

ARTIGO | *PAPER*

DATAÇÃO DE ARGAMASSA E TIJOLO DA PORTADA PRINCIPAL DO FORTE ORANGE, ITAMARACÁ, PERNAMBUCO

DATING OF MORTAR AND BRICK OF THE MAIN DOOR OF FORTE ORANGE, ITAMARACÁ, PERNAMBUCO

Henry Sócrates Lavalle Sullasi^a
Clara Diana Figueirôa Santos^a
Rene Rojas Rocca^b
Viviane Khoury Asfora^c
Marcos A. G. de Mattos Albuquerque^d

a Departamento de Arqueologia da Universidade Federal de Pernambuco.

b Departamento de Física da Universidade Federal de São Paulo - Campus Baixada Santista.

c Departamento de Energia Nuclear da Universidade Federal de Pernambuco.

d Departamento de História da Universidade Federal de Pernambuco - henry.lavalle@gmail.com.

RESUMO

Este trabalho teve por objetivo datar argamassa e tijolos do período colonial pernambucano pela técnica de Luminescência Opticamente Estimulada (LOE), utilizando o protocolo SAR. Como objeto de estudo foram usados tijolos amarelos e vermelhos, assim como argamassa proveniente de vestígios construtivos da Portada Principal do Forte Orange, Itamaracá. Os resultados mostraram que a argamassa e o tijolo amarelo apresentam intervalos cronológicos similares, ao redor de 1606 ± 37 d.C. e 1609 ± 118 d.C, respectivamente, de forma condizente à data de construção da portada em estudo. Entretanto a cronologia obtida para o tijolo vermelho, não foi compatível com a presente construção, se referindo a um intervalo de 1407 ± 19 d.C que indica a possibilidade de este ter sido fruto de um reaproveitamento construtivo de sua região de proveniência, considerada, a partir dos dados expostos, como possivelmente a cidade de Leiden na Holanda. Estes resultados, de forma geral, mostram a possibilidade de uso da técnica de LOE, pelo protocolo SAR, no propósito de inserir cronologicamente as argamassas coloniais, entre elas, as de Pernambuco.

PALAVRAS-CHAVE

Datação LOE, argamassas coloniais, tijolos coloniais, SAR, Forte Orange.

ABSTRACT

In this study we use the Single Aliquot Regeneration protocol to perform Optically Stimulated Luminescence dating on mortar and bricks associated with the colonial period of Pernambuco, Brazil. As study subjects, we used yellow and red bricks, as well as mortar from the remains of the main gate of Fort Orange, in Itamaracá. We find that the mortar and yellow brick harbor similar chronological data, around $1,606\pm 37$ CE and $1,609\pm 118$ CE, respectively, consistent with the period when the main gate was built. However, the age estimated for the red brick, around $1,407\pm 19$ CE, was not compatible with that of the building. This finding indicates that the red brick was originally intended to be used in older constructions, possibly in Leiden, Netherlands, and was later brought to the Americas, where it was used in the construction of Fort Orange. Overall, our results provide support for the possibility of using Optically Stimulated Luminescence dating and its Single Aliquot Regeneration protocol to estimate the ages of colonial mortars, including those of Pernambuco.

KEYWORDS

OSL dating, Colonial mortars, Colonial bricks, SAR, Forte Orange.

COMO CITAR ESTE ARTIGO

LAVALLE *et al.* Datação de argamassa e tijolo da portada principal do Forte Orange, Itamaracá, Pernambuco. Cadernos do Lepaarq, v. XIX, n.38, p. 148-163, Jul-Dez. 2022.

INTRODUÇÃO

O presente trabalho teve por objetivo obter resultados da aplicabilidade da Luminescência Opticamente Estimulada como ferramenta de datação para as argamassas provenientes do contexto histórico do estado de Pernambuco, Brasil. Nesse sentido, optamos por realizar a datação em uma construção de idade conhecida e recuada. A partir disso, a amostragem analisada foi proveniente dos vestígios arqueológicos do Forte Orange, evidenciados após escavação realizada na Fortaleza de Santa Cruz na Ilha de Itamaracá.

O nome atual desta edificação é Fortaleza de Santa Cruz, a qual foi estabelecida após uma reconstrução em 1654 com a retomada dessas terras pelos portugueses. Contudo, no inconsciente coletivo, permaneceu a nomeação de Forte Orange, que se trata da fortificação holandesa anterior à reforma portuguesa pós-retomada territorial. Sondagens arqueológicas ocorridas na primeira prospecção em 1971 somaram-se a pesquisas iconográficas brasileiras, portuguesas e holandesas a respeito da certificação de tal presença defensiva holandesa; e a partir disso foram realizadas duas campanhas no projeto intitulado “Projeto Orange: os monumentos históricos que pertenceram à Companhia das Índias Ocidentais” coordenado pelo arqueólogo Marcos Albuquerque, a primeira iniciada no ano 2000 e a segunda no ano de 2002, tendo por objetivo, encontrar as evidências estruturais desta antiga fortificação (BARTHEL, 2007, p. 111). Nestas campanhas, foi evidenciada a principal porta de entrada dos holandeses ao forte, a qual se encontra inalterada desde sua parcial demolição na reforma da tomada portuguesa de 1654 (ALBUQUERQUE, 2007, p. 52 - 53).

Santos e colaboradores (2020) realizaram a caracterização macroscópica e microscópica dos materiais construtivos da portada principal deste forte, utilizando microscópios, lâminas petrográficas e técnicas como a Difração de Raios-X (DRX), Fluorescência de Raios-X (FRX) e Ressonância Paramagnética Eletrônica (RPE). Os resultados mostraram que ambos os tijolos, possuem uma mesma técnica de produção e uma temperatura de queima de ~865°C para o tijolo amarelo e ~820°C para o tijolo vermelho; a partir da análise da composição química dos tijolos e as prováveis fontes de matéria prima foram observados indícios que o tijolo amarelo, seja provavelmente proveniente da região holandesa da Frísia e o tijolo vermelho da região holandesa de Leiden. Estes mesmos materiais construtivos contêm na sua composição mineralógica o quartzo (SANTOS *et. al.* 2020, p. 47-50), condição que permite que ambos os vestígios sejam passíveis de serem datados por técnicas Luminescentes, entre elas a Termoluminescência (TL) e Luminescência Opticamente Estimulada (LOE) (AZEVEDO, 2011, p. 10) (SULLASI *et. al.*, 2008).

A respeito da datação de tijolos, por técnicas luminescentes, podemos citar os trabalhos de Bailiff e Holland (2000), Bailiff (2007) e no Brasil, podemos citar a datação de tijolos provenientes do Convento Franciscano “Santo Antônio” (Recife-PE) que revelou a existência de dois períodos construtivos (AZEVEDO *et. al.* 2012).

Já a argamassa foi reconhecida pela primeira vez como material dosimétrico adequado para datação por LOE a partir dos anos 2000 (BOTTER-JENSSEN, MCKEEVER e WINTLE 2003, p.

101-118), sendo esta um composto de cal e areia, ou de cal e pó de material cerâmico, produzido com a principal função de elemento de coesão entre as pedras e os tijolos em uma construção (SANTIAGO, 2007, p. 20); esta é exposta a luz somente em sua preparação e depois de suas aplicações na construção não sofrem exposição, o que a qualifica para a datação por Luminescência Ópticamente Estimulada (SANJURJO-SÁNCHEZ, ALVES e TEIXEIRA, 2012) (PRUDÊNCIO, DIAS e BURBIDGE, 2009).

Sua aplicação desta forma é notória desde os gregos, etruscos e romanos, e é adotada até os dias atuais (PETRUCCI, 1979, p. 125). O mesmo princípio da datação de sedimentos pela técnica de LOE foi utilizado para datar argamassas de uma igreja bizantina na Europa (ZACHARIAS, 2002), de um antigo centro monumental andino “Chavín de Huántar” (FEATHERS, 2008), e trabalhos associados ao desenvolvimento da técnica (STELLA et. al., 2013; GUIBERT et. al., 2017).

Recomenda-se que a datação de tijolos e argamassas em edificações históricas seja realizada de forma integrada, a exemplo podemos citar a datação do Convento de São Francisco em Coimbra-PT, no qual foram identificadas duas fases construtivas: a primeira vai do século XVII à primeira metade do século XVIII e a segunda vai da segunda metade do século XVIII à primeira metade do século XIX (STELLA, et. al., 2018). Este tipo de datação representa um avanço importante na determinação de cronologias de edificações históricas, proporcionando uma maior confiabilidade, uma vez que os vestígios históricos arqueológicos estão inseridos em contextos, muitas vezes conturbados, tanto cronológicos quanto construtivos e originários, nesse sentido, o arqueólogo ficará submetido a qualquer eventual mudança sobre a veracidade dos documentos (SOUTH, 2007, p. 136-138).

Considerando que os tijolos, assim como azulejos, podem ser reutilizados de outras construções (SIBILIA e MARTINI, 2006, p. 64), bem como, edifícios não construídos por tijolos e sim a partir de materiais naturais crus, como adobes e rocha que ainda não puderam ser datados, considera-se a argamassa como elemento único de cada construção, elaborada e utilizada uma única vez. Portanto, uma maneira confiável de datar a construção é optar pelas argamassas (SANJURJO-SÁNCHEZ, ALVES e TEIXEIRA, 2012, p. 17-18) (PRUDÊNCIO, DIAS e BURBIDGE, 2009).

Isto posto, objetivou-se inserir cronologicamente as argamassas através do uso da técnica de Luminescência Ópticamente Estimulada LOE usando o protocolo de regeneração de uma alíquota (Single Aliquot Regeneration – SAR) proposto por Murray & Wintle (2000) e Wintle & Murray (2006), comparando os valores obtidos com a datação dos tijolos e de dados provenientes de documentos históricos.

CONTEXTUALIZAÇÃO HISTÓRICA DO OBJETO DE ESTUDO

No início do século XVII a capitania de Itamaracá atingiu seu auge econômico, com 30 engenhos em forte produção açucareira. Neste mesmo período ocorreu a invasão holandesa (1630) à capitania de Pernambuco e um ano depois à ilha de Itamaracá (ALBUQUERQUE, 2007, p. 51) (BARTHEL, 2007, p.

22). Em 1631 foi construído pelos holandeses um pequeno reduto como ponto de apoio nomeado por Forte Orange. Inicialmente o reduto foi construído em taipa, usando amarrações de madeira e palha para estabilização como um tipo de estuque, estando cercado por uma paliçada (BARTHEL, 2007, p. 26-27). Já em 1633, este reduto foi reformado e provavelmente ampliado. Em 1638 sob a administração de Maurício de Nassau, passou a assumir uma configuração aproximada da encontrada no livro de Barleus, o chamado *Castrum Auriacum*, ver figura 01 e 02 (ALBUQUERQUE e BARTHEL, 2016, p. 98).

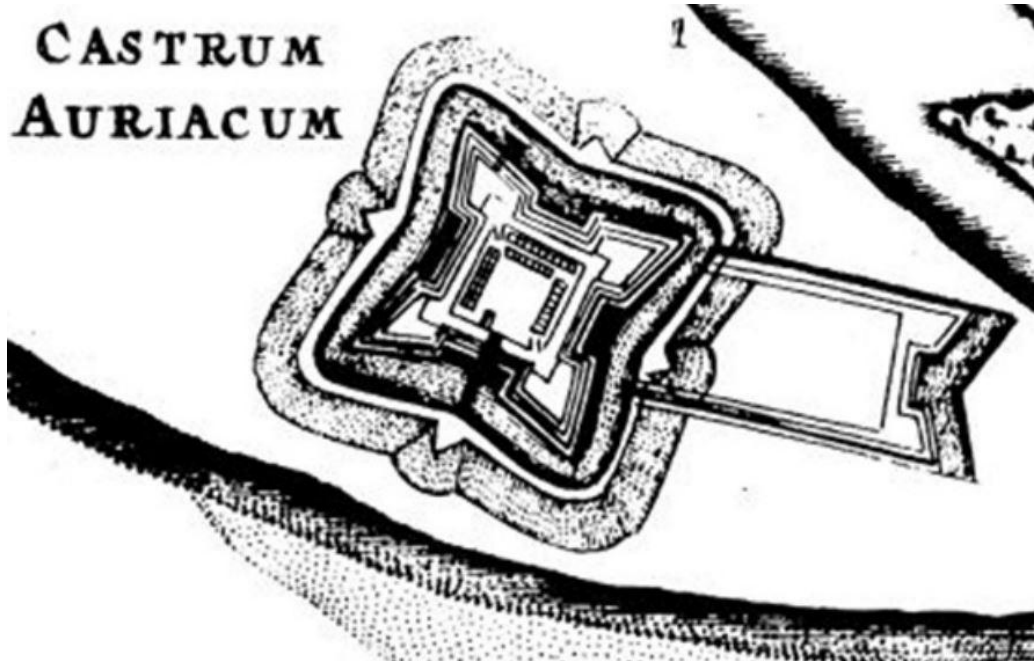


Figura 01: Imagem inserida no livro de Gaspar Barleaus apresenta uma planta do Forte Orange onde é possível observar suas estruturas internas e externas.

Fonte: Disponível em: <http://www.atlasofmutualheritage.nl>. Acesso em: 10/05/2015

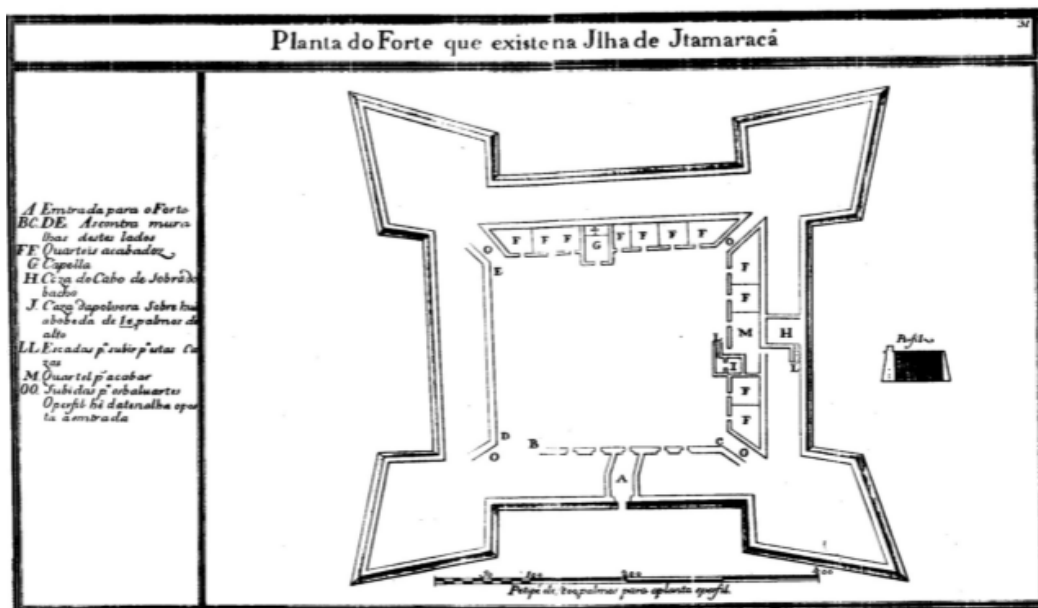


Figura 02: Planta baixa do Forte Orange e localização de sua portada principal em forma curvilínea a oeste: A- entrada; B, C, D, E, contra-muralhas; F - quartéis acabados; G - capela; H - casa do cabo de sobrado de baixo; J - casa de pólvora sobre uma abóbada de 10 palmos de alto; L - escadas; M - quartel para acabar; O - subida para os baluartes.

Fonte: (ALBUQUERQUE e BARTHEL, 2016, p. 98)

O Forte Orange possui três etapas construtivas e uma entrada construída em alvenaria, em formato de arco, nomeada “porta holandesa” que se encontraria voltada para o Canal de Santa Cruz ao sul. Nos anos 1654 e 1696 o forte foi readaptado e parcialmente destruído, sendo soterrado por um novo modelo defensivo, a chamada Fortaleza de Santa Cruz, já então, luso-brasileira (ALBUQUERQUE e BARTHEL, 2016, p. 95). Portanto, a Fortaleza de Santa Cruz apresenta uma morfologia externa muito semelhante à do Forte Orange, construído pelos holandeses, contudo, trata-se de dois fortes distintos. É importante salientar que a portada principal estudada neste trabalho, representa a fase construtiva holandesa.

Os vestígios do Forte Orange e sua portada principal que posteriormente foi chamada de Fortaleza de Santa Cruz localizam-se ao sudoeste da Ilha de Itamaracá na Praia do Forte em Pernambuco, a 44,7 Km da cidade do Recife; em coordenadas geográficas 007° 48’ 38.6” S e 034° 50’ 22.0” W, conforme a figura 03. (BARTHEL, 2007, p. 12).

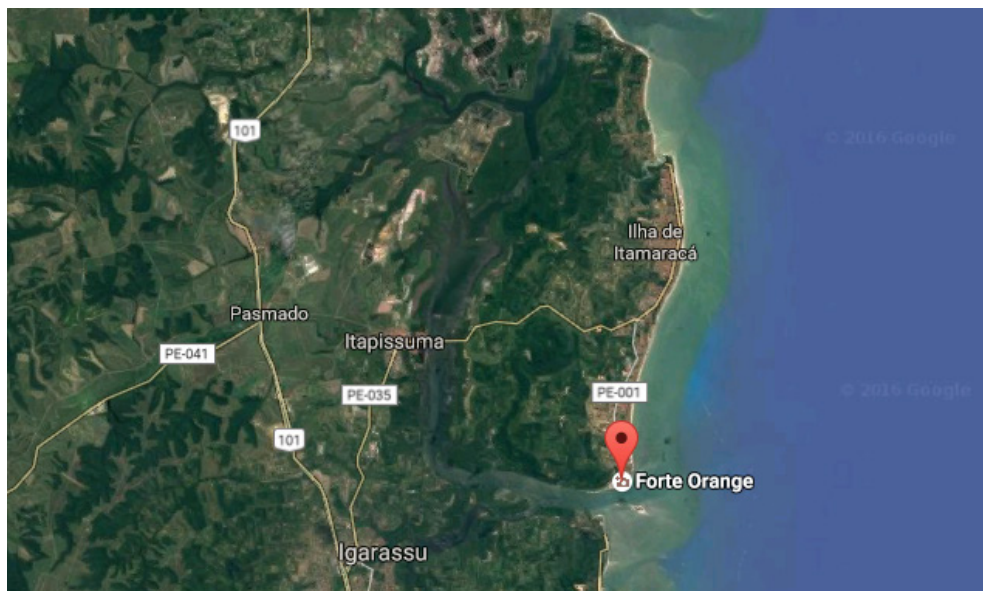


Figura 03: Mapa de localização do Forte de Santa Cruz (Forte Orange), Itamaracá, Pernambuco.
Fonte: Google Maps, 2016

As escavações feitas entre os dois baluartes voltados para o Canal de Santa Cruz (1) para localização do *hornavequee*¹ paliçada, na Praça de Armas (2) localizando o poço e a casa de pólvora, e no terraplino sul (3) para localização da casa do Cabo, da portada principal e parte da muralha em terra, seguindo na parte externa a localização da berma, do fosso e da contraescarpa, são mostradas na figura 04 (BARTHEL, 2007, p. 114 - 115) (ALBUQUERQUE, 2016).

¹ Termo proveniente da Arquitetura Militar que refere ao exterior de uma fortificação abaluartada, composta por dois meio-baluartes unidos por uma cortina (NUNES, 2005).



Figura 04: Planta de localização do Forte Orange, indicando as descobertas das escavações.
Fonte: Google Maps, 2016

MATERIAIS E MÉTODOS

Coleta de amostras

A coleta de material foi realizada na paginação esquerda da Portada Principal do Forte Orange conforme mostrado nas figuras 05 e 06. Os tijolos e argamassas foram retirados de um ponto menos evidente de forma a não danificar a estrutura e a estética do referencial arqueológico, sendo este o ponto lateral superior da paginação esquerda da portada, (ver figura 05); com exceção de um tijolo vermelho do conjunto que foi coletado solto ao lado da paginação. As amostras foram coletadas, acondicionadas em sacos pretos e trasladados ao Laboratório de Datação no setor de Metrologia do Departamento de Energia Nuclear da UFPE.



Figura 05: Portada Principal do Forte Orange durante as escavações da segunda campanha 2002 e 2003. Ponto de coleta na portada principal do Forte Orange demarcado com uma seta, localizada na paginação esquerda, ponto lateral superior. Fonte: (ALBUQUERQUE, 2007, p. 53)

Os tijolos foram retirados em conjunto de modo que a argamassa entre os tijolos não fosse exposta a luz solar, ver figura 06, sendo estes: um inteiro e uma metade de tijolo de cor avermelhada e três tijolos de cor amarelada, todos estes presentes em mesmo contexto na mesma paginação cobertos por uma mesma argamassa externa; com exceção do tijolo vermelho inteiro que foi coletado solto ao lado da paginação.



Figura 06: Coleta de amostras. Fonte: Arquivo pessoal, junho de 2016

Preparação das amostras

Todas as amostras coletadas foram abertas em laboratório sob a luz monocromática vermelha e foram codificadas respectivamente FOTA-PP.01, 02 e 03, correspondendo ao conjunto de 3 tijolos amarelos, e FOTV-PP.01 e 02; 01 correspondente ao tijolo solto coletado ao lado da paginação e 02 correspondendo a uma metade de um tijolo vermelho pertencente a paginação, que encontrava-se preso aos demais tijolos amarelos cobertos por uma mesma argamassa externa; em que FO/PP corresponde a unidade de coleta intitulada Forte Orange Portada Principal.

Datação das amostras por LOE

Para a datação das amostras de argamassa foi utilizada a técnica de LOE, através do protocolo SAR, as amostras utilizadas foram o tijolo amarelo FOTA-PP.02, o tijolo vermelho FOTV-PP.02 e a argamassa interna coletada em laboratório, chamada de aqui em diante de argamassa. Estas amostras foram trituradas, peneiradas (ϕ) > 150 μm , e enviadas para o Laboratório de Datação da Universidade Federal de São Paulo, Campus Baixada Santista, para serem datadas pela técnica LOE usando o protocolo SAR. As datações das amostras envolveram duas etapas, primeiramente a determinação da dose acumulada e posteriormente a taxa de dose anual.

Para a determinação da dose acumulada, a argamassa foi tratada quimicamente sendo submetidos por 1 hora em solução de peróxido de hidrogênio (10%) para remoção das impurezas orgânicas, com três lavagens posteriores sequenciais em água destilada, seguido por um

tratamento em solução de ácido fluorídrico (10%) por 30 minutos, com três lavagens posteriores sequenciais em água destilada, e por fim a submissão ao ácido clorídrico (10%) para remoção dos carbonatos, com três lavagens posteriores sequenciais em água destilada.

As lavagens com água destilada posterior a aplicação dos ácidos, é realizada para evitar maiores corrosões dos grãos e do material de armazenamento da amostra. Ao final, as amostras repousaram em uma estufa a 50°C, em que após 24hrs foram peneiradas e selecionada a granulometria $75 \mu\text{m} < \phi < 150 \mu\text{m}$.

A partir destas amostras foi usado o método de datação LOE especificamente o protocolo SAR, neste é obtido uma idade para cada alíquota, é usada ao redor de 30 alíquotas por amostra, e também é observada as mudanças na sensibilidade dos grãos de quartzo e possíveis grãos não zerados misturados, a fim de contornar estes problemas são aplicadas e medidas as doses de teste depois das doses usadas na construção da curva de calibração, inclusive após a medição do sinal natural. A dose teste é sempre constante e, geralmente, representa o 10% da dose acumulada na amostra (MURRAY & WINTLE, 2000; WINTLE & MURRAY 2006).

O protocolo SAR foi realizado com o sistema de leitura automática de LOE da RISO, modelo TL/OSL-DA-20, equipado com um fotomultiplicador EMI 9635QB e com diodos de luz azul (470 nm) para excitação das amostras. As curvas de decaimento de LOE foram obtidas no tempo de 40 s, usando 160 ms para cada canal, foram utilizadas 24 alíquotas para cada amostra e a partir de cada alíquota foi obtida uma idade. Este procedimento foi realizado no Laboratório de Datação da Universidade Federal de São Paulo, Campus Baixada Santista, a cuidados do professor Dr. René Rojas Roca.

Para a determinação da taxa de dose anual, a argamassa interna e os tijolos foram triturados, peneirados, e acondicionados em potes de acrílico. Posteriormente foram pesados em uma balança analítica de alta precisão 0.1mg, tecnologia UNIBLOC, modelo ATX-224 – SHIMADZU, e as massas registradas foram: para a argamassa $m=28,33\text{g}$, tijolo amarelo FOTA-PP.02 $m=22,75\text{g}$ e tijolo vermelho FOTV-PP.02 $m = 27,98\text{g}$; e em seguida foram lacradas por 30 dias para medição das taxas de U-238, Th-232 e K-40 por Espectrometria Gama a fim de calcular a taxa de dose anual, em um detector GeHp, ver figura 07.

Para a determinação da taxa de dose anual, as amostras FOTA-PP.02 e FOTV-PP.02 foram trituradas, peneiradas e pesadas em uma balança analítica de alta precisão de mesmo modelo usado nas argamassas e, posteriormente, lacradas por 30 dias para medição das taxas de U-238, Th-232 e K-40 por Espectrometria Gama.



Figura 07: Detector gamma do Departamento de Energia Nuclear – UFPE. 2016.
Fonte: Acervo pessoal, 2016

O cálculo da idade foi feito usando a equação: $I = TD_{ac} / TD_{anual}$ que relaciona a dose acumulada obtida e a taxa de dose anual. No caso da argamassa relacionamos a dose acumulada da argamassa e a taxa de dose anual interna, composta pela contribuição da própria argamassa e a dose externa composta pela contribuição dos radioisótopos presentes nos tijolos assim como a contribuição da radiação cósmica. Já no caso dos tijolos relacionamos a dose acumulada no tijolo e as taxas de dose interna, referente ao próprio tijolo, e a taxa de dose externa, referente à argamassa, tijolo presente ao redor e contribuição da radiação cósmica.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

A determinação da dose acumulada foi obtida utilizando o protocolo SAR, que consiste em monitorar as mudanças de sensibilidade das amostras. Após termos as curvas de calibração individuais para cada alíquota, foram registrados os valores de Lx/Tx versus Dx , onde Lx é a luminescência inicial para cada ciclo, Tx a luminescência após dose teste e Dx a dose utilizada em cada ciclo.

Na tabela 01 é possível observar os dados de uma curva exemplo para uma única alíquota, na figura 08, mostra como é feita a determinação da dose acumulada a partir dos dados obtidos usando o protocolo SAR. Este procedimento foi realizado nas 24 alíquotas de argamassa e dos dois tijolos que conseqüentemente obtivemos um conjunto de 24 doses acumuladas e a partir delas foram obtidos os valores médios que podem ser observados na tabela 02.

Tabela 01: Dados para a curva exemplo para a determinação da dose acumulada.

DOSE	Lx/Tx	Lx/Tx Err
Natural	5,374	0,373
0	0,043	0,054
1	1,058	0,099
6	8,928	0,788
12	12,745	0,922
19	21,719	1,57

Fonte: Acervo pessoal, 2017

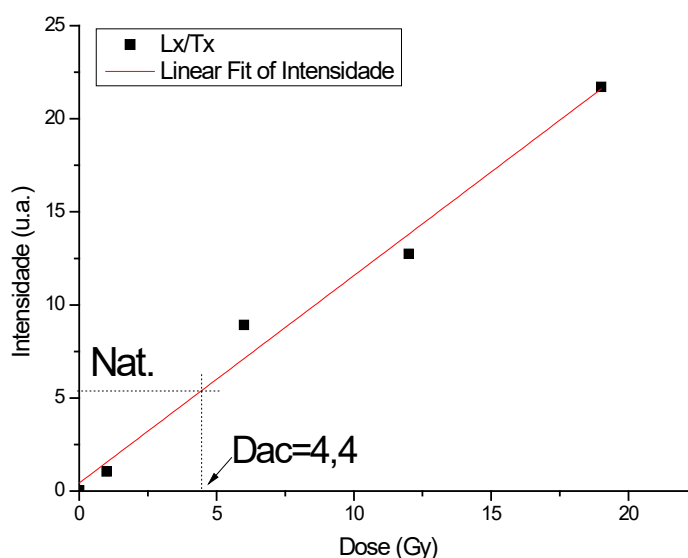


Figura 08: Curva exemplo da determinação da dose acumulada a partir dos dados obtidos usando o protocolo SAR. Acervo pessoal, 2017

Tabela 02: Resultados dos valores das doses acumuladas para a amostra de argamassa e tijolos.

Dose acumulada	Valor médio	Desvio padrão	Coefficiente de variação
Tijolo vermelho	1235 mGy	34 mGy	3%
Tijolo amarelo	934 mGy	273 mGy	29%
Argamassa	358 mGy	33 mGy	9%

Fonte: Acervo pessoal, 2017

A partir da tabela 03 podemos observar que a argamassa contém baixas concentrações de U, Th e K, portanto sua contribuição na determinação da taxa de dose anual é pouco significativa. Já os tijolos, vermelho e amarelo, apresentam uma quantidade de radioisótopos semelhantes.

Tabela 03: Concentração de U, Th e K contidos na amostra de argamassa, tijolos amarelo e vermelho.

Concentração (ppm)	Urânio	Tório	Potássio
Tijolo vermelho	3,234	16,669	1,384
Tijolo amarelo	3,313	7,572	2,162
Argamassa	0,002	0,006	0,011

Fonte: Acervo pessoal, 2017

O cálculo da taxa de dose anual argamassa foi realizado a partir da seguinte equação:

$$TD_{arg} = T_{RC} + T_{R\beta-arg} + 50\%T_{R\gamma-TV} + 50\% T_{R\gamma-TA}$$

Onde:

TD_{arg} = Taxa de dose anual da argamassa.

T_{RC} = Taxa de dose da radiação cósmica.

$T_{R\beta-arg}$ = Taxa de dose devido a contribuição beta na argamassa.

$T_{R\gamma-TV}$ = Taxa de dose devido a contribuição da radiação gama no tijolo vermelho.

$T_{R\gamma-TA}$ = Taxa de dose devido a contribuição da radiação gama no tijolo amarelo.

O cálculo da taxa de dose anual do tijolo vermelho foi realizado a partir da seguinte equação:

$$TD_{TV} = T_{RC} + T_{R\beta-TV} + 20\%T_{R\gamma-arg} + 80\% T_{R\gamma-TA}$$

TD_{TV} = Taxa de dose anual do tijolo vermelho.

$T_{R\beta-TV}$ = Taxa de dose devido à contribuição beta no tijolo vermelho.

$T_{R\gamma-Targ}$ = Taxa de dose devido à contribuição da radiação gama na argamassa.

$T_{R\gamma-TA}$ = Taxa de dose devido à contribuição da radiação gama no tijolo amarelo.

O cálculo da taxa de dose anual do tijolo amarelo será obtido a partir da seguinte equação:

$$TD_{TA} = T_{RC} + T_{R\beta-TA} + 20\%T_{R\gamma-arg} + 80\% T_{R\gamma-TV}$$

TD_{TA} = Taxa de dose anual do tijolo amarelo.

$T_{R\beta-TA}$ = Taxa de dose devido à contribuição beta no tijolo amarelo.

$T_{R\gamma-Targ}$ = Taxa de dose devido à contribuição da radiação gama na argamassa.

$T_{R\gamma-TV}$ = Taxa de dose devido à contribuição da radiação gama no tijolo vermelho.

As porcentagens utilizadas nas equações do cálculo de taxa de dose anual, em frente das contribuições gama dos tijolos e argamassa, foram definidos em função da distribuição espacial destes materiais construtivos considerando um raio de 30 cm até a amostra datada.

Na tabela 04 é possível observar intervalos cronológicos similares para o tijolo amarelo e para a argamassa, os quais consistem em datas que abrangem 1606 ± 37 d.C para a argamassa, ou seja, um intervalo entre 1569 e 1643 para que esta seja produzida; e 1609 ± 118 d.C para o tijolo amarelo, comportando um intervalo entre 1491 e 1727 para que este seja produzido. Ambas as cronologias obtidas são condizentes com a data de construção da portada em estudo, a qual historicamente encontra-se em um intervalo de construção entre 1631 a 1647 (BARTHEL, 2007, p. 33-35).

Tabela 04: Tabela das idades obtidas.

Idade (anos)	Valor médio	Desvio padrão	Coefficiente de variação
Tijolo vermelho	610	19	3%
Tijolo amarelo	408	118	29%
Argamassa	411	37	9%

Fonte: Acervo pessoal, 2017

No entanto os valores obtidos para o tijolo vermelho, com intervalo de datas considerando um desvio padrão, que abrangem 1407 ± 19 d.C, ou seja, 1388 a 1426, representando datas que diferem das consideradas inicialmente para esta fortificação. Desta maneira, este resultado está de acordo com a possibilidade levantada por SANTOS *et al.* 2020. Este trabalho demonstrou a possibilidade deste tijolo, assim como o tijolo amarelo, serem provenientes das regiões de Leiden e Frísia respectivamente (SANTOS, 2020). Estas considerações foram possíveis uma vez que foram observadas suas composições químicas e mineralógicas, representadas em argila silicosa, silto-sa, arenosa, menos plástica que a cálcica, possuindo também índices de ferro, cálcio e alumínio, que contextualiza uma matriz argilosa que difere do contexto geomorfológico da região do Forte Orange, entretanto, semelhante às Formações Sint-Huibrechts-Hern, as quais percorrem toda a região do dos Países Baixos, Bélgica e Alemanha, e estão intercaladas entre si (Keijers, Hanssen e Lipsch, 2012. p. 09-11).

Outras possibilidades são: a contaminação de amostra, pouco provável, já que este tijolo foi coletado muito próximo dos outros; e o erro no procedimento de datação, também pouco provável, devido ao baixo valor de desvio padrão alcançado.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho apresentou como problemática a possibilidade de inserir cronologicamente as argamassas coloniais de Pernambuco, especificamente as do Forte Orange, usando a técnica de Luminescência Opticamente Estimulada pelo protocolo SAR, visando contribuir para a difusão de uma técnica de datação absoluta para construções históricas desconexas de dados historiográficos, almejando a não depender somente de análises crono-estilísticas, assim como contribuir para os estudos posteriores direcionados a ocupação holandesa em Pernambuco.

As idades obtidas foram condizentes com os dados historiográficos e estes valores se mostraram em intervalos cronológicos similares para o tijolo amarelo e para a argamassa, os quais consistem em datas que abrangem um intervalo entre 1569 e 1643, para a argamassa e um intervalo entre 1491 a 1727 para o tijolo amarelo. No entanto, a cronologia obtida para o tijolo vermelho, não foi condizente com o intervalo cronológico de construção da portada (1631 a 1647), se traduzindo em um intervalo de datas entre, 1388 a 1426, aproximadamente, o que indica a possibilidade de este ter sido fruto de um reaproveitamento construtivo de sua região de proveniência,

considerada possivelmente a cidade de Leiden na Holanda (SANTOS, 2020).

Esta hipótese pode ser sustentada uma vez que o tijolo holandês importado como lastro já era praticado desde a Idade Média até os finais do século XVII. Dublin, Irlanda, foi construída em 1591 com o uso de tijolos vermelhos holandeses provenientes desta prática. Mesmo quando os fabricantes de tijolos holandeses emigraram para a Nova Holanda na América em que passaram a produzir os tijolos localmente em 1628, os tijolos importados eram considerados de melhor qualidade e continuaram sendo exportados para este local. Muitas vezes, esses os tijolos eram trazidos como forma de equilibrar a distribuição de pesos nos navios de carga, reforçando esta prática comum de múltiplos benefícios (HISOUR, 2022).

Desta forma, os resultados mostram a possibilidade de uso da técnica de Luminescência Opticamente Estimulada, pelo uso do protocolo SAR, para inserir cronologicamente as argamassas coloniais de Pernambuco.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico) e CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) pelo suporte financeiro.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALBUQUERQUE, M. A. G. D. M. D. As escavações arqueológicas no Forte de Orange. *Revista Brasileira de Arqueometria, Restauração e Conservação*, Olinda, v. 1, n. 2, p. 51-55, 2007.
- ALBUQUERQUE, M.; BARTHEL, S. Arqueologia de uma fortificação: O Forte Orange e a Fortaleza de Santa Cruz em Itamaracá, Pernambuco. *Clio Arqueológica*, Recife, v. 31, n. 1, p. 94-104, 2016.
- AZEVEDO, R. L. D. *Datação por termoluminescência de cerâmicas do sítio arqueológico Aldeia do Carlos (PI)*. 2011. 106p. Dissertação de mestrado - Universidade Federal de Pernambuco, Recife.
- AZEVEDO, R. L. D., ASFORA, V., RIBEIRO, G., FERREIRA, J., KHOURY, H., SULLASI, H., REGO, N., MELLO, J. Archeometric studies in the Franciscan Convent of “Santo Antonio” (Recife, PE), *Applied Radiation and Isotopes*, Recife, v. 70. p. 2460-2465, 2012.
- BARTHEL, S. G. A. *Arqueologia de uma fortificação: O Forte Orange e a Fortaleza de Santa Cruz, em Itamaracá, Pernambuco*. 2007. 167p. Dissertação de mestrado - Universidade Federal de Pernambuco, Recife.
- BAILIFF, I. K. Methodological developments in the luminescence dating of brick from English late-medieval and post-medieval buildings, *Archaeometry*, Belgium, v. 49, Ed. 4, 2007.
- BAILIFF, K.; HOLLAND, N. Dating bricks of the last two millennia from Newcastle upon Tyne: A preliminary study. *Radiation Measurements*, Chicago, v. 325, p. 615-619, 2000.
- BØTTER-JENSEN, L.; MCKEEVER S, S.; WINTLE, G. *Optically Stimulated Luminescence Dosimetry*. 1ª Ed. Amsterdam: Elsevier, 2003. 15-300 p.
- FEATHERS J. K., JOHNSON J., KEMBEL S. R. , Luminescence Dating of Monumental Stone Architecture at Chavín De Huántar, Perú. *Journal of Archaeological Method and Theory*, Colorado, v. 15, p. 266–296, 2008.
- GUIBERT P., CHRISTOPHE C., URBANOVÁ P., GUÉRIN G, BLAIN S., Modeling incomplete and heterogeneous bleaching of mobile grains partially exposed to the light: Towards a new tool for single grain OSL dating of poorly bleached mortars. *Radiation Measurements*, Chicago, v. 107, p. 48-57, 2017.
- KEIJERS, G.; HANSEN, J.; LIPSCH, H. *Studie archeologie Oppem en Kapittelbeek*. 1ª Ed. Leeuwendseweg: RAAP Archeologisch Adviesbureau B.V, 2012. 1-62. p.
- MURRAY, S.; WINTLE, G. Luminescence dating of quartz using an improved single-aliquot regenerative-dose protocol. *Radiation Measurement*. Chicago, v. 32. p. 57-73, 2000.
- PETRUCCI, R. *Materiais de construção*. 4ª Ed. Porto Alegre: Globo, 1979. 30-150 p.
- NUNES, António Lopes Pires. Dicionário de Arquitetura Militar. *Caleidoscópio*, Casal de Cambra, p. 1-264, 2005.
- PRUDÊNCIO, M. I.; DIAS, M. I.; BURBIDGE, C. Técnicas nucleares e de luminescência na reconstituição da história da edificação de monumentos. *Pedra & Cal*, Porto, v. 42, p. 10-12, 2009.
- MODERNISMO DE TIJOLO HOLANDÊS. Phoenix. HISOUR Arte Cultura e Exposição. Disponível em: <https://www.hisour.com/pt/dutch-brick-modernism-28419/>. Acesso em 28 de outubro de

2022.

- SANTIAGO, C. *Argamassas tradicionais de cal*. 1ª Ed. Salvador: Universidade Federal da Bahia, 2007. 1-194. p.
- SANTOS, C. D. F.; SULLASI, H. S. L.; ALBUQUERQUE, SANCHEZ, M. A. E. Estudo de argamassa e tijolos da portada principal do Forte Orange, Itamaracá, PE – Brasil, *FUMDHAMentos*, vol. 17, p. 33-56, 2020.
- SANJURJO-SÁNCHEZ, J.; ALVES, C.; TEIXEIRA, D. *Algumas considerações sobre o estudo estatístico de medições de dose em grãos de argamassas por luminescência estimulada opticamente*. 1º Fórum de Estatística na Universidade do Minho. Minho: Universidade do Minho. 2012. p. 17-18.
- SIBILIA, E.; MARTINI, M. Absolute dating of historical buildings: the contribution of thermoluminescence (TL). *Journal of Neutron Research*, Milano, v.14. p. 69-74, 2006.
- SOUTH, S. Reconhecimento de padrões na arqueologia histórica. *Vestígios*, Belo Horizonte, v. 1, p. 135-148, 2007.
- STELLA G, FONTANA D.; GUELI A. M.; TROJA S. O.; Historical mortars dating from OSL signals of fine grain fraction enriched in quartz. *Geochronometria*, Coimbra, v. 40, Ed. 3, p. 153-164, 2013.
- STELLA G., ALMEIDA L., BASÍLIO L., PASQUALE S., DINIS J., ALMEIDA A., GUELI A. M. Historical building dating: a multidisciplinary study of the Convento de São Francisco (Coimbra, Portugal); *Geochronometria*, Coimbra, v. 45, p. 119–129, 2018.
- SULLASI, H. L.; AZEVEDO, R.; PESSIS, A.; KHOURY, H. Comparação dos métodos de dose aditiva e dose regenerativa no processo de datação por termoluminescência. *Clio Arqueológica*, Recife, v. 1, n. 23, p. 1-17, 2008.
- WINTLE A. G.; MURRAY A. S. A review of quartz optically stimulated luminescence characteristics and their relevance in single-aliquot regeneration dating protocols. *Radiation Measurements*. Oxford, v. 4, Ed. 4, p. 369– 391, 2006.
- ZACHARIAS N.; MAUZ B.; MICHAEL C. T., Luminescence quartz dating of lime mortars. A first research approach. *Radiation Protection Dosimetry*, Buffalo, v. 101, p. 379–382, 2002.

Recebido em: 22/12/2021
Aprovado em: 28/10/2022
Publicado em: 12/12/2022