitável de absorção de água para tijolo maciço cerâmico seja de 8% a 25%. Verifica-se, com base no ensaio, que as amostras de

tijolo cerâmico estão com índices de absorção total em água acima do aceitável. Os resultados de massa unitária também indicam tijolos pouco densos. Os tijolos mais densos e menos porosos correspondem à edificação 03, amostra 01 e amostra 02; e os mais porosos são os da edificação 01, que também possuem menor massa específica.

• Resistência mecânica

O ensaio de resistência mecânica é uma ferramenta importante para análise dos tijolos, pois estes são maciços e utilizados com função estrutural nas edificações analisadas. Neste ensaio foi utilizado um tijolo para cada edificação, tendo em vista a impossibilidade de retirar mais tijolos inteiros das edificações históricas.

Figura 67 - (a) localização amostra edificação 01. (b) localização amostra edificação 02. (c) localização amostra edificação 03.



Fonte: Autora

Vale ressaltar, o tijolo coletado na edificação 01 não suportou o processo de retirada e se rompeu durante a coleta. Portanto, na edificação 01 o ensaio de

Capítulo 4 • Características, propriedades e fabricação dos tijolos cerâmicos do Sítio histórico de Santa Leopoldina

resistência mecânica foi realizado com meio tijolo⁴⁵. Nas demais edificações (02 e 03) o ensaio foi realizado com um tijolo inteiro.

Os resultados obtidos foram os seguintes:

Tabela 10 – Resultado resistência mecânica dos tijolos da edificação 01, 02 e 03.

ED. 01 / IMÓVEL 29	DIMENSÃO DA AMOSTRA	CARGA DE RUPTURA (Kgf)	TENSÃO DE RUPTURA (Mpa)
	Comprimento: 105.28mm		
Largura: 51.50mm			
Altura: 76.20mm			
Área: 5.421,92 mm ²			
ED. 02 / IMÓVEL 03	DIMENSÃO DA AMOSTRA	CARGA DE RUPTURA (Kgf)	TENSÃO DE RUPTURA (Mpa)
	Comprimento: 137mm		
Largura: 106mm			
Altura: 55mm			
Área: 14.522 mm ²			
ED. 03 / IMÓVEL 24	DIMENSÃO DA AMOSTRA	CARGA DE RUPTURA (Kgf)	TENSÃO DE RUPTURA (Mpa)
	Comprimento: 189mm		
Altura: 114mm			
Largura: 51mm			
Área: 21.546 mm ²			

A NBR 7170/83 determina três categorias para os tijolos maciços cerâmicos, segundo sua resistência à compressão:

- Categoria a: 1,5MPa
- Categoria b: 2,5 MPa
- Categoria c: 4,0 Mpa

O tijolo da residência 01 indica um tijolo de baixa resistência, enquadrando-se próximo à Categoria A, pois obteve 1,48 Mpa de resistência à compressão. Convém destacar que, como o ensaio foi feito com uma parte do tijolo, os resultados não podem ser considerados definitivos.

O tijolo coletado da edificação 02 obteve um resultado satisfatório, apresentando boa resistência à compressão e enquadrando-se na categoria C, obtendo tensão de ruptura de 5,23 Mpa. Da mesma maneira, o tijolo da edificação 03 suportou carga elevada, com tensão de ruptura de 7,28 Mpa, enquadrando-se na categoria

⁴⁵ Residência também habitada por uma família, o que impossibilitou a retirada de outro tijolo.

Capítulo 4 • Características, propriedades e fabricação dos tijolos cerâmicos do Sítio histórico de Santa Leopoldina

C. Portanto, os resultados revelam que os tijolos da edificação 02 e 03 atendem de forma satisfatória aos esforços exercidos pela estrutura.

Os resultados obtidos são compatíveis com o resultado de poros acessíveis e massa específica, cuja análise aponta que os tijolos mais densos e menos porosos são os da edificação 03, que obteve alta carga de ruptura, e os tijolos da edificação 01 são os mais porosos e com menor massa específica, rompendo-se na prensa com uma carga baixa.

• **Traço provável argamassa**

As amostras coletadas correspondem à argamassa de revestimento e foram todas de superfícies internas, apresentando efervescência quando atacadas com HCl, um indício da presença de CaCO₃. A localização das amostras e os traços encontrados estão abaixo listados (Figura 68):

Figura 68 - (a) localização amostra edificação 01. (b) localização amostra edificação 02. (c) localização amostra edificação 03.



Fonte: Autora

Capítulo 4 • Características, propriedades e fabricação dos tijolos cerâmicos do Sítio histórico de Santa Leopoldina

Tabela 11 – Determinação do traço provável da argamassa.

	AMOSTRAS	LOCALIZAÇÃO DA AMOSTRA	TRAÇO ENCONTRADO
ED. 01 / IMÓVEL 29	AM1	Parede interna	1,00: 1,63: 16,27
	AM2	Parede interna	1,00: 1,71: 15,26
	AM3	Parede interna	1,00: 2,43: 13,51
	AM6	Parede interna	1,00: 2,65: 7,19
	AMOSTRAS		TRAÇO ENCONTRADO
ED. 02 / IMÓVEL 29	AM1	Parede interna	1,00: 0,53: 6,27
	AM2	Parede interna	1,00: 0,63: 6,67
	AM3	Parede interna	1,00: 1,173: 6,11
	AMOSTRAS		TRAÇO ENCONTRADO
ED. 03 / IMÓVEL 24	AM1	Parede interna	1,00: 0,89: 7,59
	AM2	Parede interna	1,00: 1,00: 5,10
	AM3	Parede interna	1,00: 0,44: 5,98

Os resultados revelam uma argamassa “bastarda”, ou seja, com mais de um ligante (cal e argila). O uso de material argiloso na argamassa oferece muitas vantagens, pois confere hidraulicidade ao conjunto e, dependendo do traço, pode aumentar a resistência à compressão e melhorar o desempenho das argamassas de cal, pois, se adicionada na proporção ideal (1: 1/3 – cal: argila), aumenta a capacidade de aderência ao substrato devido a tixotropia da argila.

Contudo, as argamassas coletadas nas três edificações são consideradas fracas, devido à proporção entre o aglomerante (cal) e o inerte (areia), com grande proporção de areia. Convém destacar, a argamassa da edificação 01 é a mais fraca, com maior proporção de areia que a edificação 02 e 03. Este resultado é compatível com o elevado estado de degradação das argamassas analisadas, especialmente as amostras coletadas da edificação 01.

• **Análise granulométrica**

A análise granulométrica das argamassas consiste em determinar a proporção entre os grãos finos, médios e grossos que constituem o agregado da argamassa analisada. Esta proporção é um dos fatores determinantes na resistência e porosidade da argamassa, especialmente para execução das argamassas de restauro. Destaca-se que o comportamento e a qualidade das argamassas de cal

Capítulo 4 • Características, propriedades e fabricação dos tijolos cerâmicos do Sítio histórico de Santa Leopoldina

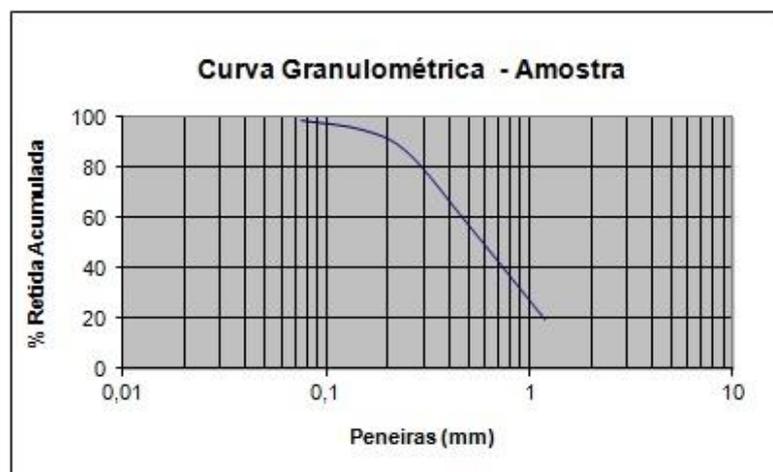
irão depender da proporção do agregado (areia) utilizado, pois a composição granulométrica exerce grande influência nas propriedades das argamassas. Kanan (2008) observa que o agregado deve apresentar granulometria uniformemente variada, contribuindo para a durabilidade da argamassa, pois a areia com grãos bem graduados diminui os espaços vazios entre os grãos, e o aglomerante fica mais bem distribuído nos vazios entre as partículas da areia. A curva granulométrica foi determinada com base em Oliveira (2011) desenvolvida dentro do NTPR.

Com relação à granulometria das amostras de argamassa coletadas, foram obtidas as seguintes curvas granulométricas:

AMOSTRA: ED01-AM01

Granulometria do agregado após ataque ácido e remoção dos finos

PENEIRA N°	DIM. (mm)	PESO (g)	PENEIRA + AMOSTRA (g)	AMOSTRA (g)	% RETIDA	% RETIDA ACUMULADA
16	1,18	98,39	101,77	3,38	19,78	20
35	0,5	88,18	94,57	6,39	37,39	57
60	0,25	85,96	90,93	4,97	29,08	86
100	0,15	83,87	85,43	1,56	9,13	95
200	0,075	81,48	82,13	0,65	3,80	99
>200		65,98	66,14	0,16	0,94	100

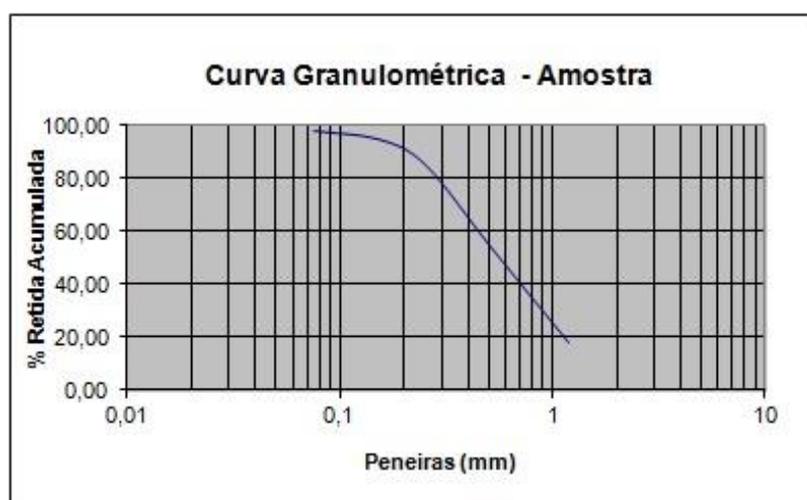


Capítulo 4 • Características, propriedades e fabricação dos tijolos cerâmicos do Sítio histórico de Santa Leopoldina

AMOSTRA: ED01-AM02

Granulometria do agregado após ataque ácido e remoção dos finos

PENEIRA N°	DIM. (mm)	PESO (g)	PENEIRA + AMOSTRA (g)	AMOSTRA (g)	% RETIDA	% RETIDA ACUMULADA
16	1,18	98,40	101,47	3,07	18,37	18,37
35	0,5	88,20	94,32	6,12	36,62	54,99
60	0,25	86,00	91,06	5,06	30,28	85,27
100	0,15	83,89	85,49	1,60	9,57	94,84
200	0,075	81,48	81,99	0,51	3,05	97,89
>200		66,00	66,37	0,37	2,21	100,10

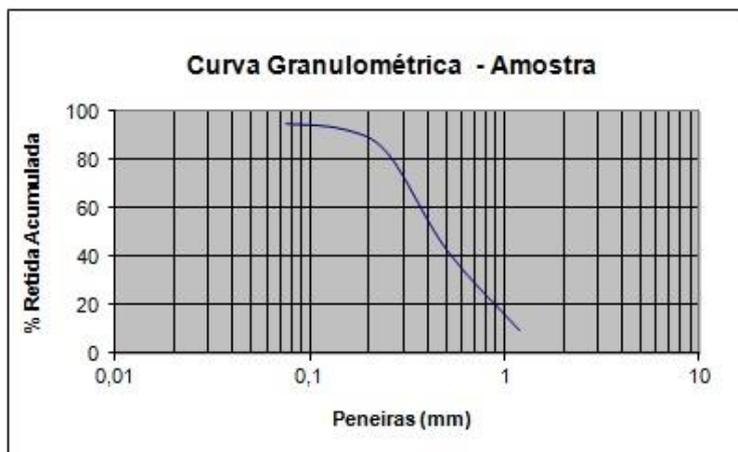


AMOSTRA: ED01-AM03

Granulometria do agregado após ataque ácido e remoção dos finos

PENEIRA N°	DIM. (mm)	PESO (g)	PENEIRA + AMOSTRA (g)	AMOSTRA (g)	% RETIDA	% RETIDA ACUMULADA
16	1,18	98,40	99,93	1,53	9,72	10
35	0,5	88,28	94,32	6,04	33,16	43
60	0,25	85,98	91,06	5,08	39,77	83
100	0,15	83,88	85,49	1,61	10,04	93
200	0,075	81,48	81,99	0,51	2,41	95
>200		65,99	66,37	0,38	5,02	100

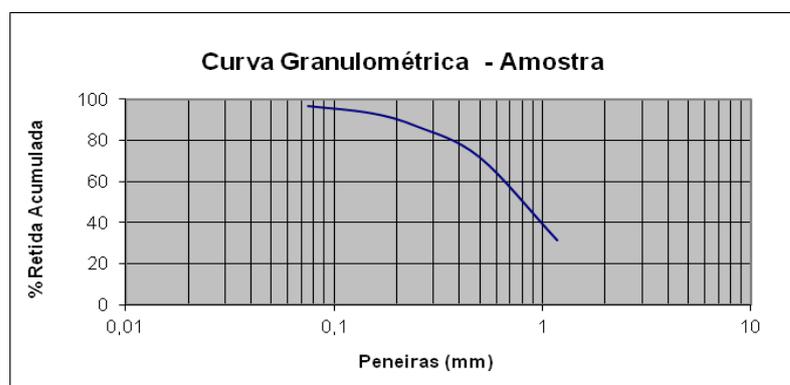
Capítulo 4 • Características, propriedades e fabricação dos tijolos cerâmicos do Sítio histórico de Santa Leopoldina



AMOSTRA: ED02-AM01

Granulometria do agregado após ataque ácido e remoção dos finos

PENEIRA N°	DIM. (mm)	PESO (g)	PENEIRA + AMOSTRA (g)	AMOSTRA (g)	% RETIDA	% RETIDA ACUMULADA
16	1,18	487,27	492,09	4,82	31,26	31
35	0,5	413,87	420,12	6,25	40,53	72
60	0,25	393,78	396,10	2,32	15,05	87
100	0,15	395,17	396,17	1,00	6,49	93
200	0,075	377,70	378,23	0,53	3,44	97
>200		349,51	349,64	0,13	0,84	98

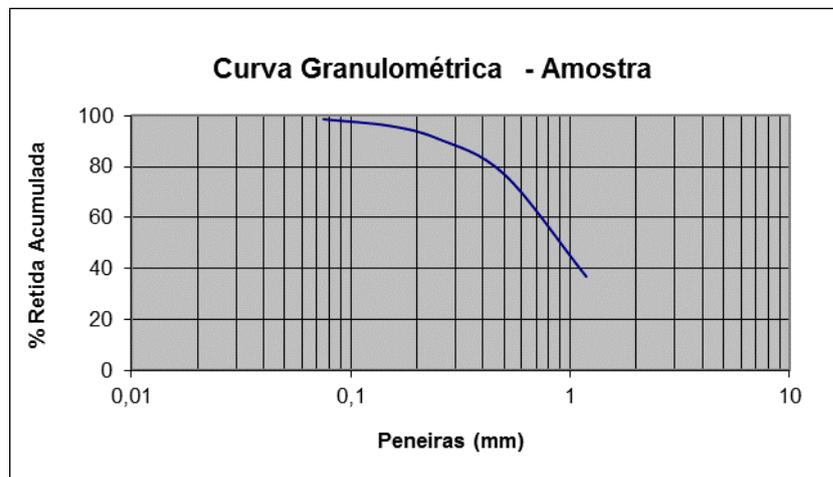


Capítulo 4 • Características, propriedades e fabricação dos tijolos cerâmicos do Sítio histórico de Santa Leopoldina

AMOSTRA: ED02-AM02

Granulometria do agregado após ataque ácido e remoção dos finos

PENEIRA N°	DIM. (mm)	PESO (g)	PENEIRA + AMOSTRA (g)	AMOSTRA (g)	% RETIDA	% RETIDA ACUMULADA
16	1,18	487,21	492,90	5,69	36,88	37
35	0,5	413,81	420,00	6,19	40,12	77
60	0,25	393,70	395,85	2,15	13,93	91
100	0,15	395,14	395,93	0,79	5,12	96
200	0,075	377,60	378,00	0,40	2,59	99
>200		349,49	349,56	0,07	0,45	99

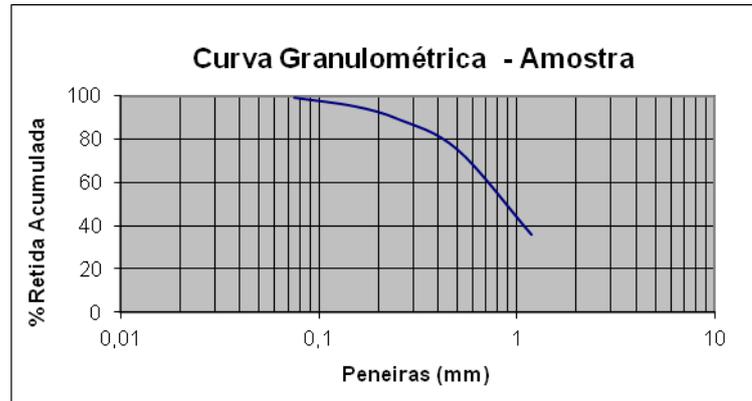


AMOSTRA: ED02-AM03

Granulometria do agregado após ataque ácido e remoção dos finos

PENEIRA N°	DIM. (mm)	PESO (g)	PENEIRA + AMOSTRA (g)	AMOSTRA (g)	% RETIDA	% RETIDA ACUMULADA
16	1,18	487,21	492,29	5,08	35,95	36
35	0,5	413,81	419,37	5,56	39,35	75
60	0,25	393,70	395,70	2,00	14,15	89
100	0,15	395,14	395,98	0,84	5,94	95
200	0,075	377,60	378,16	0,56	3,96	99
>200		349,49	349,62	0,13	0,92	100

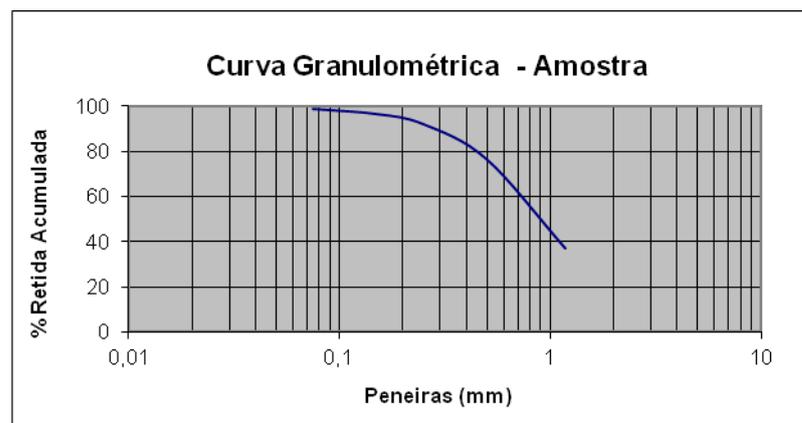
Capítulo 4 • Características, propriedades e fabricação dos tijolos cerâmicos do Sítio histórico de Santa Leopoldina



AMOSTRA: ED03-AM01

Granulometria do agregado após ataque ácido e remoção dos finos

PENEIRA N°	DIM. (mm)	PESO (g)	PENEIRA + AMOSTRA (g)	AMOSTRA (g)	% RETIDA	% RETIDA ACUMULADA
16	1,18	487,17	492,90	5,73	36,80	37
35	0,5	413,76	419,95	6,19	39,76	77
60	0,25	393,69	396,13	2,44	15,67	92
100	0,15	395,11	395,81	0,70	4,50	97
200	0,075	377,60	377,95	0,35	2,25	99
>200		349,48	349,53	0,05	0,32	99

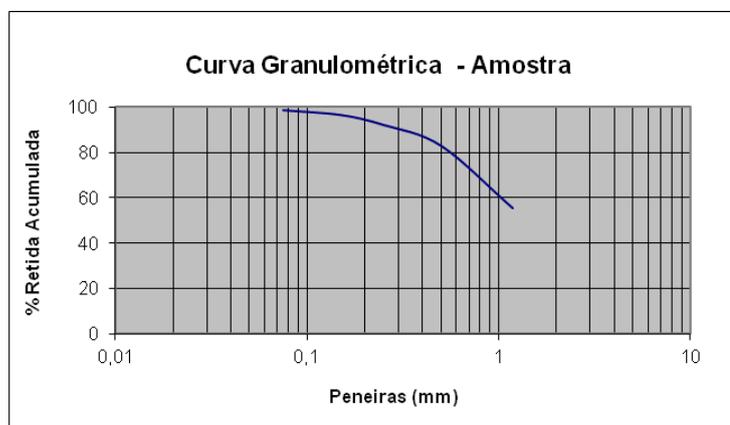


Capítulo 4 • Características, propriedades e fabricação dos tijolos cerâmicos do Sítio histórico de Santa Leopoldina

AMOSTRA: ED03-AM02

Granulometria do agregado após ataque ácido e remoção dos finos

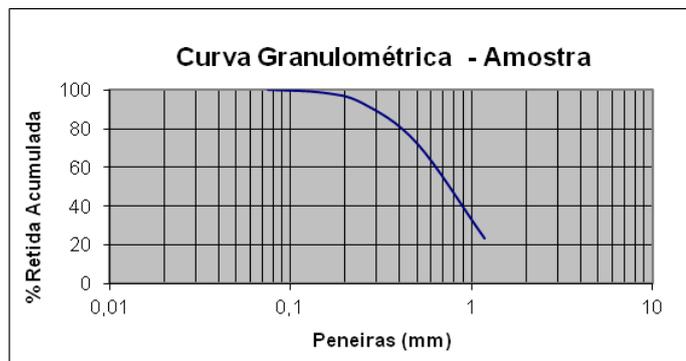
PENEIRA N°	DIM. (mm)	PESO (g)	PENEIRA + AMOSTRA (g)	AMOSTRA (g)	% RETIDA	% RETIDA ACUMULADA
16	1,18	487,19	494,88	7,69	55,20	55
35	0,5	413,76	417,62	3,86	27,71	83
60	0,25	393,69	394,99	1,30	9,33	92
100	0,15	395,11	395,72	0,61	4,38	97
200	0,075	377,60	377,90	0,30	2,15	99
>200		349,48	349,56	0,08	0,57	99



AMOSTRA: ED03-AM03

Granulometria do agregado após ataque ácido e remoção dos finos

PENEIRA N°	DIM. (mm)	PESO (g)	PENEIRA + AMOSTRA (g)	AMOSTRA (g)	% RETIDA	% RETIDA ACUMULADA
16	1,18	487,20	490,89	3,69	23,55	24
35	0,5	413,79	421,46	7,67	48,95	72
60	0,25	393,72	396,96	3,24	20,68	93
100	0,15	395,09	395,95	0,86	5,49	99
200	0,075	377,60	377,83	0,23	1,47	100
>200		349,46	349,50	0,04	0,26	100



Os resultados indicam não haver excesso de finos nas amostras, sendo a porcentagem de grãos menores do que 0,15mm: 5% para ED01-AM01; 5,5% para ED01-AM02; 7% para ED01-AM03; 7% para ED02-AM01, 4% para ED02-AM02, 5% para ED02-AM03 e, 3% para ED03-AM01, 3% para ED03-AM02 e 1% para ED03-AM03. A presença de mais de 10% de finos (argila e silte) diminui o potencial da cal como aglomerante, dificultando a aderência da cal com a areia (KANAN, 2008).

4.2.2. CARACTERIZAÇÃO MINERALÓGICA

Os possíveis compostos mineralógicos identificados em todas as amostras foram: mica, quartzo (SiO_2), feldspatos, hematita (Fe_2O_3), goethita (FeOOH), (gipso ($\text{Ca}(\text{SO}_4) \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), caulinita ($\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$) e palygorskita ($\text{Mg}_2\text{Al}_2\text{Si}_8\text{O}_{20}(\text{OH})_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$). As amostras foram agrupadas em três grupos de acordo com sua semelhança mineralógica.

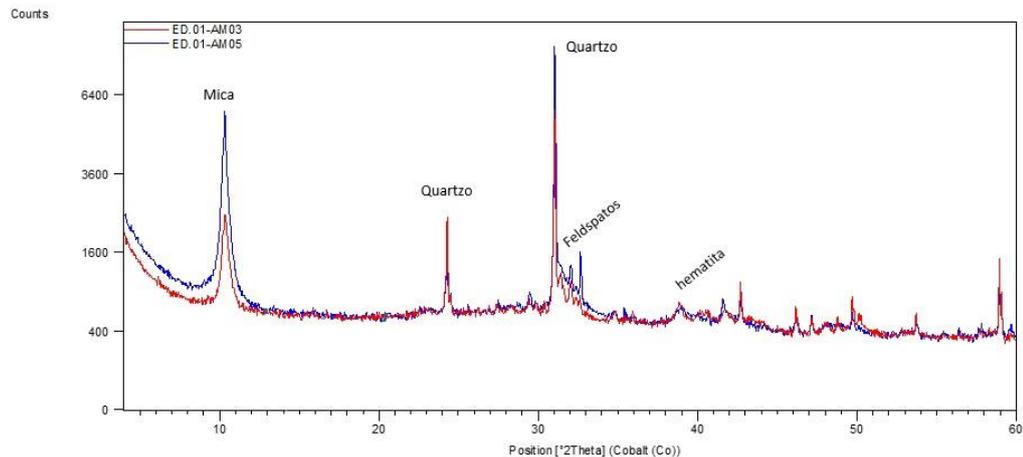
- Grupo 01

Neste grupo estão duas amostras da edificação 01 (AM03 e AM05), formadas principalmente por quartzo e mica. Em menor quantidade, possuem feldspatos e hematita. Como não há picos de caulinita e goethita, provavelmente a queima dos tijolos foi acima de 550°C , destruindo a estrutura da caulinita e da goethita. Quanto à presença de hematita, esta pode ser produto da transformação da goethita, já que o aquecimento em temperaturas entre 250 a 350°C transforma a goethita em hematita. Tanto a goethita quanto a hematita são minerais de óxido

Capítulo 4 • Características, propriedades e fabricação dos tijolos cerâmicos do Sítio histórico de Santa Leopoldina

de ferro, e podem ser responsáveis pela coloração avermelhada das amostras (SANTOS, 2012).

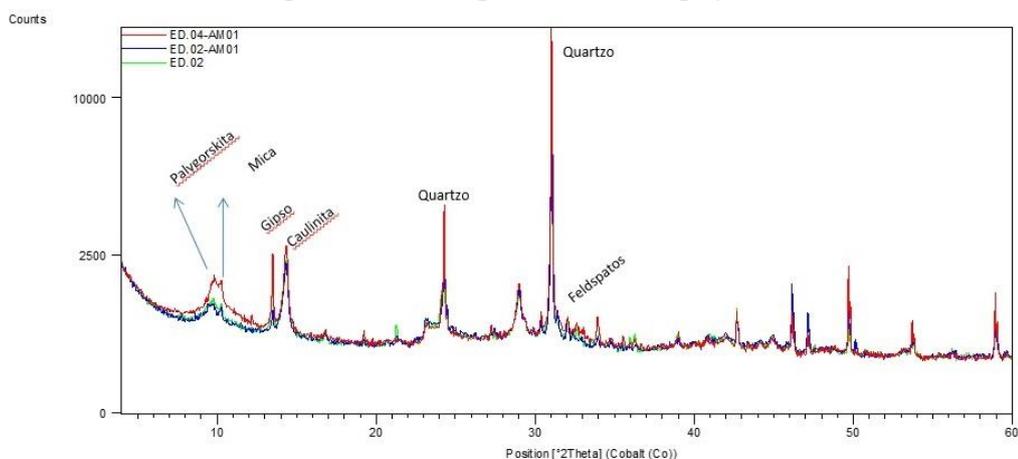
Figura 69 – Difratoograma amostras grupo 01. Fonte: Elaborado por ANGELICA, IG-UFGA



• Grupo 02

Neste grupo estão duas amostras, uma da edificação 02 (AM01) e outra da Igreja Matriz de Santa Leopoldina (AM01). A composição mineralógica aponta a presença de gipso e caulinita, indicando que as amostras não foram calcinadas, pois a presença de gipso revela que a queima não foi superior a 200°C, pois o gipso não resiste a temperaturas maiores que estas. As amostras também são constituídas de quartzo, mica, feldspato e palygorskita.

Figura 70 - Difratoograma amostras grupo 01.



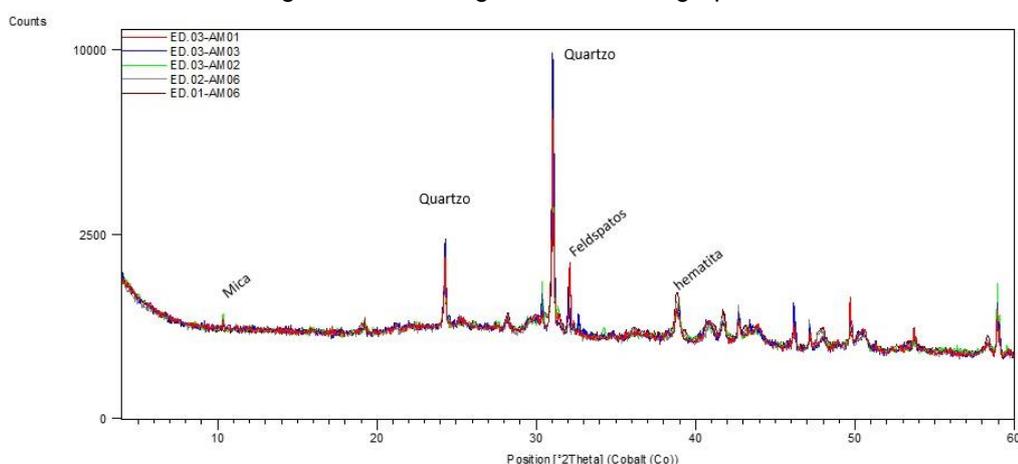
Fonte: Elaborado por ANGELICA, IG-UFGA ⁴⁶

⁴⁶ Prof. Dr. Rômulo Angélica, coordenador do Laboratório de Caracterização Mineral (Difratometria e Espectrometria de Fluorescência de Raios-X), da Universidade Federal do Pará.

- Grupo 03

As amostras desse grupo referem-se à edificação 01 (AM06), edificação 02 (AM06) e todas as amostras da edificação 03 (AM01, AM02 e AM03). A composição das amostras é bastante semelhante, com a presença de quartzos, feldspatos e, em menor quantidade, mica e hematita. A ausência de argilominerais indica que as amostras foram queimadas acima de 550°C.

Figura 71 - Difratoograma amostras grupo 01



Fonte: Elaborado por ANGELICA, IG-UFGA

Quanto aos minerais encontrados, convém ressaltar que os feldspatos são os minerais mais abundantes da crosta terrestre e, como explicado no segundo capítulo, os feldspatos originam-se de rochas ígneas, como granitos e pórfiros. São os minerais mais abundantes da crosta terrestre. Atualmente, o feldspato é acrescentado durante a fabricação de tijolos para diminuir a temperatura de fusão e melhorar a refratariedade da cerâmica (SANTOS, 2012). Contudo, acredita-se que nas amostras analisadas, a existência de feldspatos é oriunda da argila utilizada como matéria-prima para produção dos tijolos.

O quartzo é uma das formas cristalinas da sílica (SiO_2)⁴⁷ e, junto com a mica, é um dos componentes dos granitos. A mica é responsável pelas partículas de brilho dourado existente nas amostras (Figura 72) e pode ser constituição da

⁴⁷ Informações disponíveis em: <http://www.abceram.org.br/site/?area=4&submenu=47>; acesso 03 mar 2016.

Capítulo 4 • Características, propriedades e fabricação dos tijolos cerâmicos do Sítio histórico de Santa Leopoldina

própria argila, sendo improvável sua adição na pasta na hora da preparação. A goethita e a hematita são minerais de óxido de ferro.

Figura 72 – Amostra 01, edificação 03, bastante perceptível as partículas de brilho provenientes da mica.



Fonte: Autora

A caulinita, também descrita no segundo capítulo, é um dos grupos de argilominerais que se destacam pelo uso e importância na fabricação de produtos cerâmicos. Apesar de estar presente em todas as amostras analisadas, ela não é utilizada com tanta frequência na fabricação de tijolos cerâmicos, sendo mais frequente na produção de porcelanas, já que são argilas mais refratárias⁴⁸. Portanto, a caracterização mineralógica revelou que as amostras foram fabricadas com argila branca, e apresentam, provavelmente, alto teor de óxido de ferro, o que caracteriza sua cor vermelha.

As amostras também são constituídas de palygorskita, argilomineral fibroso, que pode ser usado como asbesto/amianto⁴⁹. Também foi verificada a presença de gesso, mineral composto basicamente por sulfato de cálcio hidratado, cuja

⁴⁸ Informações disponíveis em: <http://www.abceram.org.br/site/?area=4&submenu=47>; acesso 03 mar 2016.

⁴⁹ Abesto ou amianto são fibras que tem como propriedades a alta resistência mecânica, resistência à altas temperaturas e boa qualidade isolante. Informação disponível em (Associação brasileira dos Expostos ao amianto): <http://www.abrea.com.br/02amianto.htm>, acesso 03 mar 2016.

presença é comum nas argilas, sendo considerado uma impureza. O gispo presente também pode ser uma reação secundária do enxofre.

4.3 ANALÍSE HISTÓRICA

4.3.1. A ANTIGA COLÔNIA DE SANTA LEOPOLDINA

O estado do Espírito Santo é habitado trinta e cinco anos após a descoberta do Brasil, quando Vasco da Gama Coutinho se instala na base do morro da Penha, em Vila Velha, no ano de 1535 (ESPÍRITO SANTO, 2009). Contudo, três séculos irão se passar até a ocupação significativa do território espírito-santense. Dessa forma, o século XIX delimita o período de expansão e reconfiguração territorial do Estado, iniciando com a fundação, ainda nas primeiras décadas, do núcleo de São Pedro do Itapaboana, situado no município de Mimoso do Sul (ESPIRITO SANTO, 2009), no extremo sul do estado, fazendo fronteira com o Rio de Janeiro. No entanto, a ocupação do Espírito Santo é expandida, de fato, a partir da segunda metade do século XIX com a intensa imigração e a economia cafeeira, o que viria a desenvolver as regiões não costeiras (PEIXOTO, 2008).

Assim, com a expansão da produção cafeeira e o estabelecimento de novas frentes de plantação no Espírito Santo (PEIXOTO, 2008), surge no estado a demanda pela ocupação de terras até então obsoletas, para desenvolvimento da agricultura e integração com o mercado nacional (MEDEIROS, 1994). Dessa forma, o território capixaba foi habitado, para além do litoral, pelos imigrantes europeus não lusitanos, responsáveis pelo florescimento das cidades do interior. Foi neste cenário que chegaram os primeiros imigrantes europeus que vieram para o Espírito Santo: alemães em busca de uma vida melhor. Portanto, a ocupação do solo capixaba pelos imigrantes europeus se inicia com a fundação da Colônia de Santa Isabel, hoje cidade de Domingos Martins, em 1847, com a chegada de colonos alemães (SEIDE, 1980), no vale do Rio Jucu, região montanhosa.

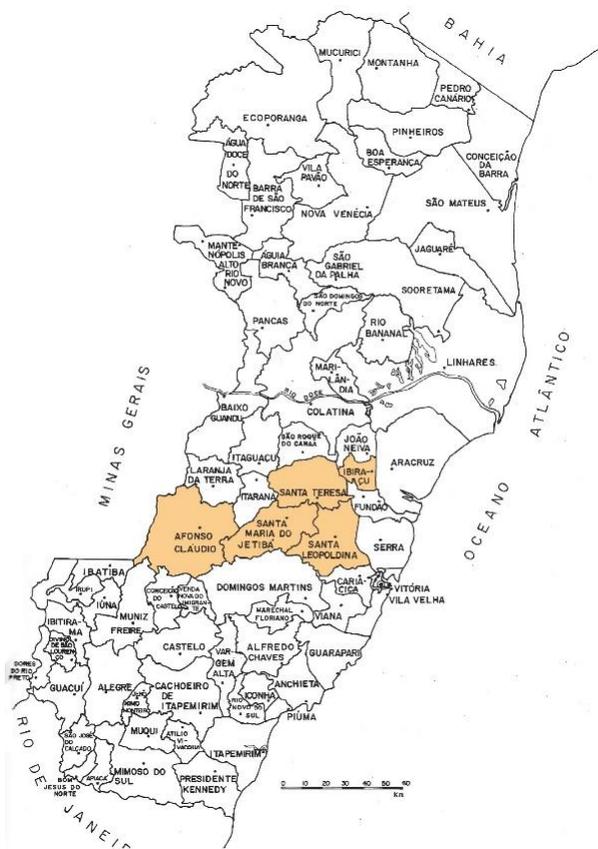
Medeiros (1994) também afirma o relativo sucesso obtido pela Colônia de Santa Isabel, fato este que estimula o governo imperial a ordenar a formação de novos

Capítulo 4 • Características, propriedades e fabricação dos tijolos cerâmicos do Sítio histórico de Santa Leopoldina

núcleos de imigrantes no Espírito Santo. Assim, cria-se a colônia de Rio Novo (inicialmente uma Colônia de particulares), em 1855, a partir da ocupação de Itapemirim, área litorânea no sul do estado e, logo em seguida, a Colônia de Santa Leopoldina, em 1856. Importante destacar, esses núcleos, com a ampliação da produção cafeeira, tornam-se os polos centrais da expansão territorial do Espírito Santo.

Nesse contexto, destaca-se a Colônia de Santa Leopoldina (Figura 73), primeiro núcleo da região centro-serrana, de onde efetivamente começa a miscigenação racial e a difusão da colonização para as demais regiões centrais do estado e norte capixaba (MEDEIROS, 1994). Martinuzzo (2009) inclusive enfatiza que a Colônia de Santa Leopoldina foi o destino de quase todos os imigrantes alemães que aportaram em Vitória, em 1857 e nos anos seguintes, tendo importante papel na implantação da nova política econômica do Espírito Santo.

Figura 73 - Território da antiga colônia de Santa Leopoldina dentro do Espírito Santo.



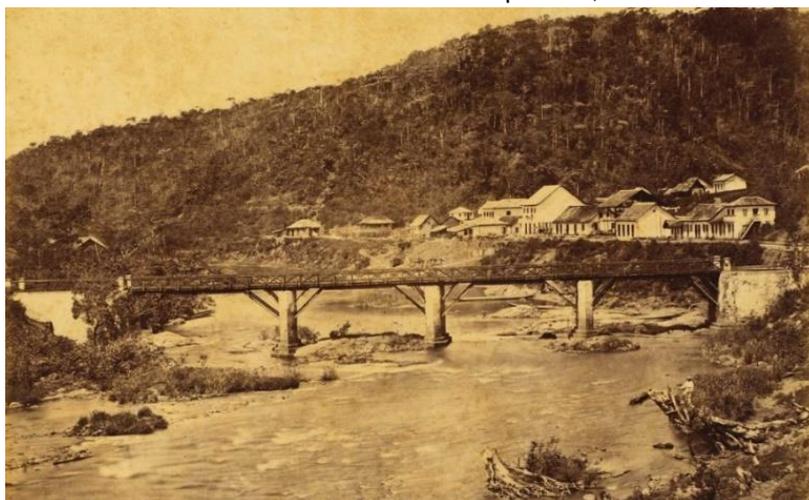
Fonte: Posenato, 1997, p. 13, modificado pela autora.

Capítulo 4 • Características, propriedades e fabricação dos tijolos cerâmicos do Sítio histórico de Santa Leopoldina

Santa Leopoldina é a primeira cidade da região centro-serrana do estado do Espírito Santo a ser fundada, recebendo inicialmente imigrantes da Suíça e em seguida colonos de diversas nacionalidades, entre eles prussianos, saxônios, hessienses, bandenses, holsacianos, nassauenses, e alemães de outras regiões (SCHWARZ, 1992). Posteriormente, em 1874, chegam ao estado, imigrantes italianos provenientes da região do Vêneto, somando 388 homens e mulheres, mais um padre e um médico (MEDEIROS, 1994). Uma parte desses imigrantes foi para Santa Leopoldina e a grande maioria foi para a área que viria a ser a cidade de Santa Teresa.

Dessa forma, somam-se aos colonos de Santa Leopoldina, inicialmente suíços e alemães, imigrantes italianos, seguidos de austríacos, poloneses e holandeses. Almeida (2009) também observa que no plano urbano-arquitetônico, ainda que o núcleo de Santa Leopoldina não seja o mais expressivo nem o mais representativo da ocupação alemã, no território brasileiro, a sede e alguns edifícios isolados em áreas rurais, possuem significativo acervo arquitetônico que representam a capacidade empreendedora dos imigrantes, e caracterizam o conjunto como elemento importante da expressão técnica e artística da arquitetura espírito-santense do século XIX.

Figura 74 - A Vila do Porto de Cachoeiro de Santa Leopoldina, entre os anos de 1869 e 1878.



Fonte: Biblioteca digital Iberoamericana. Disponível em:
<http://www.iberoamericadigital.net/BDPI/CompleteSearch.do?languageView=es&field=todos&text=santa+leopoldina&pageSize=1&pageNumber=35>, acesso 09 set 2015.

Capítulo 4 • Características, propriedades e fabricação dos tijolos cerâmicos do Sítio histórico de Santa Leopoldina

Ao longo dos anos seguintes, novos imigrantes chegam ao Espírito Santo, principalmente entre os anos de 1872 e 1873, data em que desembarcam em Vitória, 2.142 imigrantes de origem alemã, distribuídos entre as Colônias de Santa Leopoldina e de Santa Isabel (MEDEIROS, 1994). Os que foram para Santa Leopoldina, instalaram-se em regiões diversas, ainda que próximas, denominadas de acordo com a origem do grupo que lá se estabeleceu. Assim, originam-se as seguintes comunidades: Suíça, Tirol, Holanda, Holandinha e Luxemburgo (MEDEIROS, 1994). O núcleo urbano da colônia é então denominado Porto de Cachoeiro de Santa Leopoldina, e torna-se o mais importante entreposto comercial do Espírito Santo, pois se situa estrategicamente nas proximidades do ponto em que o rio Santa Maria se torna navegável até a baía de Vitória. Dessa forma, nas últimas décadas do século XIX e no início do século XX, o núcleo urbano é centro de armazenagem, comercialização e distribuição do café. Este era então transportado por tropeiros das áreas rurais da colônia até a vila, nas margens do rio Santa Maria da Vitória, onde era conduzido por canoieiros até a capital, Vitória (Figura 75).

Figura 75 - (a) O percurso do rio Santa Maria da Vitória dentro do Espírito Santo. (b) O rio Santa Maria da Vitória na cidade de Santa Leopoldina



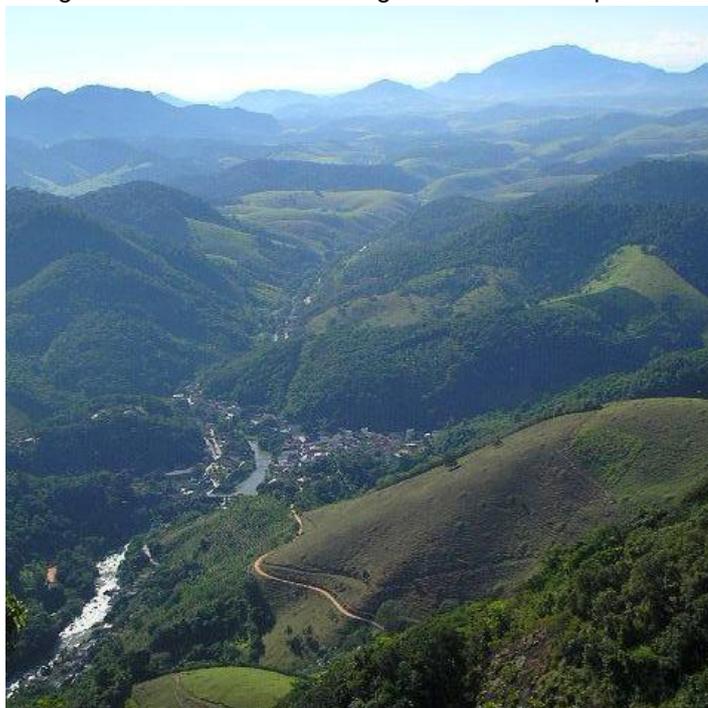
Fonte (a): Andrade, 2012. Fonte (b): Elaborado pela autora.

Com esse monopólio, Santa Leopoldina prospera com a economia cafeeira e com o monopólio de distribuição de mercadorias que circulam no Rio Santa Maria, tornando-se a maior potência econômica do Espírito Santo, inclusive realizando operações com o comércio exterior, especialmente com a Alemanha (FERRARI, 1968). Medeiros (1994) e Petrone (2004) também salientam que a Colônia de Santa Leopoldina alcançou uma importância comercial sem igual no estado e até

Capítulo 4 • Características, propriedades e fabricação dos tijolos cerâmicos do Sítio histórico de Santa Leopoldina

no país; tornando-se, inclusive, a terceira mais populosa sede de imigração do Brasil, depois de Blumenau e Dona Francisca, em Santa Catarina.

Figura 76 - Vista aérea da região de Santa Leopoldina.



Fonte: Acervo Laboratório Patrimônio & Desenvolvimento - UFES.

Na arquitetura urbana, os colonos alemães constroem uma arquitetura muito mais portuguesa do que germânica, prevalecendo o modo colonial de erguer cidades, com sobrados regulares e justapostos seguindo o alinhamento das vias (ESPÍRITO SANTO, 2009). Nota-se também, no segundo momento da ocupação, junto ao Porto de Cachoeiro, edificações predominantemente construídas em alvenaria estruturais com o uso de tijolos cerâmicos maciços. Nos sobrados, em muitos casos, são usadas alvenarias de pedra no térreo e tijolos maciços no segundo pavimento, conforme análise das Fichas Cadastrais de Bens Culturais Imóveis, realizadas pela Secretaria de Cultura do Estado (SECULT) em 2008⁵⁰.

⁵⁰ Acesso obtido através de visita ao Conselho Estadual de Cultura (CEC) em 03/03/14.

Capítulo 4 • Características, propriedades e fabricação dos tijolos cerâmicos do Sítio histórico de Santa Leopoldina

Figura 77 - Edificações remanescentes do auge econômico do núcleo urbano de Santa Leopoldina.



Fonte: Autora

4.3.2. A PRODUÇÃO DE TIJOLO CERÂMICO NO SÉCULO XIX E NAS PRIMEIRAS DÉCADAS DO SÉCULO XX EM SANTA LEOPOLDINA

Os tijolos cerâmicos estão presentes na estrutura das edificações da colônia desde o início do auge econômico do Porto de Cachoeiro de Santa Leopoldina, quando as edificações se consolidam na sede. Nesse contexto, considerando somente as edificações tombadas no núcleo urbano, verificam-se quinze imóveis, de um total de trinta e oito, que foram construídos com o uso de tijolos cerâmicos⁵¹ (Figura 78).

Figura 78 – Algumas das edificações históricas com trechos deteriorados revelando sistema construtivo em tijolo cerâmico, 2015



Fonte: Autora

⁵¹ Os demais imóveis tombados ou são todos de pedra, ou com alvenarias mistas de pedra e tijolos cerâmicos, conforme fichas cadastrais da Secretaria de Cultura (SECULT).

O número de edificações erguidas no Sítio histórico de Santa Leopoldina com tijolos cerâmicos é significativo, pois, até as últimas décadas do século XIX, o tijolo tratava-se de um material até então, pouco utilizado no Espírito Santo, se comparado com a pedra, que possuía larga utilização. Sobre as edificações em pedra, Ribeiro (2011, p. 130) observa que “em Vitória desde as primeiras perspectivas executadas pelos engenheiros militares ao final do século XVIII até as descrições dos viajantes do XIX” as construções eram erguidas com materiais mais duráveis, existindo muitos sobrados de pedra e cal, caiados e cobertos com telhas cerâmicas.

Considerando os reflexos da Revolução industrial no Brasil, sabe-se que a partir de 1850 ocorre um período de intensa importação de materiais de construção, resultado da Revolução industrial e da globalização que começara a ocorrer na arquitetura. Entretanto, no Espírito Santo essa não foi a realidade da capital e, tampouco das colônias que surgiram no interior do estado. Ribeiro (2011) destaca que no Espírito Santo a construção civil no século XIX ainda era fortemente marcada por uma mão de obra braçal assentada na instituição medieval das corporações de ofícios e apoiada em trabalho escravo e em uma economia agrária e de extração. Ribeiro (2011, p. 125) também observa que “essas características, que na província do Espírito Santo viam-se potencializadas pelo isolamento do território e pela pobreza dos recursos culturais, faziam com que as vilas e povoações no limiar do século não passassem de arremedos urbanos”.

Nesse contexto, em Vitória, Alves (2015, p. 57) destaca que “poucas foram as construções que puderam contar com o tijolo, que muitas vezes era trazido de fora da província”. Embora o tijolo não tenha sido utilizado em larga escala no século XIX, Alves (2015) também observa a demanda que existia para este material, cuja solicitação aparece algumas vezes no jornal Correio da Victória, como observado abaixo, em nota de 1854, publicada pelo Governo Municipal.

Quem quiser fornecer telhas, **tijolos**, cal de conxa, ladrilhos, e etc. para a obra da Fonte Grande d’esta cidade, dirija-se a casa do Sr. Capitão de engenheiro Dr. Lobo, na certeza de que será preferido o que mais vantagem no preço e qualidade do material oferecer (CORREIO DA VICTÓRIA, 04 de março de 1854, p.4, grifo nosso).

Capítulo 4 • Características, propriedades e fabricação dos tijolos cerâmicos do Sítio histórico de Santa Leopoldina

Sobre a existência de olarias, Ribeiro (2011, p. 128) enfatiza que na primeira metade do século XIX estas eram escassas em Vitória, destacando que telhas e tijolos eram importados, ao contrário da cal, cujo excedente era exportado.

Rubim, na sua Breve Estatística de 1817 relaciona uma olaria para fabricação de telhas em Viana. Coutinho, ao longo de todo seu trajeto, da Bahia até Linhares, viu uma única olaria em 1819. Vasconcellos relaciona apenas oito em toda a província, pertencentes a algumas fazendas e todas deficitárias de qualidade “e não passam por melhores, atribuindo-se antes a imperícia do fabrico, do que a má natureza do material”⁵². Ainda segundo as estatísticas apresentadas por este último autor - ao contrário da cal, que tinha seu excedente exportado - telhas e tijolos eram objetos de importação.

O panorama da produção cerâmica no Espírito Santo é modificado a partir de 1850, quando começam a surgir olarias e os tijolos passam a ter maior empregabilidade no estado. Segundo Ribeiro (2011):

Parece que a situação se altera um pouco na segunda metade do século, pois o Relatório de 1852 cita a Vila de Serra como sendo local de fabricação de material cerâmico de qualidade devido à excelência do barro. O Relatório de 1859 atribuíu ao Município de São Matheus duas olarias de tijolos e de telhas⁵³.

Considerando a chegada dos imigrantes europeus não lusitanos a partir de 1860, a situação altera-se também pois os imigrantes passam a participar da construção civil, incorporando outros materiais para além da pedra e do barro. Alves (2015) relata que em Vitória, “o imigrante italiano introduziu e difundiu novos materiais e técnicas no processo produtivo da construção, como o tijolo, o cimento, o ferro, as telhas importadas, entre outros”. Dessa maneira, convém observar que apesar do uso do tijolo não ter sido uma exclusividade dos italianos, este foi utilizado com muita frequência em Vitória por eles.

Ainda sobre a capital, na última década do século XIX, verifica-se anúncio em jornal demonstrando a comercialização do tijolo em 1894:

Tijollo – Na fábrica de tijolos estabelecida no sitio da Costa, de propriedade do capitão Almeida Nobre, vende da forma seguinte:

⁵² Francisco Alberto Rubim. Memórias para servir a história até o anno de 1817, e breve noticia statistica da Capitania do Espírito Santo, porção integrante do Reino do Brasil. Lisboa: Imprensa Nevesiana, 1840. (Vitória: Arquivo Público do Estado do Espírito Santo, 2003). p.21.

⁵³ Relatório do Presidente da Provincia do Espirito Santo o Bacharel Pedro Leão Velloso na abertura da Assembléa Legislativa Provincial no dia 25 de maio de 1859. Victoria: Typ. Capitaniense de Pedro Antonio d’Azeredo, 1859. Appenso M.

Capítulo 4 • Características, propriedades e fabricação dos tijolos cerâmicos do Sítio histórico de Santa Leopoldina

Postos na ponte na Vila do Espírito Santo – milheiro...70\$000
 Conduzidos do porto do mesmo sítio por conta do comprador
 60\$000. Tijolo é o que há de melhor. (COMMERCIO DO
 ESPÍRITO SANTO, 1894, p. 4)

Com o desenvolvimento de olarias em Vitória (Tabela 12), a partir de 1890 o tijolo adquire maior utilização (ALVES, 2015). Contudo, em nota publicada no jornal *Comércio do Espírito Santo*, em 1894, é possível perceber que o tijolo permanecia ainda como um material caro na época, utilizado inclusive como moeda de troca. A nota publicada anunciava uma recompensa para quem achasse uma canoa que havia desaparecido; o pagamento seriam 2 mil tijolos ou 50 sacos de cimento (ALVES, 2015, p. 95).

Tabela 12 – Olarias em Vitória, cadastradas entre 1894 e 1912. Fonte: Alves, 2015, p. 128.

Olarias	
Estabelecimento/Comerciante	Ano
Cia Brasileira Torrens	1894
Cia Brasileira Torrens	1896
Manoel C. Madeira	1912
Dr. Manoel Silvino Monjardim	1912
Cypriano Cabral	1912

Fonte: elaborado pelo autor a partir de PMV (1894-1912).

Considerando, portanto, que o tijolo era um material ainda caro e que começava a ter maior utilização na última década do século XIX em Vitória, capital do Estado, acredita-se na probabilidade de fabricação ainda no modelo não mecanizado no interior do Espírito Santo, utilizando processos rústicos e artesanais de produção.

Nesse contexto, quanto as novas colônias do Estado, Grosselli (2008) afirma que as comunidades de imigrantes que foram habitar as colônias de Porto de Cachoeiro de Santa Leopoldina, Rio Novo e Santa Isabel, possuíam conhecimento tecnológico superior aos colonos luso-brasileiros; fato este que também pode indicar a possibilidade de fabricação pelos colonos do próprio material de construção. De fato, não há na literatura atual qualquer afirmação sobre a entrada dos tijolos cerâmicos na colônia de Santa Leopoldina. E, sabe-se este material começa a ter maior empregabilidade na capital Vitória somente a partir das últimas décadas do século XIX, sendo ainda um material caro na última década do século XIX.

Capítulo 4 • Características, propriedades e fabricação dos tijolos cerâmicos do Sítio histórico de Santa Leopoldina

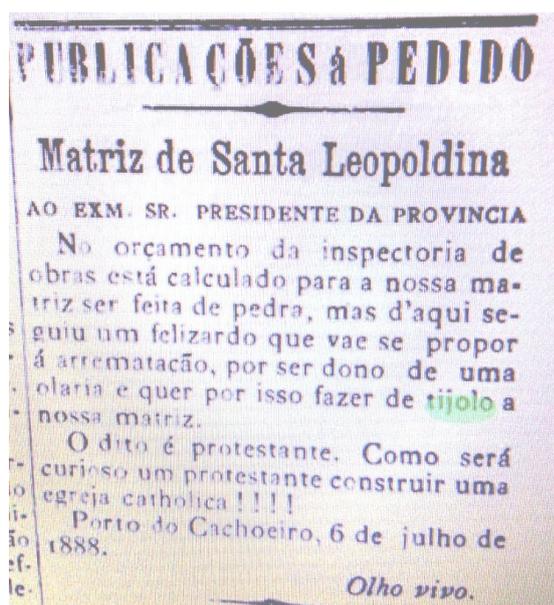
No campo historiográfico, corroborando a hipótese de produção local dos tijolos das edificações do Sítio histórico de Santa Leopoldina, de acordo com a literatura com o passar do tempo surgem na colônia fábricas de tijolos, tendo quatro fábricas em 1880, antes mesmo das olarias que se tem cadastro em Vitória, conforme evidencia Grosselli (2008):

Em 1876, contavam-se em Rio Novo 88 artesãos, e os colonos já haviam construído 22 máquinas para a transformação dos produtos agrícolas, e uma dezena de oficinas artesanais. No mesmo ano, **em Santa Leopoldina** havia 13 alfaiates, 12 serralheiros, 33 carpinteiros, 9 marceneiros, 14 pedreiros, 20 sapateiros (grifo nosso).

Alguns anos depois, em 1880, estes números haviam se elevado e contavam-se 16 alfaiates, 17 sapateiros, 39 pedreiros, 48 carpinteiros, 14 serralheiros, 2 pintores de parede, 20 marceneiros, 4 padeiros. Contavam-se na colônia 202 moinhos, 891 máquinas para a limpeza do café e outros, **4 fábricas de tijolos**, 12 padarias, 7 serralherias e uma serraria (grifo nosso).

Em nota no jornal Correio da Victoria, em 1888 (Figura 79), verifica-se a existência de uma olaria em Porto do Cachoeiro de Santa Leopoldina, cujo dono, forneceria os tijolos necessários para a construção da Igreja Matriz; que viria a ser construída, de fato, em 1903, utilizando como sistema construtivo uma alvenaria mista de pedra e tijolo cerâmico.

Figura 79 – Publicação encontrada no jornal Correio da Victoria.



Fonte: Jornal Correio da Victoria, 6 de julho de 1888.

Em relação à mão-de-obra, no livro de Francisco Schwarz (1992) “Famílias de Santa Leopoldina”, o autor descreve como oleiro um homem chamado Vitório Bolonha, descendente de italianos, residente na cidade de Santa Leopoldina por volta das primeiras duas décadas do século XX.

Já no século XX, a cidade tem outra olaria, pertencente ao imigrante italiano Cesare Gaiba, conforme relata a atual secretária de turismo de Santa Leopoldina, Rosângela Rauta, neta de Gaiba (informação verbal). Sobre esta informação, em entrevista com moradores mais antigos, estes confirmam a existência de uma olaria na atual Avenida Presidente Vargas, no terreno onde hoje funciona a APAE, cujo dono era um imigrante italiano. Ainda, segundo uma moradora de uma das edificações tombadas, quando esta adquiriu o imóvel em 1962, a olaria em questão ainda funcionava (informação verbal).

O resultado da análise tecnológica também fornece subsídios que apontam para a produção local dos tijolos cerâmicos de Santa Leopoldina. Dessa maneira, com relação ao elenco selecionado para amostragem, os tijolos possuem dimensões que variam entre si, possuindo entre 22 à 25cm de comprimento, 13 à 15cm de largura e 5 à 7 cm de espessura, revelando um padrão não muito preciso que pode ser reflexo de moldes artesanais.

Considerando a hipótese de fabricação local, os resultados da caracterização física também fornecem informações compatíveis. Assim, com relação a caracterização física, o ensaio de absorção total em água e o de massa unitária apontam como resultado tijolos porosos, com 37.29% e 1.37 g/cm³ de massa específica (média dos resultados). E o resultado dos ensaios de resistência mecânica também apontam diferenças significativas entre os tijolos do elenco selecionado, variando da categoria A à C na amostragem.

Convém reafirmar, os primeiros métodos mecanizados utilizados no Brasil, como o processo mecanizado de prensagem ou a extrusão da argila, resultavam em tijolos com medidas precisas, com menor porosidade e menor retração durante a queima (SANTOS, 2012). Contudo, cabe salientar, o alto índice de porosidade pode ser resultado da fragilidade dos tijolos, como a eflorescência salina, aumentando a porosidade acessível.

Portanto, com base na revisão de literatura, na pesquisa sobre a comercialização do tijolo no século XIX em Vitória, e, com as informações verificadas na inspeção visual e nos resultados obtidos nos ensaios laboratoriais, acredita-se que os tijolos de Santa Leopoldina foram fabricados na região, tendo sido moldados de forma não mecanizada, em um processo artesanal, cuja queima variava a intensidade conforme o lote e o construtor. É provável que os tijolos tenham sido queimados com técnicas diferentes, resultando em tijolos com padrões e qualidades distintas.

Com relação à etapa da queima do material, a difração de raios-x forneceu significativos resultados que possibilitam analisar o processo de fabricação da amostragem. No grupo 01, que se refere às amostras da edificação 01, a ausência de picos de caulinita indica que a temperatura atingiu mais de 550°C, pois a partir dessa temperatura a caulinita transforma-se em metacaulinita amorfa (SANTOS, 2012). A cor mais clara dos tijolos se deve, provavelmente, ao teor mais baixo de óxido de ferro. Em contrapartida, nas amostras do grupo 02, composto pela edificação 02 e a Igreja Matriz, a existência de caulinita pode indicar que a temperatura de queima não ultrapassou 550°. Ainda, como nesse grupo foi encontrado gipso, que não resiste a mais de 200°C, pode-se afirmar que as amostras não foram calcinadas. No grupo 03 estão amostras semelhantes às da edificação 01, 02 e 03, com queima superior a 550°C, com ausência de argilo-minerais.

Sobre a presença de caulinita, Santos (2012) destaca a possibilidade de uma amostragem intemperizada e com degradação biológica. Nesta situação, Santos (2012, p. 345) observa que os microorganismos existentes, sintetizadores de ácido sulfúrico, podem transformar a matéria cerâmica em caulinita.

Como acredita-se que os tijolos foram fabricados de forma artesanal, a qualidade da argila e o controle da temperatura provavelmente ocorriam de forma empírica (SANTOS, 2012). Santos (2012) também observa que os fornos artesanais

provavelmente não atingiam temperaturas muito elevadas no interior⁵⁴. Assim, possivelmente, os tijolos cerâmicos do Sítio histórico de Santa Leopoldina eram fabricados em pequenas olarias, com diferentes fabricantes.

Quanto à análise tátil-visual, a presença de fragmentos grandes de quartzo pode indicar que a argila não foi devidamente tratada antes da moldagem, como orientava Vitruvio ou Alberti. A literatura recomendava que a argila deveria ser trabalhada e limpa de quaisquer impurezas, pois estas influenciam no comportamento do material produzido. Dessa forma, a existência de quartzos pode contribuir para redução da resistência mecânica do tijolo cerâmico e possíveis danos ao material.

4.4 MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS

Com relação à análise realizada na inspeção visual, verifica-se que, nas fachadas, são encontradas fissuras, vidros quebrados (Figura 80), sujidades provenientes da poluição externa e manchas e bolhas causadas por umidade devido à capilaridade ascendente, com a formação de biofilmes em alguns trechos (Figura 81). Nos casos em que a umidade atinge estágio mais avançado, é possível identificar a expansão da camada pictórica e até o descolamento do reboco que reveste a superfície da alvenaria e maior intensidade de camadas de biofilme (Figura 82).

⁵⁴ Convém observar que nesse período no Brasil já existiam fornos que certamente alcançavam temperaturas suficientemente elevadas para queimar tijolos cerâmicos, ainda que a queima não fosse totalmente uniforme no interior do tijolo.

Figura 80 - Ortofoto fachada principal edificação 01.



Fonte: NOSSA, 2015, com participação da autora.

Figura 81 - Ortofoto edificação 02.



Fonte: NOSSA, 2015, com participação da autora.

Figura 82 – Ortofoto edificação 03



Fonte: NOSSA, 2015, com participação da autora.

Portanto, considera-se que os danos presentes nas fachadas das edificações analisadas, devido à sua intensidade, demonstram um ruim estado de conservação das alvenarias externas. Para registrar os danos nas fachadas foi elaborado mapeamento de danos em cima das ortofotos (NOSSA, 2015, com participação da autora) - Quadros 01, 02, 03.



FACHADA NORTE

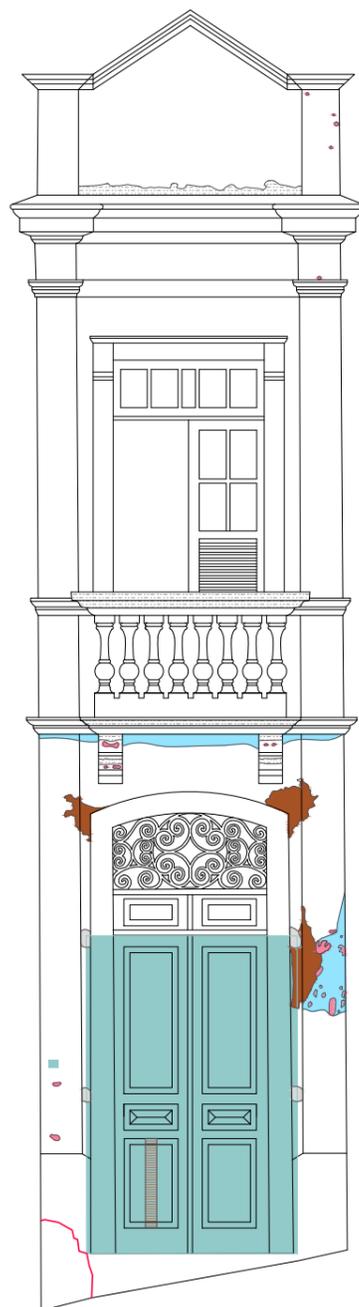
LEGENDA

- DESCOLAMENTO AO NÍVEL DA PINTURA
- DESCOLAMENTO AO NÍVEL DA ARGAMASSA
- DESCOLAMENTO AO NÍVEL DO BLOCO CERÂMICO
- DESCOLAMENTO AO NÍVEL DO CONCRETO
- DESAGREGAÇÃO DO REVESTIMENTO
- BIOFILME
- UMIDADE ASSOCIADA À MICROORGANISMOS
- SUJIDADE- POEIRA DO AR
- INTERVENÇÕES
- SUJIDADE - ACÚMULO DE TERRA
- VEGETAÇÃO
- FISSURAS E TRINCAS
- QUEBRA DE REVESTIMENTO CERÂMICO
- MANCHAMENTO DE PINTURA EM MADEIRA
- PERDA DE SUPERFÍCIE DA MADEIRA
- PERDA DE PINTURA EM MADEIRA
- VIDRO QUEBRADO

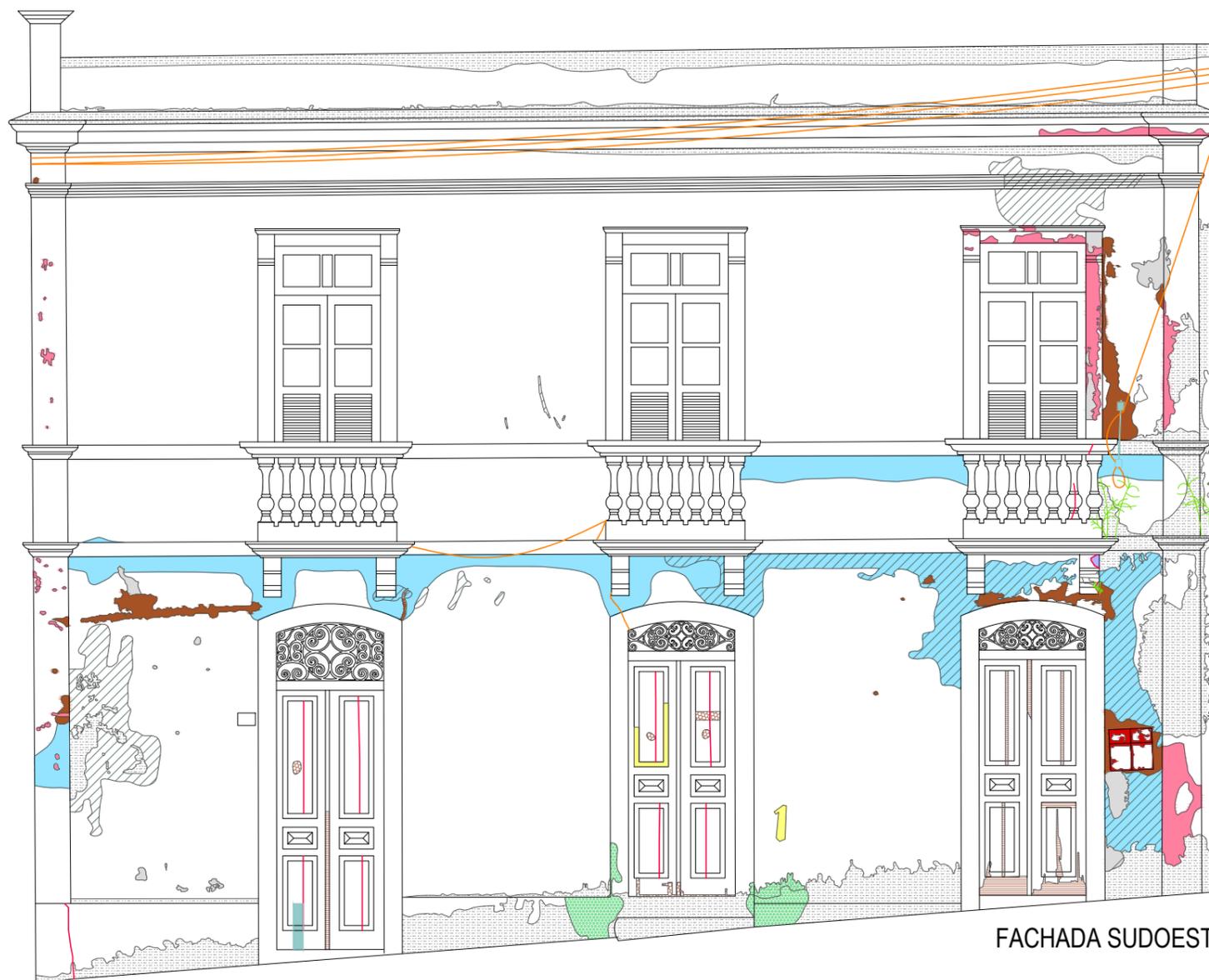
UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO

DEPARTAMENTO DE ARQUITETURA E URBANISMO

CONTEÚDO MAPEAMENTO DE DANOS VISÍVEIS - IMÓVEL À RUA DO COMÉRCIO, N. 59	
AUTORA DAMIANY FARINA NOSSA	ESCALA SEM ESCALA
ORIENTADORA RENATA HERMANNY DE ALMEIDA	DATA JULHO/2015
COORIENTADORA LUCIANA DA SILVA FLORENZANO	PRANCHA 01/04



FACHADA NOROESTE



FACHADA SUDOESTE

LEGENDA

- | | |
|---|---------------------------------------|
| ● DESCOLAMENTO AO NÍVEL DA PINTURA | ● PERDA DE SUPERFÍCIE DA MADEIRA |
| ● DESCOLAMENTO AO NÍVEL DA ARGAMASSA | ● PERDA DE PINTURA EM MADEIRA |
| ● DESCOLAMENTO AO NÍVEL DO BLOCO CERÂMICO | ● APODRECIMENTO DE MADEIRA |
| ● DESCOLAMENTO AO NÍVEL DO CONCRETO | ● VIDRO QUEBRADO |
| ● DESAGREGAÇÃO DO REVESTIMENTO | ● FERRUGEM |
| ● BIOFILME | ● UMIDADE ASSOCIADA À MICROORGANISMOS |
| ● MANCHAS ASSOCIADAS À UMIDADE | ● INTERVENÇÕES |
| ● FISSURAS E TRINCAS | ● VEGETAÇÃO |
| ● PICHAÇÕES E PINTURAS | ● PERDA / REMOÇÃO |
| ● CROSTAS NEGRAS | |

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO

DEPARTAMENTO DE ARQUITETURA E URBANISMO

CONTEÚDO
MAPEAMENTO DE DANOS VISÍVEIS - IMÓVEL À RUA DO COMÉRCIO, N. 03

AUTORA
DAMIANY FARINA NOSSA

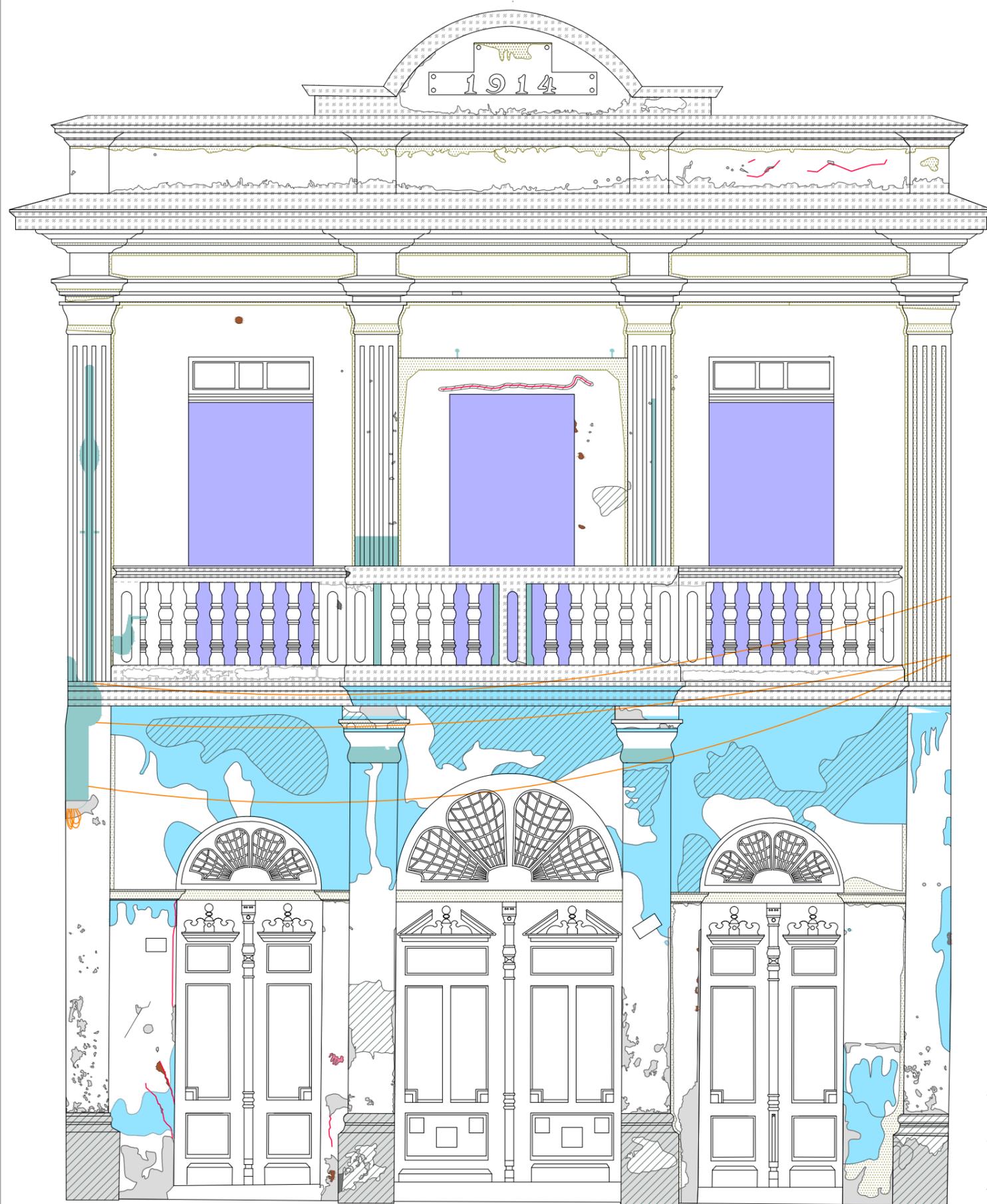
ESCALA
SEM ESCALA

ORIENTADORA
RENATA HERMANNY DE ALMEIDA

DATA
JULHO/2015

COORIENTADORA
LUCIANA DA SILVA FLORENZANO

PRANCHA
03/04



FACHADA NORTE

LEGENDA

- DESCOLAMENTO AO NÍVEL DA PINTURA
- DESCOLAMENTO AO NÍVEL DA ARGAMASSA
- DESCOLAMENTO AO NÍVEL DO BLOCO CERÂMICO
- DESCOLAMENTO AO NÍVEL DO CONCRETO
- ▨ DESAGREGAÇÃO DO REVESTIMENTO
- MANCHAS ASSOCIADAS À UMIDADE
- CROSTAS NEGRAS
- SUJIDADE - POEIRA
- INTERVENÇÕES
- FISSURAS E TRINCAS
- FIOS
- PERDA / REMOÇÃO

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO

DEPARTAMENTO DE ARQUITETURA E URBANISMO

CONTEÚDO		MAPEAMENTO DE DANOS VISÍVEIS - IMÓVEL À RUA DO COMÉRCIO, N. 63	
AUTORA	DAMIANY FARINA NOSSA	ESCALA	SEM ESCALA
ORIENTADORA	RENATA HERMANNY DE ALMEIDA	DATA	JULHO/2015
COORDINADORA	LUCIANA DA SILVA FLORENZANO	PRANCHA	04/04

Com relação ao espaço interno, onde é possível analisar alguns tijolos expostos, verifica-se que estes apresentam fissuras e descamação (Figura 83 e 84). A residência 01 também possui tijolos com pulverulência na fachada sudoeste (Figura 85).

Figura 83 – Tijolos da edificação 02 apresentando descamação e fissuras, 20/11/2015.



Fonte: Autora

Figura 84 - (a) trecho de alvenaria interna da edificação 02 apresentando descamação em nível elevado. (b) outro trecho da mesma alvenaria apresentando fissuras e descamação, também em nível elevado, 22/03/2026.



(a)

(b)

Fonte: Autora

Figura 85 – Tijolos da edificação 01 apresentando descamação, 20/05/2015.



Fonte: Autora

Observa-se também, com base no resultado do ensaio de determinação qualitativa de sais solúveis, a presença de sais em todas as edificações analisadas. Assim, na edificação 01, a partir dos reagentes, foi possível identificar nitrato em pequenas quantidades nas amostras AM6 e cloreto em altas quantidades nas amostras AM1, AM2, AM5 e AM6 (Tabela 13).

Tabela 13 - Resultado identificação qualitativa sais solúveis, edificação 01.

TESTES QUALITATIVOS DE SAIS SOLUVEIS - EDIFICAÇÃO 01				
AMOSTRAS	AM1	AM2	AM5	AM6
NITRATO	--	--	--	1+
CLORETO	3+	3+	2+	3+
SULFATO	--	--	--	--



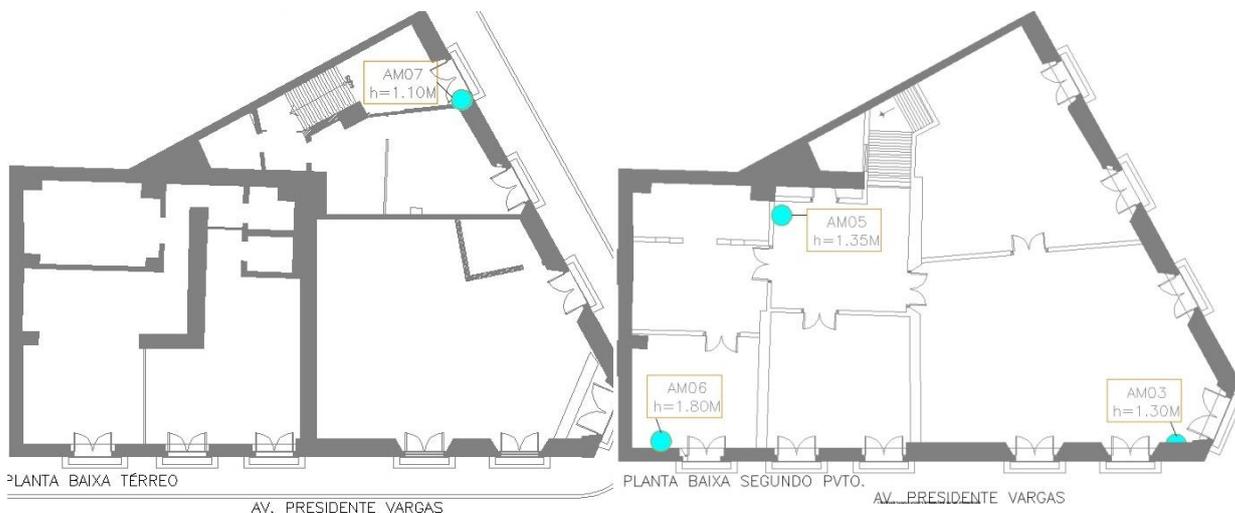
Fonte: Autora

Na edificação 02, foi identificado nitrato em pequenas e médias quantidades nas amostras AM5 e AM3, respectivamente. Na amostra AM6, verifica-se a presença

de pequena quantidade de sulfato. E, quanto a presença de cloreto, este é encontrado em pouca quantidade na amostra AM6, e alta quantidade nas amostras AM3, AM5 e AM7 (Tabela 14).

Tabela 14 - Resultado identificação qualitativa sais solúveis, edificação 02.

TESTES QUALITATIVOS DE SAIS SOLUVEIS - EDIFICAÇÃO. 02				
AMOSTRAS	AM3	AM5	AM6	AM7
NITRATO	2+	1+	--	--
CLORETO	3+	3+	1+	3+
SULFATO	--	--	1+	--



Fonte: Autora

Na edificação 03, a análise identifica a presença de nitrato em quantidades elevadas nas amostras AM3 e AM6. Não há presença de sulfato, e cloreto é verificado em todas as amostras, variando a intensidade, menor na amostra AM1, médio na amostra AM5 e alto nas amostras AM3 e AM6 (Tabela 15).

Tabela 15 - Resultado identificação qualitativa sais solúveis, edificação 03.

TESTES QUALITATIVOS DE SAIS SOLUVEIS - EDIFICAÇÃO 03				
AMOSTRAS	AM1	AM3	AM5	AM6
NITRATO	--	3+	--	3+
CLORETO	1+	3+	2+	3+
SULFATO	--	--	--	--



Fonte: Autora

De acordo com Henriques (2007), a existência de nitritos e nitratos nos materiais, que constituem as alvenarias, em quantidades significativas, é um forte indicativo de que a umidade é proveniente do terreno. Contudo, acredita-se que o nitrato não seja proveniente do terreno, pois estes são encontrados nos pavimentos superiores das edificações 02 e 03, o que seria muito alto para a capilaridade ascendente. Cabe salientar, nitratos também indicam a presença de decomposição de matéria orgânica (dejetos orgânicos) e podem ter entrado nas amostras por meio de dejetos de animais ou até mesmo por contaminação de materiais utilizados durante a construção da residência.

Os sulfatos frequentemente indicam a presença de gesso ou cimento na amostra e podem ter diversas origens, como a presença de argamassas de cimento, capilaridade ascendente ou contaminação durante a fabricação do material cerâmico. A presença de sulfato só foi encontrada na amostra AM6 na edificação 02. Sobre a presença de sulfato, cabe observar que sua origem pode estar também associada ao enxofre, especialmente quando consideramos a

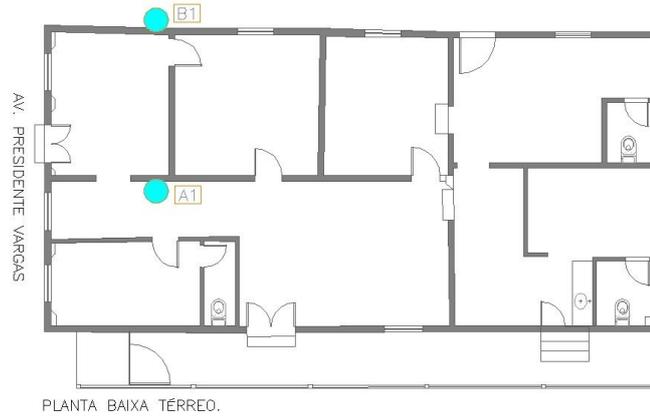
proximidade com o rio Santa Maria. Outra possibilidade a se considerar é a poluição, com a presença de SO_2 na atmosfera.

Verifica-se a presença de cloreto em todas as amostras analisadas. A existência de cloreto está relacionada ao aerosol salino e, portanto, à proximidade em relação ao mar. Contudo, a presença de cloretos em grandes quantidades em todas as amostras também pode ser oriunda da contaminação pela água do terreno, ou ter entrado na superfície dos tijolos ou da argamassa ainda durante a construção da residência. Outro fator a ser destacado refere-se ao processo de limpeza utilizado nas edificações históricas de Santa Leopoldina, especialmente após as inundações. Vale destacar a probabilidade de ter sido utilizada água sanitária durante a limpeza, cuja composição é basicamente hipoclorito de cálcio ($\text{Ca}(\text{ClO})_2$).

Portanto, a presença de cloreto em todas as amostras analisadas pode ser oriunda do processo de fabricação dos tijolos ou – hipótese bastante provável - em decorrência da incidência de materiais compostos de cloro para limpeza dos imóveis, tendo em vista a identificação em altas quantidades nos pavimentos superiores das edificações 02 e 03 (o que inviabiliza o acesso por capilaridade ascendente). Outra observação importante a ser destacada é que para análises futuras deve-se pesquisar a composição química do lençol freático e do Rio Santa Maria. Ainda, quando tratamos da origem dos sais em uma edificação, deve-se levar em consideração agentes de biodeterioração, já que algumas bactérias, especialmente quando há vegetação, conduzem a formação de sais.

Com relação ao teor de umidade, foram obtidos os seguintes resultados (Figura 86, 87, 86, 88, 89, 90, 91):

Figura 86 - Localização paredes analisadas ensaio umidade, edificação 01



Fonte: Autora

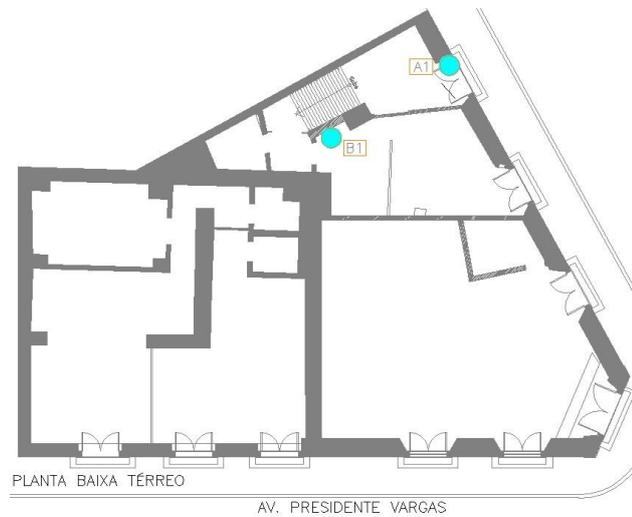
Figura 87 - Resultado umidade encontrada amostras edificação 01

TEOR DE UMIDADE: PAREDE INTERNA			
AMOSTRA	A1	A2	A3
ALTURA DA AMOSTRA	0,50m	1,00m	1,50m
% UMIDADE	2,09	1,58	0,81

TEOR DE UMIDADE: PAREDE FACHADA SUDESTE			
AMOSTRA	B1	B2	B3
ALTURA DA AMOSTRA	0,50m	1,00m	1,50m
% UMIDADE	3,14	2,27	3,65

Fonte: Autora

Figura 88 - Localização paredes analisadas ensaio umidade, edificação 02



Fonte: Autora

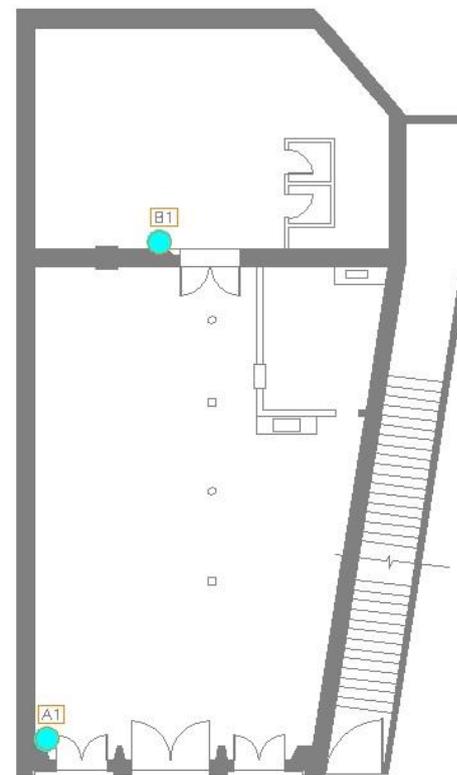
Figura 89 - Resultado umidade encontrada amostras edificação 02

TEOR DE UMIDADE: PAREDE EXTERNA			
AMOSTRA	A1	A2	A3
ALTURA DA AMOSTRA	0,50m	1,00m	1,50m
% UMIDADE	2,3138	0,67	0,62

TEOR DE UMIDADE: PAREDE INTERNA			
AMOSTRA	B1	A5	A6
ALTURA DA AMOSTRA	0,50m	1,00m	1,50m
% UMIDADE	18,8	0,27	7,03

Fonte: Autora

Figura 90 - Localização paredes analisadas ensaio umidade, edificação 03.



PLANTA BAIXA TÉRREO.

AV. PREFEITO HÉLIO ROCHA

Fonte: Autora

Figura 91 - Resultado umidade encontrada amostras edificação 03

TEOR DE UMIDADE: PAREDE INTERNA			
AMOSTRA	A1	A2	A3
ALTURA DA AMOSTRA	0,50m	1,00m	1,50m
% UMIDADE	3,54	1,92	2,88
TEOR DE UMIDADE: PAREDE EXTERNA			
AMOSTRA	B1	A5	A6
ALTURA DA AMOSTRA	0,50m	1,00m	1,50m
% UMIDADE	2,17	1,69	2,06

Fonte: Autora

Os resultados indicam que todas as amostras da edificação 01 estão com umidade considerada controlada. Contudo, na alvenaria interna, verifica-se uma fraca capilaridade ascendente, enquanto na alvenaria da fachada tem-se capilaridade ascendente nas amostras retiradas a 0.50m e 1m do solo (B1, B2, B4, B5, B7, B8), e aumento do teor de umidade na zona de 1,50m. Tal resultado indica que a água de chuva está incidindo sobre a alvenaria. A água de chuva (umidade de precipitação), quando associada com o vento, pode provocar a penetração de água para o interior das alvenarias.

Em relação às amostras coletadas na edificação 02, verifica-se fraca capilaridade ascendente na amostra A1, mantendo o limite tolerável. Contudo, a amostra B1, retirada da alvenaria interna, apresenta alto teor de umidade na amostra coletada a 50cm de altura (18.80%). A mesma parede, no mesmo alinhamento, na altura de 1m não apresenta umidade (0,27%) e na altura de 1.5m volta a apresentar um valor mais alto (7,03%). Estes resultados podem refletir fraca capilaridade ascendente e infiltração pelos níveis superiores da alvenaria, ou ainda ser originada devido a alguma causa fortuita.

Na edificação 03, verifica-se um padrão similar em todas as amostras analisadas, com valores de A1 e B1, coletados a 50cm do chão – 3,54% e 2,17%, diminuindo em 1m para 1,92% 1,69% e aumentando em 1.50 para 2,88% e 2,06%, respectivamente.

Capítulo 5

- CONSERVAÇÃO E RESTAURAÇÃO DE TIJOLOS CERÂMICOS EM ALVENARIAS HISTÓRICAS: CONTRIBUIÇÃO PARA PRESERVAÇÃO DE SÍTIOS HISTÓRICOS EM ÁREAS SUJEITAS A INUNDAÇÃO

5 CONSERVAÇÃO E RESTAURAÇÃO DE TIJOLOS CERÂMICOS EM ALVENARIAS HISTÓRICAS: CONTRIBUIÇÃO PARA PRESERVAÇÃO DE SÍTIOS HISTÓRICOS EM ÁREAS SUJEITAS A INUNDAÇÃO

5.1 A PROBLEMÁTICA DA PRESERVAÇÃO DO PATRIMÔNIO ARQUITETÔNICO EM ÁREAS DE INUNDAÇÃO

A redução dos efeitos gerados por mudanças climáticas globais é um dos grandes desafios do século XXI. Em esfera global, a discussão toma força no cenário do desenvolvimento sustentável como projeto âncora deste século. Em meio a esse contexto, as alterações climáticas alargam-se gradativamente e registram-se eventos meteorológicos extremos, em espaços de tempo cada vez mais curtos; embora inexistam demonstrações da correlação das mudanças climáticas com os eventos desta natureza. Ademais, a ocorrência desses eventos demonstra grande poder de destruição nas cidades e a fragilidade de medidas de contenção, prevenção e enfrentamento do homem a estes processos de degradação.

De forma geral, verifica-se aumento global no número de desastres naturais a partir da década de 1970 (TOMINAGA, 2009). No Brasil, Tominaga (2009) observa que os principais eventos relacionados a desastres naturais se relacionam à dinâmica externa da Terra, como inundações e enchentes, escorregamentos de solos e/ou rochas e tempestades. A ocorrência desses fenômenos está associada a precipitações pluviométricas intensas e prolongadas, especialmente na época chuvosa do inverno na região nordeste, e do verão nas regiões sul e sudeste (TOMINAGA, 2009). No Brasil, ocorrem muitos eventos extremos no último século, com maior presença de secas e chuvas torrenciais. Marengo et al (2009, p. 6) discorrem sobre esta frequência, observando que:

Projeções para o clima no futuro indicam mais umidade e mais processos dinâmicos ocorrendo na atmosfera, de modo que ventos extremos, assim como outros fenômenos, podem ocorrer com maior frequência e intensidade.

Tominaga (2009) destaca que, de acordo com dados do EM-DAT (*The International disaster database*)⁵⁵, o Brasil está na lista dos países mais atingidos por inundações e enchentes, ocupando o 10º lugar em número de vítimas de

⁵⁵ Disponível em: <http://www.emdat.be/>, acesso 20 fev 2016.

Capítulo 5 • Conservação e restauração de tijolos cerâmicos em alvenarias históricas: contribuição para preservação de sítios históricos em áreas sujeitas a inundação

desastres (considerando somente os desastres hidrológicos como as enchentes e inundações). Dentro do Brasil, nas últimas décadas, as cidades mais atingidas por esses desastres naturais estão localizadas nos estados de São Paulo, Rio de Janeiro, Minas Gerais, Espírito Santo, Santa Catarina, Paraná, Bahia, Pernambuco, Alagoas, Sergipe, Paraíba e Ceará (TOMINAGA, 2009).

Amaral e Ribeiro (2009, p. 41) salientam que as inundações e enchentes “são problemas geoambientais derivados de fenômenos de caráter hidrometeorológico ou hidrológico, ou seja, aqueles de natureza atmosférica, hidrológica ou oceanográfica”. Sabe-se que as inundações estão relacionadas com as precipitações, cuja intensidade e distribuição influenciam diretamente na dimensão do desastre ocorrido. Contudo, vale salientar também outros fatores importantes, como o grau de saturação do solo e as características morfométricas e morfológicas da bacia de drenagem (AMARAL E RIBEIRO, 2009). De maneira semelhante, Tampone (2000) destaca a relação entre o aumento da frequência de enchentes e inundações e o aumento de temperatura na atmosfera, a redução da permeabilidade do solo, a construção de aterros rodoviários e ferroviários, a instalação de rede de esgoto e assentamentos humanos, entre outros eventos de transformação do território.

Infelizmente, nos últimos anos, verifica-se o aumento da frequência de inundações no Brasil, especialmente nas regiões sul e sudeste, acometidas por diversos desastres naturais. Em muitas dessas regiões, as inundações culminaram em deslizamentos de terra e desabamento das casas, gerando mortes e desabrigados.

Nesse cenário, inicialmente, convém refletir sobre os últimos desastres naturais ocorridos em território brasileiro, dos quais, são citados somente alguns casos ocorridos nos últimos cinco anos, com objetivo de salientar a gravidade da situação. Nesse sentido, vale lembrar as inundações e os deslizamentos de terra que, em janeiro de 2011, atingem várias cidades no Rio de Janeiro (Figura 92). No ano seguinte, 2012, estados como Acre, Amazonas e Pará também são impactados por inundações, e subsequente situação de emergência em muitos municípios.

Capítulo 5 • Conservação e restauração de tijolos cerâmicos em alvenarias históricas: contribuição para preservação de sítios históricos em áreas sujeitas a inundação

Figura 92 – Enchente Rio de Janeiro, 2011.



Fonte: Foto José Patrício, 15-01-11. Disponível em: http://blogs.estadao.com.br/olhar-sobre-o-mundo/catastrofe-no-rio-de-janeiro/?doing_wp_cron=1458345601.8984119892120361328125, acesso 19 mar 2016.

Em dezembro de 2013, os estados de Minas Gerais e Espírito Santo são acometidos por chuvas intensas que culminam no transbordamento de rios, com inundações e deslizamentos de terra (Figura 93).

Figura 93 – Bairro Darly Santos, em Vila Velha, Espírito Santo.



Fonte: Foto Alex Gouvea. Disponível em: <http://noticias.terra.com.br/brasil/cidades/chuva-no-es-ja-e-a-maior-desde-que-comecaram-as-medicoes,3f78ea9f84523410VgnCLD2000000dc6eb0aRCRD.html>, acesso 19 mar 2016.

Em junho de 2014, Paraná e Santa Catarina são os estados mais atingidos na região Sul, com várias cidades em estado de emergência, muitos desabrigados e mais de dez mortes confirmadas (Figura 94).

Capítulo 5 • Conservação e restauração de tijolos cerâmicos em alvenarias históricas: contribuição para preservação de sítios históricos em áreas sujeitas a inundação

Figura 94 - Guarapuava – Paraná.



Fonte: Disponível em:

<http://www.defesacivil.pr.gov.br/modules/galeria/detalhe.php?foto=4549&evento=639#menu-galeria>, acesso 19 mar 2016.

Em 2015, o estado da Bahia é acometido por chuvas intensas que culminam em deslizamentos de terra em Salvador e inundações em outras cidades, como Santo Amaro, no Recôncavo baiano. Com as chuvas intensas, o rio Subaé, que estrutura a ocupação urbana da cidade, transborda e atinge ruas e edificações (Figura 95).

Figura 95 – Cidade de Subaé, na Bahia, inundação em 2015.



Fonte: Disponível em: <http://g1.globo.com/bahia/noticia/2015/04/apos-enchente-nivel-da-agua-comeca-voltar-ao-normal-em-santo-amaro.html>, acesso 19 mar 2016.

No Rio Grande do Sul, em 2015, quarenta cidades são inundadas, das quais doze decretam situação de emergência. Na fronteira Oeste, a chuva eleva o nível do rio Quaraí em quinze metros acima do normal, ocasionando inundação da cidade de mesmo nome - Quaraí (Figura 96).

Capítulo 5 • Conservação e restauração de tijolos cerâmicos em alvenarias históricas: contribuição para preservação de sítios históricos em áreas sujeitas a inundação

Figura 96 – Situação em Quaraí, Rio Grande do Sul, dezembro 2015.



Fonte: Disponível em: <http://brasil.estadao.com.br/noticias/geral,enchente-deixa-6-5-mil-pessoas-fora-de-casa-no-rs,10000005681>, acesso 19 mar 2016.

Logo em seguida, em janeiro de 2016, o excesso de chuvas transborda o rio Verde, no Mato Grosso do Sul, desabando casas e desalojando famílias. Na mesma época, as chuvas elevam o nível do Rio Paraná, em Icaraíma, no noroeste do estado, interditando o acesso ao distrito de Porto Camargo. No norte do Paraná, algumas cidades ficam sem abastecimento de água pois a inundação atinge as estações de tratamento.

No mesmo período, na região do vale do Ribeira, no sul do estado de São Paulo, o rio Ribeira do Iguape transborda e inunda a região. Em março de 2016, mais chuvas e enchentes atingem São Paulo, totalizando diversas cidades. Segundo a Defesa Civil do estado, 25 mortes são confirmadas no período (Figura 97).

Figura 97 – Área urbana de Eldorado – São Paulo



Fonte: Disponível em: <http://www.tribuna.com.br/noticias/noticias-detalle/cidades/chuva-deixa-familias-desabrigadas-em-cinco-municipios-do-vale-do-ribeira/?cHash=593fdaee0388c46a94ef5c27ebd3e9f0>, acesso 19 mar 2016.

Capítulo 5 • Conservação e restauração de tijolos cerâmicos em alvenarias históricas: contribuição para preservação de sítios históricos em áreas sujeitas a inundação

Em relação ao patrimônio arquitetônico brasileiro, o problema também é bastante preocupante, pois, é necessário enfatizar, muitas cidades históricas são estabelecidas nas margens de rios. Se, como analisado, nos últimos anos cinco anos, ocorrem diversas inundações em diferentes regiões do Brasil; convém observar que, dentre as cidades atingidas, verificam-se cidades históricas, cujos remanescentes arquitetônicos, produtos da técnica, história e estética, transmitidos por gerações precedentes; são amplamente afetados por esta problemática. Notoriamente, construções antigas são mais afetadas em desastres naturais, tendo em vista que, em muitos casos, as estruturas edificadas já estão fragilizadas. Em alguns edifícios tombados, inclusive, paredes são arruinadas, destruindo por completo o patrimônio material.

Entre as regiões inseridas nesta preexistência crítica para a durabilidade, destaca-se a cidade de Goiás Velho, localizada no estado de Goiás, e cortada pela bacia hidrográfica do Rio Vermelho, onde o núcleo urbano se situa, implantada às suas margens. O rio caracteriza-se por alagamentos periódicos, com registros de eventos meteorológicos extremos desde o século XVIII (VEIGA et al, 2012). O núcleo urbano possui acervo arquitetônico caracterizado pela representatividade da arquitetura do início do século XVIII, tombado como Patrimônio Mundial da Humanidade pela Unesco, em 2001. No final deste mesmo ano, este patrimônio arquitetônico é parcialmente destruído com uma inundação que atinge a cidade e devasta muitos dos edifícios remanescentes do século XVIII (Figura 98).

Figura 98 – Elevação do nível do rio perceptível através da casa da poeta Cora Coralina.



Fonte: Disponível em: <http://noticias.r7.com/cidades/noticias/goias-velho-esta-em-alerta-por-cao-da-chuva-20120104.html>, acesso 19 mar 2016.

Capítulo 5 • Conservação e restauração de tijolos cerâmicos em alvenarias históricas: contribuição para preservação de sítios históricos em áreas sujeitas a inundação

Infelizmente, no Brasil, outras edificações históricas situadas em sítios urbanos, nas margens de rios, são completamente destruídas com a ocorrência de inundações, como São Luiz do Paraitinga, situada no Vale do Paraíba, no estado de São Paulo; acometida por uma grave inundação em 2010. Fundada em 1769, a cidade situa-se nas proximidades do rio São Luiz do Paraitinga, rota do café e ouro mineiro. O Centro histórico é um dos remanescentes da história do estado de São Paulo, com 90 imóveis tombados pelo Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional (IPHAN). No início do ano de 2010, a ocorrência eventos meteorológicos extremos, com altos índices de precipitação levam a cidade a um quadro caótico. A inundação eleva o nível do rio em aproximadamente 12 metros, cobrindo extensas áreas da cidade e devastando a configuração urbana de São Luiz do Paraitinga. O Centro histórico sofre o impacto desta enchente, perdendo por completo várias edificações históricas, inclusive a Igreja Matriz São Luiz de Tolosa, erguida no século XVIII (Figura 99).

Figura 99 – (a) Imagem do Centro Histórico antes da enchente, com a Igreja Matriz. (b) Imagem do Centro histórico depois da enchente, onde ocorreu o desmoronamento da Igreja Matriz.



Fonte: Disponível em: <http://blogs.estadao.com.br/olhar-sobre-o-mundo/sao-luis-do-paraitinga-passado-e-presente/>, acesso 20 mar 2016.

Neste cenário, já a alguns anos, verifica-se o envolvimento da comunidade internacional, englobando diferentes esferas de conhecimento e atuação, direcionado ao desenvolvimento de debates acerca dos impactos das mudanças climáticas na conservação do patrimônio, em particular para discutir os desastres naturais em áreas de interesse a preservação com o objetivo da conservação do patrimônio cultural. No contexto europeu, Gurrieri e Tampone (2000) salientam a

Capítulo 5 • Conservação e restauração de tijolos cerâmicos em alvenarias históricas: contribuição para preservação de sítios históricos em áreas sujeitas a inundação

urgência do problema, destacando a importância de uma visão alargada, com a comparação dos eventos mais frequentes, a classificação dos danos e mecanismos relacionados, incluindo as condições específicas que afetam as características dos danos.

Portanto, frente a esse contexto e, ainda, considerando que, de forma geral, cada vez mais se adquire mais consciência dos problemas envolvidos na reabilitação do patrimônio cultural danificado, na Europa, desde as últimas décadas do século XX, verificam-se programas, inventários e iniciativas educacionais voltadas ao patrimônio cultural em áreas de risco (GURRIERI E TAMPONE, 2000).

Assim, em 1972, mesmo ano da instituição do conceito de patrimônio mundial, é criado o Comitê do Patrimônio Mundial, com a responsabilidade de, para além da identificação do patrimônio na lista mundial, “zelar pelo mesmo em conjunto com o Estado onde ele se encontrasse; decidir aqueles que estivessem em perigo e determinar as condições e os meios apropriados para que um Estado pudesse aceder ao Fundo do Patrimônio Mundial” (ZANIRATO, 2008)⁵⁶.

Contudo, muito ainda deve ser debatido, estudado e analisado, para minimizar as atuais perdas do patrimônio arquitetônico em meio ao panorama descrito. Gurrieri e Tampone (2000) destacam a importância, durante a fase de levantamento arquitetônico, da determinação da probabilidade estatística de eventos meteorológicos extremos, estudando a predisposição a alguns danos, esgotando, dessa forma, métodos de conservação para a edificação histórica. Da mesma maneira, vale salientar a importância da manutenção realizada corretamente, sem recorrer a procedimentos com substituição gradual de pequenas partes com alteração substancial do conjunto monumental (GURRIERI E TAMPONE, 2000).

⁵⁶ Ficou estabelecido que o Comitê faria, atualizaria e divulgaria a “Lista do Patrimônio Mundial em Perigo”, na qual constariam os bens cuja salvaguarda exigiria a intervenções da UNESCO. As razões para a perda de um bem foram pensadas em decorrência de fatores como a degradação acelerada, desenvolvimento urbano e turístico acelerados, destruição em função de mudanças de uso, alterações profundas por causas desconhecidas, abandono por qualquer motivo, conflito armado já iniciado ou latente, calamidades ou cataclismas, incêndios, terremotos, deslizamentos de terra, erupções vulcânicas, modificação do nível das águas, inundações e maremotos. Finalmente, ficou aclarado que o Comitê é quem definiria os critérios para que um bem fosse inscrito ou na Lista do Patrimônio Mundial ou na Lista do Patrimônio Mundial em Perigo (CONVENÇÃO, 1972).

Capítulo 5 • Conservação e restauração de tijolos cerâmicos em alvenarias históricas: contribuição para preservação de sítios históricos em áreas sujeitas a inundação

Quando lidamos com monumentos arquitetônicos, convém destacar que sua sobrevivência está diretamente ligada às suas propriedades intrínsecas de resistência e durabilidade, aos seus materiais e suas técnicas construtivas. Contudo, da mesma maneira, a longevidade das edificações também depende das características do lugar e dos impactos do ambiente sobre o edifício, pois estes influenciam diretamente nos danos que a edificação poderá vir a ter (GURIERRI E TAMPONE, 2000). Portanto, as estratégias de reabilitação devem englobar além do domínio sobre os materiais construtivos e métodos de intervenção, o conhecimento do meio ambiente em que está inserido o monumento.

Gurrieri e Tampone (2000) também observam que um edifício bem conservado apresenta maior resistência quando atingido por eventos meteorológicos extremos. Os autores destacam a necessidade de uma abordagem interdisciplinar, envolvendo a análise do comportamento e acompanhamento dos rios, aterros e bacias; mapeamento das áreas sujeitas a inundações, com registro e características geológicas da região; classificação das prioridades (com base no grau de vulnerabilidade e inundações na área); registros dos sinais de eventos meteorológicos, efeitos e manifestações patológicas desenvolvidas e avaliação apropriada dos impactos a curto e longo prazo para, em seguida, planejar as diretrizes para conservação e a restauração.

5.2 PARÂMETROS CLIMÁTICOS SOBRE A REGIÃO DE SANTA LEOPOLDINA

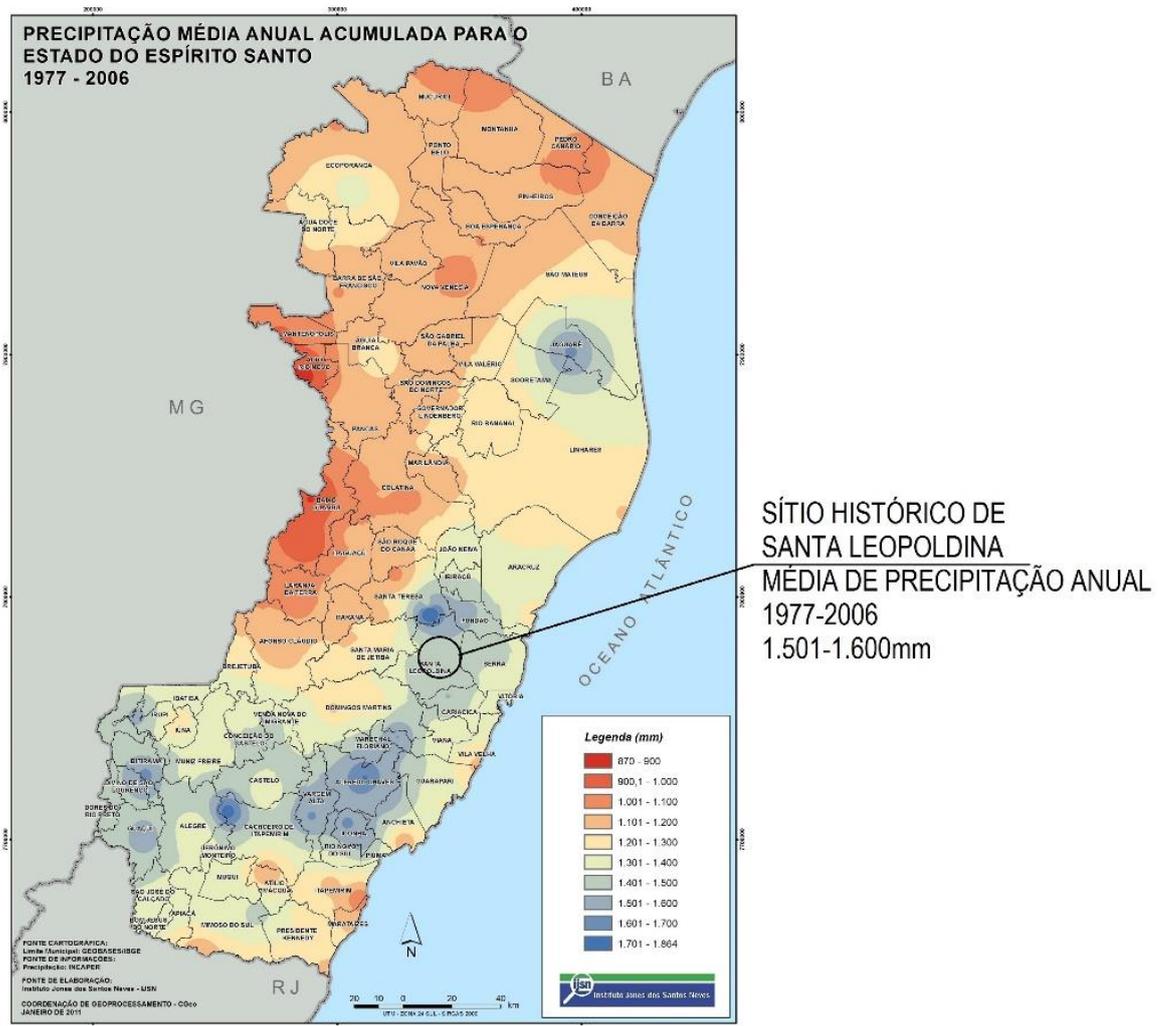
O estado do Espírito Santo é cortado por doze bacias hidrográficas⁵⁷. O Sítio histórico de Santa Leopoldina é banhado pela Bacia hidrográfica do Rio Santa Maria da Vitória, um dos grandes mananciais do Espírito Santo, que, somado ao Rio Jucu, é responsável pelo abastecimento de água da Grande Vitória.

⁵⁷ Informação obtida no site do Instituto Estadual de Meio ambiente e Recursos hídricos (IEMA). Disponível em: http://www.meioambiente.es.gov.br/download/MAPA_Bacias_Hidrograficas_ES.pdf, acesso 24 mar 2016.

Capítulo 5 • Conservação e restauração de tijolos cerâmicos em alvenarias históricas: contribuição para preservação de sítios históricos em áreas sujeitas a inundação

O Espírito Santo registra grandes enchentes nos últimos cem anos, em diversos núcleos urbanos e atingindo várias cidades, situadas ao longo destas bacias⁵⁸. Em relação ao Sítio histórico de Santa Leopoldina, a situação é agravante, pois este situa-se em uma região com índices pluviométricos de médio a alto (Figura 100), já tendo sido acometida por diversas inundações do Rio Santa Maria da Vitória.

Figura 100 – Mapa Precipitação média anual acumulada para o Estado do Espírito Santo.



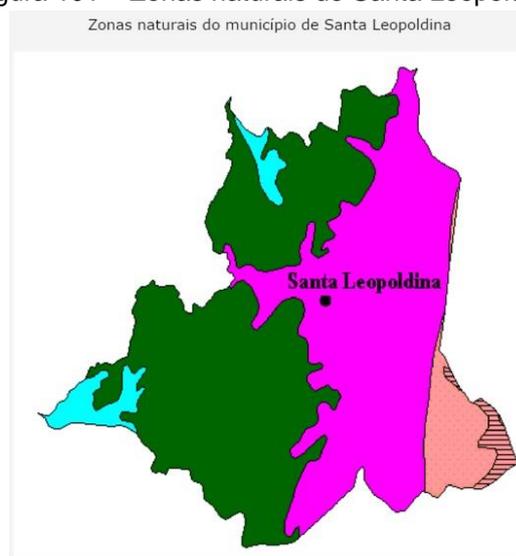
Com relação às informações climáticas, o núcleo urbano de Santa Leopoldina localiza-se na região de “terras quentes, acidentadas e chuvosas”, segundo classificação do Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão

⁵⁸ Disponível em: <http://www.santaleopoldina.es.gov.br/VerCuriosidade.aspx?no=17>, acesso 25 mar 2016.

Capítulo 5 • Conservação e restauração de tijolos cerâmicos em alvenarias históricas: contribuição para preservação de sítios históricos em áreas sujeitas a inundação

Rural (Incaper), registrando temperatura mínima no mês mais frio de 11,0 – 18°C e temperatura máxima no mês mais quente de 30,7 a 34°C, conforme dados coletados até o ano de 1999, disponíveis no site do instituto (Figura 101 e tabela 16).

Figura 101 – Zonas naturais de Santa Leopoldina.



Fonte: Incaper.

Tabela 16 – Características das zonas de Santa Leopoldina.

Algumas características das zonas do município de Santa Leopoldina

Zonas naturais			Área (%)
Zona 1		Terras frias, acidentadas e chuvosas	4,0
Zona 2		Terras de temperaturas amenas, acidentadas e chuvosas	47,0
Zona 4		Terras quentes, acidentadas e chuvosas	41,5
Zona 5		Terras quentes acidentadas e transição chuvosa/seca	5,9
Zona 8		Terras quentes, planas e transição chuvosa/seca	1,6

ZONAS	Temperatura		Relevo Declividade	Meses secos ¹	Água											
	Média mín. mês mais frio (°C)	Média máx. mês mais quente (°C)			Meses chuvosos/secos e secos ¹											
					J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Zona 1 à Terras frias, acidentadas e chuvosas	7,3–9,4	25,3–27,8	> 8%	3,0	U	U	U	U	P	P	P	S	P	U	U	U
Zona 2 à Terras de temperaturas amenas acidentadas e chuvosas	9,4–11,8	27,8–30,7	> 8%	2,5 3,0	U	P	U	U	U	P	P	P	P	U	U	U
Zona 4 à Terras quentes, acidentadas e chuvosas	11,8–18,0	30,7–34,0	> 8%	2,5	U	P	U	U	U	P	P	P	P	U	U	U
Zona 5 à Terras quentes acidentadas e transição chuvosa/seca	11,8–18,0	30,7–34,0	> 8%	4,5	U	P	P	P	P	P	P	S	P	U	U	U
Zona 8 à Terras quentes, planas e transição chuvosa/seca	11,8–18,0	30,7–34,0	> 8%	4,5	U	P	P	P	P	P	P	S	P	U	U	U

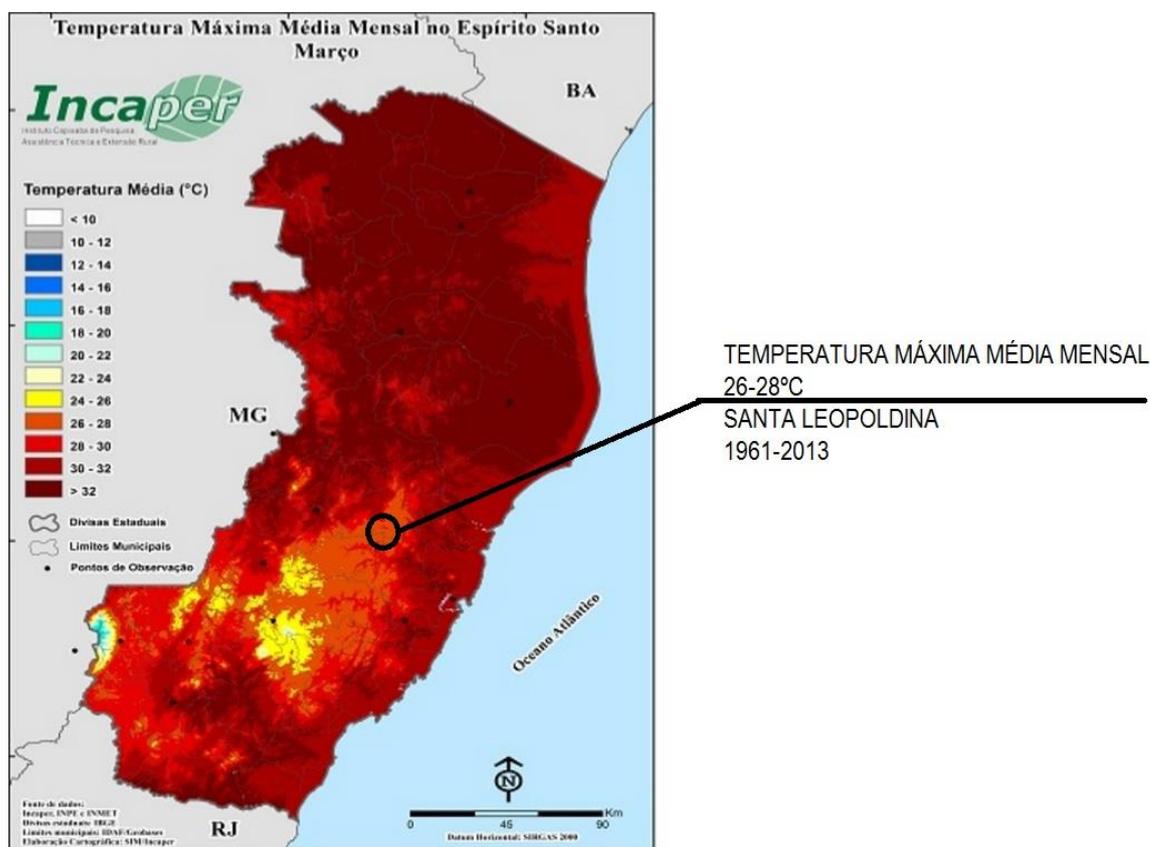
Fonte: Mapa de Unidades Naturais EMCAPA/NEPUT, 1999
Cada 2 meses parcialmente secos são contados como um mês seco
U – chuvoso; S – seco; P- parcialmente seco

Fonte: Incaper

Ainda sobre a temperatura, de acordo com o Incaper, a temperatura máxima média mensal (entre os anos de 1961 a 2013) foi de 26-28°C (Figura 102).

Capítulo 5 • Conservação e restauração de tijolos cerâmicos em alvenarias históricas: contribuição para preservação de sítios históricos em áreas sujeitas a inundação

Figura 102 – Temperatura máxima média mensal em Santa Leopoldina, entre 1961 e 2013



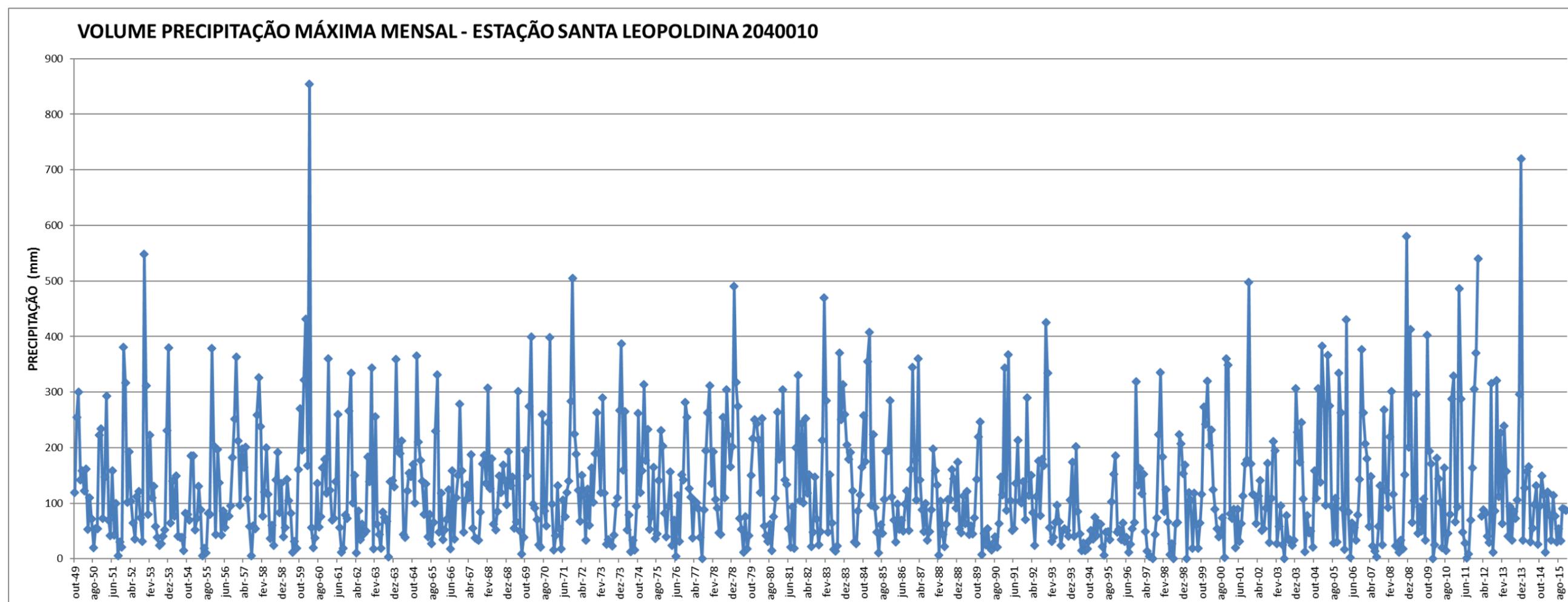
Fonte: Incaper – adaptado pela autora.

Com base nos dados obtidos pela Agência Nacional das Águas (ANA), verifica-se o volume de precipitação máxima mensal, a partir de 1949, ano de instalação da estação em Santa Leopoldina (Gráfico 01). A estação pluviométrica da ANA está localizada nas proximidades do núcleo urbano.

O Gráfico 01 demonstra que os picos de precipitação máxima mensal foram em outubro de 1959 e dezembro de 2013. Contudo, destaca-se que a média mensal não reflete os valores absolutos diários; podendo incidir sobre a região grande volume de precipitação em poucos dias, permanecendo sem novas ocorrências durante vários dias.

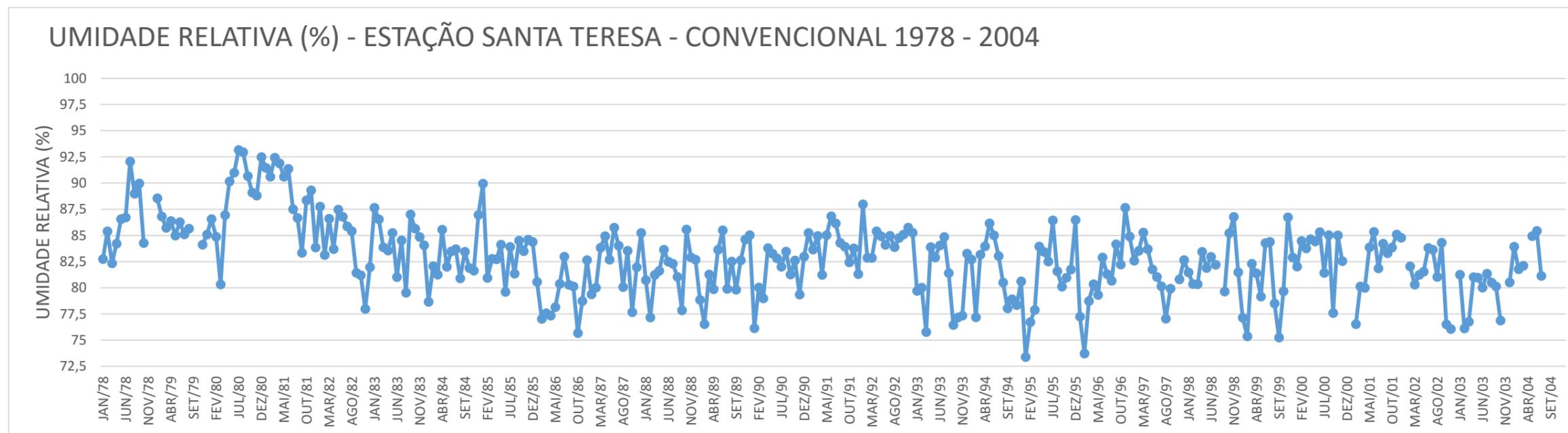
Cabe ressaltar, em Santa Leopoldina não há estação de monitoramento climático que meça a umidade relativa do ar. Portanto, para análise da umidade relativa, foram utilizados os dados fornecidos pelo Incaper, da estação localizada em Santa Teresa, estação existente mais próxima do Sítio histórico de Santa Leopoldina (Figura 103). Sobre a estação de Santa Teresa, vale destacar que os

Gráfico 1 – Volume precipitação Máxima Mensal – Estação Santa Leopoldina 2040010.



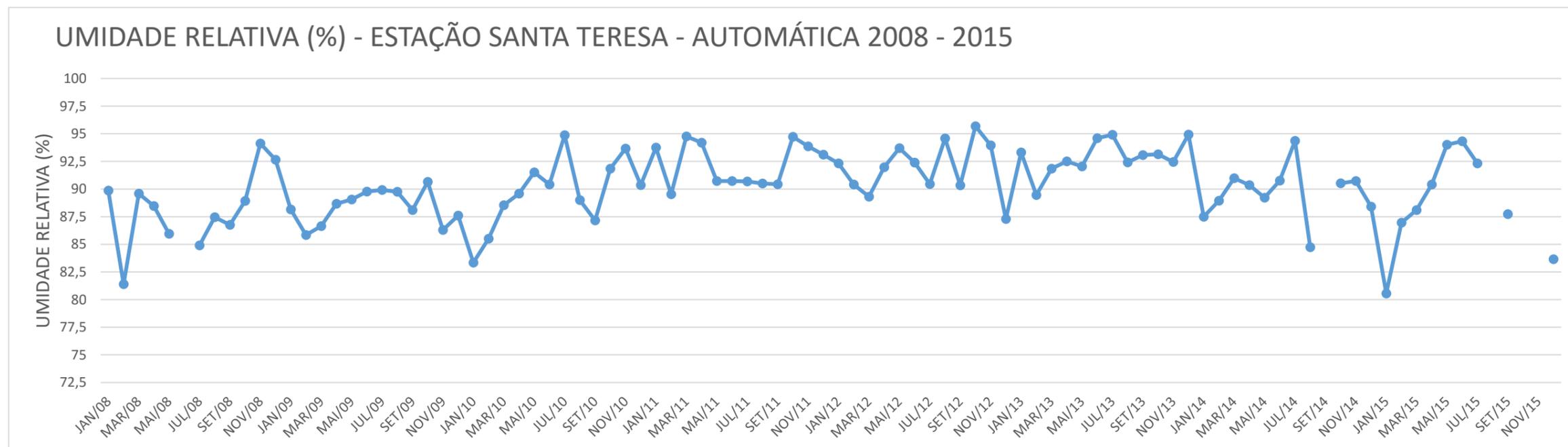
Fonte: Elaborado pela autora com base nos dados da ANA.

Gráfico 2 – Umidade relativa (%) – Resumo Média Mensal Estação Convencional– Estação Santa Teresa.



Fonte: Elaborado pela autora com base nos dados do Incaper.

Gráfico 3 – Umidade relativa (%) – Resumo Média Mensal Estação Automática– Estação Santa Teresa.



Fonte: Elaborado pela autora com base nos dados do Incaper.

Capítulo 5 • Conservação e restauração de tijolos cerâmicos em alvenarias históricas: contribuição para preservação de sítios históricos em áreas sujeitas a inundação

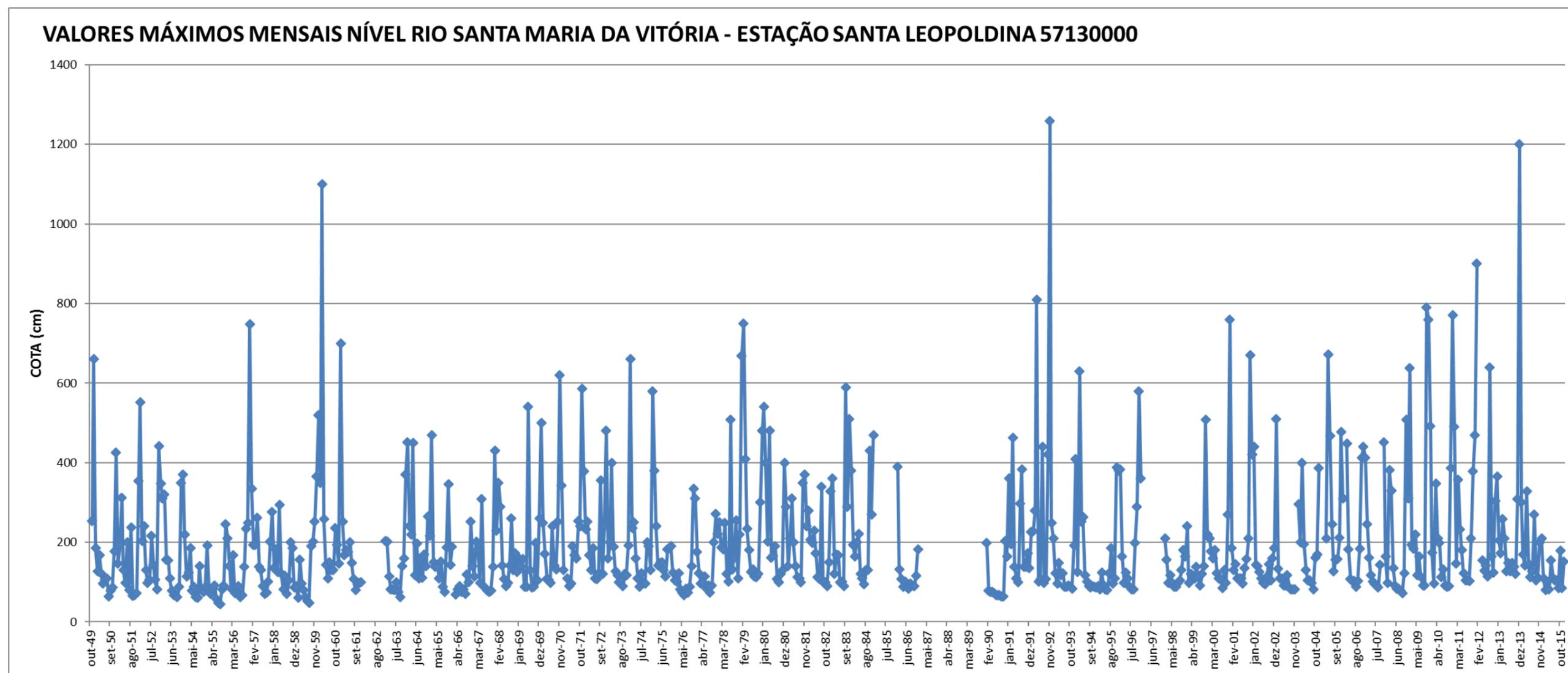
dezembro de 2015. Para tanto, elabora-se um gráfico demonstrando os picos máximos dos níveis e o mês e ano que cada um ocorreu (Gráfico 04).

Em seguida, elabora-se outro gráfico comparando os registros de maior índice pluviométrico da estação de Santa Leopoldina com os valores máximos dos níveis do Rio Santa Maria (Gráfico 05). Por meio do gráfico é possível verificar algumas datas de coincidência de altos índices pluviométricos e cotas elevadas do nível do Rio Santa Maria, como em março de 1960, data em que o rio atingiu 11m de nível e o volume de precipitação 854mm. Entretanto, não é possível correlacionar diretamente as chuvas com a elevação do nível do rio, pois em datas com registro de inundação do Rio Santa Maria, como em novembro de 1992, ano que o rio registrou 12,58m de elevação, não há registro de grandes volumes de precipitação, sendo a média deste mês de 425,2mm. Este resultado também pode ser reflexo da dificuldade da análise dos índices de precipitação com base nos valores das médias mensais. Convém destacar, a situação ideal deveria correlacionar os valores diários de incidência de chuvas com os níveis diários do rio.

Com relação aos registros fotográficos e midiáticos das inundações ocorridas em Santa Leopoldina, verifica-se que o registro mais antigo data de 1960, em fotografias do acervo do Laboratório Patrimônio & Desenvolvimento. A prefeitura⁵⁹ registra a inundação de 1960 e outra ocorrida em 2000, cujo impacto, de ambas, foi de grandes proporções, deixando a cidade em estado de calamidade pública (Figura 104, 105 e 106).

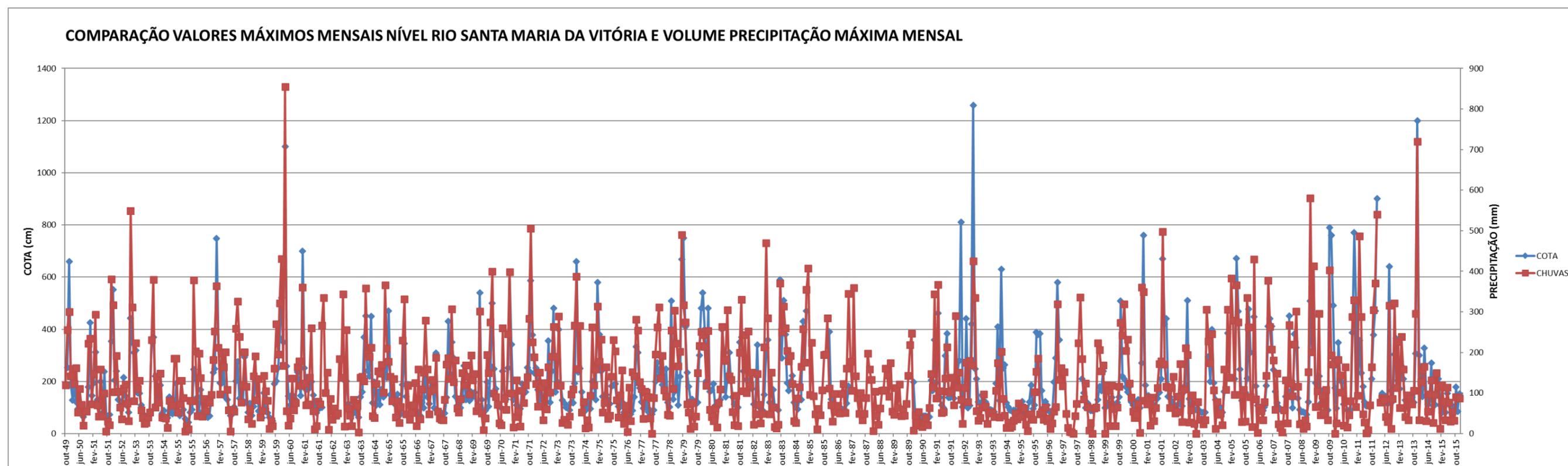
⁵⁹ Informações obtidas no site da prefeitura. Disponível em: <http://www.santaleopoldina.es.gov.br>, acesso 24 mar 2016, 20h.

Gráfico 4 – Cotas do rio Santa Maria da Vitória entre os anos de 1949 e 2014.



Fonte: Elaborado pela autora com base nos dados da ANA.

Gráfico 4 – Comparação dos valores máximos mensais nível Rio Santa Maria da Vitória e volume precipitação máxima mensal.



Fonte: Elaborado pela autora com base nos dados da ANA.

Capítulo 5 • Conservação e restauração de tijolos cerâmicos em alvenarias históricas: contribuição para preservação de sítios históricos em áreas sujeitas a inundação

Figura 104 – Enchente de 1960



Fonte: Acervo Laboratório Patrimônio & Desenvolvimento – UFES

Figura 105 - Enchente de 1960



Fonte: Acervo Laboratório Patrimônio & Desenvolvimento – UFES

Figura 106 - Enchente de 1960



Fonte: Acervo Laboratório Patrimônio & Desenvolvimento – UFES

Ainda no século XX, em 1979 e em 1991, o rio atinge 7.50m e 8.10m, respectivamente, culminando também na inundação do núcleo urbano. Contudo, os valores das cotas de nível do Rio Santa Maria se tornam mais elevados, de forma geral, a partir de 1992, quando se registra o valor máximo de 12,58m. A

Capítulo 5 • Conservação e restauração de tijolos cerâmicos em alvenarias históricas: contribuição para preservação de sítios históricos em áreas sujeitas a inundação

partir dessa data, em 2001, registra-se nível de 7.60m; em 2009, 7.90m; em 2012, 7.60m; e, aumentando consideravelmente em dezembro de 2013, atingindo 12m (Gráfico 04).

Com base nos registros fotográficos e nas mídias, sabe-se que, no século XXI, outras três inundações acometeram o Sítio histórico de Santa Leopoldina, nos anos de 2009 (Figuras 107 e 108), 2012 (Figuras 109 e 110) e a mais recente, em 2013 (Figuras 111,112 e 113).

Figura 107 – Imagens da inundação de 2009



Fonte: Disponível em: www.youtube.com.br, acesso 22 mar 2016.

Figura 108 - Imagens da inundação de 2009



Fonte: Disponível em: www.youtube.com.br, acesso 22 mar 2016.

Capítulo 5 • Conservação e restauração de tijolos cerâmicos em alvenarias históricas: contribuição para preservação de sítios históricos em áreas sujeitas a inundação

Figura 109 – Imagens da inundação de 2012



Fonte: Disponível em: www.youtube.com.br, acesso 22 mar 2016.

Figura 110 - (a) Vista aérea da inundação de 2012 em Santa Leopoldina. (b) Imagem da inundação de 2012, no Sítio histórico de Santa Leopoldina.



(a)

(b)

Fonte (a): Disponível em: <http://g1.globo.com/espírito-santo/noticia/2012/01/agua-comeca-baixar-mas-santa-leopoldina-continua-em-alerta-no-es.html>, acesso 21 mar 2016.

Fonte (b): Disponível em: www.youtube.com.br, acesso 22 mar 2016.

A última inundação ocorreu em dezembro de 2013. Na ocasião, a estrada que dá acesso à região foi invadida pela água, inviabilizando o trajeto e isolando a cidade. A ponte entre a Avenida Presidente Vargas e a Rua Bernadino Monteiro foi atingida e quebrou (Figura 111, 112 e 113).

Capítulo 5 • Conservação e restauração de tijolos cerâmicos em alvenarias históricas: contribuição para preservação de sítios históricos em áreas sujeitas a inundação

Figura 111 – Inundação ocorrida em 2013 em Santa Leopoldina.



(a)



(b)

Fonte (a): Disponível em: <http://www.folhavoria.com.br/geral/noticia/2013/12/enchente-deixa-municipio-de-santa-leopoldina-isolado.html>), acesso 23 mar 2016. Fonte (b): <http://g1.globo.com/espírito-santo/noticia/2013/12/ministro-faz-visita-e-anuncia-medidas-de-socorro-vitimas-da-chuva-no-es.html>, acesso 23 mar 2016.

Figura 112 – Imagens da inundação de 2013 em Santa Leopoldina.



(a)



(b)

Fonte (a) Disponível em: www.youtube.com.br, acesso 23 mar 2016. Fonte (b): <http://cabresto.blogspot.com.br/2013/12/es-tem-300-resgatados-em-24-horas-e.html>, acesso 23 mar 2016.

Figura 113 – Imagens da inundação de 2013.



(a)



(b)

Fonte (a) : <http://www.conquistanews.com.br/sobe-para-21-o-numero-de-mortos-pelas-chuvas-no-es/>, acesso 24 mar 2016. Fonte (b): <http://ocamacanzinhonoticias.blogspot.com.br/2013/12/o-corpo-de-bombeiros-vai-realizar-uma.html>, acesso 24 mar 2016.

Portanto, verifica-se que, em dezesseis anos, o núcleo urbano da cidade foi atingido por três inundações que impactaram profundamente para a deterioração das edificações e do núcleo urbano de forma geral.

5.3 CONSERVAÇÃO E RESTAURAÇÃO DE TIJOLOS CERÂMICOS EM ALVENARIAS HISTÓRICAS

5.3.1. DESSALINIZAÇÃO, CONSOLIDAÇÃO E PROTEÇÃO DE TIJOLOS CERÂMICOS

Considerando os aspectos teóricos incidentes sobre o patrimônio edificado, vale ressaltar algumas considerações pertinentes. A primeira diz respeito aos significados das palavras conservação e restauração. Conservação, de acordo com Buys e Oskley (2014) é utilizada em dois aspectos: primeiro com relação ao monitoramento do ambiente para amenizar os danos nos materiais e objetos e, segundo, pressupõe tratamentos para estabilizar a obra de arte/arquitetura contra uma degradação posterior. Restauração, para os autores citados, é a continuação do último processo, quando a conservação não é mais suficiente para restabelecer a condição essencial ao objeto – sem cometer falso artístico ou falso histórico⁶⁰.

A segunda consideração a ser analisada se refere ao conceito *brandiano* de unidade potencial da obra de arte, cujos limites derivam de alguns princípios, dos quais é oportuno salientar aquele segundo o qual a matéria é insubstituível apenas onde colabore diretamente na figuração da imagem, ou seja, enquanto é aspecto, mas não tanto enquanto é estrutura. Ou seja, existe maior liberdade de ação quando se refere aos suportes, ainda que sempre em harmonia com a instância histórica.

Quando estamos lidando com a restauração de tijolos cerâmicos em alvenarias históricas é necessário observar a relação entre a durabilidade dos tijolos e sua microestrutura e mineralogia (LIVINGSTON et al, 2009). Nesse sentido, nem

⁶⁰ De acordo com a teoria desenvolvida por Brandi (2008) “a restauração deve dirigir-se ao restabelecimento potencial da obra de arte, sempre que isso seja possível sem cometer uma falsificação artística ou uma falsificação histórica, e sem apagar vestígio algum do transcurso da obra de arte através do tempo”.

Capítulo 5 • Conservação e restauração de tijolos cerâmicos em alvenarias históricas: contribuição para preservação de sítios históricos em áreas sujeitas a inundação

sempre é possível permanecer com o material original, visto que, em algumas situações, a substituição desses torna-se essencial para manter a estrutura estável, permanecendo o aspecto original da obra.

Portanto, a conservação das estruturas históricas de tijolo necessita de um estudo voltado para a durabilidade do próprio tijolo. Sabe-se que a durabilidade dos tijolos antigos pode variar de forma significativa, de acordo com o próprio material e com o ambiente local em que ele está inserido. Morales (2007) observa que encontrar soluções ao problema, objetivo *a priori* de toda ação de restauro, pressupõe, primeiro, identifica-lo, conhecendo previamente seus sintomas, investigando causas imediatas ou a longo prazo.

Com relação à conservação dos tijolos analisados, deve-se levar em consideração as características climáticas de Santa Leopoldina, identificáveis em clima tropical (leste) e tropical de altitude (oeste), com períodos de chuva intensa e alta umidade do ar, com média aproximada de 85 a 87,5%. Como demonstrado no capítulo anterior, eventos meteorológicos extremos, como as intensas precipitações e inundações, podem ter efeitos bastante significativos nas edificações históricas, sendo, em muitos casos, devastadores para os edifícios antigos. Portanto, compreender as alterações ocorridas nos tijolos em virtude dos eventos extremos é fundamental para projeções do comportamento do material.

Morales (2007) destaca que chuvas intensas e contínuas infiltrações atacam primeiro as argamassas e em seguida o material cerâmico por meio do processo de cristalização de sais, com as consequências descritas nos capítulos anteriores. De fato, a presença de sais solúveis tem ligação direta com a deterioração do material cerâmico. Os fatores que irão amenizar ou potencializar os efeitos dos sais solúveis no material cerâmico se relacionam com as características e propriedades do tijolo, como porosidade e massa específica.

Sobre a porosidade, Elert et al (2003) destacam que a porosidade dos tijolos em edifícios históricos varia entre 30-38%, o que aumenta a probabilidade de um maior teor de água circulando no material (MAGALHÃES, 2013). Martinez et al (2015) observam que esta porosidade combinada com a baixa resistência mecânica torna o tijolo ainda mais suscetível às degradações.

Capítulo 5 • Conservação e restauração de tijolos cerâmicos em alvenarias históricas: contribuição para preservação de sítios históricos em áreas sujeitas a inundação

Sabe-se que a porosidade e a resistência mecânica dos tijolos cerâmicos também derivam do seu processo de fabricação, sendo os tijolos artesanais, em geral, menos compactados, mais porosos e com menor resistência à compressão. Contudo, Foraboschi e Vanin (2014) observam, após análises laboratoriais, que, em relação aos tijolos venezianos (produzidos artesanalmente), a resistência mecânica não está tão relacionada com a porosidade das peças, mas, sim, com o grau de umidade, atingindo potencialmente menor resistência mecânica na presença de sais.

Portanto, Foraboschi e Vanin (2014, p.189) observam a relação da umidade e da presença de sais com a resistência mecânica dos tijolos, ainda que os autores observem haver uma lacuna de informações sobre os danos estruturais que acometem alvenarias sujeitas a fatores ambientais, destacando que:

[...] a literatura forneceu informações fundamentais sobre o efeito da umidade e cristalização de sal sobre o tempo de vida de tijolos, mas pouca informação sobre a forma como estas ações podem modificar o comportamento mecânico dos tijolos, em particular a resistência (tradução nossa).

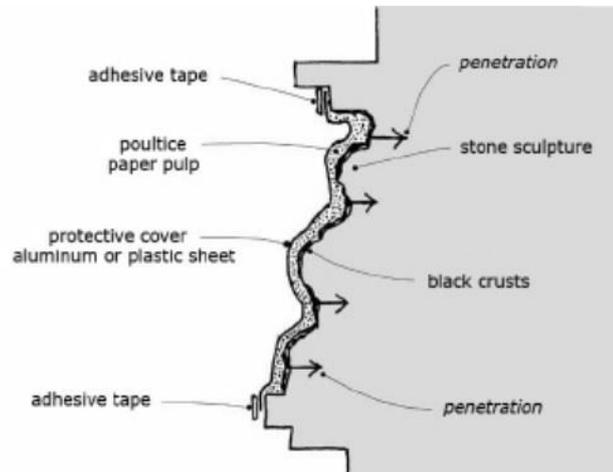
Portanto, após a caracterização dos tijolos, seguida do diagnóstico dos danos encontrados, é possível especificar métodos a serem adotados para conter a deterioração dos tijolos cerâmicos. No caso das alvenarias analisadas, verifica-se a presença de sais solúveis em todas as amostras, dos quais a presença de cloreto é bastante significativa, estando presente em 100% da amostragem.

Alternativas para retirada dos sais encontrados incluem emplastos contendo argilas bentonitas (LOUREIRO, 2013), situação consolidada na literatura como opção para dessalinização de alvenarias históricas, desde que não sejam revestidas com pinturas decorativas ou artísticas. A técnica no Brasil consiste em utilizar argila bentonita, que trabalha retirando os sais por troca catiônica. O emplastro é molhado e coberto com um papel ou filme plástico para evitar a evaporação da água (Figura 112) (TORRACA, 2009). Oliveira (2011), no NTPR, desenvolveu e vem obtendo ao longo dos últimos anos (Figura 113), uma solução contendo bentonita com resultados bastante satisfatórios na limpeza de objetos

Capítulo 5 • Conservação e restauração de tijolos cerâmicos em alvenarias históricas: contribuição para preservação de sítios históricos em áreas sujeitas a inundação

em pedra e alvenarias, retirando crostas e deposições com eficácia após alguns ciclos (Figura 114).

Figura 114 – Corte esquemático demonstrando utilização de emplastos



Fonte: TORRACA, 2009.

Figura 115 – Emplastro desenvolvido no NTPR

BENT. + EDTA + NaHCO ₃ + CH ₃ COOH (5ml)	
Bentonita.....	123,91g
NaHCO ₃	10,00g
CH ₃ COOH	5,0ml
EDTA	12,50g
pH = 7,47	

Fonte: Oliveira, 2011.

Figura 116 – Limpeza de coluna em Bolonha, utilizando emplastro de bentonita

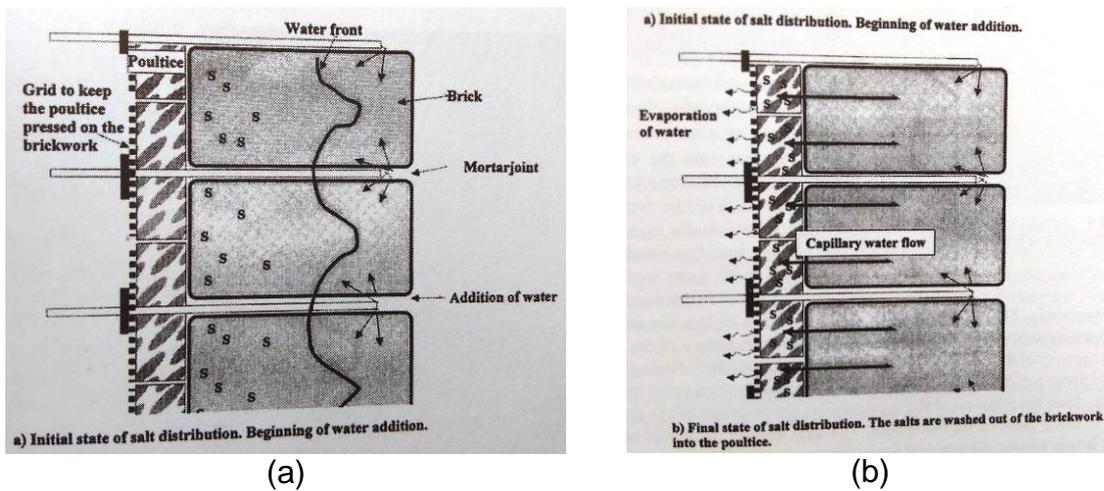


Fonte: Acervo Mário Mendonça de Oliveira.

Capítulo 5 • Conservação e restauração de tijolos cerâmicos em alvenarias históricas: contribuição para preservação de sítios históricos em áreas sujeitas a inundação

Auras (2008) destaca a relação entre a eficácia do emplastro e a porosidade do tijolo, sendo que materiais com poros grandes conseguem obter melhores resultados quanto à dessalinização do que materiais com poros pequenos. Contudo, convém ressaltar, de forma geral, o processo de retirada é lento e o emplastro deve ser reaplicado diversas vezes. Estudos conduzidos inicialmente por Friese e Hermoneit (2003 apud Friese; Protz, 2009) têm revelado uma alteração na técnica que possibilita obter resultados mais satisfatórios, conforme discorre Friese e Protz (2009). O método consiste em realizar furos nas juntas das alvenarias, por onde é introduzida água até o interior da alvenaria (Figura 117); quando a água retorna à superfície, conduz os sais que ficam então aderidos ao emplastro.

Figura 117 – (a) Estado inicial dos sais quando da colocação do emplastro. (b) Estado final dos sais quando da colocação do emplastro.



Fonte: FRIESE & PROTZ, 2009, p. 339

Outros experimentos realizados por Auras (2008) e Blemin e Siedel (2005) também obtiveram resultados satisfatórios quanto à retirada dos sais de alvenarias por meio deste método, o que nos leva a crer que, ainda que o processo ocorra em ciclos, o teor de sal retirado é significativo.

Após a limpeza dos tijolos, os próximos passos em uma intervenção de restauro se referem à consolidação e à proteção do material. Com relação aos tijolos analisados nas edificações históricas de Santa Leopoldina, verifica-se que muitos estão bastante degradados, com fissuras e descamações, como visto na

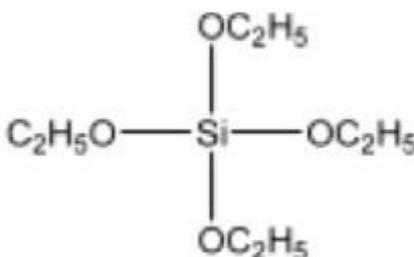
Capítulo 5 • Conservação e restauração de tijolos cerâmicos em alvenarias históricas: contribuição para preservação de sítios históricos em áreas sujeitas a inundação

descrição das manifestações patológicas. Para estes casos, Torraca (2009, p. 107) observa:

A tecnologia de consolidação que usamos hoje é baseada na distinção entre diferentes tipos de danos e a utilização de técnicas diferentes de acordo com o tipo de dano. Além disso, a consolidação se destina apenas a recuperação da coesão para materiais deteriorados, o que lhes permite enfrentar o ambiente com melhores chances de sobrevivência; a sua função é principalmente mecânica (tradução nossa).

Com relação a consolidantes, Torraca (2009) destaca que o tetraetil ortosilicato (TEOS), também conhecido como silicato de etila (Figura 118), é adequado para a consolidação por impregnação porque é um líquido de baixa viscosidade e, portanto, consegue penetrar em profundidade nos poros e fissuras dos tijolos, formando o ácido silícico. Torraca (2009) salienta que o produto secundário da reação, o álcool etílico, evapora-se, não ocasionando problemas. Da mesma maneira, Martinez et al (2015) destacam que a consolidação com TEOS é uma solução promissora para a restauração de tijolos cerâmicos. Na presença de água, a solução transforma o silicato de etila em ácido silício e etanol; uma polimerização ocorre e o ácido silícico, que se precipita no interior dos tijolos, preenche os poros. Dessa forma, quanto maior a porosidade do tijolo, mais eficaz é a consolidação.

Figura 118 – Fórmula tetraetil ortosilicato (TEOS).



Fonte: TORRACA, 2009, p. 179.

De forma geral, o tratamento com consolidante tem como objetivo melhorar a coesão e adesão das partículas que constituem os materiais pétreos e cerâmicos, conferindo solidez e durabilidade ao material degradado. Considerando esses aspectos, atualmente, na área de conservação e restauro, a consolidação com produtos inorgânicos utilizando TEOS é largamente adotada entre os restauradores (PADULA, 2012). Sua grande utilização na consolidação de tijolos

Capítulo 5 • Conservação e restauração de tijolos cerâmicos em alvenarias históricas: contribuição para preservação de sítios históricos em áreas sujeitas a inundação

também ocorre devido à alta compatibilidade química com o material cerâmico e sua boa capacidade de penetração (DONA, 2012), já que o silicato de etila, após hidrólise, transforma-se em ácido silício e álcool etílico (TORRACA, 2009) (Figura 119).

Figura 119 – Fórmula da hidrólise silicato de etila



Fonte: TORRACA, p. 179.

Torraca (2009) também salienta que a reação que ocorre durante a aplicação do TEOS é bastante lenta, o que, por um lado, é uma vantagem, pois dificilmente o produto irá se solidificar muito próximo à superfície, proporcionando bastante abrangência do consolidante dentro do material. Por outro lado, o produto pode evaporar antes que a consolidação ocorra de fato, tornando-o ineficaz. Assim, Torraca (2009) sugere a aplicação de um catalisador para acelerar a hidrólise, ou que o silicato de etila seja aplicado na forma de oligômero.

Quanto da aquisição, os produtos disponíveis no mercado são dissolvidos e contêm catalisadores (BRAGA, 2003). A aplicação pode ser realizada diretamente com pincel e repetidamente já que o material tem boa penetração (BRAGA, 2003). Contudo, Braga (2003) também observa que a consolidação total e efetiva ocorre depois de um mês, sendo que, neste período, a superfície deve ser protegida da água.

Com relação a perdas de superfícies, em situações de descamações profundas, como na figura 120, Ribeiro (2009) orienta que o preenchimento seja feito com uma argamassa polimérica acrílica a base de primal misturada à pó de tijolo moído, de forma a possuir as mesmas características finais de textura e cor dos tijolos que estão na alvenaria trabalhada.

Capítulo 5 • Conservação e restauração de tijolos cerâmicos em alvenarias históricas: contribuição para preservação de sítios históricos em áreas sujeitas a inundação

Figura 120 – Tijolo edificação 02



Fonte: Autora.

Quanto à proteção do material cerâmico, é possível a utilização de resinas acrílicas, como primal, em algumas situações. Entretanto, para situações como as das edificações históricas de Santa Leopoldina, não é adequado que a superfície seja impermeabilizada, ainda que com resinas como o primal, que deixam a parede respirar. O consolidante de silicato de etila permite a circulação do vapor de água, mas não a penetração de água em estado líquido dentro dos poros (BRAGA, 2003) e, assim, em uma situação de entrada água nas alvenarias, esta não deve encontrar barreiras para sua evaporação.

5.4 DIRETRIZES ESPECÍFICAS PARA PRESERVAÇÃO DO SÍTIO HISTÓRICO DE SANTA LEOPOLDINA

Considerando a estabilidade estrutural das edificações, orienta-se, em ações de caráter restaurativo nas edificações históricas em tijolo cerâmico do Sítio histórico de Santa Leopoldina, a prevalência, inicial, de imóveis que apresentam tijolos mais frágeis. Portanto, convém destacar a necessidade de reforços estruturais nas situações em que a estrutura esteja deteriorada, prejudicando a estabilidade da edificação.

Assim, salienta-se a necessidade de mapeamento de danos, com o devido diagnóstico de conservação das edificações históricas com base no comportamento dos materiais. Sabe-se que, atualmente, de forma geral, o

Capítulo 5 • Conservação e restauração de tijolos cerâmicos em alvenarias históricas: contribuição para preservação de sítios históricos em áreas sujeitas a inundação

governo municipal ou os órgãos de preservação, devido ao tempo e à logística de funcionários e/ou equipamentos, não consegue elaborar a caracterização física do sistema construtivo e dos materiais das edificações históricas tombadas. Contudo, em um núcleo urbano como o de Santa Leopoldina, situado em um local de preexistência crítica para a durabilidade, é fundamental que o cadastro das edificações seja acompanhado de dados quanto ao estado de conservação das alvenarias, com base em métodos científicos, identificando, no caso dos tijolos, a porosidade, a massa específica, a resistência mecânica, bem como a presença de sais solúveis e o monitoramento da porcentagem de umidade contida nas alvenarias.

No caso das edificações analisadas, como visto na caracterização física dos tijolos e da argamassa, e na descrição das manifestações patológicas, a residência 01 é a mais fragilizada, com tijolos menos densos, mais porosos e com pouca resistência à compressão. Portanto, medidas para conter a deterioração e os danos provocados pelas inundações devem prevalecer nesta edificação e em outras em estado de conservação similar.

Considerando a estabilidade dos imóveis e, portanto, a estrutura da obra de arte, de acordo com a teoria *brandiana* (2008), a primeira medida a ser adotada para preservação da materialidade do Sítio histórico de Santa Leopoldina é realizar mapeamento do estado de conservação dos sistemas construtivos das edificações históricas situadas no núcleo urbano sujeitas a inundações, utilizando métodos científicos para caracterização física, mineralógica e identificação das manifestações patológicas.

Em escala pontual, para restauração dos tijolos cerâmicos, orienta-se a dessalinização das alvenarias, retirando os sais presentes encontrados por meio de emplastos com argila bentonita, solução desenvolvida por Oliveira (2011), no NTPR, com alteração do método, englobando injeção profunda juntas para colocação de água e aplicação simultânea do emplastro. Devem ser realizados ciclos com medição quantitativa dos sais no emplastro até retirada significativa dos sais das alvenarias.

Capítulo 5 • Conservação e restauração de tijolos cerâmicos em alvenarias históricas: contribuição para preservação de sítios históricos em áreas sujeitas a inundação

Para consolidação dos tijolos com baixa resistência mecânica, que apresentam fissuras e descamação, orienta-se a aplicação de consolidante inorgânico tetraetil ortosilicato (TEOS) por método de pincelamento em ambos os lados da alvenaria. Para tanto, nestas edificações, deve-se retirar a argamassa de revestimento em vista da fragilidade dos tijolos cerâmicos. Vale ressaltar que esta situação deve ser conduzida apenas em um processo de degradação salina bastante acentuado. Em especial, no caso das edificações de Santa Leopoldina, em vários trechos não se tem mais os estratos antigos. Portanto, levando em consideração a estabilidade das alvenarias, neste caso, indica-se a retirada dessas argamassas. Entretanto, nas situações em que os tijolos possuem resistência mecânica satisfatória, deve-se prosseguir com a retirada dos sais da argamassa, mantendo-a na edificação. Nos casos em que estas estejam perdendo a coesão, deve-se medir quantitativamente os sais para avaliação do estado de conservação da argamassa. Se for possível retirar os sais, estes devem ser retirados com o emplastro já descrito e a argamassa deve ser consolidada com injeções contendo silicato de etila. Ainda que a argamassa das edificações de Santa Leopoldina seja uma argamassa mista de cal e argila, Torraca (2009) observa que o TEOS apresenta eficácia com materiais de origem carbonática.

Para preenchimento de lacunas nas superfícies dos tijolos, orienta-se método descrito por Ribeiro (2009) com a utilização de uma argamassa polimérica à base de resina acrílica primal e tijolo moído, de forma a ter textura e cor similares ao material restaurado.

Com relação à proteção do tijolo, não se orienta a utilização de quaisquer produtos pois, se houverem novas inundações, o tijolo não pode estar impermeabilizado. O material deve estar isento de produtos que impossibilitem a evaporação natural da água.

Após a restauração, para conservação das alvenarias, deve-se atentar para a exigência do monitoramento das condições do meio ambiente, com controle dos efeitos gerados por grandes volumes de precipitação e inundação do Rio Santa Maria da Vitória. Sabe-se que situações de perda, como as ocorridas em Santa Leopoldina, podem ser minimizadas com tratamento adequado do solo e do

Capítulo 5 • Conservação e restauração de tijolos cerâmicos em alvenarias históricas: contribuição para preservação de sítios históricos em áreas sujeitas a inundação

escoamento da água da chuva, por meio da redução do impacto das chuvas intensas e inundações do rio sobre o núcleo urbano.

O controle da entrada de água nas edificações deve ser mantido tanto quanto possível. Nas situações em que este controle for impossível, como nas situações de inundações; após o evento, deve-se abrir furos nas juntas das alvenarias para acelerar a evaporação da água. Por fim, após a evaporação da água, as alvenarias devem ser novamente analisadas quanto ao teor de sal, verificando se há fontes de umidade por capilaridade ascendente, com monitoramento da estabilidade estrutural dessas edificações.

Portanto, considerando os passos descritos para limpeza, consolidação e conservação dos tijolos cerâmicos, orienta-se as seguintes diretrizes, a serem adotadas para preservação das alvenarias do Sítio histórico de Santa Leopoldina, compostas de quatro etapas (Figura 121):

1) CARACTERIZAÇÃO DO MATERIAL CERÂMICO

- 1.1. Estudo da constituição: conhecimentos sobre a matéria-prima, identificando suas propriedades e comportamento;
- 1.2. Análise tátil-visual dos tijolos, verificando a presença de quartzos ou outras impurezas.
- 1.3. Ensaio laboratoriais, identificando suas propriedades físicas:
 - Absorção total em água
 - Massa unitária
 - Resistência mecânica
 - Determinação traço provável argamassa
- 1.4. Identificação composição mineralógica – DRX
- 1.5. Identificação do processo de fabricação, com a análise do método típico do período e da região:
 - Moldagem a mão
 - Extrusão
 - Prensagem
 - Forno corrente ascendente/descendente
 - Temperatura de queima

2) IDENTIFICAÇÃO MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS

2.1. Identificação de teor de umidade

2.2. Identificação qualitativa e quantitativa de sais solúveis: SO₄²⁻, Cl⁻, NO₃⁻.

2.3. Análise do estado de conservação com base nesses resultados e na caracterização do material, com verificação da tensão de cristalização e eflorescência salina.

3) IDENTIFICAÇÃO DAS CONDIÇÕES DO MEIO AMBIENTE

3.1. Identificação dos parâmetros climáticos da região:

- Umidade relativa
- Temperaturas mínimas e máximas
- Volume precipitação
- Nível do rio

3.2. Identificação da frequência e intensidade de situação fora dos padrões de normalidade

3.3. Mapeamento das áreas de risco

3.4. Análise da intensidade dos eventos meteorológicos e de seus efeitos sobre as alvenarias

4) ORIENTAÇÕES PARA CONSERVAÇÃO E RESTAURO

4.1. Monitoramento das condições climáticas, com controle dos efeitos gerados por grandes volumes de precipitação e inundação do Rio Santa Maria da Vitória:

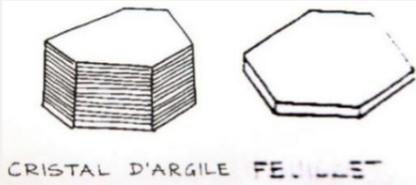
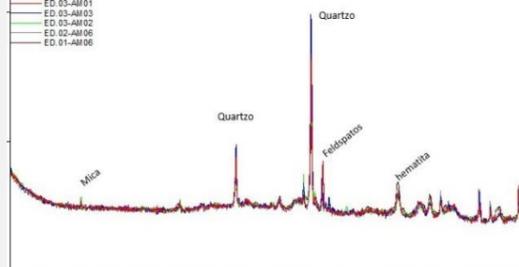
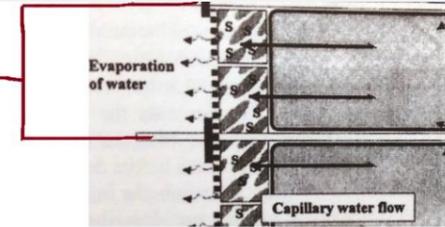
- Barragens
- Tratamento solo e escoamento água

4.2. Controle do acesso de água nas edificações históricas. Nos eventos em que este controle for impossível, como nas situações de inundações; após o evento, deve-se abrir furos nas juntas das alvenarias para acelerar a evaporação da água.

4.3. Dessalinização das alvenarias com emplasto de argila bentonita - Método da inserção de água por meio de furos profundos nas juntas.

4.4. Consolidação da fissuração e da descamação com o objetivo de prolongar vida útil dos tijolos - pincelamento ou injeção de consolidante inorgânico Tetraetil ortossilicato (TEOS), também conhecido como silicato de etila.

Figura 121 – Diretrizes. Fonte: Elaborado pela autora.

CONSERVAÇÃO DE TIJOLO CERÂMICO EM ALVENARIAS HISTÓRICAS: SUBSIDIOS PARA RESTAURAÇÃO DO SÍTIO HISTÓRICO DE SANTA LEOPOLDINA-ES.																
1) CARACTERIZAÇÃO MATERIAL CERÂMICO	2) IDENTIFICAÇÃO MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS	3) IDENTIFICAÇÃO CONDIÇÕES DO MEIO AMBIENTE	4) ORIENTAÇÕES CONSERVAÇÃO E RESTAURO													
<p><u>Estudo da composição</u></p> <p>A principal matéria prima dos tijolos são as argilas, que consistem em minerais resultantes da degradação de diferentes tipos de rocha após intemperismo.</p>  <p>A argila é um material natural, terroso, de granulação fina e, constituída essencialmente por partículas cristalinas extremamente pequenas de um número restrito de minerais, conhecidos como argilominerais, podendo também conter outros minerais (quartzo, mica, pirita, calcita, dolomita, entre outros), matéria orgânica, sais solúveis e outras impurezas.</p>	<p><u>Ensaio laboratorial para identificação das propriedades físicas</u></p> <ul style="list-style-type: none"> Absorção total em água Massa unitária Resistência mecânica. Determinação traço provável argamassa 	<p><u>Identificação teor de umidade</u></p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Tipos de Alvenaria</th> <th>Tijolo comum</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Umidade própria (U.P)</td> <td>1%</td> </tr> <tr> <td>Higiênico</td> <td>até 3%</td> </tr> <tr> <td>Tolerado</td> <td>até 7%</td> </tr> <tr> <td>Úmido</td> <td>8 a 9%</td> </tr> <tr> <td>Úmidíssimo</td> <td>> 9%</td> </tr> </tbody> </table> <p>* Massa específica < 1.9 t/m³</p> <p>Níveis de umidade admissíveis</p>	Tipos de Alvenaria	Tijolo comum	Umidade própria (U.P)	1%	Higiênico	até 3%	Tolerado	até 7%	Úmido	8 a 9%	Úmidíssimo	> 9%	<p><u>Identificação dos parâmetros climáticos da região</u></p> <ul style="list-style-type: none"> Umidade relativa Temperatura mínima e máxima Volume precipitação Nível do rio  <p>Qual a frequência que a situação sai da normalidade? Qual a intensidade da anormalidade?</p>	<p><u>Monitoramento das condições climáticas</u></p> <p>Controle dos efeitos gerados por grandes volumes de precipitação e inundação do Rio Santa Maria da Vitória</p> <ul style="list-style-type: none"> Barragens Tratamento solo e escoamento da água <p>Controle do acesso de água nas edificações históricas.</p> <p>Nas situações em que este controle for impossível, como nas situações de inundações; após o evento, deve-se abrir furos nas juntas das alvenarias para acelerar a evaporação da água.</p>
Tipos de Alvenaria	Tijolo comum															
Umidade própria (U.P)	1%															
Higiênico	até 3%															
Tolerado	até 7%															
Úmido	8 a 9%															
Úmidíssimo	> 9%															
<p>Os argilominerais consistem em uma composição de óxido de silício (SiO2) e óxido de alumínio (Al2O3) embora possam conter também outros tipos de elementos.</p> 	<p><u>Identificação composição mineralógica – DRX</u></p> 	<p><u>Identificação qualitativa e quantitativa de sais solúveis.</u></p> <ul style="list-style-type: none"> SO₄²⁻ Cl⁻ NO₃⁻ <p>Conduzem a degradação nos tijolos pois causam tensões de cristalização e eflorescências.</p>	<p><u>Mapeamento das áreas de risco</u></p> 	<p><u>Dessalinização das alvenarias</u></p> <p>Emplastro com argila bentonita – Método da inserção de água por meio de furos profundos nas juntas.</p>  <ol style="list-style-type: none"> TUBOS PROFUNDOS PARA INSERÇÃO DE ÁGUA COLOCAÇÃO DO EMPLASTO RETIRADA DOS SAIS: SÃO LEVADOS PELA ÁGUA ATÉ O EMPLASTO 												
<p><u>Análise tátil-visual dos tijolos analisados</u> - Verificação cor (tabela de Munsell), tamanho, aspecto e textura das amostras.</p>  <p>VERIFICAÇÃO DA PRESENÇA DE QUARTZOS OU OUTRAS IMPUREZAS.</p>	<p><u>Identificação processo de fabricação típico do período em questão e da região</u></p> <ul style="list-style-type: none"> Moldagem a mão Extrusão Prensagem Forno corrente ascendente/descendente Temperatura de queima 	<p><u>Análise do estado de conservação com base nesses resultados e na caracterização do material</u></p> <ul style="list-style-type: none"> Verificação tensão de cristalização e eflorescências salinas Verificação pulverulência, fissuras, laminação e descamação 	<p><u>Análise da intensidade dos eventos meteorológicos e dos efeitos sobre as alvenarias</u></p> <p>IMPACTO SOBRE AS EDIFICAÇÕES HISTÓRICAS</p>  <p>CHUVAS + INUNDAÇÃO</p> <ul style="list-style-type: none"> EXCESSO UMIDADE CRISTALIZAÇÃO SAIS SOLUVEIS APÓS EVAPORAÇÃO ÁGUA DIMINUIÇÃO RESISTÊNCIA MECÂNICA 	<p><u>Consolidação das fissuras e descamação para prolongar vida útil dos tijolos</u></p> <p>Pinelamento ou injeção de consolidante inorgânico Tetraetil orotosilicato (TEOS), também conhecido como silicato de etila.</p> $\text{Si}(\text{OC}_2\text{H}_5)_4 + 4\text{H}_2\text{O} \longrightarrow \text{Si}(\text{OH})_4 + 4\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ <p>ethyl ester of silicic acid silicic acid ethyl alcohol</p> <p>FÓRMULA DA HIDRÓLISE DO SILICATO DE ETILA</p>												

Capítulo 6

- CONCLUSÕES

6 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

A intenção desta pesquisa consistiu em analisar os tijolos cerâmicos das alvenarias históricas do núcleo urbano de Santa Leopoldina, por meio da caracterização física e mineralógica do material cerâmico, e da pesquisa sobre o contexto de ocupação e desenvolvimento do núcleo urbano e a fabricação dos tijolos. Considerando as inundações que já ocorreram no núcleo urbano devido aos níveis atingidos pelo Rio Santa Maria e os impactos da água sobre as edificações históricas, a intenção da pesquisa também foi analisar as manifestações patológicas existentes nos tijolos históricos, considerando os parâmetros climáticos de Santa Leopoldina, para em seguida, propor orientações para a conservação e o restauro dos tijolos cerâmicos, frente a esta condição específica de degradação.

Portanto, para enfrentar a complexidade e a amplitude do tema e do objetivo, esta pesquisa se particularizou por uma aproximação à escala do edifício, articulando-o à preservação da arquitetura e da história, por meio da análise tecnológica e histórica dos tijolos cerâmicos. Considerando essas duas frentes de pesquisa e o intuito de contribuir para a preservação de alvenarias históricas em tijolo cerâmico, a pesquisa obteve resultados satisfatórios, culminando em diretrizes importantes que podem auxiliar em intervenções de caráter restaurativo.

Do ponto de vista da ciência da conservação e do restauro, a pesquisa também trouxe subsídios importantes para analisar o material cerâmico dentro do seu contexto de fabricação, considerando suas propriedades e características físicas e mineralógicas, para traçar considerações acerca de sua produção, contemplando o conteúdo obtido na pesquisa histórica e os conhecimentos adquiridos durante a revisão de literatura.

Com relação à utilização do tijolo cerâmico na história da arquitetura brasileira, verifica-se que, nos primeiros séculos de ocupação, perdurou o uso da pedra como material construtivo nos grandes monumentos, destinando ao tijolo cerâmico papel coadjuvante nas edificações. Porém, ainda que, no Brasil, não seja popular a técnica do tijolo aparente, as alvenarias em tijolo são frequentes em muitas edificações históricas brasileiras, especialmente a partir do século XIX. Essas, muitas vezes modestas do ponto de vista do estilo arquitetônico, devem ser conservadas e

restauradas, pois representam testemunho do saber fazer da época e são extremamente importantes pelo seu valor histórico e cultural.

Com relação à conservação e ao restauro dessas edificações, cabe salientar que, sem o conhecimento do impacto dos agentes de degradação sobre a materialidade edificada e com o desgaste inevitável da mesma, soluções pautadas em simples manutenções são insuficientes para garantir a integridade física do bem cultural. Portanto, o último item do primeiro capítulo aborda o impacto da água sobre as alvenarias de tijolo cerâmico, tendo em vista que a água, por meio das inundações, é um dos principais agentes de degradação das edificações analisadas em Santa Leopoldina.

Sobre as edificações analisadas, com relação à caracterização dos tijolos e à identificação das manifestações patológicas, pode-se afirmar que os ensaios laboratoriais viabilizaram comprovações sobre a degradação dos tijolos cerâmicos, possibilitando a constatação e a determinação do estado de conservação das alvenarias. Ainda, os resultados dos ensaios laboratoriais subsidiaram informações importantes que foram associadas à pesquisa sobre a produção de tijolo cerâmico, no século XIX e nas primeiras décadas do século XX, em Santa Leopoldina. Dessa forma, a identificação dos minerais presentes nas amostras coletadas forneceu dados importantes sobre possíveis temperaturas de queima dos tijolos. A caracterização mineralógica também apresentou minerais semelhantes entre algumas amostras, o que pode indicar a mesma matéria-prima utilizada durante a fabricação. O agrupamento das amostras semelhantes também pode ajudar a traçar considerações sobre a temporalidade das edificações, já que não se tem registros das datas exatas de construção. Dessa forma, o grupo 01, composto somente por amostras da edificação 01 (AM01 e AM03) pode indicar que estas alvenarias foram construídas em período distinto da amostra AM06 na mesma edificação, ou que a casa foi construída em período distinto das demais edificações, ou que esta teve tijolos fabricados com matéria-prima diversa da utilizada na edificação 02, 03 e na Igreja Matriz de Santa Leopoldina (edificação 04). Por outro lado, algumas amostras de edificações diferentes são semelhantes do ponto de vista mineralógico, como as edificações 02 e 04. Sendo a edificação 04 a Igreja Matriz, cujos tijolos, acredita-se, foram fabricados localmente, conforme verificado no capítulo 04, em nota no Jornal

vigente na época, Correio da Victoria, pode-se interpretar que o mesmo fabricante produziu os tijolos da edificação 02.

Nesse contexto, e considerando o quadro socioeconômico da antiga colônia de Santa Leopoldina e a produção de tijolo na capital do Estado, Vitória, a probabilidade de fabricação local dos tijolos em Santa Leopoldina é significativa. Corroborando esta hipótese, com relação à caracterização física, os resultados obtidos também podem fornecer orientações sobre processo de fabricação dos tijolos, pois a análise dos ensaios de absorção total em água e massa específica aponta tijolos porosos, que podem ser reflexo de um processo de produção artesanal e não mecanizado. Ainda que estes possam estar com a porosidade acessível elevada, devido ao grau de deterioração, é provável que tenham sido moldados artesanalmente já que a superfície é irregular e os tamanhos das amostras diferem em alguns centímetros. Cabe salientar que estas características são incomuns em um processo como a extrusão ou a prensagem da argila, métodos típicos da segunda metade do século XIX, cujo resultado final apresentava tijolos menos porosos e superfície mais regular.

Ainda nesse âmbito, na edificação 01, inclusive, é possível verificar certa lixiviação das amostras em contato com a água, indicando a possibilidade de queima parcial dos tijolos, o que pode sugerir a fabricação em forno possivelmente mais rudimentar ou, talvez, mão-de-obra não especializada. Quanto à mão-de-obra, também é possível perceber que esta não adotava recomendações básicas, descritas nas literaturas da época, como a limpeza da matéria-prima com consequente retirada de impurezas e materiais presentes na argila, já em algumas amostras pode-se verificar fragmentos de quartos.

Ainda sobre a fabricação dos tijolos, com relação à resistência mecânica das amostras, foram encontrados valores distintos entre as três edificações, sendo que a edificação 01 possui resistência bastante inferior às edificações 02 e 03. Ainda que tenha sido analisado somente um tijolo por edificação, tendo em vista a especificidade já argumentada sobre a coleta para esse tipo de ensaio em edificações históricas, pode-se interpretar que os tijolos não tiveram queima uniforme durante a fabricação. Considerando que as edificações podem ou não ter sido construídas na mesma época, acredita-se também na possibilidade de fabricantes diferentes, ainda que, em alguns casos, eles possam ter utilizado a

mesma matéria-prima. Portanto, considerando a possibilidade da utilização da mesma matéria-prima em algumas amostras, provavelmente os tijolos apresentam resistência mecânica distintas devido ao estado de conservação, mas podem também ser reflexo de processos de fabricação distintos, em fornos artesanais com queima irregular em toda a superfície.

Quanto ao estado de conservação dos tijolos, foram identificadas grandes quantidades de cloreto em todas as amostras analisadas, variando a intensidade em cada amostra. Como visto no capítulo 01, os cloretos são sais solúveis higroscópicos, que, em contato com a água, são dissolvidos e, após evaporação da água, recristalizam-se dentro dos poros do material cerâmico, causando, em alguns casos, rompimentos, as chamadas criptoflorescências. A tensão de cristalização interna, junto com as eflorescências, representa um dos maiores danos ao tijolo e pode culminar em grandes fissuras e perdas de material.

De maneira semelhante, nitratos e sulfatos causam o mesmo efeito sobre os tijolos cerâmicos, e, nos tijolos analisados, também foram encontradas pequenas e médias quantidades de nitratos e sulfatos. Após análise das amostras, considerando alturas de coleta e intervenções já ocorridas nos imóveis, acredita-se que o sulfato seja proveniente de argamassas de cimento utilizadas em intervenções anteriores, e que o nitrato tenha entrado nas alvenarias por alguma contaminação dos materiais durante a construção da edificação, já que a origem está relacionada a dejetos orgânicos e foram encontrados nitratos nos pavimentos superiores das edificações 02 e 03.

Quanto à origem dos cloretos encontrados nas amostras, tendo em vista que estes sais estão presentes no aerossol salino e no mar, e considerando que Santa Leopoldina está distante aproximadamente 52km do litoral, e ainda, que foram encontrados cloretos inclusive em trechos nos limites superiores das alvenarias (o que inviabiliza a condução destes pela capilaridade ascendente), acredita-se que estes sais estavam presentes no momento de fabricação dos tijolos cerâmicos, ou por meio da areia utilizada como desmoldante ou contaminação da matéria-prima.

Portanto, com base na identificação das manifestações patológicas e na constatação da presença de sais em 100% da amostragem, verifica-se que, de fato, a água

representa um dos maiores danos hoje aos tijolos históricos analisados no núcleo urbano de Santa Leopoldina. Ainda que se saiba que, de forma geral, a água corresponda somente a uma parcela da deterioração de edificações contemporâneas, nas edificações históricas os impactos da entrada de água nas alvenarias é um fator determinante para a estabilidade da edificação já que os tijolos são mais porosos, permitindo, portanto, maior circulação de água dentro do material. Inclusive, estudos mais recentes, como a análise conduzida por Foraboschi e Vanin (2014), observam que a resistência mecânica dos tijolos diminui de maneira inversamente proporcional ao grau de umidade presente na alvenaria, adquirindo menor resistência mecânica na presença de sais. As análises de Foraboschi e Vanin (2014) referem-se aos tijolos cerâmicos de Veneza, sujeitos, de certa forma, a uma condição similar aos de Santa Leopoldina, se considerarmos que em ambas as regiões o material cerâmico está sujeito a ciclos frequentes de imersão e evaporação da água, e ocorre entrada de água nos limites inferiores da alvenaria, atingindo aproximadamente 1m e permanecendo com água por algumas horas, ainda que a situação em Veneza seja consideravelmente mais frequente e mais grave devido a entrada de água do mar. Os autores também destacam que a relação da umidade com a resistência mecânica é mais danosa às edificações do que a relação da porosidade com a resistência mecânica.

Ou seja, se de fato a umidade contribui para a aceleração da degradação e para a diminuição da resistência mecânica dos tijolos cerâmicos, deve-se atentar para a condição de alerta quanto a durabilidade das edificações históricas de Santa Leopoldina. Assim, considerando o cenário descrito com a apresentação dos parâmetros climáticos da região, no capítulo 5, item 5.2, verifica-se, especialmente quando se analisa os gráficos elaborados, que a taxa de umidade da região é extremamente alta, com média aproximada de 85 a 87,5% e que esta vem crescendo ao longo dos últimos anos, o que também ocorre com o nível do Rio Santa Maria, que apresenta níveis mais altos a partir da década de 1990.

Portanto, pode-se concluir que as inundações estão ocorrendo com uma frequência maior no núcleo urbano de Santa Leopoldina, se comparado ao número de ocorrências entre 1949 e 1992. Assim, examinando os riscos que incidem sobre as edificações históricas do núcleo urbano de Santa Leopoldina, a pesquisa traz

resultados que podem ser utilizados para retardar o processo de deterioração do tijolo cerâmico e, por consequência, das alvenarias e da edificação como um todo, estendendo a longevidade do patrimônio material do sítio histórico. Os métodos orientados para dessalinização das alvenarias, que englobam emplastros de argila bentonita, têm eficácia observada em situações de intervenção no patrimônio brasileiro, como observado em intervenções de restauro realizadas por Mário Mendonça de Oliveira, arquiteto brasileiro que, à frente do NTPR, desenvolveu os primeiros emplastros usando bentonita.

Com relação à consolidação, também é importante salientar, a aplicação do consolidante inorgânico tetraetil ortosilicato (TEOS) é um método já consolidado nos países europeus e que, ao longo das últimas décadas, vem sendo bastante utilizado no Brasil. Contudo, para a continuação desta pesquisa, indica-se que sejam realizados testes para verificar a eficácia da consolidação com TEOS nas alvenarias dos edifícios históricos do núcleo urbano de Santa Leopoldina.

Desdobramentos possíveis também podem abranger pesquisas sobre a proteção dos tijolos no que se refere à inibição da cristalização de sais, como discorre Torraca (2009) quando afirma que, nos primeiros anos do século XXI, foi realizado um projeto de pesquisa que consistia em avaliar um inibidor de cristalização capaz de reduzir os danos causados pela cristalização de cloreto de sódio. O mecanismo adotado consiste em favorecer a formação de cristais muito pequenos, inibindo a tensão de cristalização. Torraca (2009) ainda destaca que algumas substâncias podem agir como inibidores de diferentes classes de sais, como ferrocianeto de potássio, que seria adequado para atuar contra o cloreto de sódio. Contudo, Torraca (2009) observa que os resultados satisfatórios obtidos em laboratório não foram reproduzidos em condições reais, pois encontram algumas barreiras, como a dificuldade de conseguir uma distribuição adequada do produto inibidor em poros que contêm sais e água (TORRACA, 2009).

Ainda levando em consideração as análises de Torraca (2009) sobre consolidantes para alvenarias antigas, vale salientar que as tecnologias atuais se destinam a amenizar a degradação dos materiais antigos, reconstituindo a coesão dos materiais e retardando novos processos de deterioração. Torraca (2009) destaca que, entre as opções disponíveis, deve-se optar pelo consolidante mais adequado considerando a

avaliação prévia da estrutura do material a ser consolidado, bem como as causas de deterioração, testando, inclusive, os consolidantes para avaliar sua durabilidade frente às condições que eles irão enfrentar. Dessa forma, é possível estimar a vida útil do material que está sendo reparado ou substituído. Por fim, o autor salienta que os objetivos das atuais tecnologias de conservação consistem em estender a vida útil do patrimônio arquitetônico por pelo menos vinte cinco anos, entregando, assim, o testemunho do passado em boas condições para a próxima geração, que deverá ter mais conhecimentos e tecnologias à sua disposição.

Para finalizar, quando consideramos transmitir o Sítio histórico de Santa Leopoldina em perfeitas condições para a geração seguinte, deve-se ressaltar a tarefa multidisciplinar para que, de fato, medidas concretas de salvaguarda sejam efetivadas em conjuntos patrimoniais localizados em condições climáticas similares. Como visto no capítulo 05, as inundações têm causado grandes desastres no Brasil, gerando forte impacto negativo sobre os núcleos urbanos e a segurança da população. De fato, é possível afirmar, o país carece de uma política de monitoramento e controle dos desastres naturais para, dessa forma, perdas serem amenizadas ou até inibidas. Com relação ao patrimônio arquitetônico, a falta de conhecimento por parte do governo municipal dos impactos da água nas estruturas históricas reduz as possibilidades de prolongamento da vida útil das edificações.

Dessa forma, considerando uma gestão estratégica, é fundamental que as diretrizes aqui orientadas, destinadas ao prolongamento da vida útil dos tijolos cerâmicos, e, por consequência, das edificações do Sítio histórico de Santa Leopoldina, atuem em consonância com as políticas públicas e com a participação cidadã.

Referências Bibliográficas

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBERTI, Leon Battista. *De re aedificatoria* (Florença, 1495). Tradução de Giovanni Orlandi, ed. Bilingue latim/italiano, *L'architettura*, Milão: Il Polifilo, 1966, 2 vol.

ALBUQUERQUE, Marcos Antônio Gomes de Matto. **As escavações arqueológicas no Forte de Orange**. In *Revista Brasileira de Arqueometria, Restauração e Conservação*. Vol.1, Nº 2, pp. 051 – 055, 2007.

ALMEIDA, Renata Hermanny. **A Salvaguarda dos Bens Patrimoniais e a Tessitura de Territorialidades Sócio-Espaço-Temporais**. In: Espírito Santo (Estado). Secretaria de Estado da Cultura. Conselho Estadual da Cultura. **Arquitetura / Patrimônio Cultural do Espírito Santo**. Vitória: SECULT, 2009.

ALVES, Vanderson Moreira Silva. **A produção do espaço urbano de Vitória - ES pela construção imobiliária entre o final do século XIX e meados do século XX**. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2015.

AMARAL, Rosangela; RIBEIRO, Rogério. **Inundação e Enchentes**. In **Desastres naturais: conhecer para prevenir**. São Paulo: Instituto Geológico, 2009.

ANDRADE, Bruno Amaral de Andrade. **O Patrimônio territorial de Santa Leopoldina/ES como pretexto para proposição de uma rota patrimonial**. Disponível em: <http://pt.slideshare.net/brandrade1/o-patrimnio-territorial-de-santaleopoldina-es-como-pretexto-para-a-proposio-de-uma-rota-patrimonial>. Acesso em: 12 jul 2015.

ARNHEIM, Rudolf. **Arte e percepção visual**. São Paulo: Pioneira, 1997.

AURAS, Michael. **Poultices and mortars for salt contaminated masonry and stone objects**. Institute for the conservation of stone, Mainz, Germany. In: Conference on Salt Weathering of Buildings and Stone Sculptures (SWBSS), 2008.

BELMIN, Vergès; SIEDEL, H. **Desalination of Masonries and Monumental Sculptures by Poulticing: A Review**. In: **Restoration of Buildings and Monuments Bauinstandsetzen und Baudenkmalpflege** Vol. 11, No 6, 391–408, 2005.

BENEVOLO, Leonardo. **História da Cidade**. São Paulo: Perspectiva, 1983.

BICCA & BICCA (Orgs). **Arquitetura na formação do Brasil**. Brasília: Iphan, 2008.

BRAGA, Márcia. **Conservação e Restauo: pedra – pintura mural e pintura sobre tela**. Rio de Janeiro: Editora Rio, 2003.

BRANDI, Cesare. **Teoria da restauração**. Tradução Beatriz Mugayar Kühl. 3. ed. Cotia, SP: Ateliê Editorial, 2008.

BUYS, Susan; Oakley, Victoria. **Conservation and Restoration of ceramics**. Canadá: Editora Routledge, 2014.

COSTA, J. R. Da. SANTA LEOPOLDINA (ES). Prefeitura. **Canoeiros do Rio Santa Maria**. 2. ed. Vitória: Fundação Ceciliano Abel de Almeida, 1982.

CAMPBELL, James W. P; PRICE, Will. **Historia Universal do tijolo**. Portugal: Editora Caleidoscópio, 2005.

CARDIM, Fernão. **Narrativa epistolar de uma viagem e missão jesuítica pela Bahia, Ilheos, Porto Seguro, Pernambuco, Espírito Santo, S. Vicente (S. Paulo), etc. Desde o anno de 1583 ao de 1590**. Lisboa: Imprensa Nacional, 1847.

COSTA, Lúcia Verdello. **25 séculos de cerâmica**. Lisboa: Editorial Estampa, 2000.

COSTA, Marcondes Lima; RODRIGUES, Suyanne Flávia Santos. **Ciência dos Minerais – Mineralogia**. Belém: GTR Gráfica e Editora, 2012.

DAVEY, Norman. **A History of building materials**. London: Phoenix House, 1961.

DONA, Chiara. **Studio di Prodotti Consolidanti a base di sílice per supportati lapidei**. Tesi di Laurea do Corso magistrale in Scienze Chimiche per la Conservazione e il Restauro. Unisersità Ca'Foscari Venezia, 2012.

DUHAMEL, FOURCROY et GALLON. **L'art du tuilier et du briquetier**. Paris: s/ed, 1763.

ELERT, Kerstin; CULTRONE, Giuseppe; NAVARRO, Carlos; PARDO, Eduardo. Durability of bricks used in the conservation of historic buildings – Influence of composition and microstructure. **Journal of culture heritage**, 2003.

ESPÍRITO SANTO (Estado). Secretaria de Estado da Cultura. Conselho Estadual da Cultura. **Arquitetura / Patrimônio Cultural do Espírito Santo**. Vitória: SECULT, 2009.

FERRARI, Ângela de Biase. **Notas sobre os alemães no Espírito Santo**. IN II Colóquio de Estudos Teuto-Brasileiros, Recife, abril de 1968. Revista do Instituto Histórico e Geográfico do Espírito Santo. Disponível em <http://www.estacaocapixaba.com.br/temas/imigracao/notas-sobre-os-alemaes-no-espirito-santo/>, acesso: 10 jul 2015.

FORABOSCHI, Paolo; VANIN, Alessia. **Experimental investigation on brick from historical Venetian buildings subjected to moisture and salt crystallization**. **Engineering Failure Analysis**, 2014.

FRANKE, L; SCHUMANN, I. **Decay of historic brick buildings in Nothern Germany: Cases studies and reports of research**. In Conservation of historic brick structures. Org: N.S Baer, S. Fitz e R.A Livingston. Shaftesbur: Editora Donhead, 2009.

FRIESEM P; PROTZ, A. Desalination of brick-work and Porous media. In: **Conservation of historic Brick Structure**, Editado por BAUER, N.S; FITZ, S; LIVINGSTON, R.A. Shaftsbury, Donhead Publishing Ltd, 2009.

GROSSELLI, R. M. **Colônias imperiais na terra do café: camponeses trentinos (vênetos e lombardos) nas florestas brasileiras: Espírito Santo 1874-1900.** Vitória, ES: Arquivo Público do Estado do Espírito Santo, 2008.

GURRIERE, Francesco; TAMPONE, Gennaro. **Catastrofi naturali e Beni culturali: Strategie di prevenzione e riabilitazione.** Florença: Università degli studi de Firenze, 2000.

HENRIQUES, Fernando M.A. **Humidade em Paredes.** Lisboa: LNEC, 2007.

HIDALGO, Manuel Muñoz. **Influencias, daños y tratamientos de las humedades en la edificación.** Sevilla: Autor-editor, 2004.

GOMES, Geraldo. **Engenho e arquitetura.** Recife: Fundaj, Massangana, 2006.

_____. **Arquitetura do Açúcar.** In: BICCA & BICCA (Orgs). **Arquitetura na formação do Brasil.** Brasília: Iphan, 2008.

LEISEIGNEUR, Annie, Guilluy, Françoise. **L'argile dans sous sés états.** Elbeuf: Association pour La valorisation Du patrimoine normand, 1988.

LEITE, Serafim. **Breve história da Companhia de Jesus. 1549-1760.** Braga, Portugal: Livraria A. I, 1993.

LEMOS, Carlos A.C. **Alvenaria Burguesa: breve história da arquitetura residencial de tijolos em São Paulo a partir do ciclo econômico liderado pelo café.** 2ª ed. São Paulo: Nobel, 1989.

LIVINGSTON, R.A; STUZMAN, P.E; SCHUMANN, I. Quantitative X-ray Diffraction Analysis of hand-molded brick. In: **Conservation of historic Brick Structure**, Editado por BAUER, N.S; FITZ, S; LIVINGSTON, R.A. Shaftsbury, Donhead Publishing Ltd, 2009.

LOUREIRO, Alexandre. **Argamassas para dessalinização de Alvenaria Mista de Edifício histórico de Belém.** Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal do Pará, Belém, 2013.

MAGALHÃES, Ana Cristian Alves. **Degradação de revestimentos de paredes de edifícios antigos: Metodologia de diagnóstico.** Dissertação de Mestrado em Arquitetura e Urbanismo – Universidade Federal da Bahia, PPGAUFBA, Salvador, 2013.

MARENGO, J. A.; SCHAEFFER, R.; PINTO, H.S.; ZEE, D.M.W. **Mudanças climáticas, condições meteorológicas extremas e eventos climáticos no Brasil.** Rio de Janeiro: Fundação Brasileira para o Desenvolvimento Sustentável (FBDS), 2009.

MARTINUZZO, José Antônio. **Germânicos nas terras do Espírito Santo**. Vitória: Espírito Santo, 2009.

MATTEINI, Mauro; MOLES, Arcangelo. **Ciencia y restauración: método de investigación**. Tradução de Marina Martínez de Marañón. Donostia-San Sebastián, Espanha: Editora Nerea, 2001.

MATHEUS, João Mascarenhas. **Técnicas Tradicionais de Construção de Alvenarias: a literatura técnica de 1750 a 1900 e o seu contributo para a conservação dos edifícios históricos**. Lisboa: Livros Horizontes, 2002.

MEDEIROS, Rogério. **Espírito Santo: Encontro das raças**. Vitória: Dom Quixote Livraria Editora Ltda, 1994.

MELLO, José Antônio Gonçalves de. **Fontes para a história do Brasil holandês: 1. A economia açucareira**. Recife: Parque Histórico Nacional dos Guararapes; MEC/SPHAN/Fundação Pró-Memória, 1981.

MOYA, Margarita San Andrés; FERRER, Sonsoles de La Viña. **Fundamentos de química y física para la conservación y restauración**. Madrid: Editorial Síntesis, 2004.

MORALES, Ascension Ferrer. **La cerámica arquitectónica: Su conservación y restauración**. Sevilha: Universidad di Sevilha, 2007.

NOSSA, Damiany Farina. **Documentação & Intervenção Patrimonial: uso de tecnologias digitais na documentação e interpretação do patrimônio arquitetônico. Experimentação em Santa Leopoldina/ES**. Programa Institucional de Iniciação Científica - Relatório Final de Pesquisa. Universidade Federal do Espírito Santo, 2015.

OLIVEIRA, Mário Mendonça de. **As fortificações portuguesas de Salvador quando cabeça do Brasil**. Salvador: Fundação Gregório de Mattos, 2004.

_____. **Restauo Estrutural: Intuição e cálculo**. In **DAMSTRUC - 4rd International Conference on the Behaviour of Damaged Structures**, João Pessoa, 2005.

_____. **A Documentação como Ferramenta de Preservação da Memória - Cadastro, Fotografia, Fotogrametria e Arqueologia**. Programa Monumenta / Iphan. Cadernos técnicos 7. 2008.

_____. **Tecnologia da Conservação e da Restauração: materiais e estruturas**. 4. ed. Salvador: EDUFBA, 2011.

_____. **Desenho de Arquitetura Pré-Renascentista**. 4. ed. Salvador: EDUFBA, 2011.

PADULA, Enzo. **Nuovi Trattamenti Consolidanti a base fosfática per i material per i material lapidei nel restauro architettonico**. Tesi di Laurea do Corso di

l'aura in ingegneria edile e architettura. Università di Bologna – Facoltà di Ingegneria, Bologna, 2012.

PEIXOTO, Gustavo Rocha. **Arquitetura do Café**. In: BICCA & BICCA (orgs). **Arquitetura na formação do Brasil**. Brasília: Iphan, 2008.

PETRONE, P. **Aspectos Geográficos da Área de Colonização Antiga no Estado do Espírito Santo**. Vitória: IHGES, 2004.

PETRUCCI, Eládio. **Materiais de construção**. Porto Alegre: Editora Globo, 1975.

POSENATO, Júlio. **Arquitetura da imigração italiana no Espírito Santo**. Porto Alegre: Posenato Arte & Cultura, 1997.

QUEIROZ, Rodrigo Zotelli. **Uso de Ferramentas Computacionais para Análise de Modificações na Ambiência Urbana de Sítio Histórico Tombado: ensaio em Santa Leopoldina – ES**. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2013.

RAMALHO, M. M. de. **A arqueologia da arquitetura: método de análise estratigráfica aplicada ao patrimônio arquitetônico**. Aula aberta do 7º Curso de Mestrado em Reabilitação da Arquitetura e Núcleos Urbanos, FAUTL, 2007/2008. Disponível em: <http://mestrado-reabilitacao.fa.utl.pt/seminario/Mariaramalho.pdf>.

REIS FILHO, Nestor Goulart. **Quadro da Arquitetura no Brasil**. São Paulo: Perspectiva, 2010.

RIBEIRO, Nelson Pôrto. **Alvenarias e Argamassas. Restauração e Conservação**. Coleção artes e Ofícios. Rio de Janeiro: In-Fólio, 2009

_____. **Atores da Construção Civil no Espírito Santo do século XIX**. In: **A Construção da cidade portuguesa na América**. Rio de Janeiro: Editora POD, 2011.

ROCHA, Isabel. **Tijolo por Tijolo: Construindo Alvenarias no Vale do Paraíba do Sul**. Tese (Doutorado) Programa de Pós-Graduação em Arquitetura, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2012.

RODRIGUES, J. Delgado; GONÇALVES, T. Dias. **Sais solúveis nas construções históricas: introdução e relato sumário**. In: **Sais solúveis em argamassas de edifícios antigos: danos, processos e soluções**. Lisboa: LNEC, 2007.

SANTIAGO, Cybèle Celestino. **Estudo dos materiais de construção de Vitruvius até o século XVIII: uma visão crítico-interpretativa à luz da ciência contemporânea**. Tese (Doutorado), Universidade de Évora, Évora, Portugal, 2001.

_____. **Argamassas tradicionais de Cal**. Salvador: EDUFBA, 2007.

SANTOS, Larrissa Acatauassu Nunes dos. **A Arqueologia da Arquitetura e a produção de tijolo na Bahia do século XVI ao XIX**. Tese (Doutorado). Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal da Bahia,

Salvador, 2012.

SANTOS, PÉRSIO DE SOUZA. **Ciência e Tecnologia de argilas**. 2ª Ed. São Paulo: Edgard Blucher, 1989. v. 1.

SANJAD, THAIS A. B. C. **Intemperismo tropical em fachadas azulejadas de edificações históricas de Belém do Pará**. 2007. Tese (Doutorado). Instituto de Geociências, Universidade Federal do Pará, Belém, 2007.

SCHWARZ, FRANCISCO. **O município de Santa Leopoldina**. Vitória: Traço Certo Editora, 1992.

SEIDE, FREDERICO HERDMANN. **Colonização alemã no Espírito Santo**. [Texto produzido em 1980 por encomenda de Fernando Achiamé para a Enciclopédia Histórica Contemporânea do Espírito Santo, não editada]. Reprodução autorizada pelo autor. Disponível em <http://www.estacaocapixaba.com.br//imigracao/colonizacao-alema-no-espírito-santo-2/>, acesso: 15 jul 2015.

SILVA, JAQUELINE P. DA; MAZZINI, MAISA; ALMEIDA, RENATA HERMANNY DE; QUEIROZ, RODRIGO Z. **Recurso informacional no monitoramento da conservação da ambiência de sítios históricos urbanos - Ensaio no Sítio Histórico de Santa Leopoldina**. In **ARQUIMEMÓRIA 4**, Salvador, 2013.

STRICKLAND, CAROL. **Arquitetura Comentada – Uma breve viagem pela história da arquitetura**. Ediouro, 2003.

TAMPONE, GENNARO. **Damages to monuments by flooding and flows of water: Types of damage to architectural monuments caused by flooding**. In **Catastrofi naturali e Beni culturali: Strategie di prevenzione e riabilitazione** (a cura di Francesco Gurrieri e Gennaro Tampone). Florença: Università degli studi de Firenze, 2000.

TEUTONICO, JEANNE MARIE. **A laboratory Manual for Architectural Conservators**. Roma: ICCROM, 1988.

THOMAZ, ERCIO. **Trincas em Edifícios – causas, prevenção e recuperação**. São Paulo: Editora PINI LTDA, 2007.

TREVISAN, ROSINA. Unidade 4: Patologias nas construções históricas”. In BRAGA, M. **Conservação e Restauro**. Livro 03. Editora Rio, 2004.

TOMINAGA, LÍDIA KEIKO. **Desastres naturais: porque ocorrem? In: Desastres naturais: conhecer para prevenir**. São Paulo: Instituto Geológico, 2009.

TORRACA, GIORGIO. **Materiaux de Construction Poreux: science des matériaux pour la conservation architecturale**. Roma: ICCROM, 1986.

_____. **Lectures on materials Science for architectural conservation**. Los Angeles: The Getty Conservation Institute, 2009.

VIOLLET-LE-DUC, EUGÈNE E. **Dictionnaire raisonné de l'architecture française du XI^e au XV^e**. Paris: F. Nobelet, 1967.

WARREN, Jonh. **Conservation of brick**. Oxford: Butterworth-Heinemann, 1999.

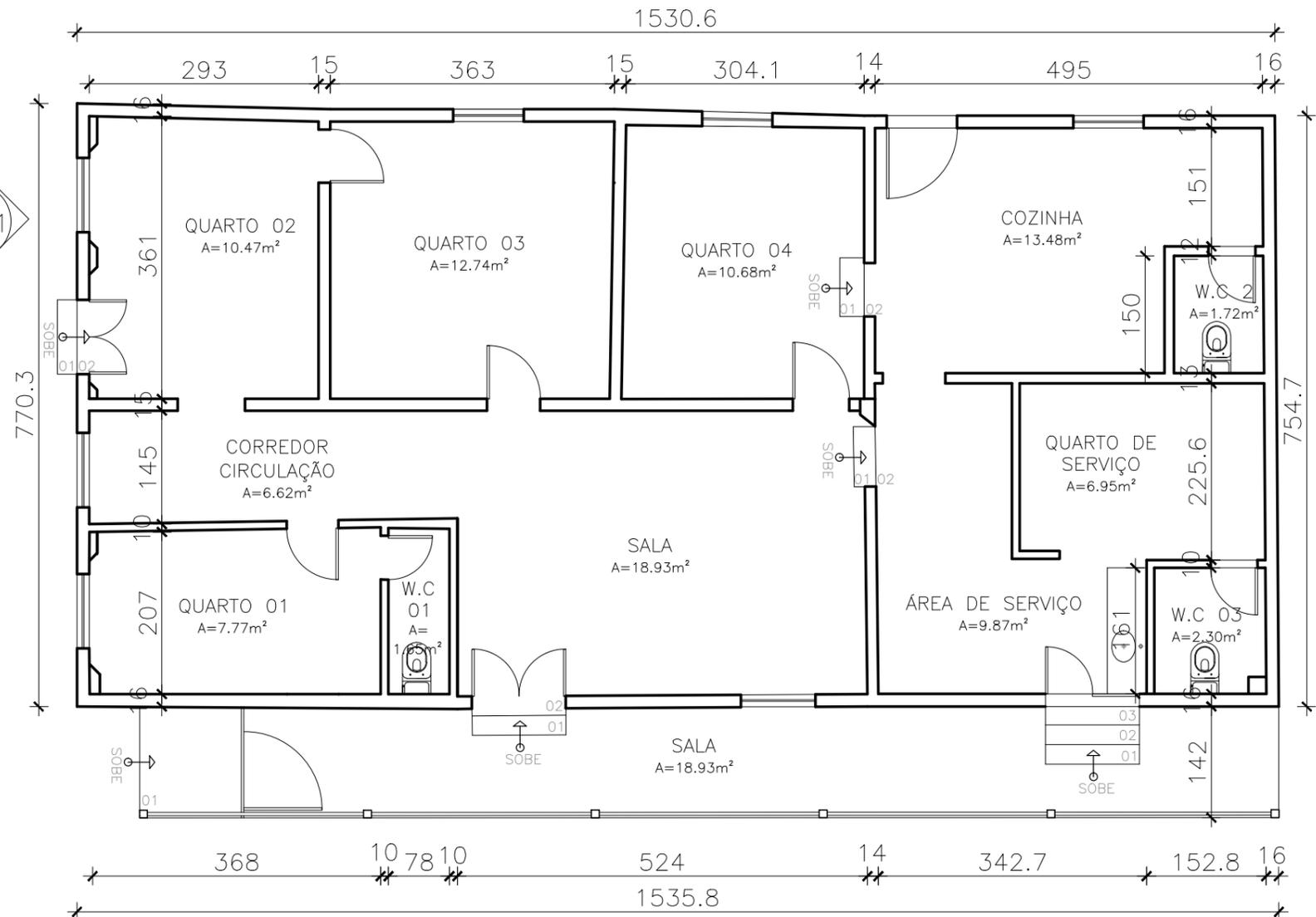
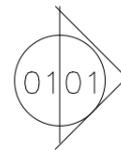
WEIMER, Gunter. **Arquitetura popular brasileira**. São Paulo: Martins Fontes: 2005.

ZANIRATO, Sílvia Helena. **Desafios para a conservação do patrimônio da humanidade diante das mudanças climáticas**. In: X Coloquio Internacional de Geocrítica, Barcelona, 26 a 30 de maio de 2008. Disponível em: <http://www.ub.edu/geocrit/-xcol/378.htm>.

Apêndice



ELEVAÇÃO 01 – FACHADA FRONTAL
ESC. 1/75



PLANTA BAIXA
ESC. 1/75

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ARQUITETURA E URBANISMO

DISCENTE: LUCIANA FLORENZANO

DATA: 27/04/2016

TÍTULO:

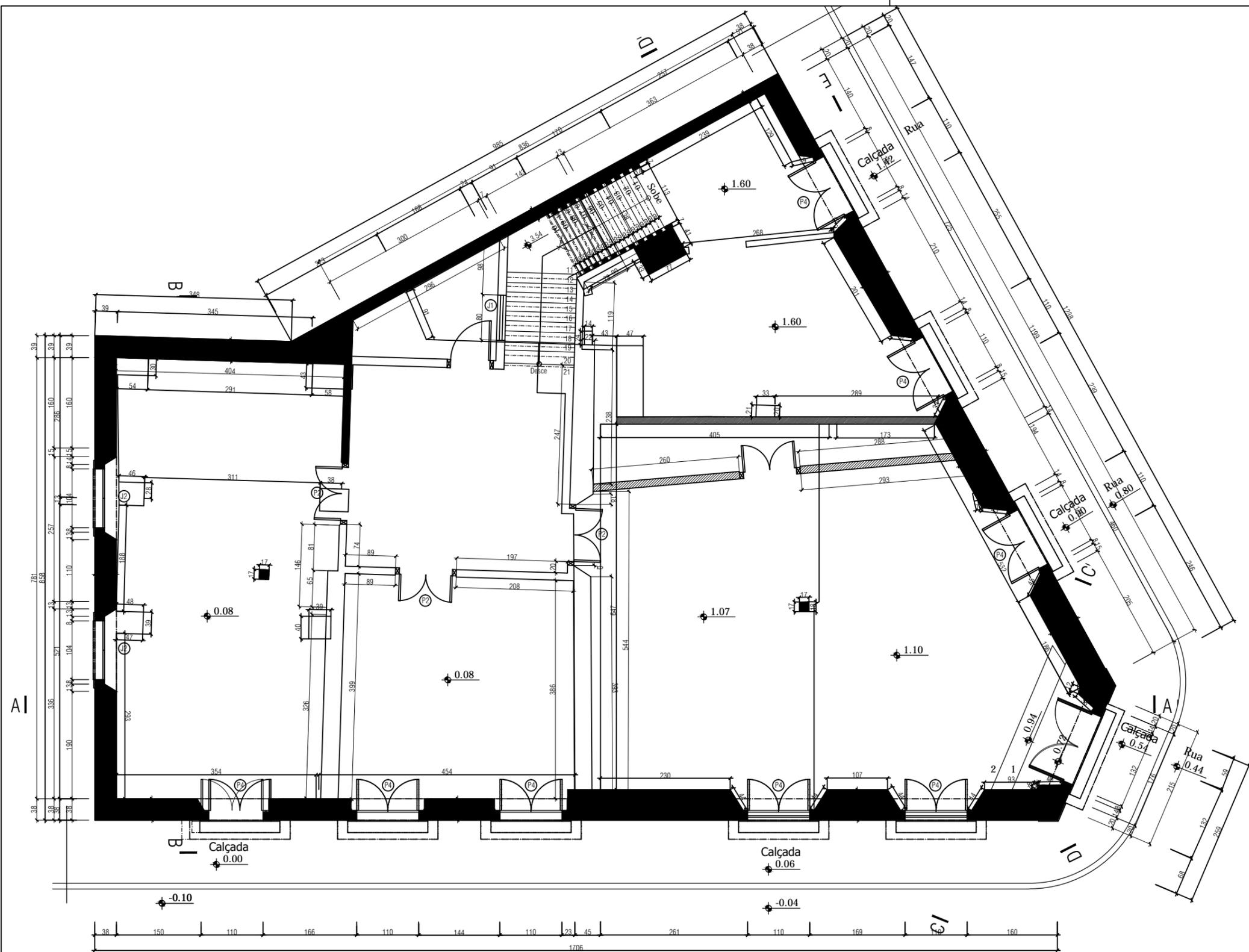
RESIDÊNCIA EM SANTA LEOPOLDINA – ES: [EDIFICAÇÃO 01]

DESENHO: PLANTA BAIXA E FACHADA FRONTAL

ESCALA: 1/50



Anexos

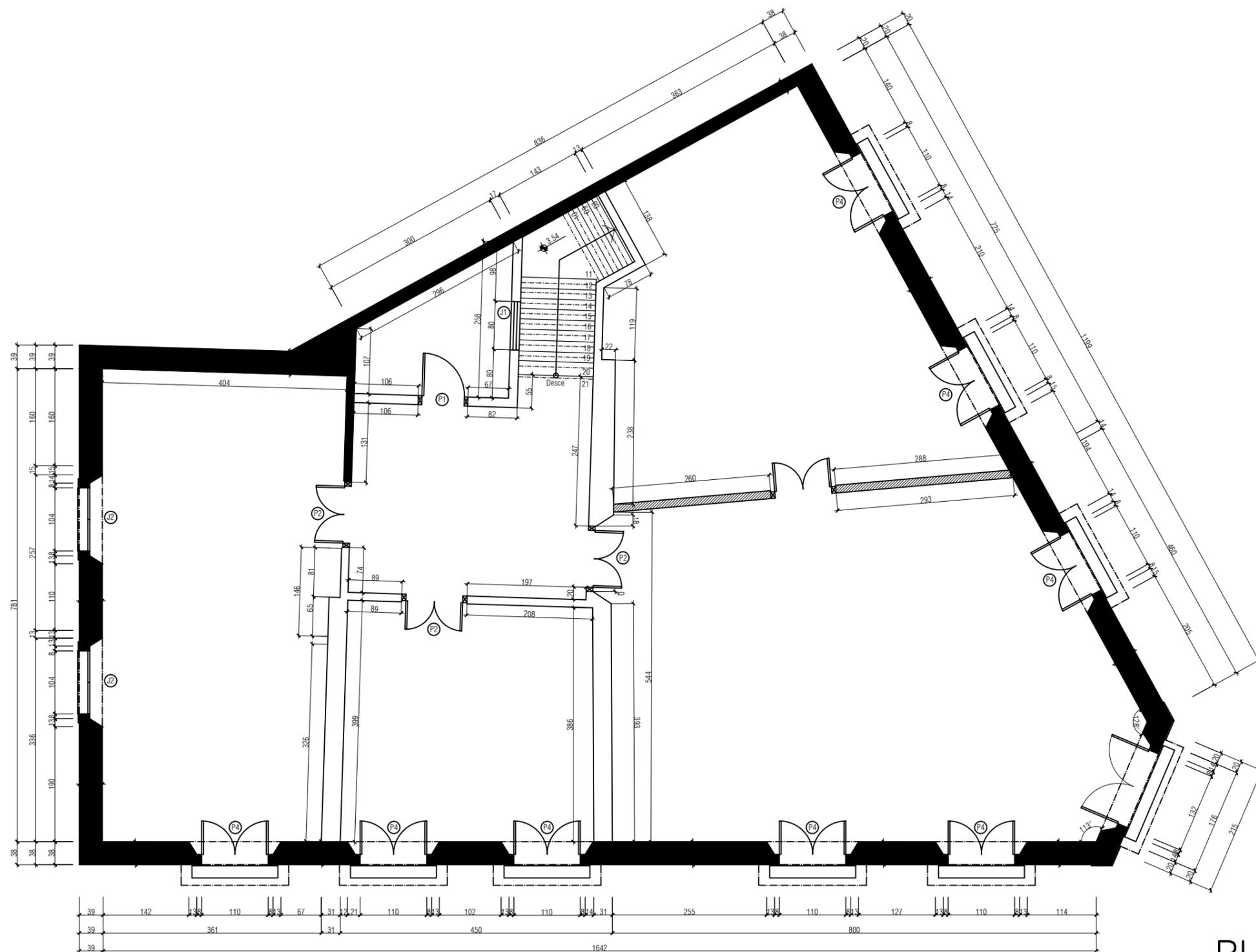


CONVENÇÕES:
 — PAREDE PRÉ-EXISTENTE
 — PAREDE POSTERIOR

PLANTA PRIM. PVTO.
 esc.: 1/75

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO - UFES
 DEPARTAMENTO DE ARQUITETURA E URBANISMO - DAU
 CENTRO DE ARTES - CAR

DISCIPLINA: PATRIMÔNIO HISTÓRICO ARTÍSTICO E CULTURAL		CONTEÚDO: LEVANTAMENTO - CASA DO CIDADÃO PLANTA PRIMEIRO PAVIMENTO		DATA: OUT/2011	ESCALA: INDICADA	PRANCHA: 01 / 04
ORIENTADORES: RENATA HERMANNY DE ALMEIDA JAQUELINE	GRUPO: ANGÉLICA DORNELAS CAMILA DINI CINTIA	GABRIEL RAMOS IZABELE HOFMAN JAQUELINE TORQUATRO	THIARA LUCAS WESLEY ROSSI			

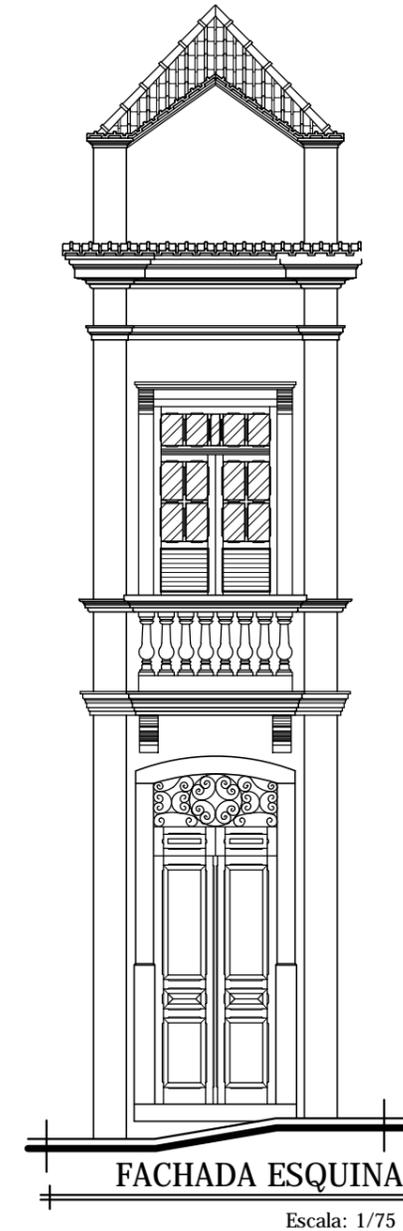
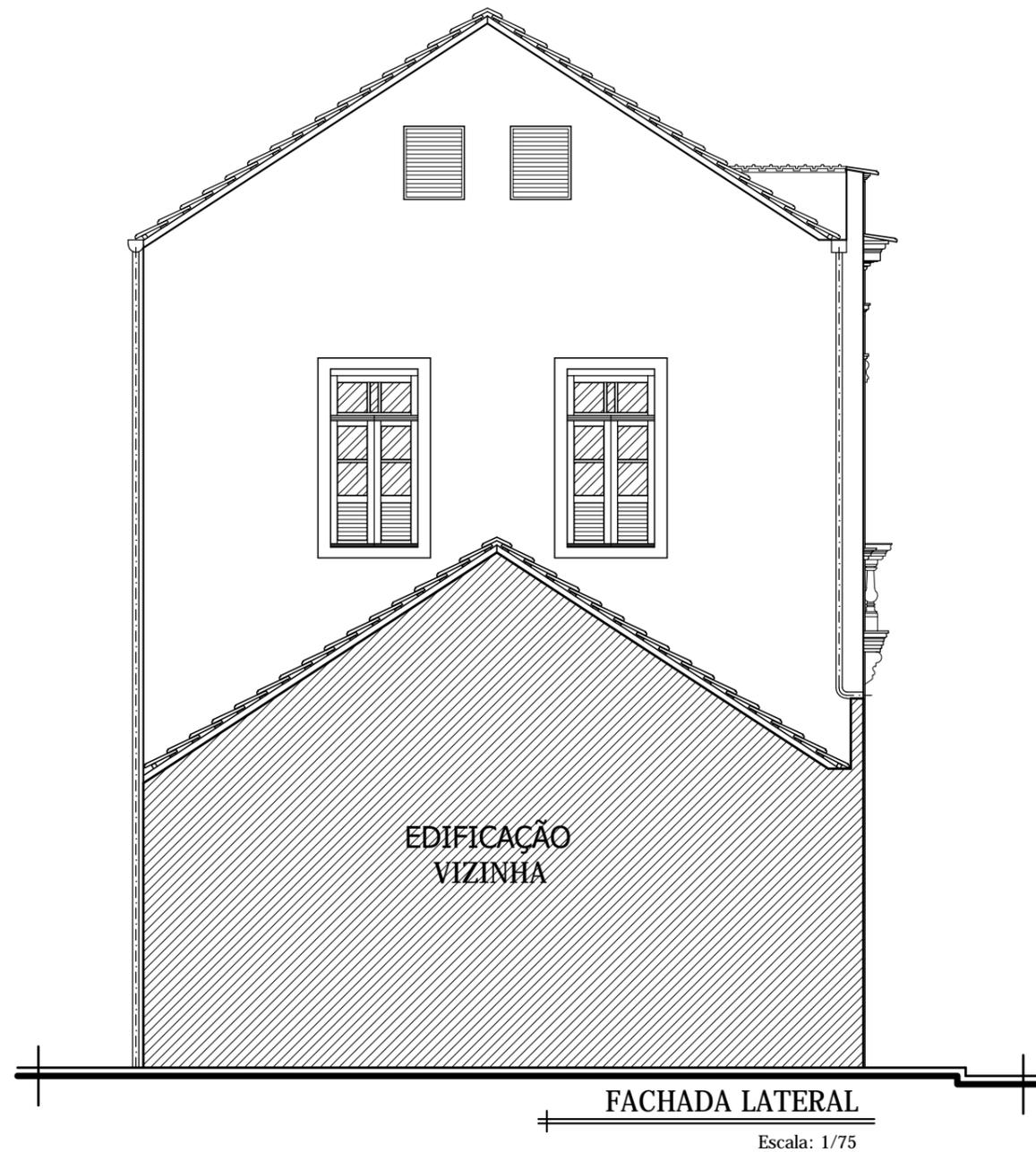


CONVENÇÕES:
 — PAREDE PRÉ-EXISTENTE
 — PAREDE POSTERIOR

PLANTA SEGUNDO PVTO.
 esc.: 1/75

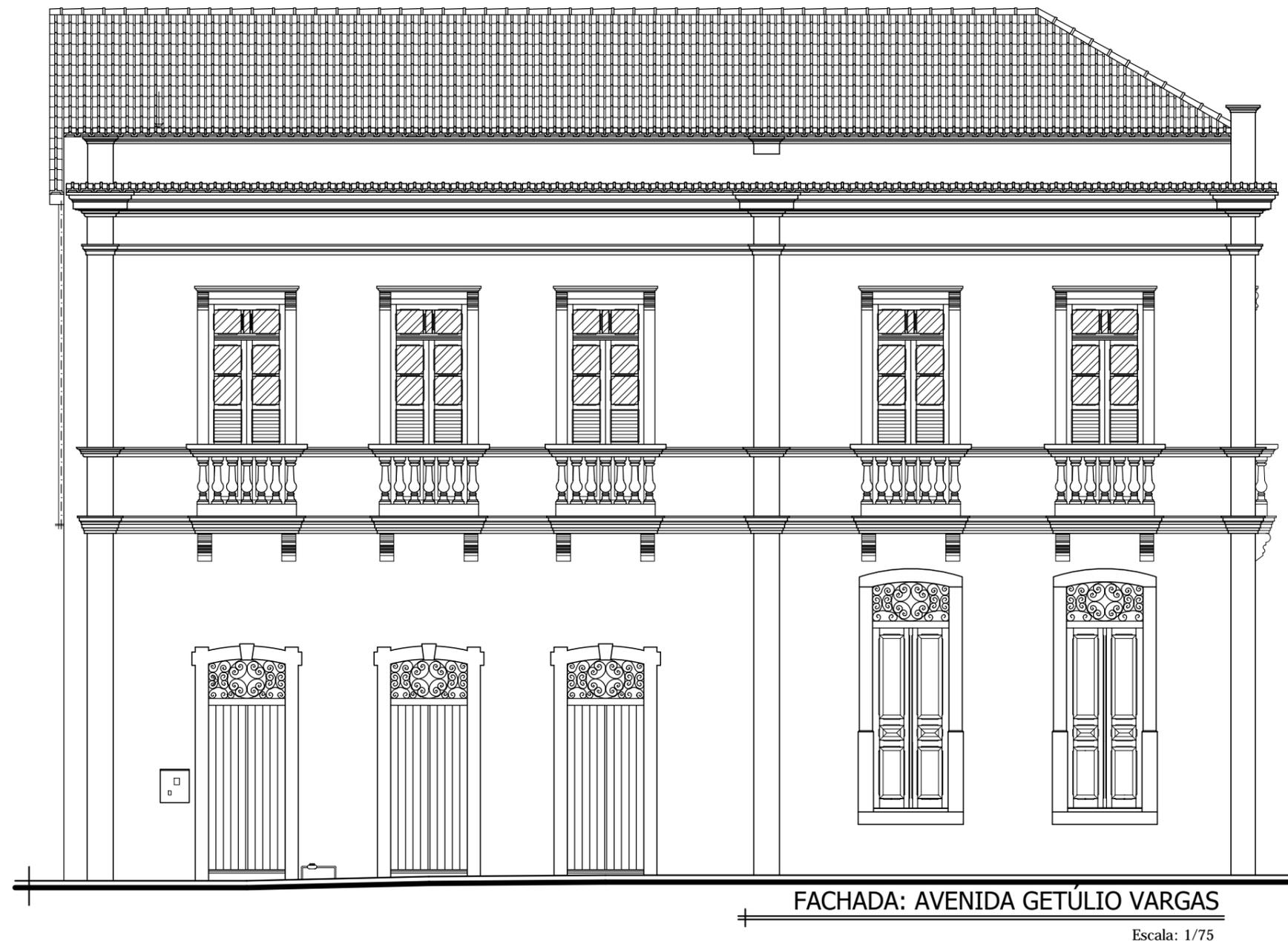
UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO - UFES
 DEPARTAMENTO DE ARQUITETURA E URBANISMO - DAU
 CENTRO DE ARTES - CAR

DISCIPLINA: PATRIMÔNIO HISTÓRICO ARTÍSTICO E CULTURAL		CONTEÚDO: LEVANTAMENTO - CASA DO CIDADÃO PLANTA SEGUNDO PAVIMENTO		DATA: OUT/2011	ESCALA: INDICADA	PRANCHA: 02 / 04
ORIENTADORES: RENATA HERMANNY DE ALMEIDA JAQUELINE	GRUPO: ANGÉLICA DORNELAS CAMILA DINI CINTIA	GABRIEL RAMOS IZABELE HOFMAN JAQUELINE TORQUATRO	THIARA LUCAS WESLEY ROSSI			



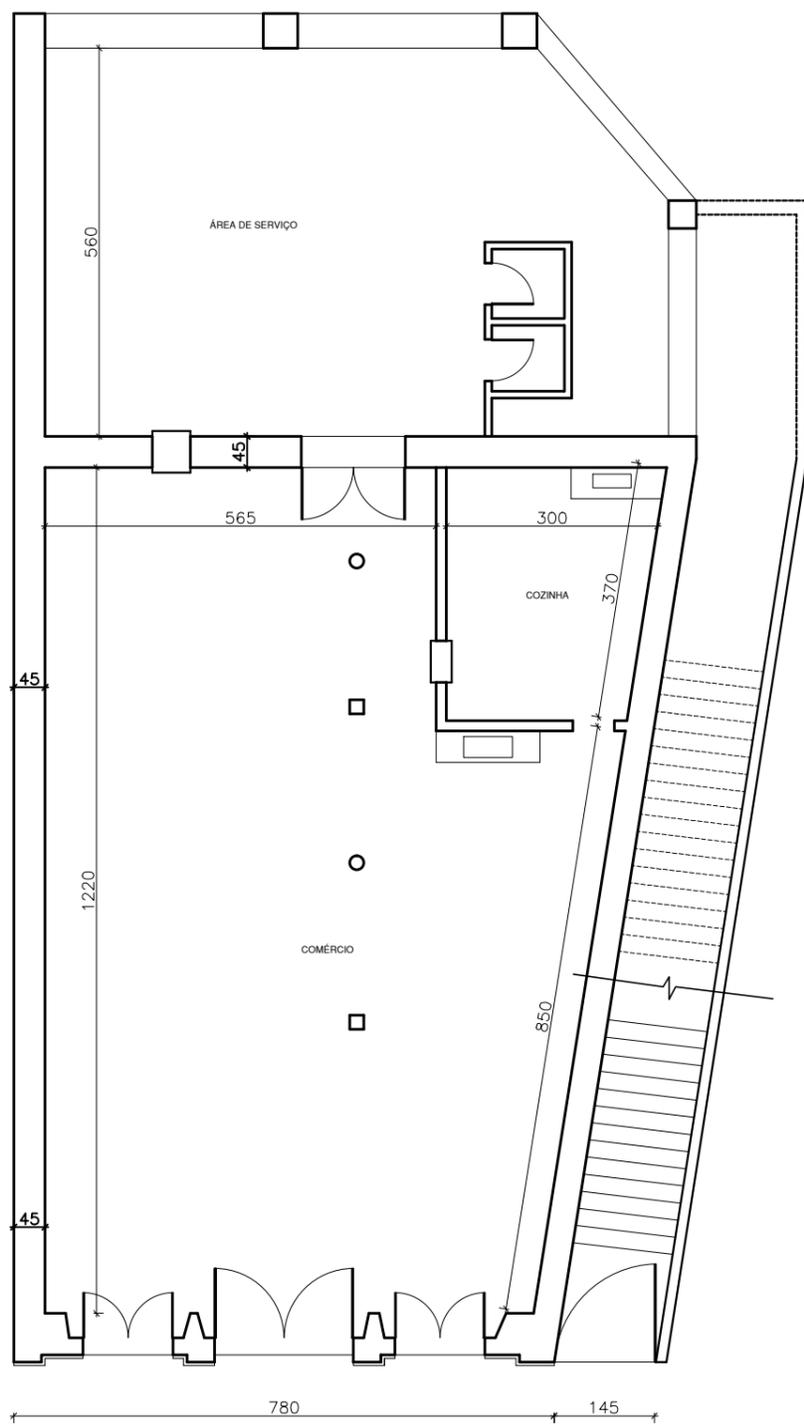
UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO - UFES
 DEPARTAMENTO DE ARQUITETURA E URBANISMO - DAU
 CENTRO DE ARTES - CAR

DISCIPLINA: PATRIMÔNIO HISTÓRICO ARTÍSTICO E CULTURAL		CONTEÚDO: LEVANTAMENTO - CASA DO CIDADÃO FACHADA LATERAL E ESQUINA		DATA: OUT/2011	ESCALA: INDICADA	PRANCHA: 03 /04
ORIENTADORES: RENATA HERMANNY DE ALMEIDA JAQUELINE	GRUPO: ANGÉLICA DORNELAS CAMILA DINI CINTIA	GABRIEL RAMOS IZABELA HOFMAN JAQUELINE TORQUATRO	THIARA LUCAS WESLEY ROSSI			

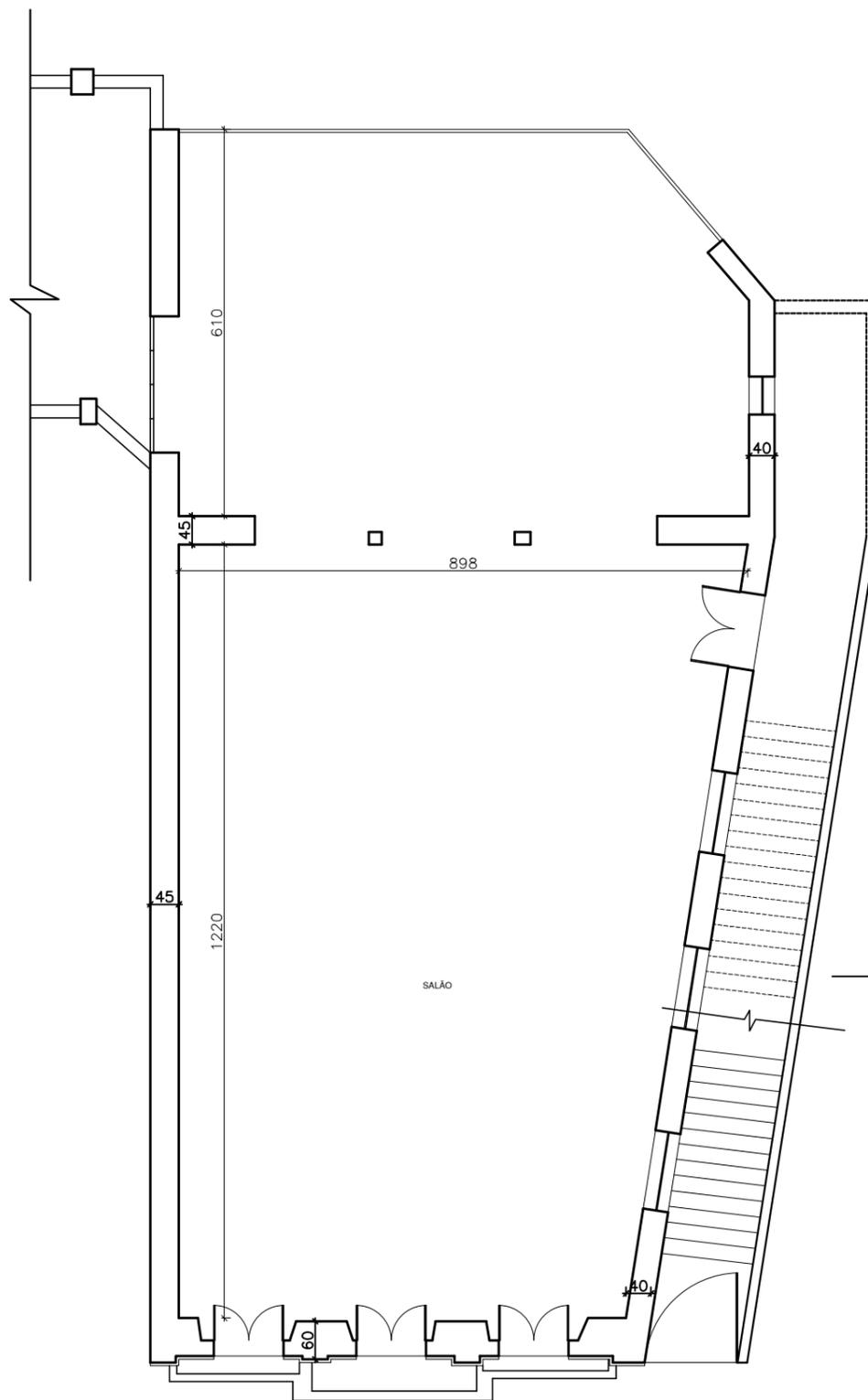


UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO - UFES
 DEPARTAMENTO DE ARQUITETURA E URBANISMO - DAU
 CENTRO DE ARTES - CAR

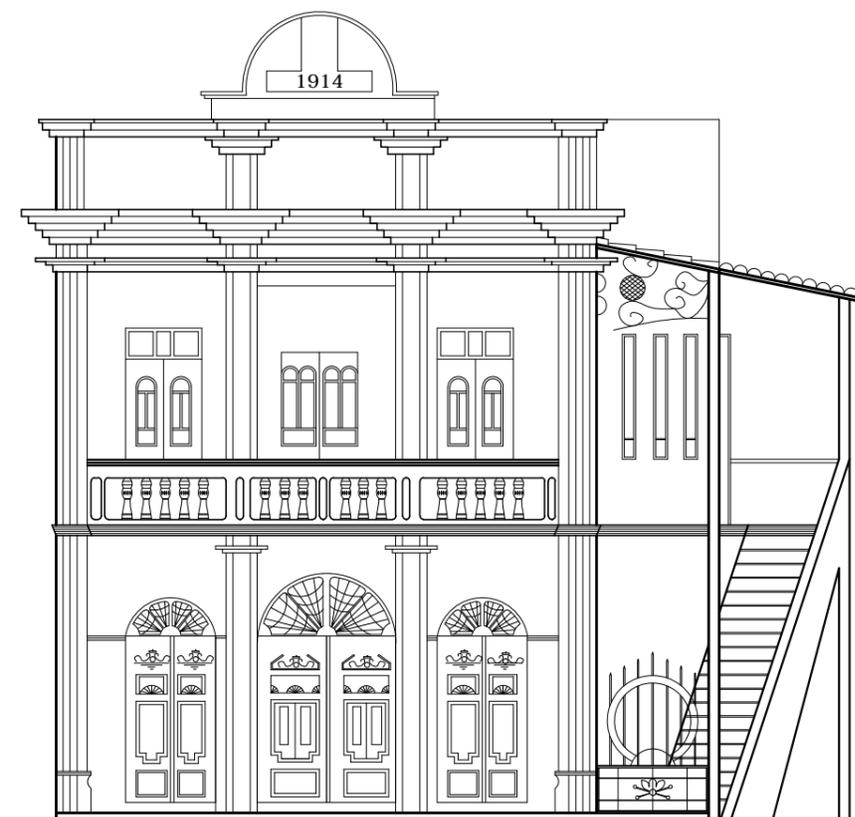
DISCIPLINA: PATRIMÔNIO HISTÓRICO ARTÍSTICO E CULTURAL		CONTEÚDO:		DATA:	ESCALA:	PRANCHA:
ORIENTADORES: RENATA HERMANNY DE ALMEIDA JAQUELINE		GRUPO: ANGÉLICA DORNELAS GABRIEL RAMOS CAMILA DINI IZABELA HOFMAN THIARA LUCAS CINTIA JAQUELINE TORQUATRO WESLEY ROSSI		LEVANTAMENTO - CASA DO CIDADÃO FACHADA AV. GETULIO VARGAS	OUT/2011	INDICADA 04 / 04



PLANTA BAIXA PAV. TÉRREO
Escala: 1/50



PLANTA BAIXA PAV. SUPERIOR
Escala: 1/50



FACHADA PRINCIPAL
Escala: 1/50

PROJETO1
PROJETO2
IMÓVEL

ENDEREÇO1
ENDEREÇO2

SITUAÇÃO SEM ESCALA

GOVERNO DO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO
SECRETARIA DE ESTADO DA CULTURA
SUBSECRETARIA DE PATRIMÔNIO CULTURAL
GERÊNCIA DE MEMÓRIA E PATRIMÔNIO

PROPRIETÁRIO IMÓVEL: _____ PROPRIETÁRIO

RESPONSÁVEL TÉCNICO: _____

CONTEÚDO: _____ DATA: _____

CONTEÚDO1 _____ ESCALA: _____

CONTEÚDO2 _____ ESCALA1 _____

CONTEÚDO3 _____ ESCALA2 _____

CONTEÚDO4 _____ EDITORAÇÃO: _____

CONTEÚDO5 _____ EDITORAÇÃO: _____

CONTEÚDO6 _____ PRANCHA: _____

PRANCHA

OBS: CÓPIA DO PROJETO ORIGINAL EM PAPEL VEGETAL DATADO DE 02/01/84