

ARTIGOS

INTERAÇÃO DE ENSAIOS NÃO DESTRUTIVOS E TECNOLOGIAS DIGITAIS EM INTERVENÇÕES NO PATRIMÔNIO HISTÓRICO ARQUITETÔNICO

Eloisa Dezen-Kempter; Gisleiva C. S. Ferreira; Márcio Hoffman; Raquel Gonçalves; Jéssica T. Libanori

ARQUEOLOGIA DA ARQUITETURA: O ESTUDO DOCUMENTAL DO EDIFÍCIO SOB A ÓTICA DO TIJOLO

Larissa Corrêa Acatauassú Nunes Santos; Mário Mendonça de Oliveira

AVALIAÇÃO POR SIMULAÇÃO DE DESEMPENHO TÉRMICO DE EDIFICAÇÃO HISTÓRICA TOMBADA NA CIDADE DE PELOTAS: SECRETARIA MUNICIPAL DE CULTURA

Stifany Knop; Eduardo Grala da Cunha

GARANTIAS AO DIREITO DE ACESSO À VENTILAÇÃO NATURAL: UM REFERENCIAL PARA QUALIDADE AMBIENTAL URBANA

Irving Montanar Franco; Marcelle Vilar da Silva; Isabela Cristina Marçal Avertano Rocha; Dorival Freitas Pinheiro; Adry Kleber Ferreira de Lima



FICHA CATALOGRÁFICA

Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da UFPA – Biblioteca

S471a Seminário Nacional de Documentação do Patrimônio Arquitetônico com o Uso de Tecnologia Digitais (2. : 2012 : Belém, PA).

Anais do II Seminário Nacional de Documentação do Patrimônio Arquitetônico com o Uso de Tecnologias Digitais – ARQ.DOC, Belém, PA, 26 a 28 de novembro de 2012 / organizadores, Thais Alessandra Bastos Caminha Sanjad... [et al.] - Belém: LACORE/UFPA, 2012.

1 CD-ROM : il., color. ; 4¾ pol.

ISSN 2316-719X

1. Arquitetura e urbanismo – Congressos. 2. Tecnologia – Conservação e restauração – Congressos. 3. Documentação. I . Sanjad, Thais Alessandra Bastos Caminha, Org. II. Título. III. Título: ARQ.DOC.

CDD: 22. ed. 720

ARQUEOLOGIA DA ARQUITETURA: O ESTUDO DOCUMENTAL DO EDIFÍCIO SOB A ÓTICA DO TIJOLO

Larissa Corrêa Acatauassú Nunes Santos ^(a)
Universidade Federal da Bahia (UFBA)

Mário Mendonça de Oliveira ^(b)
Universidade Federal da Bahia (UFBA)

(a) lacatauassu@gmail.com; (b) mmo@ufba.br

RESUMO

Tijolos, analisados como elemento construtivos, vêm a ser relevantes objetos de estudo para a arquitetura e para a arqueologia, por serem materiais mais presentes nas edificações. Por meio da arqueologia da arquitetura, informações detalhadas são extraídas do edifício estudado contribuindo para a conservação das construções históricas e para o reconhecimento da memória do “saber fazer” empírico dos construtores do período. Neste estudo são analisadas as características e o processo de fabricação dos tijolos maciços assentados no arco de descarga da Igreja de São Pedro dos Clérigos, localizada no Centro Histórico de Salvador. O registro do sistema construtivo dos arcos de descarga foi realizado com o auxílio da fotogrametria, através da qual foi documentado graficamente o assentamento dos tijolos na estrutura. A análise dimensional da espessura das peças, utilizando os princípios fundamentados na mensiocronologia, indicou provável seleção e utilização de material de fabricantes diversos. A caracterização do tijolo foi realizada por meio de análises macroscópica e microscópica e ensaios de densidade aparente, de absorção total em água e de difração de raios X para identificação da mineralogia.

Palavras-chave: Tijolos. Arqueologia da arquitetura. Análise dimensional dos tijolos. Salvador. Igreja de São Pedro dos Clérigos.

ABSTRACT

Bricks are basic elements for construction and as such they are important for archeological and architecture studies. Building archaeology allows the use of the information obtained from old structures and buildings for the conservation of historical buildings and to understand the construction techniques used by builders in the past. This study was focused on the analysis of the characteristics and the processes involved in the manufacture of bricks used in the discharge arch of São Pedro dos Clérigos Church located in the historical center of the city of Salvador, Brazil. The study of the arch construction was carried out using photogrammetric techniques to record the arrangement of bricks in the structure. Analysis of characteristics of materials, dimensions (mainly thickness) and installation systems based on mensiochronology principles indicated that bricks were made of different materials and probably were provided by different manufacturers. The determination of the composition of bricks was performed by macroscopic and microscopic analysis, measurements of apparent density and total water absorption capacity, and identification of mineral components by x-ray diffraction.

Keywords: Bricks. Archaeological architecture. Dimensional and mineralogical analysis of bricks. City of Salvador. Church of São Pedro dos Clérigos Church. Brazil.

1. INTRODUÇÃO

No âmbito da conservação dos edifícios baianos, o tijolo representa um elemento construtivo relevante por ser um dos materiais de construção mais presentes nas construções. Para se restaurar um imóvel é necessário, primeiramente, compreender amplamente as suas características arquitetônicas e históricas, estudo que pode ser auxiliado pela arqueologia da arquitetura, que analisa os materiais de construções utilizados e interpreta a superfície do artefato arquitetônico, na qual estão registradas as modificações sofridas pelo mesmo, ao longo do tempo. Neste ramo da arqueologia, os procedimentos adotados para a arqueologia de escavação foram adaptados para a análise das construções históricas que, segundo FRANCOVICH e BIANCHI (2002, p. 101), não era lido somente como resultado de um projeto (elaborado ou “espontâneo”), mas sim como resultado de longo processo de mudança, da construção às sucessivas fases de transformação e de reutilização até aquelas sujeitas às dinâmicas “pós-deposicional”.

A arqueologia da arquitetura utiliza o próprio edifício como principal fonte de dados, associando estas informações às pesquisas documentais para determinar as particularidades do objeto de estudo e, a partir da análise estratigráfica¹, estabelecer a cronologia das intervenções com base em métodos de datação. Dentre estas metodologias, destaca-se a mensiocronologia que se fundamenta no estudo das variações nas dimensões dos tijolos, cujas causas são verificadas historicamente em cada contexto cultural sendo, portanto, um instrumento de datação regional (MANNONI, 1996, p. 8).

Tratando-se de edifícios históricos, é importante também compreender o nível do “saber fazer” empírico dos construtores tradicionais, úteis não apenas para ampliar o conhecimento histórico, mas, sobretudo, para melhorar a durabilidade e o custo da conservação das construções (MANNONI, 1996, p. 10). Não é possível fazer observações detalhadas sobre um edifício sem o conhecimento dos materiais e das técnicas construtivas utilizadas por seus construtores. Os materiais representam o elemento físico de um processo criativo no qual são impressas as características do artista, a cultura e o saber fazer de uma época, além dos eventos históricos que se sucederam ao longo do tempo, imprimindo marcas pouco evidentes e às vezes difíceis de individualizar (VECCHIATTINI, 2006, p. 175). Entender, portanto, o processo de fabricação dos tijolos, associado à caracterização científica dos mesmos, pode explicar o motivo da escolha e aplicação do material evitando a perda das técnicas tradicionais de produção.

Neste estudo, a análise das características dos tijolos maciços baianos e seu processo de fabricação tiveram como base os tijolos assentados em um arco de descarga de uma das paredes da nave da Igreja de São Pedro dos Clérigos, localizada no centro histórico de Salvador, construída no século XVIII, com fachada em estilo rococó tardio do século XIX (BAHIA, 1975).

Foram documentados, com o auxílio da fotogrametria, o sistema construtivo dos arcos e a disposição dos tijolos na mesma. O procedimento também registrou as espessuras dos elementos cerâmicos, cuja variação, estudada estatisticamente, utilizou procedimentos recomendados pela metodologia da mensiocronologia. A documentação foi complementada pela caracterização física e mineralógica identificando-se a coloração da amostra, a textura e os minerais presentes na cerâmica.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

O cadastro do assentamento dos tijolos nos arcos de descarga foi auxiliado pela fotogrametria. As fotografias foram obtidas utilizando câmera Sony DSC-H55 e as ortofotos foram geradas pelo programa RolleiMetric MSR. As imagens, tratadas no programa Corel Photo-Paint X-5, foram inseridas no AutoCad 2010 para registrar a disposição dos tijolos na estrutura, desenhando os elementos sobre a foto em escala 1:1. A presença de argamassa sobre a superfície dos tijolos impediu que todas as unidades fossem registradas graficamente.

O levantamento das espessuras dos elementos cerâmicos seguiu os procedimentos recomendados pela mensiocronologia. A medição foi realizada com a precisão milimétrica, descartando todas as unidades com extremidades quebradas, e os resultados foram elaborados estatisticamente. Analisando-se o histograma de frequência, a espessura média (μ) e o desvio padrão (σ), determinou-se o limite de corte para descartar as espessuras que se afastaram demasiadamente da média e que poderiam representar tijolos reaproveitados ou quebrados (MANNONI; MILANESE, 1988, p. 389). Desta forma, foram consideradas apenas as medidas compreendidas entre ($\mu - 1,5\sigma$) e ($\mu + 1,5\sigma$), a partir das quais foi gerado novo histograma e foram calculadas novas média e desvio padrão, utilizadas na análise.

As características do material foram estudadas a partir de amostra coletada durante o levantamento cadastral. A caracterização física baseou-se na análise macroscópica e na microscopia óptica, que observou as seções polidas utilizando microscópio de polarização, versão conoscópica e ortoscópica, trinocular, marca Olympus, modelo BX41-POL-II com sistema para iluminação refletida, também Olympus, modelo BX2-RLA e câmera digital marca Olympus, modelo DP-12-II, de 3.34 Megapixel, com CCD de 1/1.8", que permite a aquisição de imagens com 2048 x 1536 pixels de resolução, com ocular de 10x e objetiva de 10x. As cores foram determinadas com base nas tabelas de Munssell.

O ensaio para a determinação da massa unitária com picnômetro de Hubbard seguiu a metodologia da norma italiana Normal 4/80 e a absorção total em água foi realizada a partir da adaptação do método descrito na NBR-12766: rochas para revestimento - determinação da massa

específica aparente, porosidade aparente e absorção d'água aparente, utilizando-se dessecador com água e bomba à vácuo.

A caracterização mineralógica da amostra de tijolo foi obtida pela difração de raios X (DRX), método do pó. O ensaio foi realizado no difratômetro de raios X, pertencente ao Laboratório de Caracterização Mineral (LCM) do Instituto de Geociências da UFPA, modelo X'PERT PRO MPD (PW 3040/60), da PANalytical, com Goniômetro PW3050/60 (Theta/Theta) e com tubo de raios X cerâmico de ânodo de Cu ($K\alpha_1 = 1,5406 \text{ \AA}$), modelo PW3373/00, foco fino longo, 2200W, 60kv. O detector utilizado é do tipo RTMS, X'Celerator. Foram utilizadas as seguintes condições de análise: *Voltagem (kV): 40; Current (mA): 30; Scan range ($^\circ 2\theta$): 3-75; Step size ($^\circ 2\theta$): 0,02; Scan mode: Continuous*. A aquisição de dados foi feita com o software *X'Pert Data Collector*, versão 2.1a, o tratamento dos dados com o software *X'Pert HighScore* versão 2.1b, também da PANalytical e a identificação dos minerais realizada através da comparação do difratograma obtido com padrões (fichas) do banco de dados do ICDD-PDF (*International Center for Diffraction Data – Powder Diffraction File*).

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A Igreja de São Pedro dos Clérigos, situada no Terreiro de Jesus, estava sendo restaurada em 2010 possibilitando o registro e o estudo do sistema construtivo dos arcos de descarga, construídos em tijolos (Figura 1). A igreja foi edificada com alvenaria mista e, nos arcos abatidos, os tijolos foram assentados de forma pouco usual, dispostos com o topoⁱⁱ tangendo a curva. O vão central foi vedado com tijolos *a cutelo*ⁱⁱⁱ e vazios foram utilizados para fixar o madeiramento que sustenta o forro em madeira (Figura 2).

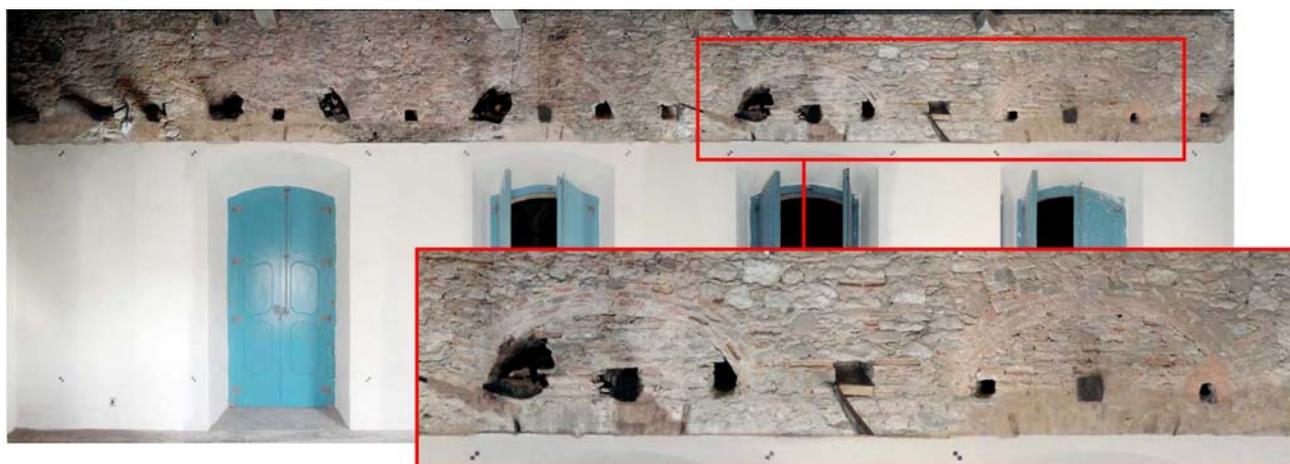


Figura 1: Fotogrametria da parede da Nave da Igreja de São Pedro dos Clérigos e detalhe do arco de descarga em tijolo.

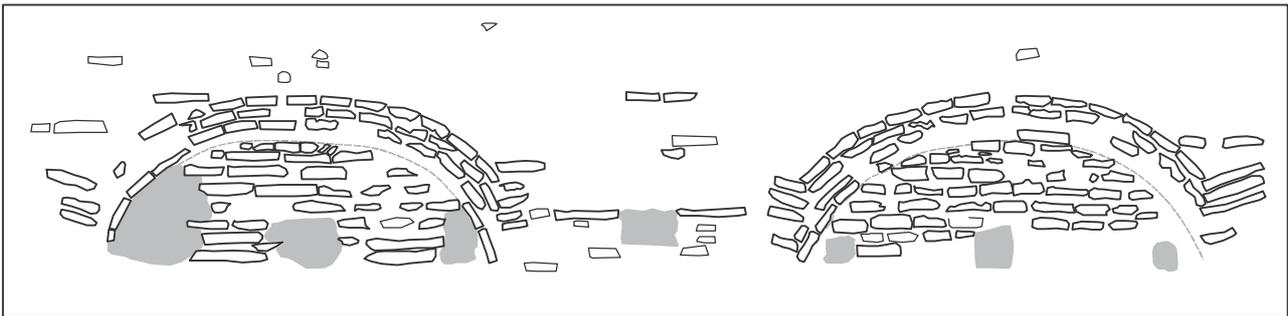


Figura 2: Registro da disposição dos tijolos nos arcos de descarga da Igreja de São Pedro dos Clérigos.

A análise dimensional dos tijolos fundamentada na mensiocronologia foi realizada somente nos tijolos assentados no arco de descarga, pois aqueles que vedavam a abertura do arco não se apresentavam íntegros e pertenciam a unidade estratigráfica diferente. Neste estudo, o desvio padrão foi reduzido ($\sigma=0,49$) após a aplicação do plano de corte e a elaboração do histograma de frequência (Figura 3) indicou sinais de duas populações distintas, com curvas assimétricas, sugerindo que os tijolos não se originaram de estrutura homogênea, resultado de fabricação diversa (PITTALUGA, 2009, p. 47). A primeira curva, formada por 16 tijolos, possui assimetria à direita e mostra a ocorrência de provável seleção de peças com 3,5 cm (nove unidades); e a segunda, com assimetria à esquerda, é composta por 34 tijolos e possivelmente teve a escolha de tijolos com espessura de 4 cm (17 unidades) (SANTOS, 2012, p. 364). Segundo PITTALUGA (2009, p. 51), curvas assimétricas à direita refletem a escolha de peças menos queimadas, com menor retração durante a queima, e as com assimetria à esquerda sugerem a utilização de unidades mais queimadas, com coloração mais escura e menores dimensões, situação observada no presente estudo (Figura 4).

É possível que as características do elemento construtivo tenham sido determinantes para a escolha dos tijolos aplicados, pois, aqueles com menor espessura, ajustam-se mais adequadamente à forma dos arcos de descarga. As cinco amostras com 5 cm de espessura não foram consideradas, pois ficaram no limite do corte delimitado pelo desvio padrão.

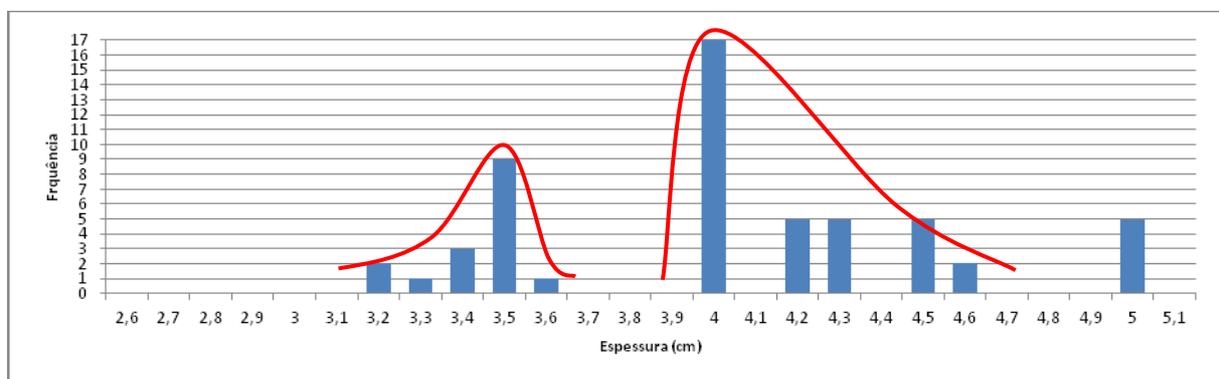


Figura 3: Histograma de frequência da espessura dos tijolos do arco de descarga da Igreja de São Pedro dos Clérigos, em Salvador, após plano de corte. Fonte: SANTOS, 2012.



Figura 4: Arco de descarga da Igreja de São Pedro dos Clérigos, com indicação do uso de tijolos mais queimados. Fonte: SANTOS, 2012.

A amostra de tijolo (SPC1), retirada durante o levantamento (Figura 5a), apresenta rugosidade característica do uso de areia como desmoldante em apenas uma face (Figura 5b) que, segundo VECCHIATTINI, PITTALUGA e RICCI (2006, p. 259), sugere a fabricação utilizando fôrma de madeira sem fundo.

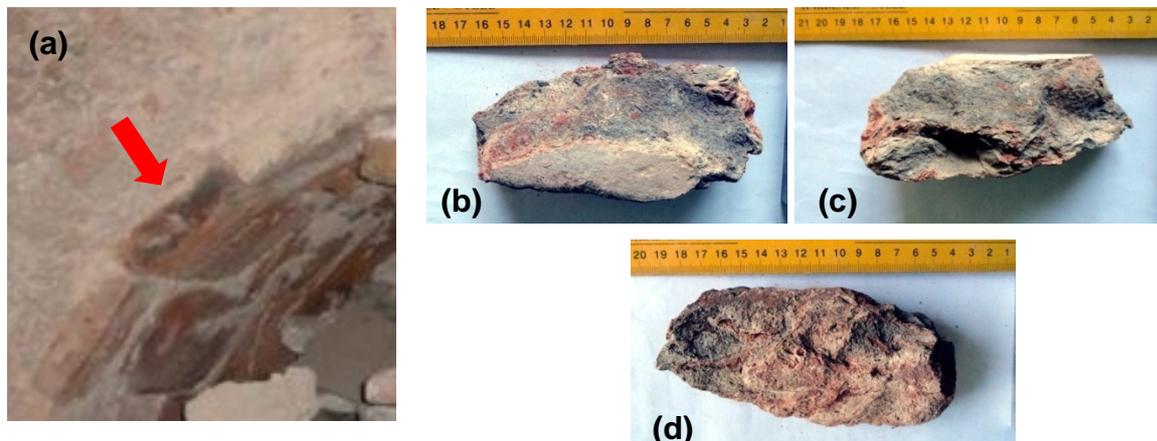


Figura 5: Detalhe da amostra de tijolo SPC1, retirada do arco de descarga da Igreja de São Pedro dos Clérigos. (a) Tijolo de onde foi retirada a amostra; (b) Superfície externa do tijolo; (c) e (d) vistas do interior do tijolo. Fonte: SANTOS, 2012.

Internamente o tijolo não tem uniformidade de textura e cor. A amostra possui matriz argilosa, na cor *reddish yellow* (HUE 5YR 6/6), com manchas cor *gray* (HUE 10YR 5/1) e cor *light gray* (HUE 2.5Y 7/2), desagregando com facilidade algumas camadas internas visivelmente demarcadas no interior da amostra, indicando que a argila não foi bem misturada e uniformizada (Figura 5c e d). É possível, também, observar macroscopicamente a presença de grãos de quartzo. Na micrografia podem-se perceber na base não homogênea, estratificações de camadas, concentrações de óxido de ferro, fragmentos de dimensões variadas (alguns com dimensões de 0,4mm), e quartzos angulosos, com pequenas dimensões (Figura 6).

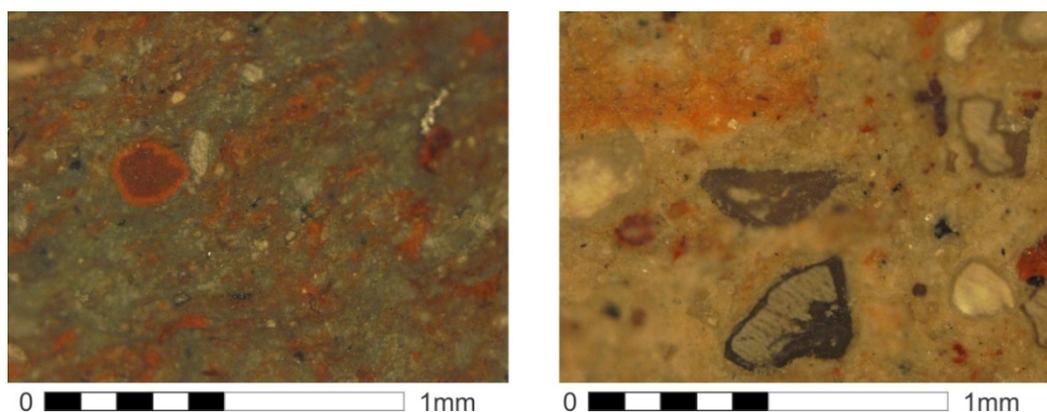


Figura 6: Micrografia da sessão polida da amostra SPC1 obtida com aumento de 10x. Fonte: SANTOS, 2012.

Os ensaios de absorção total em água e de massa unitária pelo picnômetro de Hubbard permitiu a verificação de cheios e vazios existentes na amostra de tijolo da Igreja de São Pedro dos Clérigos, cujos resultados estão apresentados no Quadro 1. A amostra é densa, com massa unitária equivalente a $2,10 \text{ g/cm}^3$, e possui fissuras e pequenos vazios que contribuíram para o índice de absorção total equivalente a 15,78%. A amostra atende a NBR-7171, a qual determina que o percentual de absorção não deve ser inferior a 8% e nem superior a 25%.

Quadro 1: Média da determinação de absorção total em água e massa unitária.

Amostra	Média da determinação	
	Absorção Total (%)	Massa Unitária (g/cm^3)
SPC1	15,78	2,10

A caracterização mineralógica, obtida pela difração de raios X, mostrou que as principais fases cristalinas encontradas foram quartzo, caulinita e hematita (Figura 7). A hematita é responsável pelo ferro e pela cor avermelhada do tijolo. A presença de caulinita pode indicar que a amostra, localizada acima do forro e sem reboco, estivesse intemperizada.

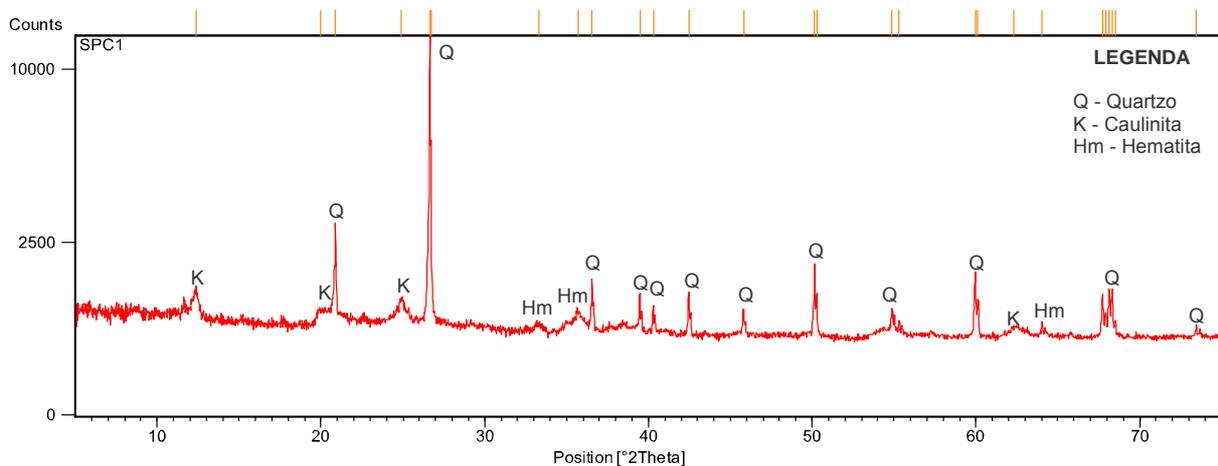


Figura 7: Difratograma da amostra SPC1. Fonte: SANTOS, 2012.

4. CONCLUSÕES

Na pesquisa apresentada, concluiu-se que a disposição dos tijolos nos arcos de descarga da Igreja de São Pedro dos Clérigos é incomum, pois este tipo de estrutura está submetida, principalmente, ao esforço de compressão. A estrutura seria mais resistente se as peças estivessem dispostas com a vara^{iv} visível na alvenaria e com a espessura tangendo o arco de modo que a ação da gravidade exercida no tijolo provoque compressão nos elementos vizinhos, criando atrito entre as peças, e mantendo, desta forma, os blocos unidos.

Outro registro documental importante foi a análise dimensional dos tijolos que indicou que os mesmos, possivelmente, não foram construídos com material originário de um mesmo produtor e houve seleção de peças com espessura pré-determinadas certamente mais adequadas às formas dos arcos de descarga, demonstrando a limitação da aplicação da mensiocronologia na datação de edifícios baianos.

A partir da caracterização do material, demonstrou-se que os tijolos, predominantemente, possuem cor amarelo avermelhada e podem ter sido fabricados através da utilização de fôrmas de madeira sem fundo. A coloração não homogênea, no interior da peça, e a presença de camadas internas sugerem que a argila não foi adequadamente misturada. Os ensaios de densidade aparente, absorção total de água e a caracterização mineralógica permitiram a identificação das propriedades do tijolo baiano, contribuindo para a preservação da memória, não apenas do material de período pré-industrial, como do edifício como um todo.

As interpretações decorrentes da arqueologia da arquitetura ampliam a forma de fazer a história da arquitetura, baseando-se em dados objetivos, sem perder de vista a arquitetura na sua unidade composta por quatro fatores: matéria, forma, função e tempo (MANNONI, 1997, p. 11). Desta forma, preservar e documentar as estruturas utilizadas pelos antepassados, bem como

conhecer as características do material aplicado, permite o resgate do “saber fazer” empírico dos fabricantes de cerâmica e o registro do modo de construir e morar de uma sociedade no período.

AGRADECIMENTOS

À CAPES pela bolsa de doutorado e de estágio de doutorado no exterior concedida. Ao professor do Instituto de Geociências da Universidade Federal do Pará, Dr. Rômulo Simões Angélica e às professoras da Faculdade de Arquitetura da Universidade Federal da Bahia, Dra. Rosana Munõz, e da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal do Pará, Dra. Thais Sanjad.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR-12766**: rochas para revestimento: determinação da massa específica aparente, porosidade aparente e absorção d'água aparente. Rio de Janeiro, 1992a. 2 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR-7171**: bloco cerâmico para alvenaria. Rio de Janeiro, 1992b. 8 p.

BAHIA. Secretaria da Indústria e Comércio. **IPAC-BA**: Inventário de proteção do acervo cultural: monumentos do Município do Salvador. Salvador: Secretaria da Indústria e Comércio, 1975, v. 1.

FRANCOVICH, Riccardo; BIANCHI, Giovanna. L'archeologia dell'elevato come archeologia. **Arqueología de la arquitectura**, Vitoria-Gasteiz: Universidad del País Vasco; Madrid: Instituto de Historia, Consejo Superior de Investigaciones Científicas, I, p. 101-111, 2002.

HARRIS, Edward C. **Principi di stratigrafia archeologica**. Introdução de Daniele Manacorda. Roma: La Nuova Italia Scientifica, 1993. (Studi NIS archeologia, 1).

ISTITUTO CENTRALE DEL RESTAURO. **Normal – 4/80**: distribuzione del volume dei pori in funzione del loro diametro. Roma, 1980. 10 p.

MANNONI, Tiziano. Lo stato dell'archeologia del costruito in Italia: seconda parte. **Notiziario di archeologia medievale**: scambio di informazioni per la storia della cultura materiale, Genova, n. 67, p. 7-11, maio 1996.

_____. Lo stato dell'archeologia del costruito in Italia: terza parte. **Notiziario di archeologia medievale**: scambio di informazioni per la storia della cultura materiale, Genova, n. 68, p. 10-11, jan. 1997.

MANNONI, Tiziano; MILANESE, Marco. Mensiocronologia. In: FRANCOVICH, Riccardo; PARENTI, Roberto (a cura di). **Archeologia e restauro dei monumenti**: I ciclo di lezioni sulla ricerca applicata in archeologia: Certosa di Pontignano (Siena), 28 settembre – 10 ottobre 1987. Firenze: All'Insegna del Giglio, 1988. p. 383–402.

MATEUS, João Mascarenhas. **Técnicas tradicionais de construção de alvenarias**: a literatura técnica de 1750 a 1900 e o seu contributo para a conservação de edifícios históricos. Lisboa: Livros Horizonte, 2002.

PITTALUGA, Daniela. **La mensiocronologia dei mattoni**: per datare, per conoscere e per comprendere le strutture storiche. Genova: ECIG, 2009.

SANTOS, Larissa Corrêa Acatauassu Nunes. **A arqueologia da arquitetura e a produção de tijolo na Bahia do século XVI ao XIX**. Tese (doutorado) – Universidade Federal da Bahia, Faculdade de Arquitetura, Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Salvador, 2012.

VECCHIATTINI, Rita. Conoscere e riconoscere i materiali: metodi empirici e scientifici. In: MUSSO, Stefano F. **Recupero e restauro degli edifici storici**: guida pratica al rilievo e alla diagnostica. II Edizione. Roma: EPC Libri, 2006.

VECCHIATTINI, Rita; PITTALUGA, Daniela; RICCI, Roberto. I problemi ricorrenti. In: MUSSO, Stefano F. **Recupero e restauro degli edifici storici**: guida pratica al rilievo e alla diagnostica. II Edizione. Roma: EPC Libri, 2006. p. 225-292.

Notas

ⁱ O conceito da análise estratigráfica da superfície do edifício deriva do princípio da escavação estratigráfica descrito por Harris (1993), o qual se baseia na hipótese de que os estratos superpostos a outros são mais recentes. A arqueologia da arquitetura utiliza esta regra, entretanto desenvolveu metodologia própria de pesquisa, de leitura e de interpretação do objeto, pois a construção de edifícios obedece a leis específicas e a estratificação ocorre em todas as direções da superfície muraria. A análise estratigráfica, quando aplicada ao estudo das edificações, tem como objetivo recuperar as diversas fases de construção e de demolição de um imóvel.

ⁱⁱ Topo é a face vertical do tijolo na qual estão visíveis as dimensões da largura e espessura (MATEUS, 2002, p. 91).

ⁱⁱⁱ Quando os tijolos estão dispostos a cutelo, o assentamento dos elementos foi realizado sobre uma das varas, a qual corresponde à face vertical que deixa visível as dimensões do comprimento e espessura (MATEUS, 2002, p. 91).

^{iv} Vara é a face vertical do tijolo na qual estão visíveis as dimensões do comprimento e da espessura.