

ESTUDO DA COLEÇÃO DE TIJOLOS DO PROGRAMA MONUMENTA – RECIFE: CARACTERIZAÇÃO MORFOLÓGICA E QUÍMICA E SUA ANÁLISE MULTIVARIADA POR PCA1

Maria Aparecida da Silva Oliveira²

Henry Lavalle Sullasi³

Ana Catarina Peregrino Torres Ramos⁴

André Campelo dos Santos⁵

Resumo: Este artigo apresenta os resultados da aplicação de PCA - *Principal Component Analysis*, a partir de dados morfológicos e químicos de uma subamostra de tijolos arqueológicos (n=47), provenientes de escavações no centro do Recife, Pernambuco, Brasil, no âmbito do Programa Monumenta. Foram analisados por estatística simples e aplicada – PCA - atributos formais, superficiais e tecnológicos, obtidos a partir de mensuração direta, pesagem, identificação da cor e caracterização elemental por fluorescência de raios X. As análises de PCA dos dados de fluorescência de raios X indicaram a presença de pelo menos 2 subgrupos de tijolos amarelos e dois subgrupos de tijolos vermelhos. **Palavras-chaves:** Tijolos arqueológicos, PCA, FRX, Arqueometria.

Abstract: This paper presents the results of the application of PCA - Principal Component Analysis, from morphological and chemical data of a sub-sample of archaeological bricks (n = 47) from excavations in the center of Recife, Pernambuco, Brazil, under the Monumenta Program. Simple, applied statistics - PCA - formal, surface and technological attributes, obtained from direct measurement, weighing, color identification and elemental characterization by X-ray fluorescence were analyzed. PCA analyzes of X-ray fluorescence data indicated the presence of at least 2 subgroups of yellowbricks and two subgroups of red bricks. **Keywords:** Archaeological bricks, PCA, XRF, Archaeometry.

¹ Artigo extraído e adaptado da dissertação de mestrado de Oliveira (2017).

² Mestre em Arqueologia pelo Programa de Pós-Graduação de Arqueologia da Universidade Federal de Pernambuco, UFPE.

³ Departamento de Arqueologia da Universidade Federal de Pernambuco - UFPE.

⁴ Departamento de Arqueologia da Universidade Federal de Pernambuco - UFPE.

⁵ Doutorando do Programa de Pós-Graduação de Arqueologia da Universidade Federal de Pernambuco, UFPE.

No bairro do Recife foram realizadas, entre os anos 2000 e 2010, 15 pesquisas arqueológicas que incluíram a Sinagoga Kahal Israel, uma área de drenagem do Marco Zero, a Praça Tiradentes, Av. Cais Alfândega, o Arco da Conceição, o Forte Matos/Camarão, Baluarte Portal da Terra, Polo da Alfândega e Rua Madre de Deus, a Igreja Madre de Deus, o Habitacional do Pilar, uma rede elétrica e de telefonia, a Bolsa de Valores de PB-PE e a Caixa Econômica Federal (Rufino, 2013).

Esse processo interventivo está relacionado, especialmente a partir de 2001, com o estado de deterioração na qual se encontravam os monumentos das cidades brasileiras, quando o governo federal angariou fundos para preservar esse patrimônio histórico nacional. Os tijolos analisados neste artigo foram recuperados no centro do Recife durante os anos de 2006 e 2007 (Pessis et al, 2006, 2007, 2009). Naquele momento, o conjunto arquitetônico, urbanístico e paisagístico do Recife representou uma importante experiência de preservação urbana no Brasil.

Essas ações estavam fundamentadas pelo Programa Monumenta, que desenvolveu uma estratégia de *preservação sustentável* para o patrimônio construído nas cidades históricas. A estratégia do Programa incluía restaurar o patrimônio identificado, reparar a infraestrutura associada à degradação dos edifícios, como os sistemas de drenagem deficientes e muros de contenção inadequados, calçadas, ruas e melhorar o espaço público de modo geral (Darling, 2001).

O projeto para o acompanhamento arqueológico das obras da URB-Recife e da Empreiteira *HDF*, voltadas a reurbanização do bairro do Recife, objetivou identificar o traçado urbano no Polo da Alfândega/Madre de Deus entre os séculos XVII e XVIII. As escavações foram realizadas entre agosto de 2006 e janeiro de 2007, abrangendo o subsolo da Rua Madre de Deus, Rua da Alfândega, Rua Aloísio Periquito e a Rua Aloísio Magalhães, trecho do Cais da Alfândega (Oliveira, 2017).

No decorrer das escavações no bairro do Recife foram efetivados 3.290 registros de materiais arqueológicos coletados, incluindo 268 tijolos. Interessava a reconstrução de uma parcela da memória colonial dessa *paisagem* a partir da identificação de estruturas remanescentes do planejamento urbano. Foram recuperados materiais arqueológicos com complexidades estruturais e funcionais distintas.

As principais características das estruturas evidenciadas durante as escavações no Bairro do Recife, suas cronologias relativas e os respectivos tipos de materiais arqueológicos coletados – incluindo os tijolos - são apresentadas no Quadro 1.

Quadro 1: Principais características e materiais arqueológicos coletados – incluindo tijolos - nas estruturas arqueológicas escavadas no Bairro do Recife– Programa Monumenta – durante a instalação de tubulações de drenagem nas ruas.

Características das estruturas escavadas no Bairro do Recife (Programa Monumenta) – instalação de tubulações de drenagem nas ruas: tijolos			
Estrutura	Datação relativa	Características	Material arqueológico
A - Quarteirão holandês (Rua Madre de Deus)	Séc. XVII	Local do Bairro Holandês, sofreu remodelação urbana com a construção da Igreja e do Convento da Madre de Deus e do Forte do Matos	Calçamento de paralelepípedos abaixo da rua atual, com traçado distinto desta; arranjos de tijolos indicando estruturas de casas no mesmo nível; um batente de porta em pedra cortada e polida com marcas de uso de ferragem (entrada de uma edificação); arranjo de pedras cortadas abaixo dos tijolos no nível natural da península; tijolos holandeses e fragmentos de cachimbos de pasta branca nos sedimentos; um fragmento de azulejo holandês.
B -Alicerces de alvenaria na Rua Madre de Deus	Séc. XIX-XX	Apresenta camadas estratigráficas alternadas por ações de terraplanagem e reparos de obras na infraestrutura urbana e implantação do shopping Paço da Alfândega. Após a retirada de paralelepípedos graníticos, foram encontradas as camadas de materiais e sobreposições de estruturas arqueológicas diversas.	Concreto e/ou macadame; camadas de aterros; estruturas de alvenaria com tijolos manuais, vermelhos, de grandes dimensões ; estrutura de contenção, grosseira e robusta, com pedras sem acabamento; alicerces dispostos em arranjos singulares, alternados, enfileirados e escalonados na sua base, com caliça clara (configurando casas emparelhadas, em ruas estreitas); arranjo de paralelepípedos graníticos diferentes dos atuais, abaixo do arranjo atual, na esquina da Rua Madre de Deus com a Rua Aloísio Periquito (esse arranjo antigo será encontrado na Rua da Moeda); 6 estruturas em pedras de cantaria e tijolos , paralelepípedos, indicando a limitação de uma rua e um poço, junto do alicerce de uma casa, na esquina da Rua Madre de Deus e a Rua da Moeda; com a remoção de solo, encontrou-se fragmentos de piteiras de cachimbos em pasta marrom, faianças e louças ornamentadas e com marcas.
C -Estruturas complexas, toras e estacas de madeira, na	Séc. XIX-XX	Partes de estruturas dos armazéns de mercadorias do cais e restos de demolição de um edifício neoclássico e de	Remanescentes de estrutura em toras e pranchas de madeira (arranjos horizontais) e estacas verticais (fixadores) seguindo a inclinação e locação da ponta

Rua Aloísio Magalhães		estaqueamento do baluarte do Forte do Matos (não construído)	do baluarte voltado para o rio (ficaram preservadas apóis a escavação).
D - Poços de abastecimento	Séc. XVIII-XIX	Dentro das estruturas de alicerces de pedras da primeira casa do Quarteirão de Antônio Matos, na esquina entre Rua da Moeda e a Rua da Madre de Deus.	Foram registrados 5 poços ao longo da Rua da Moeda; Poço confeccionado com tijolos , podendo ser observado o lençol freático no fundo; os poços estavam conectados com os alicerces, no quintal dos fundos, no interior das casas ou na frente das casas (?). Ver registros em croquis das estruturas (topograficamente registradas). Os materiais coletados foram etiquetados; ocorrência de poços de pedra e de pedra e tijolos ; quase todos os poços estavam preenchidos de lixo doméstico, exceto um, que possuía garrafas de vidro de diversas bebidas e de azeite; estruturas de pedras dos alicerces das casas do Quarteirão de Antônio Matos, com indicadores de pisos e parede (3 poços de secção circular); indicadores de pisos internos e externos, com soleira em pedra, com poço de secção quadrada e um poço circular.
E -Alicerces de alvenaria dos armazéns do antigo Cais	Séc. XIX	Estruturas de alvenaria danificadas por obras anteriores.	Presença de alicerces com acabamentos e pintura do lado externo das paredes do armazém e no lado interno uma tijoleira de piso (possivelmente coberta). Todas as estruturas foram desenhadas, fotografadas e topograficamente registradas.
F - Quarteirão de Matos, Rua da Moeda	Séc. XVII, XVIII - XIX	Localização dos alicerces das casas do quarteirão de Matos nas valas abertas pela Construtora. Divisão da rua no sentido longitudinal em trecho M1 (área entre a Rua da Madre de Deus e a Rua Mariz e Barros), M2 (área entre a Rua da Mariz e Barros até a Rua da Assembleia) e M3 (área da Rua da Assembleia até a Avenida Alfredo Lisboa. Foram delimitados os espaços das casas, sobrados e larguras das antigas ruas do Amorim e da Moeda.	Sedimentos de demolição de casas do séc. XVIII (demolidas em fins do séc. XIX) junto dos seus alicerces, situadas perpendicularmente à Rua da Moeda, no quarteirão de Matos, proprietário da construção; grande quantidade de tijolos de Frízia (trecho M1, em maior abundância, decaindo nos trechos M2 e M3), relacionados ao Bairro Holandês, próximo, demolido antes da construção do Matos. Houve <u>reaproveitamento</u> de todos os materiais de demolição em todas as ruas pesquisadas; soleiras, pisos, áreas de cozimento, poços e quintais.
G-Pacotes sedimentares: níveis de aterro e camadas sedimentares	Séc. XIX	Presença de aterros sucessivos na maior parte da área estudada. Lençol freático a 1,20m. área alagada que demandou o uso de diques, aterros e arrimo (dinâmica construtiva específica). Os alicerces do séc XIX foram construídos com materiais dos níveis inferiores, mais profundos.	Extratos com sedimentos de aterros, naturais ou programados, com diferenciação estratigráfica perceptível, compactação, compostos de materiais de demolição, materiais arenosos escuros e claros (com objetos de cultura material, seixos rolados e conchas) e muito escuros ou com lama (com estruturas mistas, madeiras e cordas); alicerces do séc. XIX em níveis superficiais; registro das estruturas dos diferentes arranjos de tijolos, níveis de piso e camadas estratigráficas distintas.

Fonte: Oliveira (2017), adaptado de Pessis et al (2009).

Cabe ressaltar que os tijolos são elementos *indicadores* de etnicidade, identidades e de *status* social e econômico, de contato, mudança e de continuidade cultural. A partir do seu estudo, podem ser produzidos dados e inferências para o conhecimento da tecnologia, comércio, comportamento e modos de vida do homem no passado (Gurcke, 1987; Lima, 1989; Meide, 1994; Stuart, 2005).

Como artefatos, compreendem blocos de argila, seca ao sol (Alves, 2016) ou cozida, comumente retangulares, utilizados em estruturas de alvenaria, pisos e coberturas. São caracterizados pela presença de duas bases, dois lados e duas faces, podendo apresentar formas diversas, como os tijolos anulares de poços e tijolos muito alongados, para acabamentos de pisos, paredes e estruturas de fornos e chaminés.

Desse modo, existem muitas formas diferentes, tamanhos e estilos de tijolos, sendo a maioria culturalmente ou cronologicamente distingível. Esses artefatos, assim como os vasilhames cerâmicos, também se inscrevem em uma *cadeia operatória*, ou de produção, específica, possuindo origem cronológica, sociocultural e geográfica próprias, nem sempre identificáveis mediante um primeiro olhar.

Segundo Oliveira (2017), no Brasil, os estudos sobre tijolos arqueológicos decorrem de pesquisas em sítios históricos, como as de Matos (2009) e Asfora (2011), em Pernambuco. Procuram resolver questões da história da arquitetura ou de metrologia, respectivamente. Tratam, também, de problemas especificamente metodológicos em estudos de casos de artefatos cerâmicos e outros, referentes a testes de aplicação de métodos físicos e químicos na arqueologia (p. ex. Silva et al, 2004; Calza, et al, 2009; Cunha e Silva et al, 2005-2006; Sullasi et al, 2014). Outras pesquisas em Pernambuco voltaram-se aos tijolos, predominantemente nos seu contexto arqueológico, também gerando coleções importantes a partir de coletas amostrais desse tipo de artefato (p. ex. Albuquerque e Lucena, 1976; Andrade, 2006; Albuquerque, 2003, 2006a, 2006, 2007a, 2007b, 2012).

Fora do Brasil, conforme Oliveira (2017), destacaram-se os estudos de Becker (1977), Kelly e Kelly (1977), Sopko (1982), Reeder (1983), Gurcke (1987), Luckenbach et al (1994), Meide (1994), Wingfield et al (1997), Veit (2000), Smith (2001), Stuart (2005), Scarlett et al (2006), Fernandes e Lourenço (2007), Zimmerman (2013) e Vogel (2015), sobre a caracterização da

produção de tijolos coloniais sob a perspectiva da arqueologia histórica. Nesse contexto, a aplicação integrada de técnicas físico-químicas, como a difratometria e a fluorescência de raios X, exclusivamente em tijolos, é percebida na produção arqueológica da última década (p. ex. Norton, Moyer, 2010; Zimmerman, 2013).

Meide (1994), ao estudar tijolos do séc. XVII nos Estados Unidos, verificou que nas pesquisas arqueológicas esse tipo de *artefato* estava sendo precariamente documentado por se tratar de um objeto comum e familiar, sendo assim, portador de baixo potencial informativo. Entretanto, os tijolos são *objetos de cultura material*, que podem ajudar a inferir sobre determinados comportamentos culturais. Isso porque esses objetos têm sido empregados de várias formas, desde a construção de habitações, palácios, igrejas, templos, cisternas, chaminés, paredes, poços, fornos, muros, túmulos e uma ampla diversidade de alvenarias.

Antes da chegada dos holandeses, entre 1630 e 1654, já havia registro de construções utilizando tijolos no Recife. As casas construídas eram de taipa de pilão, com cantarias de pedra e uso parcimonioso de grandes tijolos vermelhos ou raros tijolos brancos, sendo comumente térreas, a exceção de templos religiosos e caieiras, estas em pedra e tijolo. Com a administração de Maurício de Nassau, foram realizadas construções e pavimentações com a importação de milhares de tijolos holandeses, que incluíam a remessa desses artefatos como lastros de navios. Após a ocupação holandesa, o Recife continuou a sofrer remodelações na sua área urbana, o que ocorreu durante todo o período colonial e republicano, e de forma mais expandida e intrusiva no século XX.

Desse contexto de *evolução urbana* do Recife provêm os tijolos que compõem a coleção arqueológica do Programa Monumenta. Portanto, a presença holandesa é perceptível também nos tijolos, em especial aqueles apelidados de *frísios*, ou de *Ijssel*, *yellowbrick*, *Dutshbrick*, *redbrick*, *clinker*, *moppen*, *backsteen*, *tijolos amarelos* ou, comumente, *tijolos holandeses*. Outra distinção se dá com o surgimento dos tijolos de maquinofatura, surgidos aqui no séc. XIX (Oliveira, 2011), com as máquinas de extrusão.

No caso específico do bairro do Recife, a arqueologia está voltada ao estudo das ocupações humanas e ao processo de colonização e exploração de Portugal e Holanda em Pernambuco – uma arqueologia da diáspora e sobre o projeto europeu de empreendedorismo colonial. Aqui,

os tijolos possuem um *status* de vestígios arqueológicos que podem ser estudados metodicamente para auxiliar na interpretação de processos de produção e na caracterização de materiais construtivos e das estruturas de alvenaria no contexto da *evolução urbana* do Recife e contribuir para a caracterização das formas de habitar e de empreender dos colonizadores europeus.

Ainda cabe recordar que os materiais arqueológicos, após sua retirada de campo, passam por etapas sucessivas de manipulação, acondicionamento, transporte, tratamento, análise, reacondicionamentos, ou são apresentados em publicações, catálogos e exposições museológicas. Esses artefatos possuem dados sobre a matéria prima (localização geográfica, características), uso (artefato de culto ou artístico, para habitação), estilo (características estéticas e cronológicas), tecnologia (técnicas, cadeia operatória) e sobre as sociedades nas quais foram produzidos.

Nessa perspectiva, segundo Oliveira (2017), o processo de identificação dos objetos passa pela obtenção desses dados, importantes aos arqueólogos, historiadores, conservadores-restauradores e arquitetos (Hanesch et. al., s.d.). Cada artefato, segundo Mignon (1993), constitui a *informação básica da Arqueologia* e deve ser estudado quanto ao seu contexto de produção, sua forma, usos, símbolos e o contexto temporal, para interpretar eventos sociais e modos de vida passados.

O conjunto de tijolos recuperado no bairro do Recife e estudado neste artigo representa diferentes agrupamentos de tijolos? Se sim, quais atributos seriam discriminatórios para a demarcação ponderada e sistemática de tipos de tijolos? Quantos tipos podem ser identificados? Outras questões norteadoras associadas ao problema, ainda mais complexas, referem-se as dúvidas sobre a *origem geográfica* da matéria prima desses tijolos, quem ou quais sociedades os teriam produzido, quando e como foram produzidos, e também sobre o seu custo e formas de *transporte e comércio*⁶. Os dados do contexto arqueológico e históricos indicam

⁶Quanto custavam os tijolos e como eram transportados? Sob qual temperatura foram queimados e em que tipo de forno? Possivelmente carregam na massa cerâmica cozida, dados ambientais dos lugares onde foram produzidos, das suas olarias de procedência. As argamassas aderidas aos tijolos indicam tecnologias e datas de construção de imóveis e estruturas. Ainda, eram manufaturados por adultos ou crianças, homens ou mulheres? Bem mais ainda, quanto custaram e como circularam, se em carroças

relativamente como e quando foram *descartados*, a que estruturas teriam possivelmente pertencido e quais processos tafonômicos atuaram sobre eles.

Nessa perspectiva, para Renfrew e Bahn (2011), cada *objeto de cultura material*, observado fora do contexto arqueológico, mas com dados espaciais de campo sistematicamente registrados, conformando tipos de artefatos a partir de categorias, subcategorias e atributos superficiais, formais e tecnológicos de análise, pode auxiliar na inferência de comportamento dentro de subsistemas tecnológicos e econômicos de sociedades do passado. Nesse processo, os dados de contexto arqueológico são importantes, mas os dados do objeto, que se inserem em problemas objectuais de pesquisa, são igualmente importantes e expressam a abordagem deste estudo.

Para Oliveira (2017), pode-se estabelecer hipóteses preliminares, uma relativa a tecnologia de produção do artefato e a outra a sua origem, no âmbito do problema da sua produção. A coleção analisada do Programa Monumenta apresenta tijolos provenientes de sistemas de produção diferentes, caracterizados pela manufatura e a maquinofatura, tanto brasileiros quanto internacionais – holandeses e portugueses - e que foram usados e descartados no bairro do Recife entre os séculos XVII e XIX (espaço sócio-histórico costeiro). Suas cores, composição e tamanhos os relacionam a diferentes origens socioculturais e geográficas (área que inclui outro continente).

Materiais, métodos e técnicas de análise de tijolos arqueológicos

Técnicas analíticas importantes tem sido utilizadas para registrar a composição química dos tijolos arqueológicos, com o objetivo de identificar o local de procedência (Becker, 1977; Veit, 2000; Smith, 2001), os níveis de degradação tafonômica e mesmo a composição da dieta alimentar de populações antigas. As análises químicas elementais qualitativas diagnosticam quais elementos químicos estão presentes nos objetos, enquanto que as análises químicas elementais quantitativas indicam as quantidades desses elementos. Entretanto, ambas não detectam os compostos químicos formados pelos elementos identificados.

ou navios? E porque eram vermelhos ou amarelos, as vezes grandes ou diminutos e com formas diferentes? A quais acontecimentos históricos estariam relacionados na dinâmica da evolução urbana do Recife? A maior parte destas questões continua em aberto.

Para Martínez (2000), as técnicas de análise química usadas na arqueologia estão baseadas em alguma forma de espectroscopia, através da qual é medida a radiação absorvida ou emitida pelos átomos quando os elétrons ou as partículas do núcleo se movimentam em diferentes níveis de energia. Os elétrons que giram ao redor do núcleo possuem energias diferentes, conforme a sua localização e o número de elétrons que está presente na camada mais externa do átomo determina o seu comportamento químico.

Metais alcalinos, como lítio, potássio e sódio, por exemplo, possuem um único elétron nessa última camada, possuindo alta reatividade com a água e fácil combinação com outros elementos. No laboratório, ao ser excitado artificialmente e no seu exterior, cada elemento químico possui movimentos dos elétrons entre as diferentes camadas do átomo que são distintos dos de outros elementos químicos, permitindo a sua identificação. Desse modo, “a absorção ou emissão desta energia, de forma que se possam observar claramente as distintas frequências dos movimentos de emissão ou absorção, se chama espectro” (Martínez, 2000, p. 214).

A excitação do átomo é feita com aquecimento ou bombardeamento com partículas de determinada frequência que caracterizam os variados elementos químicos. Um dos métodos mais comuns de mensuração do espectro por espectroscopia ou espectrometria é o da fluorescência de raios X (FRX). Uma fonte de raios X excitam os elétrons dos átomos da amostra para produzir um espectro de emissão, o qual é formado por raios X característicos, fluorescentes. A medição desse espectro se faz pela dispersão de comprimentos de onda ou de energia e a sua medida é produzida por um aparelho especial que mede as diferentes energias simultaneamente. Nesse caso, quando as análises são numerosas, conforme Martínez (2000), uma simples verificação da lista de elementos químicos pode não ser útil, conquanto se queira separar um tipo de metal de outro ou determinar o elemento químico que serve para determinar a fonte de uma matéria prima em um tijolo.

O importante nesta técnica da fluorescência de raios X por energia dispersiva é que detecta elementos químicos e seus teores, não sendo destrutiva e não requerendo necessariamente a

retirada de amostras do objeto⁷. Tem sido empregada para análises elementares quantitativas e qualitativas de tijolos arqueológicos (Sopko, Mcevoy, 1991; Asfora, 2010; Norton, Moyer, 2010; Zimmerman, 2013; Don, 2015), materiais cerâmicos (Silva et al, 2004), moedas (Sullasi et al, 2009), em detrimento das análises formais macroscópicas de Gurcke (1987), Meide (1994), Orsel (2006) e Matos (2009). Portanto, esta técnica, pela sua natureza não invasiva ou destrutiva, é ideal para a análise de vestígios degradados que demandam preservação e ações de conservação e restauro, a identificação ou discriminação de grupos de artefatos (tipos), a variação na matéria prima empregada e local de fabricação dos mesmos.

Este técnica analítica nos permite observar a concentração de vários elementos químicos, constituintes da amostra, ao mesmo tempo. E conforme sejam realizados a analise em muitas amostras teremos como produto uma grande quantidade de dados, os quais deveram ser tratados com ferramentas estatísticas as quais nos permitam visualizar da melhor forma as semelhanças e diferenças entre as nossas amostras, Neste trabalho serão usadas ferramentas vindas da estatística descritiva e a analise de componentes principais (PCA) a qual nos permite uma redução de variáveis que concentram a maior parte da variabilidade do sistema.

Segundo Martínez (2000), a análise de PCA possibilita a produção de um diagrama de duas dimensões contendo a maior variabilidade que existe em todas as variáveis iniciais,. Esse sistema de análise identifica grupos semelhantes entre sim, o que, por exemplo, pode representar fontes semelhantes de matéria prima, diferentes olarias ou épocas diferentes.

Neste artigo são apresentados os primeiros resultados das análises dos atributos de composição, forma e tecnológicos de 47 tijolos da coleção arqueológica do Programa Monumenta, centro do Recife, recuperados entre 2006 e 2007 e constantes na Reserva Técnica do Departamento de Arqueologia da UFPE.

As análises da coleção de tijolos, do Programa Monumenta (Pessis et al, 2006; Pessis et al, 2007; Menelau et al, 2008; Pessis et al. 2009; Duarte Junior, 2010), sob a guarda do Departamento de

⁷ Amostras de 0,1 a 2g podem ser retiradas quando a composição química da área a ser observada varia em profundidade no objeto, pois os raios X não penetram mais que 200 micras (0,2mm), considerando que o que é analisado é a superfície do objeto (Martinez, 2000).

Arqueologia da Universidade Federal de Pernambuco, compreenderam: a) análises estatísticas descritivas das dimensões, cor, peso e composição dos tijolos; b) análise de componentes principais – atributos de forma; c) análise de componentes principais pelos elementos químicos – atributos tecnológicos. Nesse material, os tijolos íntegros selecionados representam 17,54% (n=47) do total dos tijolos resgatados (n=268). Outro conjunto dentro desse total está formado por 221 fragmentos de tijolos.

A tipologia dos tijolos caracterizou-se pelas dimensões (atributo formal), a cor (atributo superficial) e a composição dos elementos químicos da matéria prima (atributo tecnológico). Esses 3 atributos essenciais foram utilizados mediante a análise estatística simples e a aplicada (com PCA) para a identificação dos tipos que caracterizam a coleção arqueológica.

As análises de fluorescência de raios X foram feitas nos tijolos individualmente, com uso de um aparelho portátil de fluorescência de raios X modelo *XMET5100 OXFORD Instruments*, Malásia, da *HP*, tipo *XMDS 2677, S/N:524188, CE, conformstothe WEEE Directive 2002/96/EC*, com tubo *45kV X-ray*. A compreensão desses atributos que foram observados e registrados dependeu dos informes práticos, na visita da olaria, sobre a manufatura de tijolos tradicionais em Pernambuco.

Os dados métricos disponíveis na bibliografia consultada, foram comparados com os dados métricos dos tijolos resgatados no Programa Monumenta para o Recife entre 2006 e 2007 (Menelau et al, 2008;). para inferir possíveis origens desses produtos por similaridade de atributos cor e dimensões, como também das cronologias relativas.

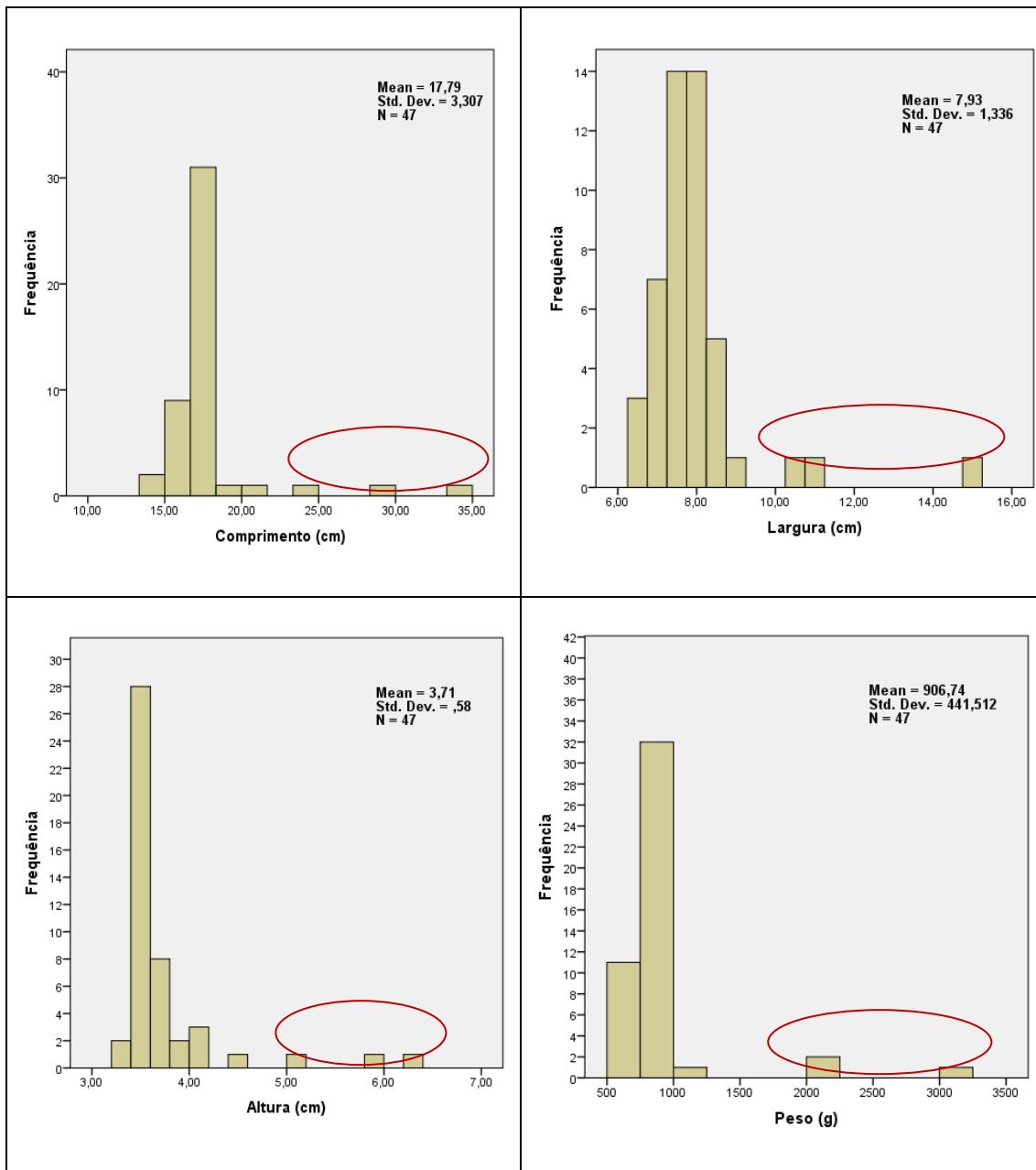
Um primeiro conjunto de dados usado para caracterizar a produção e os atributos formais, superficiais e tecnológicos dos tijolos do Programa Monumenta, refere-se aqueles registrados na *ficha de análise de artefatos cerâmicos arqueológicos históricos - tijolos* (Oliveira, 2017, p.265) e que recebeu um tratamento estatístico simples e voltado aos dados macroscópicos.

Análises estatísticas descritivas das dimensões, cor, peso e composição dos tijolos

Histogramas de cada variável morfológica foram montados a fim de observar os pontos atípicos conforme se observa no quadro 1, a partir desta análise foram discriminados os tijolos com características morfológicas exclusivas, correspondendo aos tijolos vermelhos MM3036.1, MM3037.01 e MM3038. A partir da análise descritiva de cada uma das variáveis dos atributos

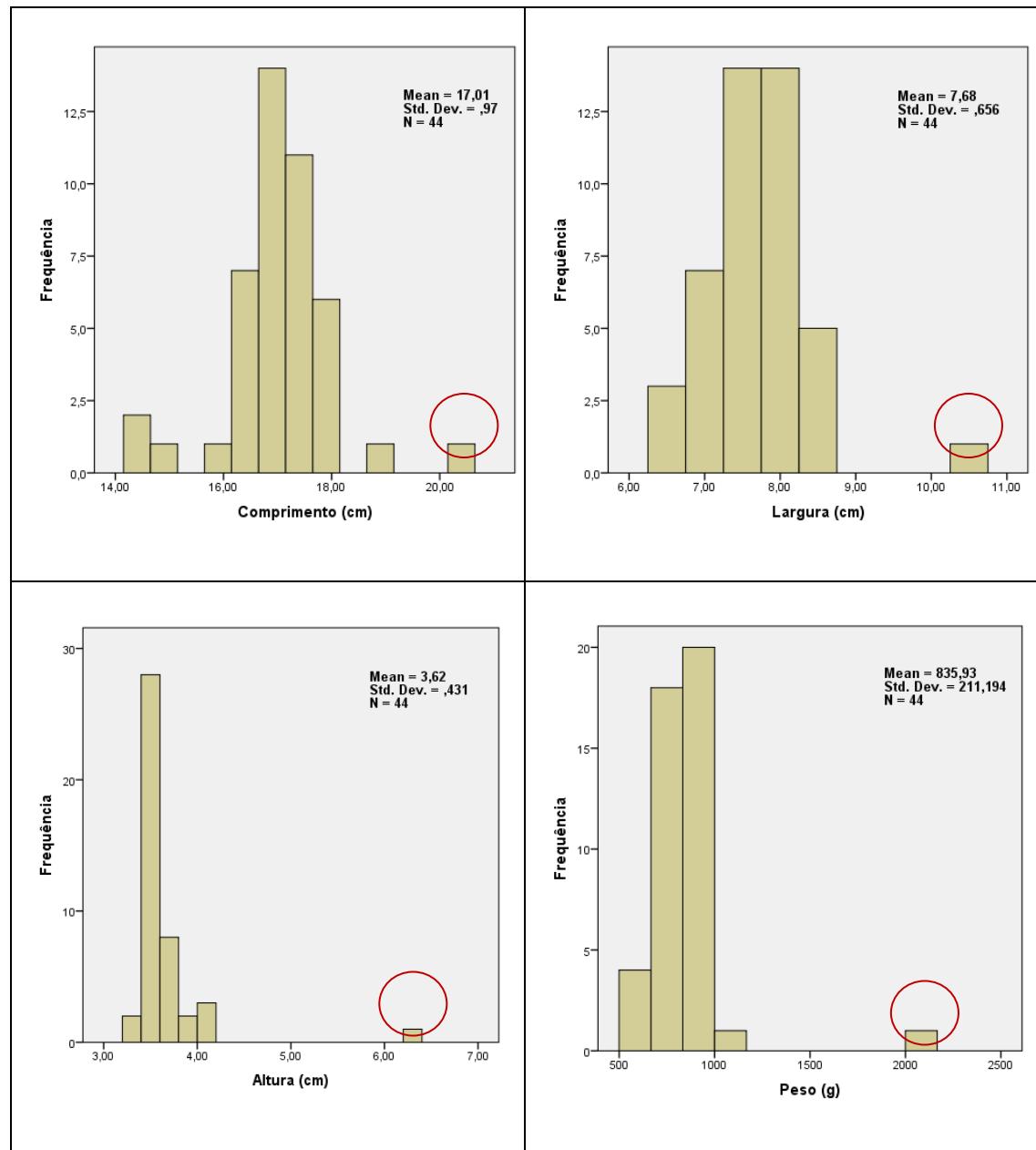
de superfície e formais dos tijolos da coleção foram obtidos os seguintes resultados em 47 amostras de tijolos amarelos e vermelhos. Os histogramas abaixo (Quadro 1) mostram essa discriminação por comprimento, largura, altura e peso:

Quadro 1: Gráficos de frequências das variáveis comprimento, largura, altura e peso (atributos formais) dos tijolos íntegros da coleção do Programa Monumenta Recife, PE (n=47):



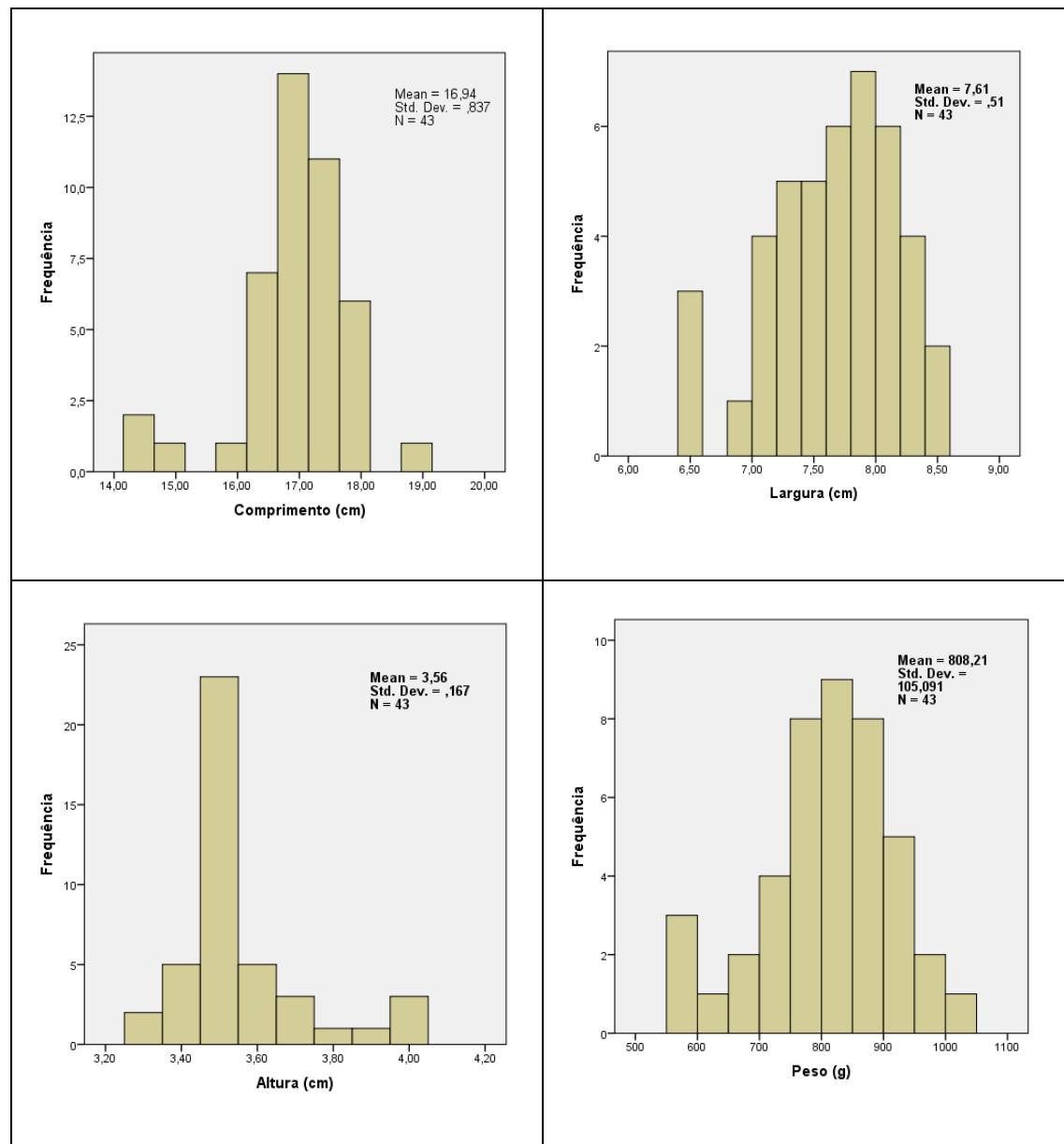
O quadro 2, trata-se de uma discriminação parcial. Retirando-se os dados de dimensões e peso dos três tijolos vermelhos discriminados acima, pode ser observado um outro tijolo no conjunto de 44 amostras.

Quadro 2: Gráficos de frequência das variáveis comprimento, largura, altura e peso sem os dados dos tijolos vermelhos MM3036.1, MM3037.01 e MM3038. Programa Monumenta, Recife-PE (n=44).



Retirando os dados deste tijolo e novamente refazendo os gráficos observa-se os resultados abaixo (Quadro 3):

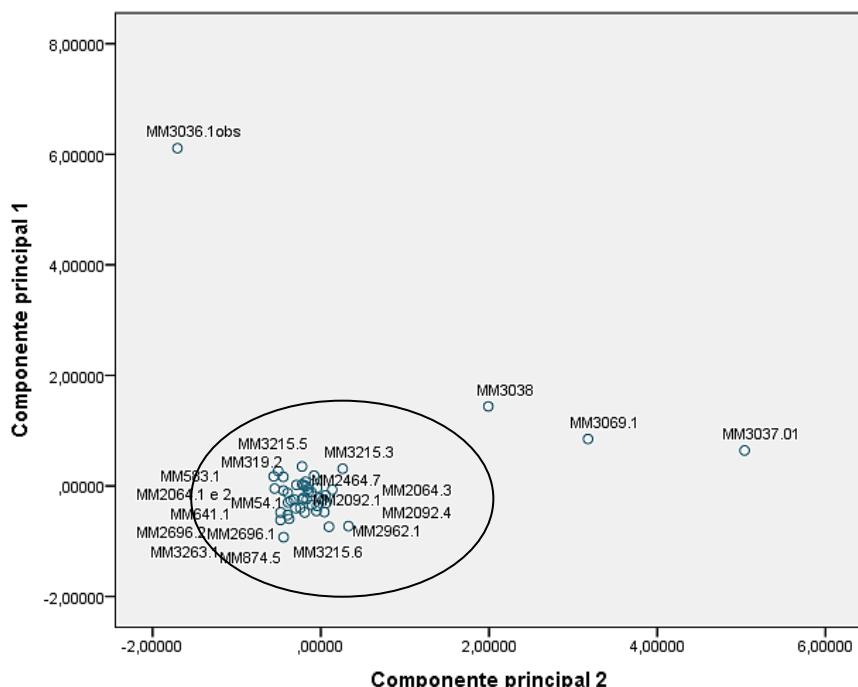
Quadro 3: Gráficos de frequência das variáveis comprimento, largura, altura e peso sem os dados dos tijolos vermelhos MM3036.1, MM3037.01, MM3038 e MM3039.1, Programa Monumenta, Recife-PE (n=43).



Análise de componentes principais: atributos de forma

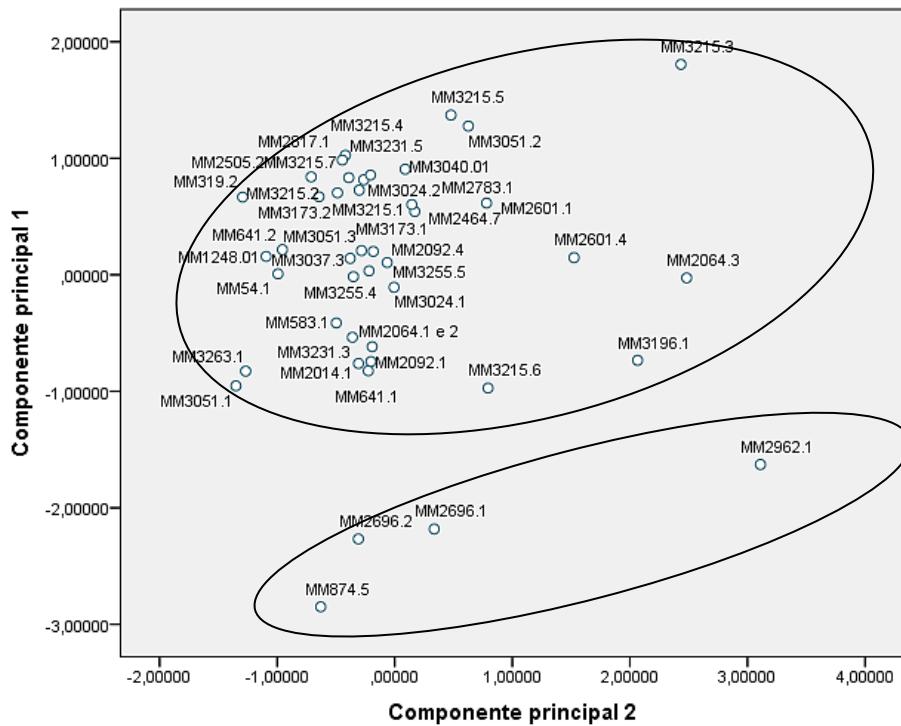
Na amostra (n=47).dentro da coleção foi feita a análise de componentes principais (PCA). Foram consideradas cinco variáveis: comprimento, largura, altura, peso como variáveis escalares e a cor como variável nominal, para os tijolos amarelos e vermelhos da coleção arqueológica.

Gráfico 1: Análise de componentes principais a partir de variáveis de atributos formais de 47 tijolos resgatados no Programa Monumenta, Recife.



No gráfico 1, podemos observar duas componentes principais que explicam o 93% da variância total acumulada a partir das quatro variáveis iniciais: comprimento, largura, altura e peso, observa se os 4 tijolos que não possuem cor amarela. São tijolos MM3036.1 (cor Munsell 5YR6/6 reddish yellow), MM3038 (cor Munsell 7.5YR6/4 lightbrown), MM3037.01 (cor Munsell 7.5YR6/4 light brown) e o perfurado MM3069.1 (cor Munsell 2.5YR5/6 red). Após a retirada dos dados destes 4 tijolos de características morfológicas diferentes, foi efetuada uma nova análise de componentes principais somente com o grupo dos tijolos amarelos (n=43).

Gráfico 2: Análise de componentes principais a partir de variáveis de atributos formais de 43 tijolos amarelos resgatados no Programa Monumenta, Recife



Ao analisar o resultado do PCA no gráfico 2, verifica-se a presença de dois grupos com dimensões diferentes: um com a maioria dos tijolos amarelos e outro contendo quatro tijolos. Esses quatro tijolos possuem dimensões gerais menores do que a média da amostra de tijolos amarelos: o MM2696.2 mede 14,6cm x 7,1cm x 3,5cm; o MM874.5 mede 14,4cm x 6,5cm x 3,4cm; o MM2696.1 mede 15,1cm x 7,0cm x 3,6cm e o MM2962.1. Ao observar as variáveis iniciais que diferenciam ambos os grupos foi possível constatar que o grupo mais numeroso apresenta uma relação para comprimento: altura de 4,8 para 1 (4,8:1) e o segundo grupos de 4,2 para 1 (4,2:1).

Por tanto, podemos afirmar que a analise por PCA através das variáveis morfológicas dos tijolos já nos permitem separar os tijolos amarelos dos não amarelos na amostra de tamanho $n=47$ e após a retirada destes tijolos a nova analise de PCA nos mostra, dentro dos tijolos amarelos, dois grupos de dimensões diferentes.

Análise de componentes principais pelos elementos químicos: atributos tecnológicos

Devemos ressaltar que nesta analise foram utilizados tijolos íntegros e fragmentos de tijolos motivo pelo qual teremos muitos mais dados da composição química nos tijolos vermelhos quando comparada com a primeira analise que leva em conta só morfologia e peso. Os resultados da analise da composição química foi feita usando o método de componentes principais a partir dos resultados de fluorescência de raios X. No gráfico 3 de dispersão das duas componentes principais extraídas das variáveis originais, concentrações dos elementos, (Si, Ca, Al, K, Fe, Ti, Sr, Zr, Mn, Rb e Zn), podemos observar dois grandes conjuntos, neste gráfico cada tijolo é rotulado pelo código da amostras. Já no gráfico 4 é mostrada a mesma analise porem os dados dos tijolos foram rotulados pela cor e a partir deste gráfico facilmente podemos afirmar que a composição química dos tijolos é diferente para cada coloração vermelha e amarela.

Gráfico 3: Análise de componentes principais a partir da composição química da matéria prima tijolos resgatados no Programa Monumenta, Recife.

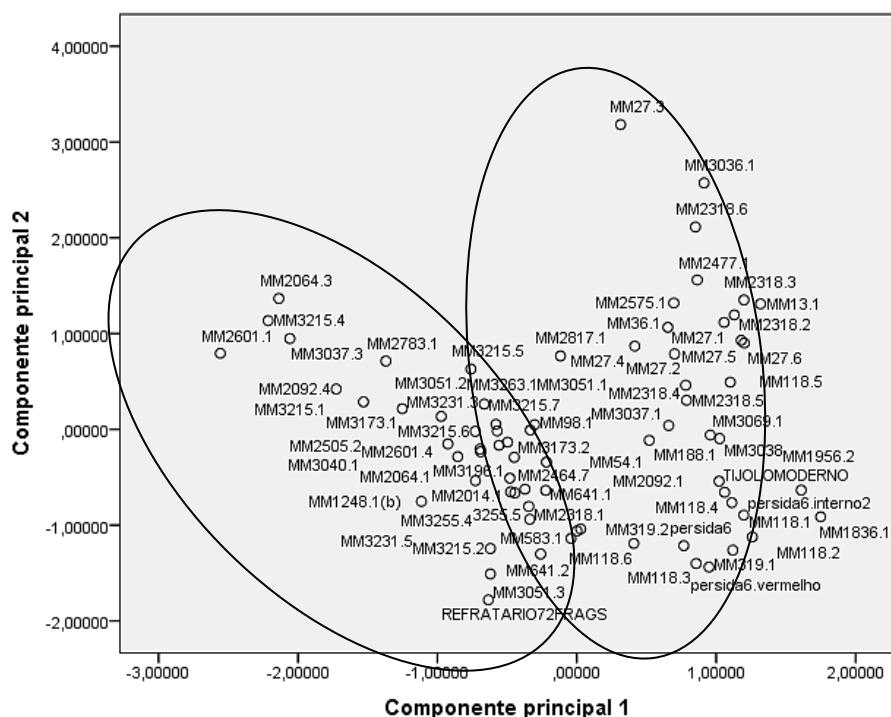
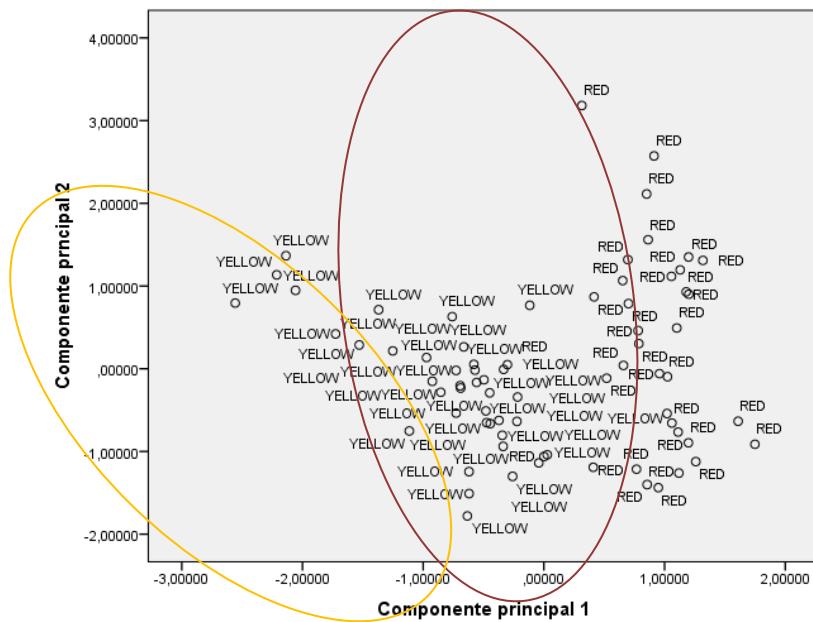


Gráfico 4: Discriminação dos tijolos amarelos e vermelhos por componentes principais por PCA conforme os teores dos elementos químicos da FRX, coleção do Programa Monumenta, PE.



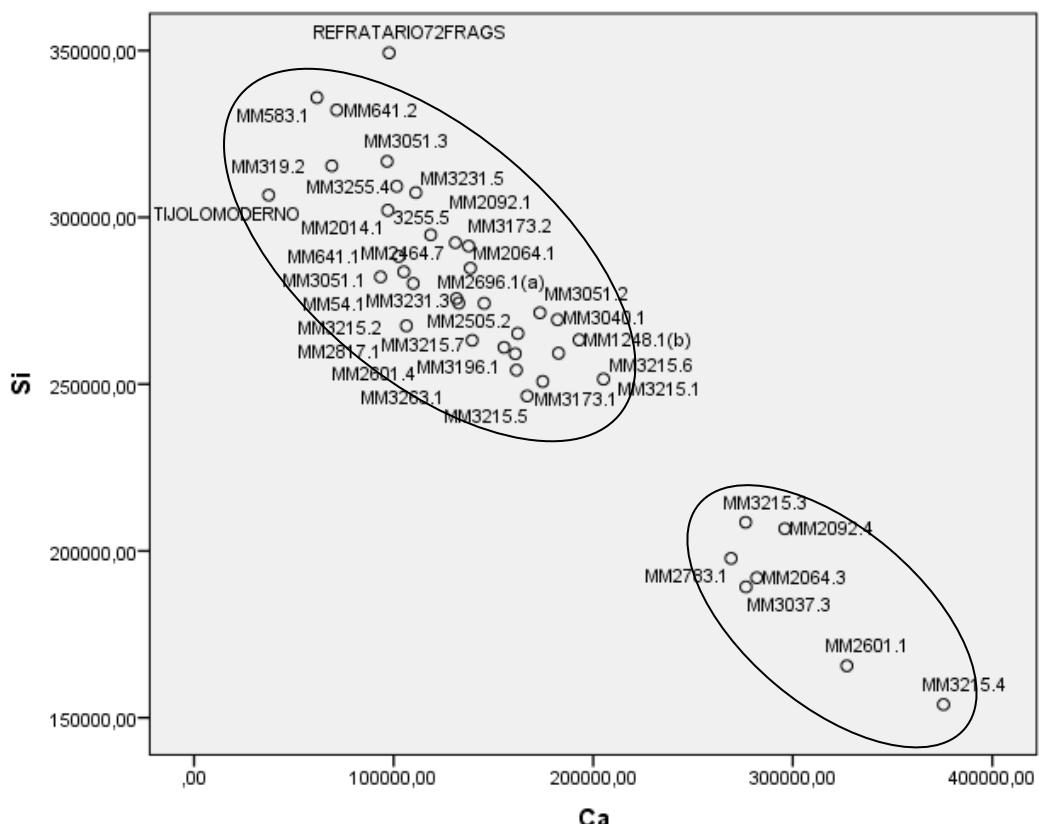
A Tabela 1 apresenta a matriz de correlação entre os elementos químicos dos tijolos analisados, podemos observar a forte correlação negativa (-0,9) entre as concentrações do elemento Silício e Cálcio.

Tabela 1: Matriz de correlação entre os elementos detectados por FRX da amostra de tijolos do Programa Monumenta. Uma forte correlação negativa ocorre entre Si/Ca.

	Si	Ca	Al	Fe	K	Ti	Sr	Zr	Mn	Rb	Zn
Si	1,0	-0,9	0,3	-0,4	0,6	-0,1	-0,8	-0,3	-0,2	-0,1	-0,3
Ca		1,0	-0,5	0,3	-0,7	0,0	0,8	0,3	0,2	0,1	0,2
Al			1,0	-0,1	0,4	-0,1	-0,3	-0,2	-0,2	-0,3	0,2
Fe				1,0	-0,1	0,5	0,2	0,1	0,5	0,3	0,3
K					1,0	0,2	-0,5	-0,1	-0,1	0,4	-0,2
Ti						1,0	0,0	0,0	0,2	0,3	0,1
Sr							1,0	0,1	-0,1	0,0	0,3
Zr								1,0	0,2	0,4	-0,1
Mn									1,0	0,0	0,2
Rb										1,0	-0,2
Zn											1,0

O Gráfico 5, de dispersão, apresenta o resultado da correlação silício/cálcio e a distribuição formada.

Gráfico 5: Distribuição dos tijolos amarelos do Programa Monumenta conforme a correlação entre silício e cálcio a partir dos dados de FRX, com dois subgrupos identificados na correlação Si-Ca.



Nesta análise notam-se agrupamentos. O subgrupo 1 esta ao redor da amostra do tijolo moderno, este grupo se caracteriza por ter muito mais silício e menos cálcio. Já o outro grupo observado composto por menos objetos apresenta uma maior quantidade de cálcio e menor quantidade de silício, a maior parte dos tijolos amarelos deste conjunto corresponde ao conjunto com morfologia diferenciada mostrado no gráfico 2. Consequentemente a análise de fluorescência de raios X (relação Si-Ca) e da morfologia aliado ao PCA indicou para os tijolos amarelos, uma discriminação em dois conjuntos.

Para a caracterização química destes dois subgrupos foi feita a análise de estatística descritiva de ambos subgrupos. Na tabela 2 são mostrados, do subgrupo 1, os elementos químicos presentes

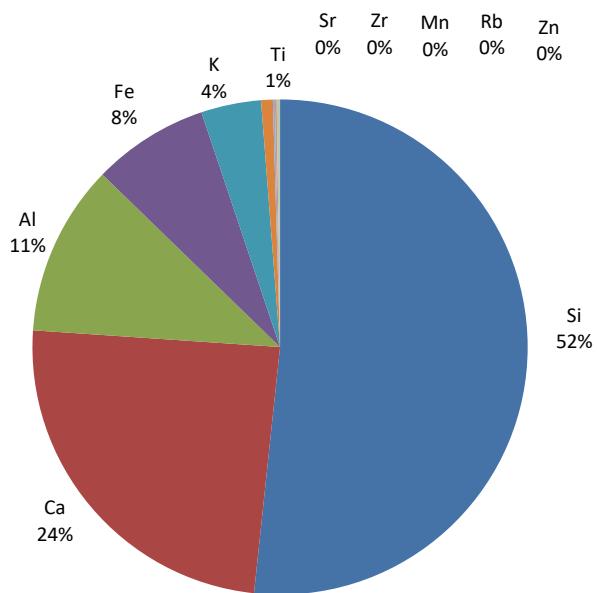
(Si, Ca, Al, Fe, K, Ti, Sr, Zr, Mn, Rb e Zn), o número de tijolos analisados por elemento (n = 31), o maior, menor, média e desvio padrão das concentrações de cada elemento químico presente.

Tabela 2: Análise estatística descritiva do resultado de FRX nos tijolos amarelos do subgrupo 1, Monumenta.

Descriptive Statistics					
Element	N brick	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
Si	31	246458	335915	281394	23801
Ca	31	61590	205166	132846	37929
Al	31	41507	110395	60939	14510
Fe	31	0	69403	41324	11529
K	31	15794	28515	21316	3214
Ti	31	0	6161	4154	1042
Sr	31	0	1000	705	184
Zr	31	0	1170	650	194
Mn	31	0	2909	863	609
Rb	31	107	326	193	37
Zn	31	49	395	121	69
Valid N (listwise)	31				

O Gráfico 6 a seguir apresenta a distribuição percentual dos elementos dessa amostra.

Gráfico 6: Percentuais dos elementos químicos por FRX do subgrupo 1 (amarelos), Monumenta



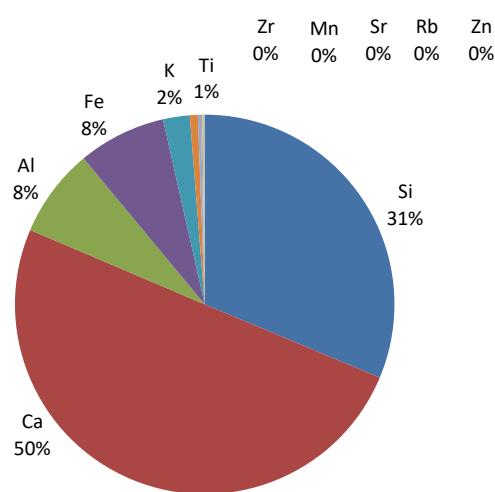
A análise estatística do conjunto 2 (subgrupo 2), amarelos, apresenta o elemento químico, o número de tijolos analisados por elemento, o maior, menor, média e desvio padrão das concentrações por elemento químico, conforme a Tabela 3 e Gráfico 7.

Tabela 3: Análise estatística descritiva do resultado de FRX nos tijolos amarelos do subgrupo 2, Monumenta.

Descriptive Statistics

	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
Si	7	153955	208587	187684	20606
Ca	7	269078	375545	300373	38397
Al	7	26977	62793	45328	13704
Fe	7	37097	51411	44929	4834
K	7	11756	17023	13595	2039
Ti	7	3051	8121	4092	1795
Sr	7	966	2453	1532	553
Zr	7	596	885	761	117
Mn	7	0	1106	820	378
Rb	7	115	269	205	54
Zn	7	80	310	154	99
Valid N (listwise)	7				

Gráfico 7: Percentual dos teores de elementos químicos por FRX do subgrupo 2 (amarelos), Monumenta



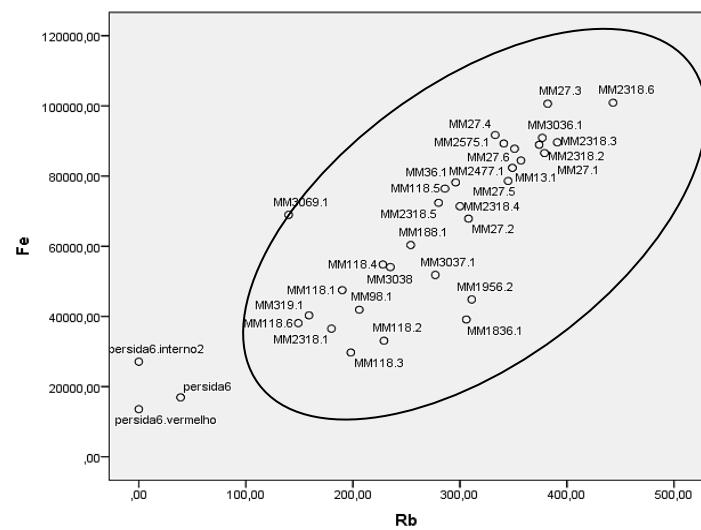
O tipo de correlação entre os elementos químicos em relação aos tijolos vermelhos está na matriz da Tabela 4.

Tabela 4: Matriz de correlação entre os elementos detectados por FRX presentes na amostra de tijolos do Programa Monumenta. Uma forte correlação positiva ocorre entre Fe/Rb.

	Si	Al	Ca	Fe	K	Ti	Sr	Zr	Mn	Rb	Zn
Si	1,0	-0,1	-0,6	-0,6	0,3	-0,5	-0,6	0,1	-0,6	-0,3	-0,6
Al		1,0	-0,5	-0,5	-0,3	0,4	-0,4	0,0	-0,3	-0,7	-0,3
Ca			1,0	0,2	-0,3	0,0	0,6	0,0	0,6	0,2	0,2
Fe				1,0	0,0	0,1	0,6	-0,3	0,6	0,9	0,7
K					1,0	-0,4	-0,1	0,3	-0,1	0,3	-0,1
Ti						1,0	0,5	0,2	0,2	-0,2	0,1
Sr							1,0	0,1	0,5	0,5	0,5
Zr								1,0	-0,2	-0,1	-0,4
Mn									1,0	0,5	0,4
Rb										1,0	0,6
Zn											1,0

Abaixo, o gráfico de dispersão dos tijolos vermelhos considerando as concentrações de Fe e Rb, podemos observar um grupo maior com valores de concentrações mais altas de Fe e Rb e alguns outros tijolos com concentrações menores chamados de persida, estes elementos foram analisados como um novo com características diferentes do resto..

Gráfico 8: Dispersão dos tijolos vermelhos, considerando os valores da concentração de Fe e Rb, Programa Monumenta.



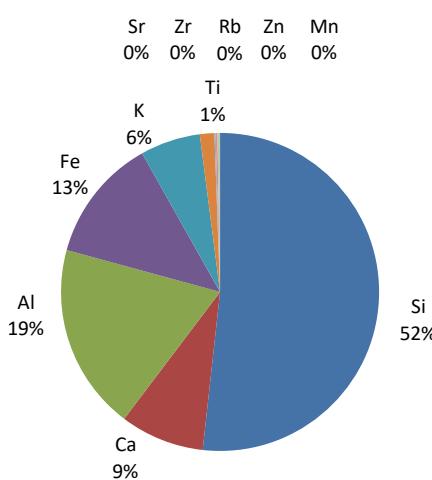
Considerando então que o existe um único grupo de tijolos vermelhos foi realizado a caracterização dos elementos químicos presentes. Na tabela 5 são apresentados os elementos químicos, o número de tijolos analisados por elemento, o maior, menor, média e desvio padrão das concentrações destes elementos químicos..

Tabela 5: Análise estatística descritiva dos elementos químicos por FRX do grupo de tijolos vermelhos do Programa Monumenta, Recife (n=31).

Descriptive Statistics					
Element	N (brick)	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
Si	31	208345	323567	275406	25776
Ca	31	7010	150953	45528	33698
Al	31	70914	150113	100842	17146
Fe	31	29721	100900	67068	22057
K	31	21343	53103	32540	6819
Ti	31	4447	11070	7833	1702
Sr	31	230	1268	668	295
Zr	31	0	1721	960	419
Mn	31	0	5421	985	1223
Rb	31	140	443	289	80
Zn	31	0	439	128	96
Valid N (listwise)	31				

O Gráfico 9 apresenta os percentuais dos teores dos elementos químicos identificados na análise de fluorescência de raios X nos 31 tijolos do grande grupo dos vermelhos mapeados observados no gráfico de dispersão de Fe e Rb.

Gráfico 9: Percentuais de elementos químicos por FRX (relação Fe-Rb) para os tijolos vermelhos Monumenta

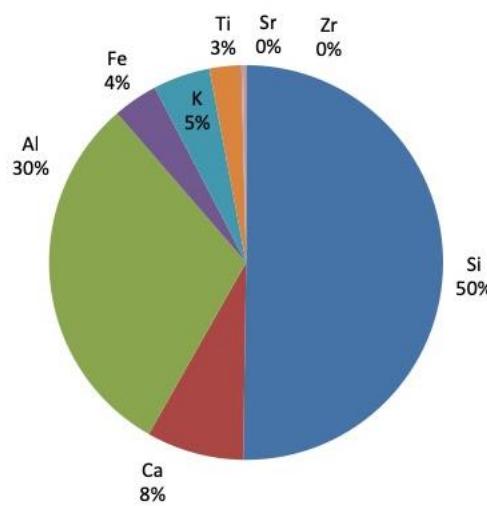


A Tabela 6 e o Gráfico 10 apresentam a análise estatística e os percentuais dos elementos químicos de 3 tijolos externos a coleção dos tijolos chamados de persida do Programa Monumenta.

Tabela 6: Análise estatística descritiva dos elementos químicos por FRX de três amostras externas à coleção estudada (n=3).

Descriptive Statistics					
Element	N (brick)	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
Si	3	252280	271969	261691	9873
Ca	3	29984	55447	41612	12874
Al	3	132045	185189	158454	26573
Fe	3	13582	27104	19199	7046
K	3	11111	44340	24351	17613
Ti	3	9781	18657	13653	4545
Sr	3	437	1036	682	314
Zr	3	798	2108	1306	703
Valid N (listwise)	3				

Gráfico 10: Percentuais dos elementos da estatística descritiva para três amostras de tijolo vermelho comparadas com o conjunto maior de tijolos do Programa Monumenta.



As análises dos resultados de FRX – dos elementos químicos por concentração - possibilitaram agrupar os tijolos vermelhos e amarelos da coleção em grupos e subgrupos (Tabela 7).

Tabela 7: Agrupamento dos tijolos da coleção Monumenta e sua composição química (n=69)

Grupos e subgrupos de tijolos da coleção por PCA da concentração de elementos químicos (FRX)

Tijolos vermelhos (n=31)		Tijolos amarelos (n=38)			
Grupo 1 (relação Fe-Rb)		Grupo 1 (relação Si-Ca)			
		Subgrupo 1(n=31)		Subgrupo 2 (n=7)	
Elem,	média com desv.pad. (ppm)	Elem.	média com desv. pad. (ppm)	Elem.	média desv. pad. (ppm)
Si	275406 \pm 25776	Si	281394 \pm 23801	Si	187684 \pm 20606
Ca	45528 \pm 33698	Ca	132846 \pm 37929	Ca	300373 \pm 38397
Al	100842 \pm 17146	Al	60939 \pm 14510	Al	45328 \pm 13704
Fe	67068 \pm 22057	Fe	41324 \pm 11529	Fe	44929 \pm 4834
Rb	289 \pm 96	Rb	205 \pm 54	Rb	193 \pm 37
Zn	128 \pm 80	Zn	121 \pm 69	Zn	154 \pm 99

Elem.=elemento químico, desv.pad.=desvio padrão. Valores em ppm

Discussão

Na amostra de 47 tijolos amarelos e vermelhos íntegros resgatados do Programa Monumenta Recife, foi observada (Quadro 1-Histograma) a presença de três tijolos vermelhos da coleção com dimensões diferentes. Estes apresentaram as de 34,0 a 26,0cm x 15,0cm x 5,0cm (MM3036.1), 24,0cm x 11,0 cm x 4,5cm (MM3038) e 29,4cm x 9,1cm x 5,9cm (MM3037.01), como o objetivo da nossa analise foi observar subgrupos em tijolos semelhantes entre eles, estes tijolos foram retirados das nossas analyses. A partir dos resultados do Quadro 2, mais um tijolo foi discriminado o tijolo vermelho MM3039.1, medindo 20,3cm x 10,4cm x 6,2cm, produzido por extrusão, apresentando dois furos longitudinais de 1cm (raio), coletado no setor M2 (na Rua da Moeda, perpendicular à Rua Mariz de Barros/Rua da Assembleia).

Finalmente no Quadro 3, observou-se que não existem dados que possam ser considerados diferentes entre sim (n=43). Nestes tijolos, todos amarelos, a média e desvio padrão dos tamanhos é de 16,94cm \pm 0,837cm, das larguras é de 7,61cm \pm 0,51cm, das alturas 3,56cm \pm 0,167cm e para os pesos, de 808,21cm \pm 105,091cm.

No Gráfico 1 as duas componentes principais explicam os 93% da variância total acumulada a partir das quatro variáveis iniciais: comprimento, largura, altura e peso. Neste gráfico observa-se os 4 tijolos que não possuem cor amarela. São tijolos MM3036.1 (cor Munsell 5YR6/6

reddishyellow), MM3038 (cor Munsell 7.5YR6/4 light brown), MM3037.01 (cor Munsell 7.5YR6/4 light brown) e o perfurado MM3069.1 (cor Munsell 2.5YR5/6 red). Este gráfico de PCA, que combina os dados morfológicos e o peso nos mostra os dois conjuntos dos tijolos vermelhos e amarelos

A partir do Gráfico 2, verificou-se a presença de dois grupos com dimensões diferentes: um com a maioria dos tijolos amarelos e outro contendo quatro tijolos. Esses tijolos possuem dimensões gerais menores do que a média da amostra de tijolos amarelos:

Conforme os Gráficos 3 e 4, análises de PCA a partir da composição química, ,mostra dois grupos de tijolos: os íntegros amarelos e os vermelhos íntegros e fragmentados, com algumas intersecções. Convém lembrar que nesta amostra de tijolos amarelos e vermelhos do Monumenta, foram incluídas amostras extra-situ, representadas pelo tijolo vermelho da olaria São Pedro de Bezerros (modelo 20cm x 10cm x 5cm) e um tijolo holandês de Vila Velha, Itamaracá (três amostras de FRX). Estas foram inseridas para fins comparativos e auxiliar na discriminação ou não dos conjuntos.

A analise PCA considerando todos as concentrações de elementos químicos nos tijolos amarelos nos mostraram dois subgrupos e ao analisar a composição química dos **tijolos amarelos**, através da matriz de correlação dos elementos, foi observado uma forte correlação negativa entre silício e cálcio (-0,9). Considerando esta correlação foi construído um gráfico de dispersão das concentrações o Si e Ca, nele foi observado a presença dos dois subgrupos para os tijolos amarelos. O subgrupo 1, com maior concentração de Si e menor concentração de Ca; conjunto 2 (subgrupo 2), com maior concentração de Ca, e ,emor de Si.

Os dois subgrupos dos tijolos amarelos foram caracterizados quimicamente e foi observado que os elementos majoritários em ambos os grupos foram o Si, Ca e Al, o subgrupo 1 apresento 52% de Si, 24% de Ca e 11% de Al. Já o subgrupo 2 apresentou 31% de Si, 50% de Ca e 8% de Al.

Na analise PCA, em relação aos **tijolos vermelhos**, se observou também dois grupos, na matriz de correlação registrou-se uma forte correlação positiva (0,9) entre ferro (Fe) e rubídio (Rb), conforme a Tabela 4. Quanto maior o teor (proporção) de Fe, maior o teor de Rb e vice-versa. A correlação foi considerada entre 1 (correlação positiva), 0 (sem correlação) e -1 (correlação negativa).

O gráfico de dispersão da composição elemental obtida por FRX (para a relação Fe-Rb), os tijolos vermelhos estão representados basicamente por um único conjunto (Gráfico 9):

O Gráfico de dispersão 9 foi composto com dados de todos os tijolos vermelhos íntegros e fragmentados. Neste foi observado dois grupos um dos tijolos e fragmentos de tijolo vermelhos em outro grupo 3 amostras (persida), que são de um tijolo vermelho arqueológico proveniente de Vila Velha ⁸ e que foi usado para verificação da sua relação com os tijolos vermelhos do Programa Monumenta. Compõe um segundo grupo, não assinalado neste gráfico.

Verifica-se no Gráfico 10 um percentual de 52% de silício na composição da argila dos tijolos vermelhos, seguido de 19% de alumínio, 13% de ferro, 9% de cálcio e 6% de potássio. O óxido de ferro presente, pela indicação elemental, está relacionado, nessa proporção (13%), à cor vermelha da argila queimada.

O conjunto menor, com três amostras, não inclui tijolos do Programa Monumenta e serviu como elemento de comparação para a discriminação do grupo maior. No cálculo das variáveis descritivas dessas três amostras, observou-se que existem diferenças nos teores dos elementos em relação ao conjunto maior de amostras de tijolos vermelhos do Monumenta, conforme a Tabela 6 e o Gráfico 11.

O tijolo (3 amostras) do Gráfico 11 pode pertencer a uma produção possivelmente holandesa, com presença possível de caulinita na sua composição (ASFORA, 2011). O ferro a 4% também indica uma argila com menos teor de ferro que os tijolos amarelos estudados acima, entretanto com proximidade cromática com os vermelhos.

A discriminação dos tijolos da coleção em grupos indica concentrações elevadas de Fe nos tijolos vermelhos e Ca nos tijolos amarelos, conforme a Tabela 7. O Si predomina nos três grupos. O subgrupo 2 de tijolos amarelos, com 7 amostras, apresentou maiores teores de Ca que os demais grupos.

⁸ Este tijolo provém de Itamaracá, Vila Velha. Mede 16,5cm x 7,6cm x 3,8cm e pesa 827g. A porção interna da massa cerâmica apresentava a cor vermelha (acervo Lacor – UFPE).

Conclusão

Quanto a composição química, os tijolos íntegros vermelhos e amarelos e os fragmentos de tijolos vermelhos analisados por FRX, e processados os dados superficiais (cor) e tecnológicos (composição elemental), puderam ser discriminados em dois conjuntos, com algumas intersecções. Entre os tijolos amarelos foi identificada uma forte correlação negativa entre silício e cálcio (-0,9). A correlação entre silício e cálcio na PCA indicou pelo menos dois grupos de tijolos amarelos na coleção do Programa Monumenta.

Em relação aos tijolos vermelhos, a PCA com os dados de FRX indicou uma forte correlação positiva entre ferro e rubídio (0,9). Foram incluídos fragmentos de tijolos vermelhos encontrados na coleção. Foram discriminados um grupo pelas concentrações elevadas de ferro para os tijolos vermelhos e dois subgrupos pela concentração de cálcio (VEIT, 2000) para o grupo dos tijolos amarelos. O silício predomina nos dois grupos (e subgrupos). O subgrupo 2 de tijolos amarelos, com 7 amostras, apresentou maiores teores de cálcio que os demais grupos.

Em resumo, as análises de PCA dos dados de FRX indicaram a presença de pelo menos 2 subgrupos de tijolos amarelos e dois subgrupos de tijolos vermelhos.

A comparação entre as proporções dos tijolos do Monumenta indicou a presença de pelo menos 4 subgrupos de tijolos amarelos e pelo menos 2 grupos de tijolos vermelhos.

Referências

- ANDRADE, A. P. G. de. 2006. A casa de vivenda do Sítio São Bento de Jaguaribe: uma reconstituição arqueológica. 2006. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Arqueologia, Universidade Federal de Pernambuco, Recife.
- ALBUQUERQUE, M. A. G. de M. 2003. Sinagoga Kahal Zur Israel: retornando à vida do Recife. Revista de Arqueologia Americana. México: Instituto Pan-americano de Geografia e Historia, n.22, p.63-79.
- ALBUQUERQUE, M. A. G. de M. 2006a. O arco da Conceição, uma das antigas portas do Recife: uma aproximação arqueológica. CLIO Série Arqueológica. Recife: UFPE, v.1, n.20, p.151-167.

- ALBUQUERQUE, M. A. G. de M. 2006b. Holandeses em Pernambuco: resgate material da História. In. PÉREZ, J. M. S.; SOUZA, G. F. C. (eds.) *El desafio holandês al domínio ibérico em Brasil em el siglo XVII*. Salamanca: Universidad de Salamanca, p. 107-160.
- ALBUQUERQUE, M. A. G. de M. 2007a. Arqueologia: O Forte do Brum. *Revista da cultura*. Ano VII, n. 13, p. 43-50.
- ALBUQUERQUE, M. A. G. de M. 2007b. As escavações arqueológicas no Forte de Orange. *Revista Brasileira de Arqueometria, Restauração e Conservação*. AERPA Editora, v.1, n.2, p. 51-55,
- ALBUQUERQUE, M. A. G. de M. 2012. Arqueologia: O Forte Orange e seu cotidiano material. *Revista da cultura*. FUNCEB, Ano XII, n.19, p.26-35.
- ALBUQUERQUE, M. A. G. de M.; LUCENA, V. 1976. Arqueologia histórica e restauração de monumentos (uma experiência interdisciplinar). *Boletim do Departamento de História da UFPE*, v.1, n. 1, p. 58-61.
- ALVES, R. B. 2016. Primeiras ocupações residenciais da Rua de São Jorge no Bairro do Recife – um estudo das estruturas arqueológicas/arquitetônicas da quadra 55 na área do Pilar, Recife-PE. Dissertação de mestrado. Recife; Programa de Pós-Graduação/UFPE – PE. 101pp.
- ASFORA, V. K. 2010. Fluorescência de Raios X por dispersão de energia aplicada à caracterização de tijolos de sítios históricos de Pernambuco. Dissertação (Mestrado), Recife: Programa de Pós-Graduação em Tecnologias Energéticas Nucleares, Universidade Federal de Pernambuco.
- BECKER, M. J. 1977. "Swedish" Colonial Yellow Bricks: Notes on Their Uses and Possible Origins in 17th Century America. *Historical Archaeology*. v.11, p. 112-118.
- CALZA, C.; GODOY, J.; ANJOS, M. J.; LOPES, R. T.; BRANCAGLION JUNIOR, A.; SOUZA, S.M.F.M.; LIMA, T. A. 2009. Aplicações da fluorescência de raios X no estudo de materiais arqueológicos. *Forum Patrimônio. Patrimônio Construído e Patrimônio Sustentável*, v.2, n.2, p.1-15, 2009.
- CUNHA E SILVA, R.M.; NASCIMENTO FILHO, V.F.; APPOLONI, C. R.; PEREZ, C.A. 2005-2006. Fluorescência de raios X aplicada a amostras arqueológicas. *Revista do Museu de Arqueologia e Etnologia*, São Paulo, v.15-16, p. 371-382.
- DARLING, A. 2001. Brazil's Monumenta Program: Sustainable Preservation of Historic Cities. In. SERAGELDIN, I.; SHLUGER, E.; MARTIN-BROWN, J. (eds.) *Historic Cities and Sacred Sites. Cultural Roots for Urban Futures*. Washington: The World Bank, p. 195-201.

- DON, J. 2015. "A Posture of Defence": A Forensic Brick Analysis of Charleston's Seventeenth and Eighteenth Century Walled Fortifications". AllTheses. Paper 2139.
- DUARTE JÚNIOR, R. 2010. Programa Monumenta: uma experiência em preservação urbana no Brasil. Revista CPC. São Paulo, n.10, p. 49-88, mai./out.
- FERNANDES, F. M.; LOURENÇO, P. B. 2007. Estado da arte sobre tijolos antigos. Congresso Construção 2007, 3o. Congresso Nacional de 17 a 19 de dezembro, Portugal/Coimbra: Universidade de Coimbra.
- HANESCH, O.; SILVA, E. E. C.; GRANATO, M.; CARVALHO, A. P. C. s/d. Gestão da Conservação-Restauração do patrimônio cultural: algumas reflexões sobre teoria e prática. 1º. Seminário da Rede Conservação BR.
- GURCKE, K. 1987. Bricks and Brickmaking: A Handbook for Historical Archaeology. Idaho: University of Idaho Press.
- KELLY, R. E.; KELLY, M. C. S. 1977. Brick Bats for Archaeologists: values of presssed brick brands. Historical Archaeology. v.1, p. 84-89, 1977.
- LIMA, T. A. 1989. Arqueologia histórica: algumas considerações teóricas. CLIO Série Arqueológica. v.10, p. 87-99.
- LUCKENBACH, A.; READ, E; WARE, D.; LINDAUER, T. 1994. The excavation of em 18th century dutch yellow brick firebox and chimney stack in Anne Arundel County, Maryland. Maryland Archeology. v.30, n. 2, p. 9-22, sept.
- MARTÍNEZ, V.M.F. 2000. Teoria y metodo de la arqueología. 2. ed. Madrid: Editorial Síntesis (História Universal I, Prehistoria), 2000.
- MATOS, M. X. G. de. 2009. Análise de estruturas em alvenaria : modelo para análise e identificação dos processos construtivos e das etapas de execução de uma edificação de valor histórico/cultural. 2009. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Arqueologia, Universidade Federal de Pernambuco, Recife.
- MEIDE, C. 1994. Bricks: em overview of function, form, and historical types. Florida: The Florida State University. Dec.
- MENELAU, V.; SIMIS, T.; OLIVEIRA, C.; MARTIN, G.; PESSIS, A-M. 2008. As técnicas construtivas e a expansão do Bairro do Recife antigo nos séculos XVI a XIX. CLIO. Série Arqueológica. (Relatório), v.23, n.1, p. 189-210.

- NORTON, H. K.; MOYER, D. 2010. Elemental Analysis of Bricks from the Peter Mc Cutcheon House, NY. Lancaster, Pennsylvania: 2010 Annual Meeting of the Council for Northeast Historical Archaeology, LBirchwoodArchaeological Services. 30 out.
- OLIVEIRA, F.E.M. 2011. Acompanhamento da produção industrial em cerâmica da microrregião do Vale do Assu: estudo de caso. Monografia (Graduação em Ciência e Tecnologia). Angicos, RN: UFERSA.
- OLIVEIRA, M. A. da S. 2017. Estudo da coleção de tijolos do Programa Monumenta, Bairro do Recife – PE, sob a perspectiva da arqueologia histórica e subsídios da conservação. Dissertação. Programa de Pós-Graduação de Arqueologia, Universidade Federal de Pernambuco, 268p.
- ORSEL, E. 2006. Brickwork in Leiden: a Survey of Sixteenth and Seventeenth Century Characteristics. v.3, p. 2379-2394.
- PESSIS, A-M.; MARTIN, G.; OLIVEIRA, C. A. (coords.) 2006. Processo de urbanização do Bairro do Recife nos séculos XVII e XVIII. Recife: Programa de Pós-Graduação de Arqueologia/Departamento de História/UFPE/Programa Monumenta-BID/URB-Recife, (Projeto de Pesquisa).
- PESSIS, A-M.; MARTIN, G.; OLIVEIRA, C. A. (coords.) 2007. Relatório Parcial das Pesquisas Arqueológicas do Acompanhamento das Obras de Urbanização do Bairro do Recife, Polo Alfândega/Madre de Deus. Recife/PE, Iphan-PE, mar.
- PESSIS, A-M.; MARTIN, G.; OLIVEIRA, C. A. (coords.) 2009. Relatório das Pesquisas Arqueológicas do Acompanhamento das Obras de Urbanização do Bairro do Recife, Polo Alfândega/Madre de Deus. Recife/PE, nov. Iphan-PE.
- REEDER, M.G. 1983. The Size of a Brick, BBS Information, 29, February 1983, 1-4; 30, May, 1-3.
- RENFREW, C.; BAHN, P. 2011. Arqueología: teorías, métodos y práctica. Madrid: Akal, 2011.
- RUFINO, E. 2013. Arqueologia no Bairro do Recife/PE. Monografia. Recife: UNICAP. Curso de Especialização em Patrimônio Histórico: Preservação e Educação.
- SCARLETT, T. J.; RAHN, J.; SCOTT, D. 2006. Bricks and em evolving industrial landscape: the West Point Foundry and New York's Hudson River. Northeast Historical Archaeology. v.35, n.1, p. 29-46.
- SILVA, F. A.; APPOLONI, C. R.; QUIÑONES, F.R.E.; SANTOS, A.O.; SILVA, L.M.; BARBIERI, P. F.; NASCIMENTO FILHO, V. F. 2004. A arqueometria e a análise de artefatos cerâmicos: um estudo de fragmentos cerâmicos etnográficos e arqueológicos por fluorescência de Raios X (EDXRF) e transmissão Gama. Revista de Arqueologia. v.17, p. 41-61.

- SMITH, T. P. 2001. On 'small yellow bricks...from Holland'. *Construction History*. v.17, p. 31-42.
- SOPKO, J. S.; MCEVOY, J. E. 1991. X-ray fluorescence analysis of 17th-and 18th-century brick samples from New York State. In. *New York State Parks Recreation and Historic Preservation*. New York.
- STUART, I. 2005. The Analysis of Bricks from Archaeological Sites in Australia. *Australasian Archaeological Archaeology*. v. 23, p. 79-88.
- SULLASI, H. S. L.; OLIVEIRA JUNIOR, P. J. de; CAMPOS, J. R. de O.; SOUZA, R. E. de; SANTOS, C. D. F. 2014. A Técnica de Fluorescência de Raios X por Dispersão de Energia (EDFRX) e sua Aplicação em Amostras de Moedas Antigas. *Fumdhamentos*, v.6, p. 114-128.
- VEIT, R. 2000. Following the Yellow Brick Road: Dutch Bricks in New Jersey, Facts and Folklore. *Bulletin of the Archaeological Society of New Jersey*, v.55, p. 70-77.
- VOGEL, M. N. 2015. Up Against the Wall: An Archaeological Field Guide to Bricks in Western New York. *Buffalo ArchitectureandHistory*.
- WINGFIELD, D. M.; RICHMOND, M. D.; MCKELWAY, H. S. 1997. Archaeological remains of a mid-nineteenth century brick clamp: a first look at brick clamps in Kentucky. *Ohio Valley HistoricalArchaeology*. n.12, p. 68-88.
- ZIMMERMAN, L. M. 2013. Brick by Brick: A Comparative pXRF Analysis of Brickworks and Structures in the Belgian-American Community of the Door Peninsula (2013). *Theses and Dissertations*. Paper 188. Wisconsin: University of Wisconsin Milwaukee, mai.