



UNIVERSITAT DE
BARCELONA

Caracterització arqueomètrica de 15 individus pertanyents a contextos de producció de Lisboa (s. XVI, XVII i XVIII)



Neves et al. (2012, 619)

Clàudia Ortega Palacios

Treball Final de Màster

Tutoritzat pel Dr. J. Buxeda i Garrigós

Màster d'Estudis Avançats en Arqueologia

Universitat de Barcelona

Novembre 2020

Agraïments

El present treball no hagués estat possible sense la contribució de moltes persones.

En primer lloc, vull expressar un fort agraïment a André Teixeira, coordinador del grup d'investigació Arqueologia Moderna e da Expansão Portuguesa del CHAM-Centro de Humanidades, de la Universidade Nova de Lisboa (UNL), per haver-nos facilitat les mostres i per tota la informació proporcionada. També a Javier García Iñáñez, de la Universitat del País Basc (EHU), per haver fet de mediador i per tota l'ajuda.

En segon lloc, agrair especialment a l'equip de l'ARQUB (Cultura Material i Arqueometria UB, GRACPE) de la Universitat de Barcelona (UB), per haver fet possible aquest treball i per tota l'ajuda proporcionada al llarg de tot aquest procés. Per la mateixa raó, al personal dels Centres Científics i Tecnològics de la Universitat de Barcelona (CCiTUB), que m'han prestat la seva ajuda sempre que ho he necessitat.

Agrair també a la Marta Valls Llorens i a la Tània Freixas Roig, per tot el suport i l'ajuda. També a Xavier Mochales i Puig, per endinsar-me en el món de l'època moderna, i a la meva família, sense els quals no hagués pogut sobreposar-me a aquest 2020.

Per últim, un especial agraïment al Dr. Jaume Buxeda i Garrigós, que m'ha acompanyat en tot moment durant el desenvolupament d'aquest treball i sense el qual no hagués estat possible res. Moltes gràcies, he après molt.

Abstract

During the modern period, Lisbon was established as the main producer of delftware, as well as other ceramic products, in Portugal. In recent years, archeological interventions have uncovered multiple remains of pottery production in two large producing areas of the city that rises the need to conduct compositional characterization studies in order to address future provenance questions. This will help in the study of commercial dynamics established between this city and the rest of the world. Thus, it is presented here the archaeometric study of 15 individuals recovered at production contexts in Lisbon, dated back to the sixteenth century and up to the first half of the eighteenth century. Chemical and mineralogical characterization techniques have been applied, specifically X-ray fluorescence (XRF) and X-ray diffraction (XRD). The results have allowed us to identify four compositional groups that can be used as reference groups (RG) or localized references, albeit with some caution, as well as various aspects related to its production technology.

Key words: delftware, red coarse ware, tin opacified glazes, lead glazes, production centers, provenance, reference groups, localized references, archaeometry, Lisbon.

Resum

En època moderna, Lisboa s'estableix com el principal pol productor, juntament amb altres produccions, de majòlica a Portugal. Les intervencions arqueològiques realitzades durant els últims anys han posat al descobert múltiples restes de producció ceràmica en dues grans àrees productores de la ciutat que posen en rellevància la necessitat de dur a terme estudis de caracterització composicional per tal d'encarar futures qüestions de provenença en el marc de les dinàmiques comercials establertes entre aquesta ciutat i la resta del món. Així, es presenta l'estudi arqueomètric de 15 individus pertanyents a contextos de producció de Lisboa amb cronologies del segle XVI i fins a la primera meitat del XVIII. S'han aplicat tècniques de caracterització química i mineralògica, en concret fluorescència de raigs X (FRX) i difracció de raigs X (DRX). Els resultats han permès identificar quatre grups composicionals que poden ser emprats com a grups de referència (GR) o referències localitzades, tot i que amb una certa precaució, així com diversos aspectes relacionats amb la seva tecnologia de producció.

Paraules clau: majòlica, ceràmica de pasta vermella, esmalts estannífers, vidrats plumbífers, centres productors, provenença, grups de referència, referències localitzades, arqueometria, Lisboa.

Índex

1. Introducció i objectius	5
2. L'arqueologia a Portugal i Lisboa	8
3. La producció ceràmica de Lisboa als segles XVI, XVII i XVIII	14
3.1. Les majòliques portugueses	16
3.2. Altres produccions	21
4. Els centres productors.....	23
4.1. Mouraria i els tallers de la zona oriental.....	24
4.1.1. Largo das Olarias i Travessa do Jordão	26
4.1.2. Rua Damasceno Monteiro	29
4.2. Mocambo i els tallers de la zona occidental	32
4.2.1. Rua das Madres	35
4.2.2. Terrenos do Marquês.....	38
5. Mostreig.....	39
6. Mètodes i procediment analític.....	41
6.1. Tècniques analítiques emprades	42
6.1.1. La fluorescència de raigs X (FRX)	42
6.1.2. La difracció de raigs X (DRX).....	43
6.2. Rutina analítica	45
7. Anàlisi de la composició química: tractament estadístic dels resultats de fluorescència de raigs X.....	48
7.1. Tractament estadístic i definició de grups químics.....	48
7.2. Comparació amb la base de dades de l'ARQUB	62
8. Anàlisi de la composició mineralògica: els resultats de la difracció de raigs X	66
8.1. Diagrames ternaris	66
8.2. Fàbriques identificades	67
8.2.1. Grup LB01.....	68

8.2.2. Grup LB02.....	70
8.2.3. Grup LB03.....	71
8.2.4. Grup LB04.....	79
9. Observació macroscòpica amb lupa binocular	80
10. Discussió.....	87
11. Conclusions	94
12. Bibliografia.....	96
13. Webgrafia	104
Annex I. Taules	105
Annex II. Fotografies dels individus	110
Annex III. Base de dades.....	113

1. Introducció i objectius

En època moderna, el món es va omplir d'una extensa xarxa de comunicacions marítimes i terrestres que unia a persones de tot el món, una xarxa intercontinental sota el predomini d'un intens comerç que transportava productes de tot tipus, des d'espècies, sucre i sal, fins a teixits i obres d'art. I en aquesta amalgama de mercaderies, que viatjaven entre Orient i Occident, d'un continent a un altre, al llarg del vast món, es trobava també la ceràmica. Plats, escudelles, gerres i tota classe de peces ocupaven el seu lloc entre els carregaments de vaixells que anaven d'aquí cap a allà, per la immensitat del món. Aquest comerç mundial representa avui dia un dels fenòmens socioeconòmics més importants de l'edat moderna: va conferir riqueses i pobreses, va connectar pobles i continents, generant una cultura i unes institucions pròpies, tot ocupant a persones de diversa condició i fortuna, va afectar en cada moment a la política i a la economia del seu propi temps.

Durant molts anys l'estudi de les produccions ceràmiques de Portugal ha restat relegat a la lectura de la documentació escrita i la catalogació de les col·leccions museístiques, en els últims anys, però, l'arribada d'una arqueologia cada cop més potent i metòdica ha evidenciat l'existència de diversos centres productors de ceràmica a Portugal, en especial de majòlica portuguesa, que podrien ser claus per a l'enteniment de les dinàmiques comercials i econòmiques del període modern. En aquest sentit, Lisboa se'ns presenta com el principal pol productor de majòlica a Portugal, juntament amb altres tipus de produccions, des del segle XVI i assolint el seu esplendor als segles XVII i fins a la primera meitat del segle XVIII, seguit d'altres pols potencialment productors com Coimbra i Vila Nova de Gaia.

Així, el registre arqueològic ha anat prenent el rol principal en l'estudi de la producció de ceràmica portuguesa, posant al descobert l'existència de dues grans àrees productores a Lisboa: els tallers de la zona oriental, al barri de Mouraria, ubicat a la vessant nord del Castelo de São Jorge, amb una forta tradició ceramista, la producció ceràmica del qual es remunta a època medieval, i els tallers de la zona occidental, a l'antic barri de Mocambo, actual Madragoa, desenvolupats a partir de mitjans del segle XVI. En aquestes àrees era on s'ubicaven la majoria dels tallers terrissers en època moderna, tot consolidant-se dins la xarxa urbanística de la ciutat, creixent i adaptant-se al decurs del temps.

D'aquesta manera es fa palesa la necessitat d'avançar en l'estudi de les produccions lisboetes de la manera més exhaustiva i rigorosa possible, des d'una perspectiva, per tant, necessàriament condicionada a les ciències experimentals i al mètode hipotètic-deductiu. En aquest sentit, els estudis basats en el Postulat de Provenença (Weigand, Harbottle i Sayre, 1977) i en la caracterització composicional de pastes poden ajudar a aprofundir en el coneixement tant del procés de producció com de les dinàmiques comercials establertes entre la ciutat de Lisboa i la resta del món.

És per això que es presenta l'estudi arqueomètric de 15 individus ceràmics pertanyents a contextos de producció de la ciutat de Lisboa datats estratigràficament als segles XVI, XVII i XVIII, concretament a les excavacions realitzades al taller ceràmic de Largo das Olarias núm. 19-23 i Travessa do Jordão núm. 1-15, i als sondatges efectuats a Rua Damasceno Monteiro núm. 11-13, situats a la zona oriental, a Rua das Madres núm. 59 i a Terrenos do Marquês, ubicats a la zona occidental, que han proporcionat materials majorment associats amb restes de producció. Així, es presenten els resultats obtinguts mitjançant tècniques de caracterització composicional química i mineralògica: fluorescència de raigs X (FRX) i difracció de raigs X (DRX); així com el posterior tractament estadístic de les dades químiques dins de la teoria de dades composicionals i l'avaluació i identificació de les fases cristal·lines.

L'objectiu és el de realitzar una primera aproximació a les característiques de la producció ceràmica de Lisboa dels segles XVI, XVII i XVIII a partir de la determinació de la composició química i mineralògica d'individus relacionats amb contextos de producció, amb la finalitat última d'intentar identificar possibles grups de referència (GR) que permetin fer inferències al voltant de possibles relacions comercials establertes per aquesta ciutat i altres àrees, així com estudiar aspectes en relació a la seva tecnologia de producció. D'aquesta manera pretenem aportar noves dades que ajudin a enriquir el coneixement que es té sobre les produccions lisboetes en el marc de l'extensa xarxa d'intercanvis comercials propis de l'època moderna.

Tanmateix, aquest estudi restarà a l'espera d'una anàlisi més exhaustiva dels materials, donat que la situació d'alarma sanitària viscuda des del març d'aquest any 2020 no ens ha permès desenvolupar els treballs analítics com esperàvem, especialment pel que fa a la impossibilitat de realitzar una anàlisi dels individus mitjançant microscòpia electrònica

de rastreig (MER), tal com es tenia previst fer inicialment. Aquest estudi ens hagués permès no només obtenir dades sobre l'evolució de la microestructura cristal·lina i l'estadi de sinterització de les mostres, essencials per tal de poder complementar l'estimació de la Temperatura de Coccio Equivalent (TCE), sinó també estudiar els vidrats presents en alguns dels individus i realitzar microanàlisi per obtenir dades sobre la seva composició. Lamentem profundament aquesta situació i esperem que tot es pugui solucionar el més aviat millor, pel bé de tots.

2. L'arqueologia a Portugal i Lisboa

La producció ceràmica de Portugal d'època moderna, i en especial la majòlica portuguesa, han suscitat un gran interès des de finals del segle XIX, amb l'aparició d'erudits com Francisco Marques de Sousa Viterbo (1845-1910), Joaquim de Vasconcellos (1849-1936) o José Queirós (1856-1920), que van realitzar nombrosos estudis i catàlegs majorment basats en les fonts documentals disponibles, força abundants, i en les nombroses col·leccions museístiques (Leandro, 2010; Sebastian, 2010, 11-48). La creació de catàlegs i la celebració d'exposicions van jugar un paper important en l'impuls de la valoració del patrimoni ceràmic de la ciutat al llarg de tot el segle XX. Així, resulta un bon exemple la celebració l'any 1936 de l'*Exposição de Cerâmica Ulissiponense* a Lisboa, amb col·leccions que anirien des de finals del segle XVI a inicis del XIX, l'impacte de la qual va donar origen a l'antic *Museu de Azulejos e Faianças de Lisboa*, actualment transformat en el Museu de la Ciutat de Lisboa (Sebastian, 2010, 16).

Aquests estudis, tot i que força nombrosos, no deixen de ser representatius de les limitacions pròpies de l'època, marcada per l'absoluta falta de rigor científic, la subjectivitat de les fonts emprades i la descontextualització de les col·leccions museístiques, que juntament amb el contagi de nacionalismes en determinats períodes no han fet més que desdibuixar el coneixement al voltant de la Lisboa moderna, ja de per si poc definit.

El primer intent seriós d'establir una evolució cronoestilística de la majòlica portuguesa no es produeix fins als anys 60, de la mà de Reynaldo dos Santos (1960), amb l'establiment de quatre períodes que discorrien al llarg del segle XVII. L'atribució cronològica es basava en les peces datades pertanyents a museus i a col·leccions privades. Aquesta ha estat l'obra sobre la que han treballat arqueòlegs i historiadors per a la classificació i datació de ceràmiques amb esmalt estannífer durant més de 40 anys, amb l'aportació posterior d'altres autors com Salinas Calado (1987, 1992, 2003) o Pedro Monteiro (2002) (Sebastian, 2010, 18; Manuel Casimiro, 2013, 352). Avui dia, aquesta classificació, limitada a les ceràmiques fines de gran valor artístic, es troba desactualitzada i suposa un problema a l'hora de contextualitzar el registre arqueològic, evidenciant-se en els últims anys la necessitat d'establir una classificació cronotipològica més acurada.

A això se li ha de sumar la imprecisió de les fonts escrites a l'hora de distingir entre produccions ceràmiques, tenint en compte que majorment es tracta de documents administratius que sovint no fan cap tipus de distinció tipològica, fet que ha donat peu a errors d'interpretació de tot tipus. Tot plegat es tradueix en la perdurabilitat al llarg dels anys d'una complexa xarxa d'equívocs, citacions i contradiccions que afecten encara avui dia al coneixement que hom pugui tenir al voltant de les produccions ceràmiques portugueses d'època moderna.

L'arribada de l'arqueologia els anys 80 va estar marcada per un desinterès general respecte al període modern, pel que no va ser fins als anys 90 que es produí un creixent interès per l'arqueologia d'època moderna i en concret per la producció de ceràmica portuguesa, essent justament la majòlica un dels materials més freqüents del registre arqueològic dels segles XVI-XVIII. En aquest sentit, pren especial importància la celebració al llarg de tota la dècada de les *Jornadas de Cerâmica Medieval e Pós-Medieval* de Tondela, des de la seva primera edició l'any 1992 i fins a la interrupció d'aquest cicle després de la seva quarta edició l'any 2000, que va generar un espai per a la discussió i divulgació de l'estudi ceràmic medieval, modern i contemporani de Portugal (Sebastian, 2010, 24-25).

Aquestes jornades van anar acompanyades de la proliferació cada cop més nombrosa d'intervencions arqueològiques, tant programades com d'urgència, que a poc a poc van anar conformant una visió de les dinàmiques productores portugueses, posant en rellevància Lisboa com a principal pol productor. Alguns dels treballs realitzats durant les dècades dels 80 i els 90, però, no compten avui dia amb uns estudis exhaustius dels materials recollits i encara hi ha una manca molt important de publicacions (Sebastian, 2010, 36). D'una altra banda, i pel cas que ens ocupa, cal destacar en aquests anys els treballs de Celso Mangucci i en especial la seva contribució al coneixement del barri terrisser de Mocambo, actual Madragoa (Lisboa) (Mangucci, 1996; Mangucci, 2003).

En els últims vint anys, s'ha disparat el nombre d'intervencions arqueològiques a Portugal que han contribuït al coneixement de la producció de ceràmica portuguesa, en especial pel que fa a la majòlica i a la importància del paper interpretat per Lisboa en les dinàmiques comercials intercontinentals en època moderna. En aquest sentit, és important remarcar la creació de diversos grups de recerca, com ara el CHAM (de l'antic *Centro de*

História de Além-Mar) de la Universidade Nova de Lisboa i la Universidade dos Açores (CHAM, s.d.), així com la celebració de múltiples congressos i la publicació de múltiples revistes i monografies que han resultat una eina inestimable per a la difusió de la recerca arqueològica.

Cal destacar la celebració al 2011 del *Velhos e Novos Mundos. Congresso Internacional de Arqueologia Moderna*, organitzat per la Universidade Nova de Lisboa i del *I Congresso da Associação dos Arqueólogos Portugueses*, realitzat al 2013, amb una segona edició al 2015 que inclou el *I Encontro de Arqueologia de Lisboa. Uma cidade em escavação*, promogut pel *Centro de Arqueologia de Lisboa (Câmara Municipal de Lisboa)*. Així com la celebració de la *First International Conference of Portuguese Faience (16th-19th centuries)* a Lisboa l'any 2013, en relació a la producció de majòlica portuguesa.

És precisament en aquest espai de divulgació científica on s'han presentat les propostes més recents de classificació de ceràmica portuguesa, trencant a la fi amb l'antiga classificació de Reynaldo dos Santos (1960). Destaca l'evolució cronoestilística de Manuel Casimiro (2013; Manuel Casimiro i Varela Gomes, 2016) per a la majòlica portuguesa, així com la proposta tipològica de Bugalhão i Pinto Coelho (2017), per a la ceràmica comuna, fina i vidrada. Ambdues classificacions es basen en la informació proporcionada pel registre arqueològic.

Respecte a la ciutat de Lisboa, l'arqueologia d'època moderna ha estat marcada des d'un primer moment per l'impacte generat pel gran terratrèmol de 1755, que destruï bona part de la ciutat i que va suposar la reorganització i reestructuració d'una nova Lisboa sota l'anomenada Reforma Pombalina (Cardoso, 2006). És per això que destaquen els treballs realitzats recentment en diverses àrees de la ciutat, que han permès contribuir a un millor coneixement al voltant de com s'estructurava la ciutat abans d'aquesta reestructuració. Destaquen, per exemple, les intervencions realitzades a la zona de la ribera del riu Tajo i en especial a la Praça de D. Luís I (Sarrazola, Bettencourt i Teixeira, 2014) i a la Praça do Comércio (Neves *et al.*, 2012; Neves, Martins i Lopes, 2014), on s'han trobat diverses estructures corresponents a una zona portuària i a una plaça pública en funcionament des del segle XV i fins a la seva destrucció a mitjans del XVIII.

D'aquesta manera l'arqueologia s'ha anat consolidant com a principal eina per al desenvolupament del coneixement al voltant de la ciutat en època pre-pombalina, complementada molt sovint amb una abundosa quantitat de fonts documentals, cartogràfiques i iconogràfiques. Si bé la subjectivitat d'aquestes fonts no deixa de ser una limitació a tenir en compte, una correcta revisió de les mateixes sota una perspectiva metodològica ben definida i en correlació directa amb les dades del registre arqueològic ha permès, durant els últims anys, configurar un bon marc conceptual sobre el que inferir qüestions al voltant de les dinàmiques socioculturals i l'estructuració urbana de la ciutat en els segles que ens ocupen. Cal destacar l'enorme quantitat de cartografia urbana i militar que ha permès ubicar molts dels espais destruïts pel terratrèmol de 1755, així com tot un cos de documentació arquitectònica, eclesiàstica i política, juntament amb les fonts iconogràfiques, que han proporcionat informació molt valuosa sobre models de vida i dinàmiques urbanes.

Resulta paradigmàtic, per exemple, el cas del *Grande panorama de Lisboa* o *Vista panoràmica de Lisboa anterior ao terremoto de 1755*, atribuït a Gabriel del Barco (1648-?) a inicis del segle XVIII i avui dia conservat al Museu Nacional do Azulejo, un gran panell de rajoles pintades de gairebé 23 m de longitud que representa una vista de la ciutat al llarg de 14 km de costa tal com era abans del terratrèmol de 1755 (Museu Nacional do Azulejo, 2020). En aquest panell es poden observar des d'espais públics, edificis i monuments nacionals desapareguts a causa del terratrèmol fins a aspectes relacionats amb la vida quotidiana i els oficis civils. Una de les principals aportacions d'aquest panell al món de les produccions ceràmiques és la vista del suburbi de Mocambo (actual Madragoa), a la zona de Santos-o-velho, on s'ubicaven bona part dels tallers ceràmics de la ciutat.

Pel que fa a aquest caràcter productor de la ciutat, Lisboa se'ns presenta com el principal pol industrial en la fabricació i exportació de majòliques de Portugal. En referència a això resulta fonamental l'atribució de Luis Sebastian en la seva tesi doctoral (Sebastian, 2010), en que aconsegueix recollir tota la informació documental coneguda sobre la producció de majòlica portuguesa a Lisboa, tot incorporant les troballes arqueològiques realitzades fins al moment. De fet, en aquest treball, Sebastian presenta tot un conjunt de dades que arriben a permetre la ubicació força exacte, carrer per carrer, de les dues principals àrees de producció de la ciutat: les anomenades "olarias Orientals", a l'antic "Barrio das

Olarias”, a l’actual barri de Mouraria, i les “olarias Occidentals”, a l’antic “Barrio do Mocambo”, actual barri de Madragoa. Aquestes són les dues principals àrees de vocació productora en que s’ubiquen la majoria de tallers terrissers de Lisboa durant els segles XVI, XVII i XVIII, esdevenint importants pols econòmics que es van anar consolidant urbanísticament dins la ciutat.

Les excavacions realitzades en els últims anys, especialment en l’última dècada, han permès identificar un seguit de vestigis que s’associen a aquesta producció ceràmica i que podrien emmarcar-se entre els segles XV i XVIII, l’estudi i l’anàlisi dels quals resulta imprescindible per a una millor comprensió del funcionament d’aquests nuclis en època moderna. Cal tenir en compte, però, que moltes d’aquestes intervencions no disposen de publicacions amb una anàlisi prou exhaustiva del material ceràmic, bé per tractar-se d’actuacions preventives que no han tingut un major desenvolupament, bé per tractar-se d’investigacions molt recents que encara es troben en procés d’estudi.

D’aquesta manera, l’arqueologia ha anat prenent un rol cada cop més rellevant que ha posat de manifest la necessitat d’estudiar les dinàmiques socioculturals de la ciutat de Lisboa en època moderna des d’una perspectiva cada cop més rigorosa i exhaustiva, tot basant-se en la informació proporcionada pel registre arqueològic. Sota aquesta perspectiva i tenint en compte el caràcter eminentment productiu de la ciutat pel que fa a les ceràmiques i especialment a la majòlica portuguesa, resulta evident que el següent pas lògic en la cadena del desenvolupament d’una investigació basada en les ciències naturals ha de venir de la mà de l’arqueometria. Així, apareix la necessitat de realitzar estudis basats en la caracterització química i mineralògica de produccions lisboetes per tal d’intentar establir possibles grups de referència (GR) que permetin aprofundir en el coneixement de les dinàmiques productores i comercials d’aquesta ciutat en el marc dels fluxos comercials dels segles XVI-XVIII.

En aquest sentit, han estat poques les contribucions a l’estudi de les produccions lisboetes d’època moderna que hagin emprat tècniques de caracterització arqueomètrica. Cal fer menció a l’anàlisi per espectrometria de masses de plasma acoblat inductivament (ICP-MS) realitzat per Hugues (2013), en que es van analitzar mostres de majòliques portugueses tant de Lisboa com de Coimbra i Vila Nova de Gaia, així com l’anàlisi instrumental per activació neutrònica (INAA) de Dias *et al.* (2016), de mostres procedents

de Lisboa i de Coimbra. També destaquen els estudis de Vieira Ferreira *et al.* (2015) mitjançant tècniques d'espectroscòpia micro-Raman, reflexió difusa, fluorescència de raigs X (FRX) i difracció de raigs X (DRX) de ceràmiques comunes amb vidrats de plom produïdes a la regió de Lisboa, així com de majòliques portugueses amb esmalts de blau sobre blau (Vieira Ferreira, Ferreira Machado i Manuel Casimiro, 2017), que obre la possibilitat de que moltes de les majòliques atribuïdes arqueològicament a Sevilla al llarg dels anys fossin en realitat d'origen portuguès.

3. La producció ceràmica de Lisboa als segles XVI, XVII i XVIII

La producció de ceràmica a Lisboa en els segles XVI, XVII i XVIII es caracteritza sobretot per la fabricació de majòliques portugueses. Es tracta d'una ceràmica caracteritzada per l'ús de pastes calcàries i per una cobertura d'esmalt estannífer, opacificada per l'addició d'òxid d'estany sobre una base de vidrat de plom, generalment pintada, essent el més habitual una decoració de blau cobalt sobre blanc, però també amb l'ús d'altres colors com el porpra, el verd o el groc. Produïda a Portugal des de la primera meitat del segle XVI, presenta una gran varietat de formes (Varela Gomes, Manuel Casimiro i Varela Gomes, 2016, 1).

Tanmateix, les majòliques no són les úniques produccions ceràmiques que es produeixen a Lisboa. De fet el registre arqueològic de la majoria de les intervencions associades a centres productors presenten quantitats considerables de ceràmica comuna, essent molt habituals les ceràmiques comunes de pasta vermella (*louça de pasta vermelha, redware* o *red coarse ware*) de vegades brunyides o pintades, així com les ceràmiques amb vidrats transparents de plom, generalment en verd, com a reacció als òxids de coure o de ferro (en ambients reductors), i melades, com a reacció als òxids de ferro, de producció lisboeta.

La hipòtesis de l'existència de produccions simultànies dins dels mateixos centres productors, ha estat àmpliament desenvolupada a partir de les fonts escrites (Correia, 1956; Queirós, 1987; Mangucci, 1996; Sebastian, 2010). Segons Sebastian (2010, 114-115), això es relacionaria amb una dinàmica de conjunt caracteritzada per una elevada mobilitat de la mà d'obra, en especial dins d'un mateix centre terrisser, amb constants col·laboracions, sobretot a través d'una complexa xarxa de lligams familiars, i de compres, vendes, arrendaments i readaptacions de l'espai a la producció de nous productes.

Respecte al registre arqueològic, si bé és cert que en la majoria de contextos de producció apareixen materials pertanyents a diferents produccions, no és fàcil distingir fins a quin punt aquestes foren elaborades en el mateix taller de manera simultània, tenint en compte a més la proximitat que es produeix entre diferents tallers dins d'una mateixa àrea productora. Tot i així, sembla que hi hauria una certa simultaneïtat a l'hora de descartar deixalles de producció, com a mínim en alguns dels contextos interpretats com a abocadors. Un bon exemple d'això és la intervenció realitzada al 2010 a la Rua de Buenos

Aires núm. 10 (Batalha *et al.*, 2016), en que van aparèixer dos dipòsits amb restes de producció tant de majòlica com de ceràmica comuna, vidrada i de pasta vermella. L'estudi i la datació dels materials apareguts en aquests dipòsits porta als investigadors a interpretar que es tractaria de residus produïts de manera simultània per un mateix taller, fet que evidenciaria que aquestes ceràmiques "haurien estat fabricades per ceramistes altament experimentats i qualificats per a la fabricació d'un ampli espectre de produccions" (Batalha *et al.*, 2016, 32).

Pel que fa a l'obtenció de les matèries primeres, les principals àrees d'extracció d'argiles vermelles es situarien, segons la documentació escrita, al voltant del Campo de Santa Clara, a la Lisboa oriental (Figura 1). Es tracta d'una zona amb una gran veta d'argiles vermelles, anomenades Argilas de Forno do Tijolo, que s'estenen de nord a sud i al voltant de les vessants nord i oest del Castelo de São Jorge (Sebastian, 2010, 212). Respecte a les argiles calcàries per a la fabricació de majòliques, s'extraurien sobretot de les margues calcàries ubicades en les zones de contacte entre les aureoles d'Estefânia i les anomenades Argilas de Prazeres, especialment a les àrees ubicades al sud del Monte Fragoso i a l'oest de la Calçada do Combro, a la Lisboa occidental, on hi hauria ja una mixtura d'argiles, carbonat càlcic i sorra més propera a la mixtura final desitjada (Sebastian, 2010, 211-212).

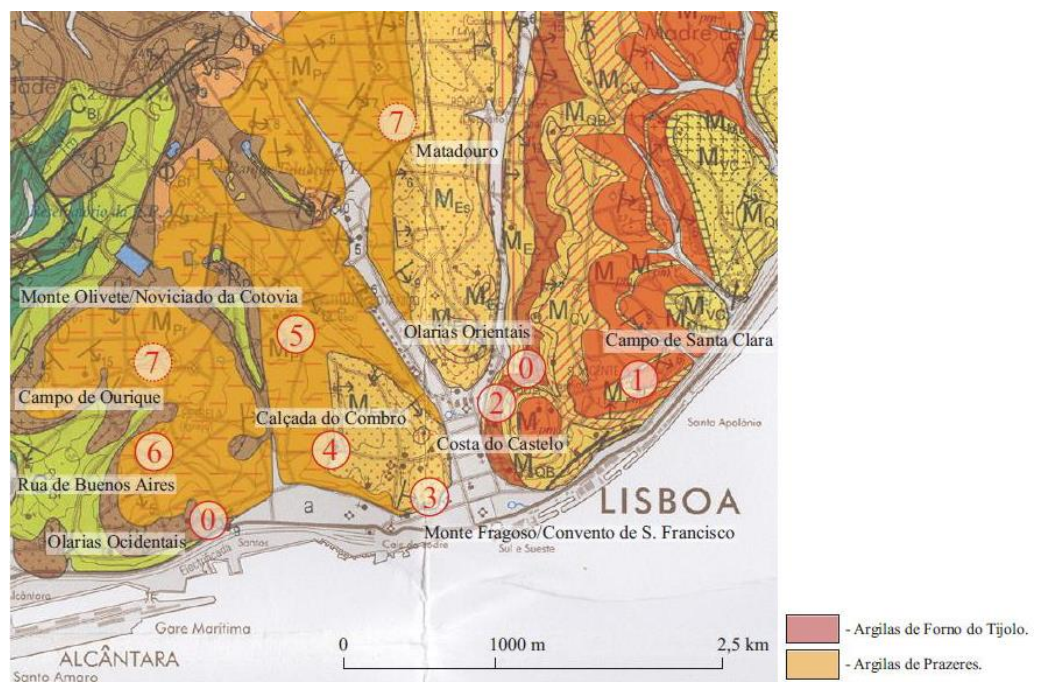


Figura 1. Barris de Lisboa identificats documentalment i posicionats sobre la Carta Geològica de Portugal, esc. 1:50.000, full 34-D, del Departamento de Geologia do Instituto Nacional de Engenharia, Tecnologia e Inovação (Sebastian, 2010, 256)

3.1. Les majòliques portugueses

“Majòlica” és un terme genèric que prové del mot “Mallorca”, per a referir-se a qualsevol ceràmica amb esmalt blanc estannífer (esmalt metàl·lic compost de plom, estany, sílice i sal o cendres sòdiques o potàssiques tractades). Aquesta tecnologia tradicionalment associada a Orient hauria arribat a la Península Ibèrica amb la implantació del Califat de Córdoba (756 dC), assimilant-se en els centres productors amb la posterior conquesta dels territoris moriscos i l’assentament dels ceramistes musulmans a les ciutats (Coll Conesa, 2008, 151-156).

Al llarg dels segles han aparegut diferents produccions amb diverses influències estilístiques, essent les majòliques de Faenza (Itàlia) i les de Sevilla i Talavera de la Reina (Espanya) de les més conegudes als segles XV, XVI i XVII, d’aquí que a la bibliografia sovint s’emprin com a anàlegs diverses terminologies en funció del seu origen o de les seves característiques físiques: “*maiolica*” per a les publicacions d’origen itàlic, “*faience*” per a les franceses, de la que deriva “*faiança*” per a les portugueses, “*delft*” o “*delftware*” per a les holandeses i les angleses. En la bibliografia anglosaxona sovint apareixen també com a “*tin-glazed earthenware*”, “*tin opacified glazed earthenware*” o “*tin-lead glazed earthenware*”.

L’inici de la producció d’esmalts estannífers a Lisboa s’hauria produït durant la primera meitat del segle XVI, coincidint amb la intensificació de les activitats lligades a l’expansió ultramarina de Portugal (Sebastian, 2010, 78-86). Aquesta innovació es relaciona, d’una banda, amb la tradició terrissera del barri de Mouraria, on s’haurien instal·lat les comunitats musulmanes a mitjans del segle XII, i d’una altra, amb les innovacions tecnològiques i estètiques importades de produccions foranes, sobretot d’artesans flamencs i espanyols, sota la perspectiva d’adquirir un producte d’alta qualitat a baix cost que respongués als gustos de la època i a la fascinació vers el món oriental, especialment respecte a les porcellanes xineses, de major qualitat i complexitat tecnològica (Sebastian, 2010, 78-86; Varela Gomes *et al.*, 2013b, 8). Les majòliques portugueses més antigues trobades fins al moment s’associen a les restes d’un forn excavat a Mata da Machada (Barreiro), a la riba sud del riu Tajo, en proximitat al port de Lisboa, que ha estat datat numismàticament entre el 1450 i el 1530, i en el qual van

aparèixer algunes peces amb esmalt estannífer (Carmona i Santos, 2005; Sebastian, 2010, 78-79).

Pràcticament totes les intervencions arqueològiques associades a centres productors de Lisboa dels segles XVI-XVIII han proporcionat materials majorment relacionats amb restes de producció ceràmica de majòlica. La fabricació d'aquest tipus de ceràmica passava, primer de tot, per l'obtenció i elaboració d'una pasta amb base, molt majoritàriament, calcària mitjançant tres parts d'argiles blanques i una part d'argiles vermelles. L'obtenció d'una argila calcària, altament desitjable, era possible gràcies a l'existència de fonts naturals de margues calcàries pròximes al riu, localitzades a la zona occidental, i en especial a les zones de la vessant sud del Monte Fragoso i l'oest de la Calçada do Combro, on es podia trobar ja una mixtura d'argiles, carbonat càlcic i sorra més propera a la barreja final desitjada (Sebastian, 2010, 212).

L'existència de centres productors en constant funcionament va suposar un conflicte permanent entre l'extracció d'argiles i el desenvolupament d'altres activitats, generant esforços continus per part de l'administració de la ciutat per tal de regular aquesta activitat, imposant límits a les zones d'extracció i l'obligació d'amortitzar els pous d'extracció per part dels ceramistes després de la retirada de les matèries primeres, pràctica que es duia a terme amb quantitats considerables de restes de producció (Sebastian 2013, 61).

Després de l'obtenció de la pasta mitjançant un llarg procés de neteja i decantació de les argiles, i un cop modelades les diferents peces, aquestes passaven per una primera cocció per tal d'obtenir peces bescuitades. Aquest procés permetia l'evaporació de l'aigua i augmentava la porositat de la matriu, essencial per a la fixació d'un vidrat opac amb base estannífera i l'aplicació posterior de la decoració (Sebastian 2010, 263; Krus i Rodrigues Manso, 2016, 17). Durant aquest procés podien succeir-se diversos problemes, com ara un excés de cocció, deformacions o aparicions d'esquerdes, tenint en compte, a més, que normalment les peces eren introduïdes dins del forn sense cap tipus de protecció, sobreposades i encaixades les unes amb les altres per tal de maximitzar la producció.

Normalment, aquesta primera cocció s'efectuava en el mateix forn en que posteriorment es procedia a realitzar la cocció de l'esmalt, tot i així, en un document en el que figura la planta del taller de Rua das Madres, datat de 1860, es pot observar l'existència de dos

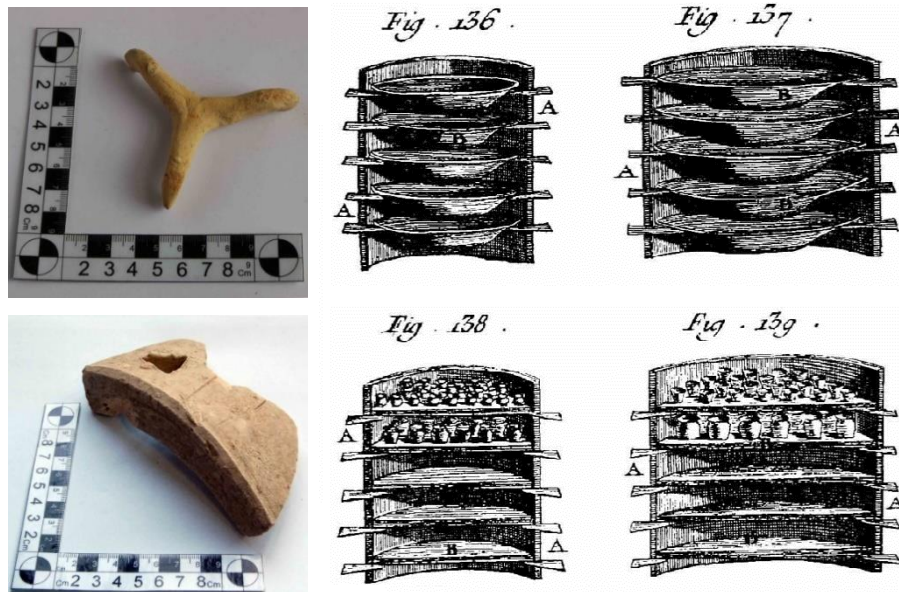
forns morfològicament idèntics però de dimensions diferents en que el més gran podria haver estat destinat a aquesta primera cocció, restant el més petit només per a la fixació de l'esmalt (Sebastian, 2010, 277; Krus i Rodrigues Manso, 2016, 17).

La fabricació de l'esmalt estannífer es feia a partir d'una frita amb base de plom i estany, juntament amb l'addició de sílice (sorres) i alcalins (sal o cendres sòdiques o potàssiques tractades), que posteriorment es polvoritzava i es barrejava amb aigua per tal d'obtenir una suspensió humida, més o menys densa en funció de la quantitat desitjada d'esmalt, per tal de ser aplicada sobre la peça bescuitada, normalment per immersió (Sebastian 2013, 68).

El plom, com a òxid metàl·lic, i la sílice esdevenen agents vitrificants, mentre que l'estany produeix l'opacitat del vidrat. Els alcalins actuen com a agents de flux, reduint la temperatura de cocció necessària per a la vitrificació dels òxids, en aquest sentit l'ús de la sal o les cendres resultava una bona alternativa, en esser un producte abundant i de baix cost a Lisboa (Sebastian 2010, 66). A més, la sal també ajuda a que l'esmalt adquireixi un to més blanc, per les reaccions que es produeixen entre el clorur de sodi i la sílice, esdevenint un silicat sòdic enriquit en òxids de plom (Sebastian 2013, 66). Les sorres emprades devien contenir un alt percentatge de sílice i s'extreien principalment de les fonts naturals de Coia (Barreira), a l'altre costat del riu (Sebastian 2013, 66). Respecte a l'oxidació del plom, els ceramistes s'enfrontaven a nivells molt alts d'intoxicació, ja que totes les solucions solubles de plom són tòxiques, problema que rebia el nom de "saturnisme" i que afectava als pulmons i als òrgans digestius (Hamer i Hamer 2004, 365; Sebastian 2013, 65).

Després de la immersió de la peça a l'esmalt, s'afegia la decoració pintada, de manera que els òxids metàl·lics dels pigments emprats penetressin en l'esmalt durant la seva vitrificació amb la segona cocció. Des dels seus inicis, la majòlica portuguesa va tenir una major preferència pel blau cobalt, la versatilitat del qual permetia obtenir diferents tons de blau en una mateixa peça, seguit del manganès, que apareix també de forma abundant (Sebastian 2012, 940; 2013, 69). Aquesta selecció podria estar relacionada amb la resistència d'ambdós a les altes temperatures, produint-se la vitrificació a 900-1000 °C (Sebastian 2010, 309; 2013, 69).

servien per a separar les peces en nivells successius (Sebastian, 2010, 426-433; 2013, 71-72).



Figures 3 i 4. A l'esquerra, trespeus recuperat a Largo de Jesus i fragment de gasete de la Rua de Buenos Aires núm. 10 (Lisboa) (Sebastian, 2010, 469, 472). A la dreta, representació esquemàtica de diferents estils de gasetes per a la segona cocció en el procés de producció de la majòlica portuguesa (Sebastian, 2010, 469-470)

Aquesta innovació tecnològica i la subseqüent entrada en el mercat de la majòlica portuguesa va situar a Lisboa com a principal pol productor de majòliques de Portugal, essent un fort centre econòmic, comercial i polític, amb accés a matèries primeres i amb una forta tradició terrissera. Els dos altres pols productors importants, tot i que en una escala més reduïda, es situen a Coimbra, amb un fort posicionament en relació a l'interior i el nord de Portugal, igualment amb accés a matèries primeres i amb una forta tradició ceramista, i a Vila Nova de Gaia, que tot i no disposar d'una font d'argiles riques en calci, la proximitat amb el riu li reportava la possibilitat d'importar matèries primeres des de Lisboa i exportar productes manufacturats (Sebastian, 2010, 85-86; Varela Gomes, Manuel Casimiro i Varela Gomes, 2016, 3-5).

La producció de majòlica portuguesa va viure el seu moment de màxim esplendor durant la primera meitat del segle XVII, amb la proliferació de produccions directament inspirades en els elements ornamentals de la porcellana xinesa, sobretot en les produccions del període Wanli de la dinastia Ming (1573-1619), elaborant primer còpies, i incorporant després motius del seu propi imaginari (Pacheco i Costeira da Silva, 2016), fins a finals del segle XVII, en que la majòlica holandesa va inundar els grans mercats

europaus i la majòlica portuguesa va haver de suplir els mercats interns, adaptant les seves produccions a necessitats més senzilles i menys refinades (Varela Gomes *et al.*, 2013a, 21-22).

3.2. Altres produccions

En el registre arqueològic associat a contextos de producció lisboetes, apareixen també de manera freqüent les produccions de pasta vermella (Figura 5), de vegades brunyides i/o pintades, així com produccions amb vidrats amb base de plom, sobretot verdes i melades. Es tracta de ceràmiques poc calcàries, les pastes de les quals varien entre el vermell clar i el marró fosc, fabricades a partir de les argiles extretes a la zona oriental pròxima al Campo de Santa Clara i el Castelo de São Jorge (Sebastian, 2010, 109-113). L'interès per l'estudi d'aquest tipus de produccions recau sobretot en la seva capacitat per a proporcionar informació sobre dinàmiques de la vida quotidiana, essent majorment formes emprades en el decurs de les activitats domèstiques.



Figura 5. Ceràmica comuna de pasta vermella recollida en un context domèstic amb cronologies de finals del segle XVI fins la primera meitat del XVIII (Carnide, Lisboa) (Manuel Casimiro *et al.*, 2018, 271)

Els vidrats amb base de plom es fabricaven a partir d'una frita de plom i sílice que posteriorment s'aplicava, per immersió o mitjançant un pinzell, sobre la peça bescuitada. De vegades s'afegia argila, goma o midó per tal de mantenir les partícules de plom i de sílice en suspensió, facilitant l'adhesió del vidrat a la matriu (Tite *et al.*, 1998, 248). El vidrat conferia a la peça un color translúcid, de vegades directament opac, que depenia

de les reaccions microestructurals entre la matriu i diferents òxids: de coure o de ferro en microatmosferes reduïdes per al vidrat verd, i de ferro per al melat, adquirint diferents tonalitats (Figura 6) (Manuel Casimiro *et al.*, 2018).



Figura 6. Diferents tonalitats de vidrats en ceràmiques recuperades a Lisboa en contextos dels segles XVI-XVIII (Manuel Casimiro *et al.*, 2018, 270)

En el *Livro de Regimento dos officiais Mechanicos da mui excellente e Sempre Leal Cidade de Lisboa* de l'any 1572, trobem una distinció clara e inequívoca a tres tipus de produccions: de pasta vermella (*louça vermelha*), vidrada de plom verda (*louça vidrada verde*) i majòlica portuguesa (*louça branca de tallaeira*) (Sebastian, 2010, 65-66; Manuel Casimiro *et al.*, 2018). Aquest és un dels primers documents que mencionen la producció de vidrats transparents plumbífers a Lisboa. A Coimbra aquest tipus de vidrat apareix en un document més antic, de 1556, anomenant als ceramistes amb el terme “*malegueiros*” (Manuel Casimiro *et al.*, 2018).

A nivell arqueològic, és difícil determinar quan s'inicià aquest tipus de producció a Lisboa, tot i així, s'han trobat forns a Mata da Machada (Barreiro) i a Santo Antonio da Charneca (Barreiro), ambdós ubicats a la ribera sud del riu Tajo, a la regió de Lisboa, que haurien estat produint formes amb vidrat plumbífer verd i en funcionament des de finals del segle XV i mitjans del XVI (Carmona i Santos, 2005; Barros *et al.*, 2012). A més, la caracterització arqueomètrica d'unes ceràmiques amb vidrat de plom verd trobades a Santa Maria do Castelo (Torres Novas), a uns 100 km al nord de Lisboa, obriria la possibilitat de que hi hagués algun centre productor proper, presumiblement a Lisboa o Barreiro, en funcionament entre els segles XIV i XV (Vieira Ferreira *et al.*, 2016).

4. Els centres productors

A Lisboa es desenvoluparan, al llarg dels anys, dues grans àrees destinades a la producció de ceràmica (Figura 7): els tallers de la zona oriental, ubicats a l'antic barri de Mouraria, a la vessant nord del Castelo de São Jorge, barri tradicionalment associat a l'ofici ceramista, l'origen del qual es remunta a època medieval; i els tallers de la zona occidental, a l'antic barri de Mocambo, anomenat Madragoa a partir del segle XIX, desenvolupat a inicis del segle XVI al sud-oest de la ciutat, en una zona propera a la riba del riu Tajo. Aquestes són les principals àrees en que s'ubicaran la majoria de tallers terrissers al llarg dels segles XVI, XVII i XVIII, tot consolidant-se dins la xarxa urbanística de la ciutat, creixent i adaptant-se als nous temps.

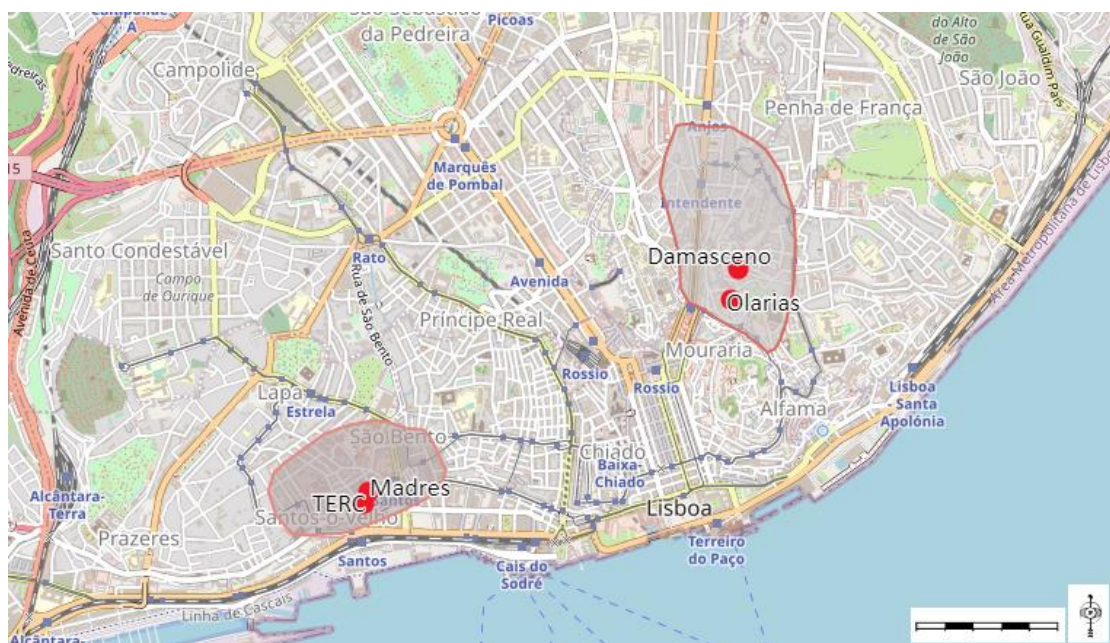


Figura 7. Mapa topogràfic de les principals àrees productores de Lisboa en època moderna (basat en Sebastian (2010), amb ubicació de les intervencions d'on provenen els individus analitzats (Olarias: Largo das Olarias núm.19-23 amb Travessa do Jordão núm. 1-11; Damasceno: Rua Damasceno Monteiro núm. 11-13; Madres: Rua das Madres núm. 59; TERC: Terrenos do Marquês), esc. 1:25.000 (Elaboració pròpia a partir de SNIG (2019))

Aquestes àrees han estat posicionades cartogràficament per Sebastian (2010), basant-se sobretot en la documentació escrita, i corresponen aproximadament a la zona de Socorro-Anjos per a l'àrea oriental i a la zona de Santos o Santos-o-velho i el Bairro Alto per a l'àrea occidental. De fet, Sebastian (2010, 91-138; 2013, 942-947) presenta tot un conjunt de documentació que arriba a permetre la ubicació força exacte, carrer per carrer, de diversos tallers, incloent en alguns casos els noms dels propietaris.

Els 15 individus ceràmics analitzats en aquest estudi pertanyen a intervencions arqueològiques dutes a terme l'any 2016 en aquestes dues àrees. A la zona de Mouraria, a la Lisboa oriental, pertanyen 11 individus, 8 recuperats durant l'excavació d'un taller situat a l'illa entre Largo das Olarias núm. 19-23 i Travessa do Jordão núm. 1-15 (Castro *et al.*, 2017), i 3 recuperats durant els sondatges efectuats a Rua Damasceno Monteiro núm. 11-13 (Santos Oliveira i Nunes, 2017; Santos Oliveira, 2019), en associació amb un possible taller ceràmic situat en les proximitats. Els 4 individus restants pertanyen a centres productors de la zona de Mocambo, a la Lisboa occidental, concretament, 2 individus han estat recuperats durant els sondatges efectuats a Rua das Madres núm. 59 (*inèdit*), en associació amb el taller terrisser de Rua das Madres, documentat anteriorment a partir de la documentació escrita, i 2 durant els sondatges duts a terme a Terrenos do Marquês (*inèdit*), en associació també amb l'existència d'algun taller ceràmic proper.

4.1. Mouraria i els tallers de la zona oriental

La fundació del barri de Mouraria es remunta a la conquesta de Lisboa per part d'Alfons I de Portugal l'any 1147, moment en que la zona fou destinada a l'assentament de les comunitats musulmanes de la ciutat (Oliveira i Viana, 1993; Barros, 1998; Castro *et al.*, 2017, 1740). Originàriament, el barri ocupava la vessant immediatament al nord del Castelo de São Jorge, ben aviat, però, es produí un creixement a causa d'una forta activitat productiva i comercial que es traduí en l'ocupació de l'altre vessant de la vall, l'anomenat "suburbi nou" o "Mouraria Nova", on es van implantar els tallers terrissers, juntament amb altres activitats comercials, essent tota la zona nord i oest del Castelo de São Jorge una important àrea d'extracció d'argila vermella (Sebastian, 2010, 109-113; Castro *et al.*, 2017, 1740).

Amb el temps, la producció ceràmica va esdevenir la principal activitat productiva d'aquesta zona, desenvolupada tant per ceramistes musulmans com cristians, sempre coexistent amb altres tipus d'activitats i amb espais destinats a l'hàbitat (Sebastian, 2010, 109-113). A partir del segle XV, malgrat la implantació d'una política d'uniformitat religiosa que obligava a les comunitats islàmiques a convertir-se al cristianisme, el barri no va perdre la seva vocació productora, esdevenint un important centre econòmic que es

va anar consolidant urbanísticament dins la ciutat de Lisboa (Oliveira i Viana, 1993; Castro *et al.*, 2017, 1741).

La documentació històrica ja presenta la zona oriental del barri de Mouraria com el “*Barrio das Olarias*” (=barri dels tallers de ceràmica) com a mínim a partir del segle XVII, si bé hi ha una preferència a emprar topònims com “*olarias do Monte de S. Gens*”, “*da Senhora do Monte*”, “*dos Anjos*” o “*do Graça*” (Sebastian, 2010, 91-92). Aquesta clara atribució terrissera es fa palesa en la toponímia d’alguns carrers, com per exemple el carrer “*Travessa do Forno*” (=carreró del forn), actualment Beco do Forno, o la “*Rua Larga das Olarias*” (=carrer llarg de les terrisseries), actual Largo das Olarias (Sebastian, 2010, 93-100, 109).

Aquest últim és justament el carrer on sembla que hi hauria hagut una major concentració de tallers ceràmics, tal com indicarien alguns documents del segle XVII (Sebastian, 2010, 93-100), evidenciant-se, per tant, la importància productora que devia tenir al llarg de l’època moderna. Les troballes d’evidències de producció ceràmica realitzades en els últims anys al voltant d’aquest eix no fan més que posar en relleu aquest caràcter productor del barri i resulten una valuosa informació per a la comprensió del desenvolupament cronoespacial d’aquest tipus de manufactura, com a mínim des del segle XVI i fins a la primera meitat del segle XVIII.

Així, destaquen sobretot les intervencions realitzades a l’immoble Quarteirão dos Lagares, a la Rua dos Lagares, en que han aparegut dipòsits amb materials ceràmics dels segles XVI-XVII, interpretats majorment com a restes de producció (Nunes i Filipe, 2012). No gaire lluny, a la Rua do Benfornoso núm. 168-186, un seguit de sondatges van posar al descobert diverses estructures, entre les quals una que hauria estat interpretada com un indret destinat a l’extracció i tractament de l’argila, en funcionament al segle XVI, juntament amb un seguit de materials, tant restes de producció ceràmica com residus metal·lúrgics, que evidencien l’existència d’una forta activitat productora en aquesta zona entre els segles XVI i XVIII (Marques, Leitão i Botelho, 2012). De la mateixa manera, les intervencions realitzades recentment en un conjunt d’edificis situats precisament al carrer Largo das Olarias núm. 19 i 23 amb cantonada amb Travessa do Jordão núm. 1-15 (Castro *et al.*, 2017; Amaral de Paula, 2019), així com l’obertura de tres sondatges de diagnòstic a la Rua Damasceno Monteiro núm. 11-13 (Santos Oliveira i Nunes, 2017;

Santos Oliveira, 2019) han resultat en una valuosa informació per a l'enteniment d'aquestes dinàmiques productores.

4.1.1. Largo das Olarias i Travessa do Jordão

Entre el 2015 i el 2016 es van dur a terme un seguit d'intervencions a Largo das Olarias núm. 19-23 i Travessa do Jordão núm. 1-15, que van posar al descobert les restes d'un taller terrisser amb quatre forns en molt bon estat de conservació que haurien funcionat en diferents moments entre finals del segle XVI i inicis del XVII (Castro *et al.*, 2017; Amaral de Paula, 2019). Els treballs van ser realitzats sota el marc d'una minimització de l'impacte sobre el patrimoni derivat del *Projecto de Alterações*, promogut per l'empresa immobiliària Sustentoasis S.A. (Castro *et al.*, 2017, 1731). Els edificis es localitzen en ple barri de Mouraria, justament en la zona on s'ubicarien la majoria de tallers terrissers de la zona oriental. En un primer moment, durant el 2015, els treballs van consistir en una sèrie de sondatges de diagnòstic dispersos per l'interior dels edificis i els jardins, per a posteriorment, el 2016, procedir a l'excavació de diferents àrees (Castro *et al.*, 2017, 1731-1732).

Una de les àrees excavades es correspon amb un context de producció ceràmica (Figura 8) caracteritzat per quatre forns terrissers que haurien estat en funcionament de manera successiva, registrant-se amortitzacions amb materials provinents de restes de producció corresponents al moment d'inutilització i abandonament dels forns. Es tracta d'una àrea amb una superfície d'aproximadament 6.5 x 6 m que fou dividida en quatre sectors delimitats pels forns i els seus respectius murs de suport: el sector I estaria compost pels forns [1131] i [1306]; el sector II, pel forn [1162]; i el sector IV, pel forn [1167] (Castro *et al.*, 2017, 1732). En el sector III no es van detectar evidències arqueològiques. Es localitzà també un pou constituït per pedres calcàries i morter en el sector IV, la cronologia del qual no es va poder determinar, pel que es desconeix si hauria format part d'aquest mateix context de producció, tot i que aquest tipus d'estructures es troben sovint en tallers ceramistes (Castro *et al.*, 2017, 1735).

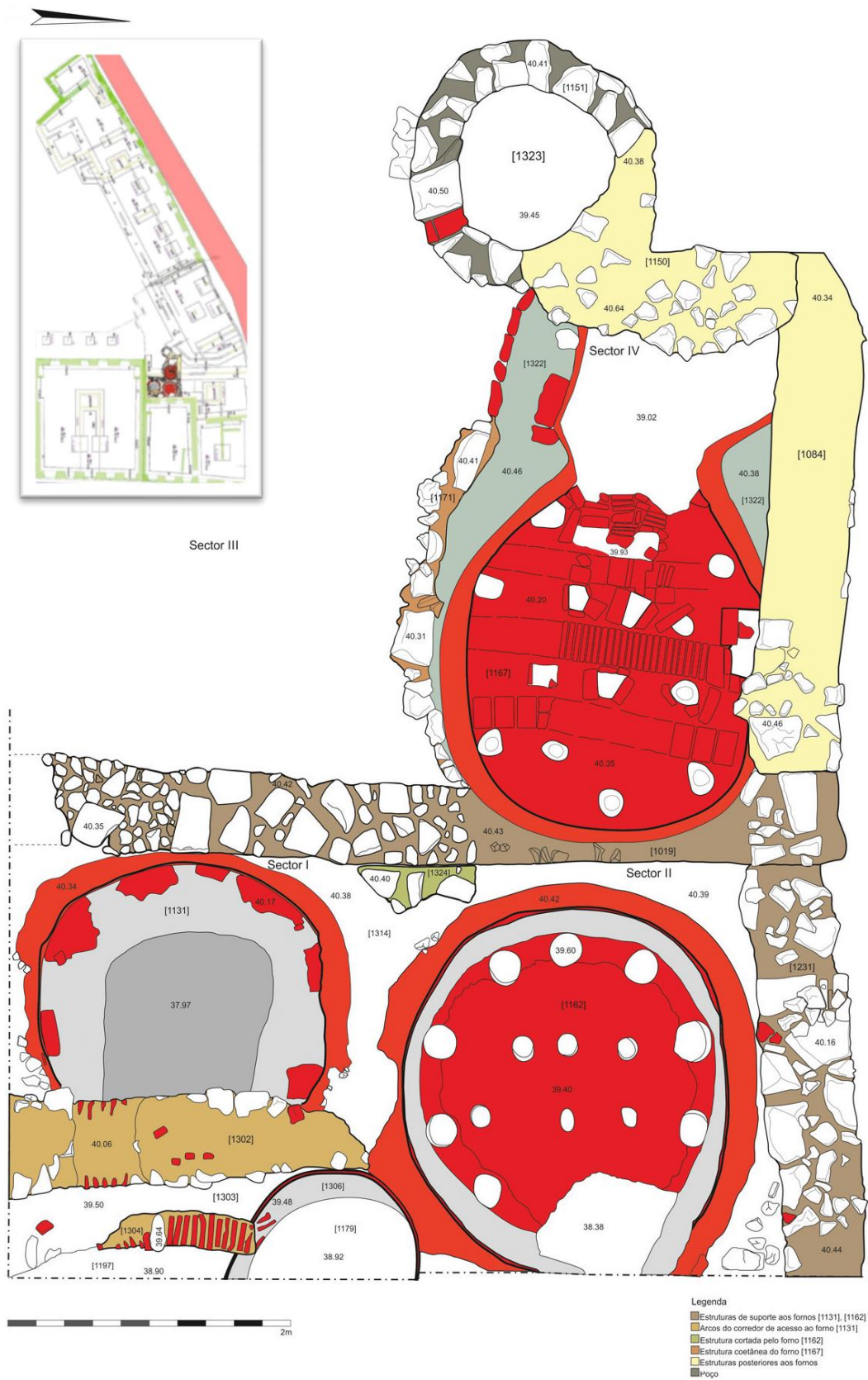


Figura 8. Ubicació i planta de les estructures detectades a Largo das Olarias núm. 19-23 amb Travessa do Jordão núm. 1-11. (Castro *et al.*, 2017, 1746; Amaral de Paula, 2019, 137)

Les relacions estratigràfiques entre els quatre forns han permès establir que aquests van anar succeint-se en tres grans fases d'ocupació: el forn [1306] (Sector I) va ser substituït pels forns [1131] i [1162] (Sector II), que haurien funcionat de manera simultània, per acabar sent succeïts pel forn [1167] (Sector IV), el més ben conservat, l'estructura del qual fa pensar que hauria tingut una cobertura de volta (Castro *et al.*, 2017, 1732-1735). Aquesta successió s'hauria dut a terme en un curt espai de temps, entre finals del segle XVI i inicis del segle XVII (Castro *et al.*, 2017, 1736, 1742).

Els forns presenten una planta ovalada, amb dues cambres de tir vertical, la cambra de combustió i la de cocció, separades per graelles suportades per arcs, juntament amb passadissos formats per arcs de maons. Són estructures directament excavades en el substrat geològic i aixecades a partir de maons i argiles barrejades amb fragments de ceràmiques, suportades mitjançant murs i sovint reaprofitant estructures preexistents (Castro *et al.*, 2017, 1735). Tant la planta ovalada com la mida dels forns semblen diferir dels típics forns moderns per a la producció de majòliques. De fet, les estructures circulars de doble cambra serien més pròpies d'època medieval, incorporades a la Península Ibèrica amb l'arribada del domini musulmà (Castro *et al.*, 2017, 1735). Aquest tipus de forn ha estat trobat a Lisboa a Largo das Alcaçarias i a l'Encosta de Santana, amb datacions d'abandonament al voltant de la segona meitat del segle XII i inicis del XIII (Gomez-Paccard *et al.*, 2014), i a Rua de Amendoeira (Nunes i Filipe, 2012, 149-150), a Mouraria, amb cronologies del segle XV. Tanmateix, els suports en arc de les graelles sí que es correspondrien amb les formes més modernes, que solen ser de planta quadrada o rectangular i amb unes dimensions superiors, fet que podria estar assenyalant un caràcter de transició tecnològica, a mig camí entre les estructures pròpies del període baix medieval i els forns d'època moderna (Castro *et al.*, 2017, 1736).

Respecte als materials associats, es tracta majorment de rebutjos i objectes auxiliars al procés de producció. Entre les peces descartades (Figura 9) destaca la presència de grans quantitats de fragments amb esmalts estannífers, generalment plats i bols decorats en blau sobre blanc, així com, tot i que en menor quantitat, ceràmiques comunes poc calcàries, algunes amb la presència d'engalba vermella (Castro *et al.*, 2017, 1736-1740). També han aparegut alguns fragments de ceràmiques amb vidrats plumbífers de color verd, i acumulacions de vidrat sobre peces deformades i/o cremades i sobre trespeus (Castro *et al.*, 2017, 1736-1740). En relació amb objectes associats al procés de producció, han

aparegut una quantitat considerable de gasetes i alguns trespeus de fang, que s'empraven per a la preservació de les majòliques durant el procés de vitrificació del vidrat de la segona cocción. Les gasetes responen a dues tipologies: una primera de forma cilíndrica i oberta a la part inferior, amb una sèrie de forats triangulars per a la introducció de passadors per tal d'encabir diverses peces, i una segona de dimensions més reduïdes, plana i llisa, per a la protecció individual de les peces (Castro *et al.*, 2017, 1739). Aquesta mateixa variació tipològica ha estat trobada també a la Rua de Buenos Aires (Batalha *et al.*, 2016), a Largo de Jesus (Cardoso i Batalha, 2017) i a la Rua das Madres (Krus i Rodrigues Manso, 2016).



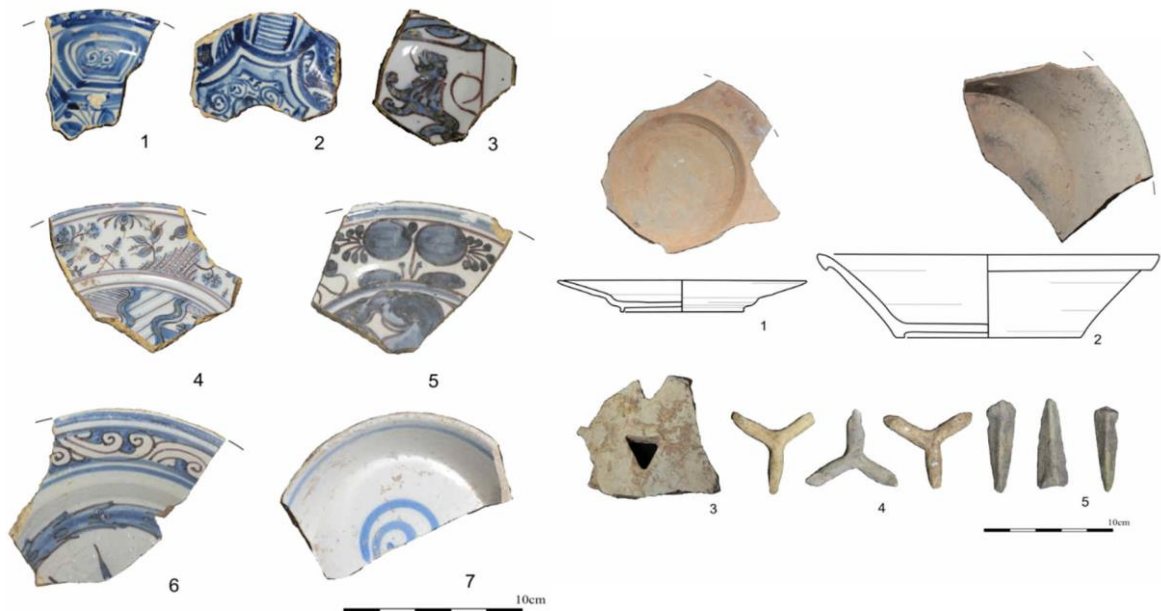
Figura 9. Gasetes, passadors i peces de majòlica portuguesa defectuoses recuperades a Largo das Olarias núm. 19-23 amb Travessa do Jordão núm. 1-11 (Castro *et al.*, 2017, 1748)

4.1.2. Rua Damasceno Monteiro

En l'àmbit d'una intervenció arqueològica realitzada el 2016 a la Rua Damasceno Monteiro es van localitzar un seguit de dipòsits ceràmics corresponents majorment a restes de producció ceràmica, amb una cronologia que aniria des d'inicis del segle XVII fins a mitjans del XVIII (Santos Oliveira i Nunes, 2017; Santos Oliveira, 2019). Aquesta intervenció es va dur a terme durant el desenvolupament d'uns treballs de diagnòstic i

avaluació del potencial arqueològic d'una parcel·la localitzada a la Rua Damasceno Monteiro núm. 11-13, en la zona en que es localitzen bona part dels tallers de la zona oriental de Lisboa, essent justament aquest carrer un dels principals eixos viaris del barri de Mouraria, juntament amb la Rua das Olarias, molt propera (Santos Oliveira, 2019, 67-77).

La intervenció va consistir en l'elaboració de tres sondatges dispersos en una àrea de 222 m², arribant a una cobertura d'aproximadament el 50 % del solar (Santos Oliveira, 2019, 68). Es va localitzar una seqüència de dipòsits amb una gran quantitat de restes de producció ceràmica, juntament amb cendres i blocs de ceràmica rubefactada, en menor quantitat (Santos Oliveira, 2019, 68). Més del 95 % del material recollit es corresponia amb aquestes restes descartades durant el procés de cocció (Figures 10 i 11), de composició diversa, però amb un predomini considerable de majòlica portuguesa i peces bescuitades, en detriment de la ceràmica comuna, vidrada i no vidrada, que va aparèixer en quantitats reduïdes (Santos Oliveira, 2019, 68). També van aparèixer fragments de gasetes i de passadors de fang, així com trespeus, en relació amb la producció de majòliques portugueses (Santos Oliveira, 2019, 69, 71).



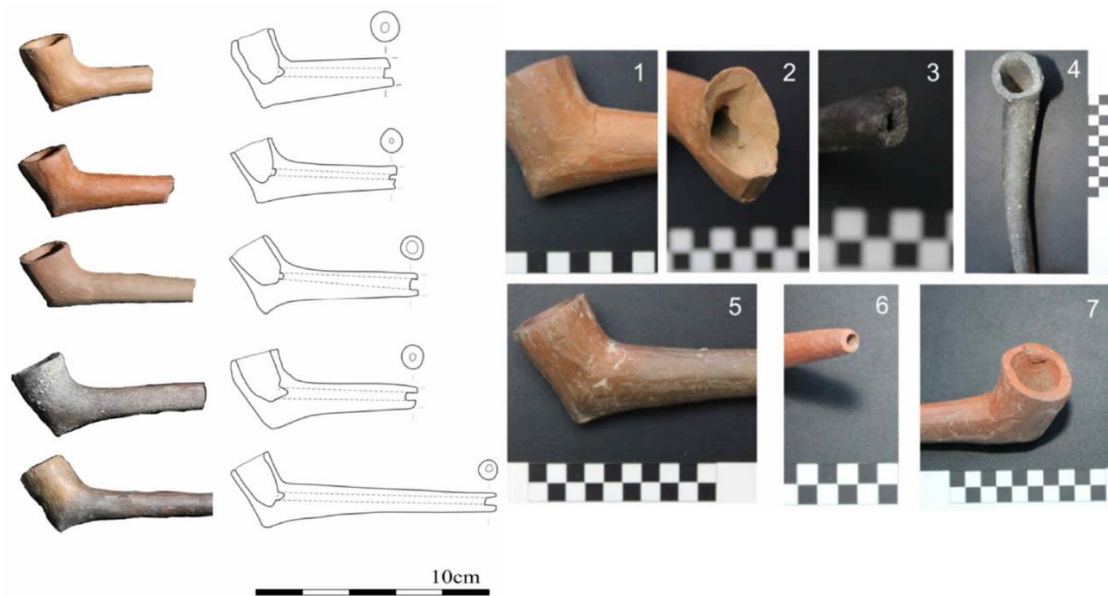
Figures 10 i 11. Fragments de majòlica portuguesa (esquerra), peces bescuitades, gaseta, trespeus i passadors (dreta) recuperats a la intervenció a la Rua Damasceno Monteiro núm. 11-13 (Santos Oliveira, 2019, 70)

La presència de quantitats considerables de majòlica portuguesa amb estils i decoracions pertanyents a tot l'espectre cronoestilístic establert per Manuel Casimiro (2013), va permetre als investigadors distingir entre quatre moments de producció (Santos Oliveira, 2019, 69). Un primer moment amb una cronologia del segon quart del segle XVII (UE 109, 209 i 314), en que les majòliques presenten esmalts espessos i brillants, amb complexes decoracions vegetals o geomètriques de color blau cobalt. Un segon moment emmarcat a la segona meitat del segle XVII (UE 108, 107, 208, 207, 308 i 307), en que es produeix una barreja de motius vegetals amb temàtiques orientals, com aranyes i préssecs, juntament amb algunes decoracions amb motius heràldics, sobretot amb un lleó com a figura central. Un tercer moment situat a finals del segle XVII (UE 105, 106, 205, 206, 305 i 306), amb una certa continuïtat en les decoracions, però amb un intens estil orientalitzant, juntament amb plats decorats amb motius vegetals en blau i manganès. I un quart moment d'inicis del segle XVIII (UE 104, 204 i 304), en que es produeix una simplificació de la decoració i un retorn a estils més "europeïtzants", amb perles de blau cobalt i manganès, puntes o cercles concèntrics (Santos Oliveira, 2019, 69).

També es va recuperar un conjunt de fragments de pipes de ceràmica, de pasta vermella, algunes brunyides, una de les quals presentava un vidrat, de producció local (Figures 12 i 13). Aquestes pipes es relacionarien amb la progressiva introducció a través de Brasil del tabac i del seu hàbit de consum dins la societat portuguesa, tot reinterpretant el concepte de la seva fabricació, que s'hauria dut a terme a partir del modelat d'argiles i la seva subseqüent cocció, a diferència de les brasileres, fabricades sobre os o fusta (Santos Oliveira, 2019, 70-71).

Tenint en compte la ubicació privilegiada d'aquest carrer, l'abundosa quantitat de material relacionat amb restes de producció evidencia l'existència d'algun taller ceràmic proper que hauria estat en funcionament entre inicis del segle XVII i mitjans del XVIII, formant part dels tallers de la zona oriental. Respecte a les pipes, la seva producció estaria connectada amb aquests mateixos tallers, pel que s'extreu de l'observació de diversos exemplars amb defectes de fàbrica (Santos Oliveira, 2019, 71). Tot i així, el nombre reduït de fragments dins d'un marc cronològic tant ampli, fa pensar als investigadors que es tractaria d'una producció complementària, probablement relacionada amb l'aprofitament dels recursos disponibles per part dels ceramistes, entenent que l'entrada de subproductes

a les xarxes comercials representaria una font d'ingressos extra que ajudaria a compensar les pèrdues generades per produccions defectuoses (Santos Oliveira, 2019, 71-72).



Figures 12 i 13. Pipes de ceràmica amb defectes de fàbrica trobades a la intervenció a la Rua Damasceno Monteiro núm. 11-13 (Santos Oliveira, 2019, 70, 71)

4.2. Mocambo i els tallers de la zona occidental

El barri de Mocambo, denominat de Madragoa a partir del segle XIX, es desenvolupa com a resultat d'un creixement accelerat de la ciutat a partir del segle XV i sobretot al llarg del segle XVI. La instauració l'any 1501 en aquesta zona del Paço Real de Santos com una de les principals residències reials de la ciutat, durant el regnat de Manuel I de Portugal, va anar acompanyat de la construcció de diverses cases aristocràtiques i la urbanització progressiva de la zona (Sebastian, 2010, 133; Krus i Rodrigues Manso, 2016, 13). Aquesta expansió es desenvolupa al llarg d'una de les principals vies d'accés a la ciutat, la Rua da Esperança, anteriorment coneguda com el camí de Santos o de Horta Navia, establint una xarxa viària paral·lela al riu i expandint-se cap al nord fins al Bairro Alto de São Roque (Sebastian, 2010, 133-134).

La proximitat amb el riu va propiciar l'increment de les activitats marítimes, des de la construcció naval fins a la pesca, i de les dinàmiques comercials, en constant moviment (Krus i Rodrigues Manso, 2016, 14). Tot plegat va anar acompanyat de l'aparició d'altres

tipus d'activitats econòmiques, entre les que es trobarien els tallers ceràmics, documentats des de mitjans del segle XVI i que ben aviat esdevindrien l'activitat més intensa i característica de la zona al llarg de tot el segle XVII i sobrevivint posteriorment al terratrèmol de 1755, amb la continuïtat de la producció ceràmica durant la segona meitat del segle XVIII (Mangucci, 1996, 159-161; Sebastian, 2010, 114; Krus i Rodrigues Manso, 2016, 14-15).

La localització privilegiada d'aquests tallers, amb proximitat a vies terrestres i marítimes, com el moll de la platja de Boavista, així com l'accés a margues calcàries, abundants a tota la zona, va permetre un desenvolupament progressiu dels centres productors d'aquest barri, en especial pel que fa a la producció de majòliques portugueses (Krus i Rodrigues Manso, 2016, 14). També hi devia jugar un paper important el desembarcament directe de productes necessaris per al procés de producció, com ara la llenya, importada des de localitats properes, que devia descarregar-se probablement a la platja de Boavista (Oliveira, 1943, 556; Krus i Rodrigues Manso, 2016, 14).

Per les fonts documentals sabem que aquests tallers es construïen seguint un mateix prototip que constava d'un primer pis destinat a l'habitatge dels propis ceramistes, essent la planta baixa el propi taller (Mangucci, 1996, 160). La propietat i l'ús de l'espai canviava constantment de mans, entre ceramistes, oficials i aprenents, supeditat per tant a una explotació perllongada, probablement impulsada per la proximitat amb altres centres terrissers i sovint per lligams de parentiu, essent readaptats constantment a la innovació productora (Sebastian, 2010, 114-115).

La referència documental més antiga inequívocament relacionada amb la fabricació d'esmalts estannífers a Portugal fa referència justament a aquesta zona. Es tracta d'un passatge del *Livro do Lançamento e serviço que a cidade de Lisboa fez a el-rei nosso senhor* de l'any 1565, en que apareix referenciat un ceramista d'origen flamenc, de nom *João de Gois*, que habitava a la "*Rua da Cruz da Esperança em diante*", a la "*Lisboa Oriental*" (Sebastian, 2010, 64-65, 115; 2012, 939).

Un altre document interessant per a l'observació d'aquesta realitat és la representació de tallers en aquesta zona a la *Vista panorâmica de Lisboa anterior ao terremoto de 1755* (Museu Nacional do Azulejo, 2020). En aquest panell es pot veure, en la zona en que es representa el barri de Mocambo, un conjunt de xemeneies associades a forns en plena

activitat productiva (Figura 14), en corroboració tant amb les fonts escrites com amb les intervencions arqueològiques dutes a terme fins al moment (Santos, 2007; Sebastian, 2010, 134-135; Batalha *et al.*, 2016; Krus i Rodrigues Manso, 2016; Cardoso i Batalha, 2017). Malauradament, els tallers de la zona oriental no resulten visibles en aquesta perspectiva, en estar situades a la vessant nord del Castelo de São Jorge.



Figura 14. Secció del Gran Panorama de Lisboa en que es poden veure els fums de xemeneies de tallers en ple funcionament al barri de Mocambo (Museu Nacional do Azulejo, 2020)

Respecte a l'arqueologia, la zona occidental és menys coneguda degut a un menor nombre d'intervencions realitzades, la majoria de les quals han estat dutes a terme des del marc de l'arqueologia preventiva, a través de sondatges i acompanyaments d'obra. Tot i així, destaquen les intervencions al carrer Largo de Jesus, en que es van recollir diverses peces ceràmiques relacionades amb restes de producció de tipologies inicials de majòliques, així com les restes d'un forn datat entre finals del segle XVI i principis del XVII (Santos, 2007; Cardoso i Batalha, 2017). Recentment han estat descoberts diversos dipòsits ceràmics tant a Rua das Madres, núm. 59, en relació amb l'existència d'un taller ubicat en les immediateses (Krus i Rodrigues Manso, 2016), com al carrer de Buenos Aires núm. 10, en relació a la producció conjunta tant de majòliques com de ceràmica grollera de pasta vermella d'algun centre productor proper en funcionament entre mitjans del segle XVII i inicis del XVIII (Batalha *et al.*, 2016).

Tant la documentació escrita com l'accés directe a margues calcàries apuntarien cap a una preferència en l'elaboració de majòliques portugueses per part dels tallers d'aquesta zona occidental, a diferència de la zona oriental, en que presumiblement predominarien les produccions fetes a partir d'argiles vermelles. Aquesta hipòtesis ha estat elaborada per Mangucci (1996, 159-160) i Sebastian (2010, 114, 135; 2012, 946), caldria però desenvolupar més l'estudi de les produccions lisboetes des d'una perspectiva arqueològica per tal d'arribar a una conclusió més raonada, sobretot pel que fa a la zona occidental, menys intervinguda arqueològicament. Hem de tenir en compte a més que les diferents excavacions realitzades en ambdues zones han proporcionat restes de producció que apuntarien cap a l'elaboració de diversos tipus de produccions, tant calcàries com poc calcàries, pel que la contrastació d'aquesta hipòtesi hauria de passar per la realització d'un estudi acurat de la cultura material dels diferents centres productors, els seus abocadors i els nivells d'amortització dels pous d'extracció d'argiles. En aquest sentit es fa palesa la necessitat de realitzar més intervencions arqueològiques i aprofundir en l'estudi dels seus materials.

4.2.1. Rua das Madres

L'any 2010 es van efectuar unes intervencions d'emergència en un petit pati a Rua das Madres núm. 59 que van posar al descobert restes associades a algun centre productor de ceràmica proper, presumiblement el taller de Rua das Madres, prèviament documentat per la documentació escrita, ubicat al barri de Mocambo, en plena zona ceramista (Krus i Rodrigues Manso, 2016). Els treballs van ser realitzats per l'empresa Atalaia Plural – Arqueologia, Património e Território i van consistir en l'obertura mecànica de petites trinxeres a la base de les construccions adjacents del pati, per tal de procedir a la seva contenció, i la posterior excavació de la zona central (Krus i Rodrigues Manso, 2016).

D'una banda, es van trobar restes d'un forn ceràmic que ha estat interpretat com el resultat de l'enderroc d'un dels forns del taller de Rua das Madres, ubicat a les proximitats segons les fonts documentals i que hauria estat en funcionament des de inicis del segle XVII fins com a mínim la primera meitat del segle XVIII (Sebastian, 2010; Krus i Rodrigues Manso, 2016). Els materials apareguts presentaven característiques pròpies de restes de producció: peces defectuoses, gasetes, peces relacionades amb la preparació de la frita,

etc. Aquests materials arqueològics presenten una cronologia que se situaria entre la segona meitat del segle XVII i la primera meitat del XVIII (Krus i Rodrigues Manso, 2016) i permeten identificar pràcticament totes les fases de producció de la majòlica portuguesa. Cal destacar una gran quantitat de ceràmiques bescuitades amb diversos defectes de producció, així com fragments deformats probablement per sobrecoccions o amb vidrats de plom i esmalts estannífers defectuosos, juntament amb materials constructius pertanyents a les parets del forn (Krus i Rodrigues Manso, 2016, 17-18, 20). Uns quants fragments de majòlica portuguesa presentaven decoracions de blau cobalt o manganès, el tipus més freqüent de decoració en majòliques portugueses, amb motius vegetals i geomètrics, juntament amb un fragment decorat amb l'espasa de l'ordre de la Creu de Santiago (Krus i Rodrigues Manso, 2016, 18).

Entre els materials que més destaquen, hi ha un seguit de fragments identificats com a gasetes emprades per a la cocció de la majòlica portuguesa (Krus i Rodrigues Manso, 2016, 18-19). Es tracta de dues tipologies diferents, una corresponent a una forma cilíndrica amb triangles retallats per a la introducció de passadors destinada a encabir diverses peces, i un altre tipus corresponent a una caixa circular de parets llises i fons pla destinat a contenir una sola peça per cocció. L'ús d'aquestes gasetes enlloc de trespeus, així com l'existència de diferents tipologies podria estar relacionat amb l'elaboració de peces de diferents qualitats, essent les majòliques cuites individualment productes probablement destinats a una clientela de majors recursos econòmics (Krus i Rodrigues Manso, 2016, 20).

D'una altra banda, va aparèixer també un abocador de restes emmarcat cronològicament als segles XVI-XVIII que presentava múltiples materials ceràmics, majorment ceràmica comuna, vidrada o no, i alguns fragments de majòliques, juntament amb restes de fauna (Krus i Rodrigues Manso, 2016, 16). Aquest abocador correspon probablement al moment d'abandonament d'unes estructures que es trobaven annexionades a un dels edificis que delimiten aquesta zona i hauria estat interpretat com un abocador de deixalles domèstiques, bé generat pels habitatges adjacents o bé pels propis ceramistes de Rua das Madres. Un segon abocador, desenvolupat després de l'abandonament d'aquestes estructures, presentava cronologies de finals del segle XIX i inicis del XX (Krus i Rodrigues Manso, 2016).

Respecte al taller de Rua das Madres, la seva existència ha estat documentada a través de les fonts escrites des del seu establiment al 1613, gràcies a un seguit de documents de vendes, traspassos i testaments que inclouen informació molt interessant al voltant de l'estructura del taller i les seves immediateses, juntament amb els noms i les relacions de parentesc dels diferents propietaris (Mangucci, 1996, 158; Sebastian, 2010, 469-471). La font més interessant, però, és l'aixecament al 1860 de la planta del taller (Figura 15) (Sebastian, 2010, 483).

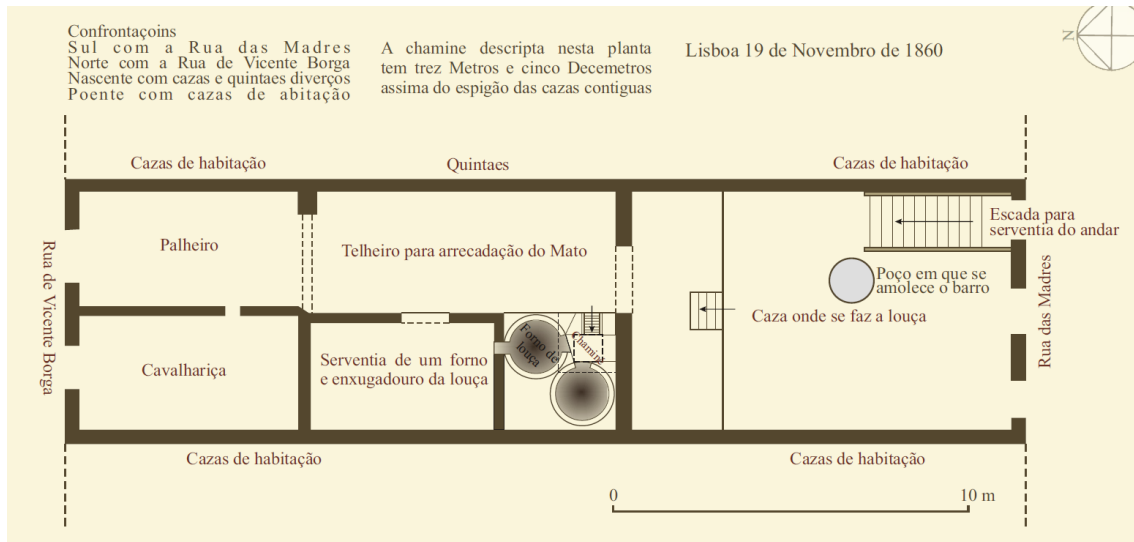


Figura 15. Adaptació de la planta del taller de Rua das Madres, a la zona occidental (19 de novembre de 1860, Arquivo do Ministério das Finanças, núm. 538, 285, 19) (Sebastian, 2010, 483)

En aquesta planta, que evidencia que es tracta d'un taller relativament petit (uns 176 m²) (Sebastian, 2010, 482), es poden observar dos forns amb una sola xemeneia, morfològicament idèntics però de diferents dimensions, en que el més petit estaria destinat a la cocció de l'esmalt (Sebastian, 2010, 279-279, 296). Aquest fet xoca amb l'estructura habitual identificada en altres centres productors de Portugal, en que ambdues coccions es durien a terme en el mateix forn, o bé el forn de majors dimensions s'empraria per a encabir les peces esmaltades, protegides mitjançant gasetes (Sebastian, 2010, 277-279). A la planta es poden observar també diferents espais relacionats amb el tractament de les argiles, el modelatge i l'assecat de les peces, així com també un annex amb paller i cavallerisses (Sebastian, 2010, 269, 277, 304-307).

Recentment, l'any 2016, s'han realitzat tot un seguit de sondatges a Rua das Madres núm. 59 que han proporcionat diferents materials ceràmics, l'estudi dels quals es troba encara en procés de realització, pel que no comptem amb publicacions al respecte (*inèdit*).

4.2.2. Terrenos do Marquês

El 2010, es van dur a terme uns estudis arqueològics en un edifici situat a la Calçada Marquês de Abrantes núm. 104-108 (ERA Arqueologia S.A., 2010), limitant al nord amb la Rua da Esperança i a pocs metres de Rua das Madres, en ple nucli terrisser occidental. En aquest indret es va instal·lar, el segle XVI i fins al segle XVIII, el palau, les cases i les granges dels ducs d'Aveiro i posteriorment dels comtes de Vila Nova de Portimão, fins a la Reforma Pombalina realitzada després de 1755, que va suposar l'enderrocament d'aquestes finques i la creació de nous carrers, com ara la Calçada de Marquês de Abrantes (Araújo, 1992, 19-24). L'edifici limita al nord amb la Rua da Esperança, una de les principals vies d'entrada i sortida de la ciutat, indret on s'ubicaven bona part dels tallers ceràmics de la Lisboa occidental.

Recentment, l'any 2016, s'han realitzat sondatges en aquesta zona a Terrenos do Marquês que han proporcionat diversos dipòsits de material ceràmic, l'estudi dels quals es troba encara en desenvolupament, pel que no hi ha cap documentació ni publicacions al respecte (*inèdit*).

5. Mostreig

S'ha dut a terme una anàlisi sobre 15 mostres facilitades per la unitat Cultura Material i Arqueometria UB (ARQUB) del Grup de Recerca sobre l'Arqueologia de la Complexitat i els Processos d'Evolució social (GRACPE), que al seu torn les ha rebut del grup d'investigació d'Arqueologia Moderna e da Expansão Portuguesa, integrat en l'equip interuniversitari del CHAM-Centro de Humanidades (antic Centro de História de Alémmar) de la Universidade Nova de Lisboa i la Universidade dos Açores dins dels treballs que es realitzen en el marc del projecte *Impacto tecnológico en el Nuevo Mundo colonial. Cambio cultural en arqueología y arqueometría cerámica* (Tecnolonial) (HAR2016-75312-P), dirigit pel Dr. J. Buxeda i Garrigós.

Aquestes mostres es corresponen amb 15 individus ceràmics (Annex II) pertanyents a contextos relacionats amb la producció local que han estat intervinguts a Lisboa durant el 2016 (Annex I, Taula 1). Concretament, 8 individus pertanyen a l'excavació realitzada a Largo das Olarias i Travessa do Jordão, 3 a la intervenció efectuada a Rua Damasceno Monteiro, 2 a Rua das Madres, i 2 a Terrenos do Mârques (TERC). Es tracta majorment de rebutjos generats durant el procés de producció i només els pertanyents a Largo das Olarias i Travessa do Jordão han estat trobats en un context genuïnament productor, mentre que els altres pertanyen a abocadors generats per una activitat productora propera.

El conjunt (Taula 1) està format per ceràmica comuna, ceràmica fina, gasetes i dos fragments indeterminats. Alguns dels fragments han estat identificats com a bescuits, com a resultat de la primera cocció abans de ser esmaltats, d'altres presenten defectes de fàbrica, com deformacions, sobrecoccions o vidrats en mal estat. Un dels fragments (LIS006) presenta restes d'un vidrat que no sembla correspondre's amb la peça, en tant que aquest s'estén tant per la cara externa com per un dels perfils, pel que probablement es tracta d'una escòria que hauria estat abocada per sobre de la peça originària. Respecte als individus indeterminats, l'individu LIS005 es correspon amb un fragment de pasta grollera i coloració oxidant, possiblement una eina relacionada amb l'ús del forn, mentre que LIS008 és de pasta calcària, de color beix clar, i presenta una mena de vidrat blanquinós a la cara externa, de difícil atribució.

Taula 1. Taula resum dels contextos arqueològics als que pertanyen els individus i les classes identificades arqueològicament.

	Context	Classe	Forma	Observacions
<i>LIS001</i>	Olarias	Gaseta		
<i>LIS002</i>	Olarias	Majòlica	plat	Bescuit
<i>LIS003</i>	Olarias	Majòlica	plat	Bescuit
<i>LIS004</i>	Olarias	Majòlica	bol	Bescuit
<i>LIS005</i>	Olarias	Grollera indet.	indet.	Eina de forn?
<i>LIS006</i>	Olarias	Comuna	gerra	Deformada, vidrat per sobre
<i>LIS007</i>	Damasceno	Majòlica	plat	Bescuit
<i>LIS008</i>	Damasceno	indet.	indet/ plat?	Vidrat blanc part interior
<i>LIS009</i>	Damasceno	Gaseta		
<i>LIS010</i>	Madres	Comuna	escudella	Possibles restes vidrat
<i>LIS011</i>	Madres	Comuna	gerra	
<i>LIS012</i>	TERC	Comuna vidrada	escudella	Vidrat melat
<i>LIS013</i>	TERC	Comuna	gibrell	
<i>LIS014</i>	Olarias	Majòlica	bol	Bescuit
<i>LIS015</i>	Olarias	Majòlica	plat	Bescuit

6. Mètodes i procediment analític

Per a la caracterització arqueomètrica dels 15 individus (Buxeda i Garrigós i Madrid i Fernández, 2016a) s'ha optat per aplicar tècniques de caracterització composicional de pastes, tant a nivell químic com mineralògic. La composició química ha estat determinada a partir de fluorescència de raigs X (FRX) i la mineralògica a partir de difracció de raigs X (DRX). Les dades químiques han estat sotmeses a un tractament estadístic desenvolupat amb el software de disposició lliure R (R Core Team, 2017) dins la teoria de dades composicionals. S'ha realitzat també una comparació dels resultats amb la base de dades de l'ARQUB (Cultura Material i Arqueomètrica de la Universitat de Barcelona). Pel que fa a les fases cristal·lines de cada mostra analitzada han estat identificades i avaluades mitjançant el paquet de programes PANalytical X'Pert HighScore Plus que inclou el banc de dades de l'*International Centre for Diffraction Data-Joint Committee of Powder Diffraction Standards*, 2006 (ICDD-JCPDS).

S'ha realitzat també l'observació macroscòpica dels individus mitjançant una lupa binocular Olympus SZX10 i una font d'il·luminació de llum freda Olympus KL 1500 LCD amb un filtre de llum de dia a una temperatura de 2900K, disposada en angles d'aproximadament 45°. La lupa es troba equipada amb objectius de 1X i oculars de 10X, i permet fer zoom d'entre 0.63X a 6.3X. S'han realitzat fotografies a 10x, 25x i 50x mitjançant una càmera Olympus DP25 i el software Cell'A (Olympus). La descripció macroscòpica de cada mostra s'ha realitzat seguint els criteris de Orton, Tyers i Vince (1997).

Per tal de poder fer un seguiment continuat de les diferents dades, així com per facilitar la integració tant de les dades arqueològiques com de les composicionals, s'ha dissenyat una base de dades mitjançant el programa Access del paquet Microsoft Office. La finalitat última d'aquesta base de dades és la de facilitar l'observació de les característiques generals de cada individu en un sol camp de visió per tal de poder inferir al voltant de qüestions de caire arqueològic. En els annexos es presenta un formulari exemple d'aquesta base de dades (Annex III).

6.1. Tècniques analítiques emprades

6.1.1. La fluorescència de raigs X (FRX)

La fluorescència de raigs X (FRX) es basa en la detecció de raigs X secundaris o fluorescents generats per l'excitació dels àtoms de la mostra a analitzar a partir d'un raig primari incident (Figura 16). Quan la mostra és exposada a un raig primari, generalment raigs X, es produeix la ionització dels seus àtoms, això és degut a que els electrons incidents transmeten una part de la seva energia, provocant l'increment de l'energia atòmica. Els àtoms entren en un estat d'excitació que es tradueix en l'expulsió d'un fotoelectró de les òrbites internes. Per a recuperar l'equilibri atòmic, un electró d'una òrbita exterior ocuparà la vacant de l'electró expulsat, tenint en compte que cadascuna de les diferents òrbites d'un àtom tenen nivells d'energia diferents, degut precisament a la configuració de cada àtom. Així, un electró d'una òrbita interna (K, L) pot ser substituït per un electró amb una energia superior d'una òrbita més externa (L, M, N) i, per tant, amb una energia més elevada. D'aquesta manera, quan un àtom amb una energia (E_1), d'una òrbita externa, ocupa una vacant amb una energia menor (E_0) es produeix l'emissió de l'energia sobrant en forma de fotó de raigs X secundaris o fluorescents, que té una energia característica d'aquest àtom. Així, aquesta radiació secundària o fluorescent té unes longituds d'ona i unes intensitats característiques relacionades amb la concentració de cada element químic en la mostra.

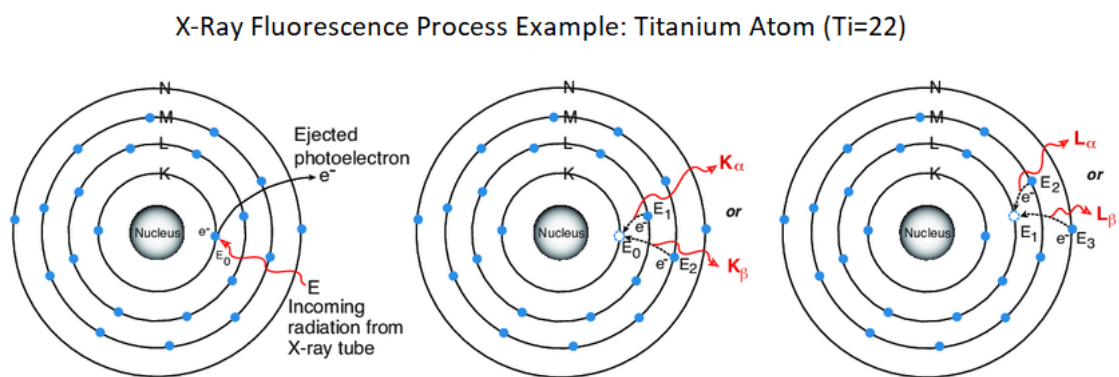


Figura 16. Exemple del procés de fluorescència de raigs X sobre un àtom de titani. La radiació de raigs X primaris produeix una vacant a les òrbites internes que és substituïda per electrons d'òrbites més externes (modificat de AMPTEK, s.d.)

L'aparell de FRX (Figura 17), per tant, consta d'un tub d'un metall concret (Rh en aquest cas) amb el qual es produeixen els raigs X primaris en ser bombardejat amb un feix d'electrons, que produeixen un efecte similar al dels raigs X primaris sobre la mostra, i d'un detector que rep el senyal dels raigs X secundaris. El resultat és un espectre que consta d'un fons i d'uns pics. La situació del pics ve donada per l'energia o la longitud d'ona que presenten els fotons de raigs X emesos per la mostra i permet identificar els àtoms que l'han generat, mentre que la intensitat de cada pic guarda una relació amb la concentració de cadascun dels àtoms que hi ha a la mostra. D'aquesta manera es poden identificar els elements químics presents per a cada individu i les seves concentracions elementals. Els resultats es presenten en una taula en que s'expressen les concentracions dels elements majors i menors, expressats com a òxids, en percentatge en massa (% m m⁻¹), i dels elements traça com a concentracions elementals en µg g⁻¹.

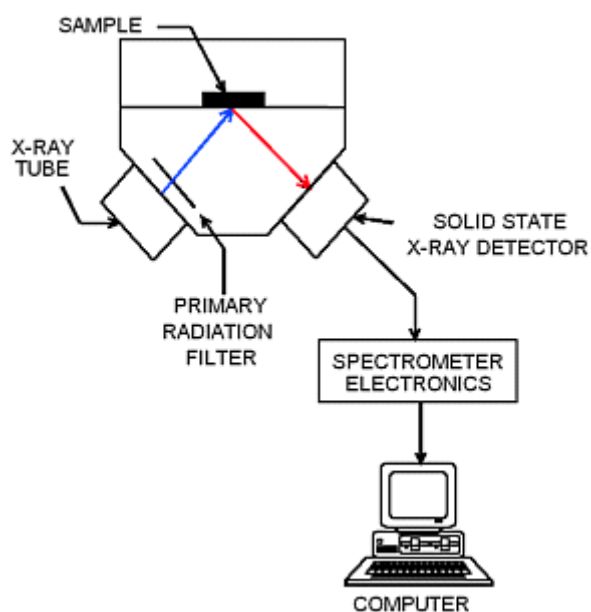


Figura 17. Esquema de l'aparell de fluorescència de raigs X (Shackley, s.d.)

6.1.2. La difracció de raigs X (DRX)

La difracció de raigs X (DRX) ens permet identificar l'estructura cristal·lina dels minerals presents en cadascuna de les mostres a través de la detecció de raigs X difractats per aquestes estructures. La difracció es produeix en la interacció d'ones electromagnètiques produïdes per un feix de raigs X monocromàtics incident sobre una estructura cristal·lina (Figura 18), quan s'acompleix la llei de Bragg ($n\lambda=2d\sin\theta$), que relaciona la longitud

d'ona del raig X monocromàtic incident (λ) amb la distància dels plans cristal·lins dels minerals (d) i l'angle d'incidència (θ), que es va canviant durant l'anàlisi estant muntats sobre un goniòmetre tant el tub de raigs X, que genera el raig primari, com el detector, que detecta la seva difracció. Finalment, n representa un número enter. Donat que cada mineral té unes estructures cristal·lines determinades, la identificació dels angles on es produeix la difracció ens permetrà caracteritzar els minerals presents en la mostra, ja que donada la longitud d'ona del raig X incident es pot determinar la distància del pla cristal·lí que representa.

La DRX permet d'aquesta manera detectar totes les fases principals (o no accessòries; aproximadament aquelles que suposen més d'un 5 % dels minerals que la componen), independentment de la seva mida, siguin macrocristal·lins, microcristal·lins o criptocristal·lins (és a dir, no observables per microscòpia òptica). En aquest sentit és molt important destacar que les fases de cocció són criptocristal·lines i que, per tant, aquesta tècnica resulta idònia per a la seva identificació. El resultat és un espectre que consta d'un fons i d'uns pics característics per a cada mineral, la concentració dels quals també afecta d'alguna manera la intensitat dels pics. D'aquesta manera, tenint en compte que durant el procés de cocció es produeixen un seguit de transformacions a nivell mineralògic que afecten a l'estructura cristal·lina de les ceràmiques, la comparació de les dades amb escales mineralògiques realitzades a partir de l'experimentació ens permetrà obtenir informació sobre les fases cristal·lines presents en cada mostra, a partir de les quals podem estimar la temperatura de cocció equivalent (TCE) i aspectes relacionats amb la seva tecnologia de producció (Heimann, 1982; Maggetti, 1982; Buxeda i Garrigós i Madrid i Fernández, 2016).

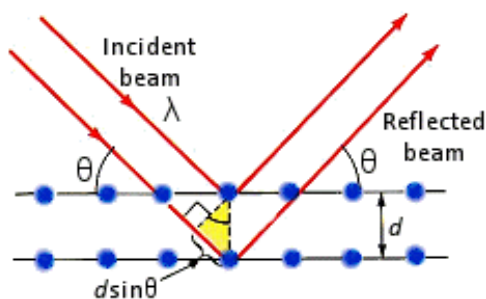


Figura 18. Esquema de la difracció de raigs X a partir d'un feix incident d'electrons acomplint-se la llei de Bragg (ChemistryViews, s.d.)

6.2. Rutina analítica

Per a la seva caracterització arqueomètrica (Buxeda i Garrigós i Madrid i Fernández, 2016a), s'han pres mostres d'entre 10 i 15 g dels 15 individus. D'aquestes mostres, s'han extret mecànicament les capes superficials i les mostres han estat posteriorment polvoritzades i homogeneïtzades mitjançant un molí de boles amb cel·la de carbur de tungstè Spex Mixer mod. 8000. Aquesta tasca ha estat realitzada al Laboratori d'Arqueologia de la Universitat de Barcelona (UB).

La composició química s'ha determinat per fluorescència de raigs X (FRX). Les mostres han estat preparades a les instal·lacions dels Centres Científics i Tecnològics de la UB (CCiTUB) a partir de la pols obtinguda amb anterioritat, prèviament assecada en una estufa a 105 °C durant 12 h. Per a la determinació dels elements majors i menors, s'han fet preparacions de dos replicats de perles de 30 mm de diàmetre, mesclant 0.3 g d'espècimen amb 5.7 g de tetraborat de liti ($\text{Li}_2\text{B}_4\text{O}_7$) com a fonent (dilució 1/20) i 5 mg de iodur de liti (LiI) com a agent antiadherent. Aquesta mescla homogeneïtzada s'ha dipositat en un gresol de 95%Pt-5%Au i ha estat fosa en un forn automàtic d'inducció d'alta freqüència PANalytical Perl'X-3 a una temperatura màxima de 1125 °C. Els resultats s'expressen en concentracions d'òxids en percentatge en massa. Per a la determinació dels elements traça, s'han fet preparacions de pastilles a partir de 6 g de l'espècimen anteriorment preparat, sec i de mida de gra $< 80 \mu\text{m}$, barrejat amb 2 ml d'una solució de resina sintètica n-butil metacrilat (Elvacite® 2044), en acetona al 20 % en massa. Aquesta mescla ha estat homogeneïtzada manualment en un morter d'àngata fins a la sequedat i disposada sobre una base d'àcid bòric (H_3BO_3) en un recipient d'alumini de 40 mm de diàmetre, per tal de ser sotmesa a una pressió de 200 kN durant 60 s en una premsa Herzog. Els resultats s'expressen com a concentracions elementals en $\mu\text{g g}^{-1}$. La quantificació s'ha realitzat amb un espectròmetre Axios^{mAX}-Advanced PANalytical, amb una font d'excitació de Rh, calibrada amb un conjunt de 56 patrons (Estàndards Geològics Internacionals). Les interferències han estat preses en consideració i els efectes matrius han estat corregits emprant el software PANalytical Pro-Trace pels elements traça. Així, s'ha determinat la concentració en: Na_2O , MgO , Al_2O_3 , SiO_2 , P_2O_5 , K_2O , CaO , TiO_2 , V, Cr, MnO , Fe_2O_3 (com a Fe total), Co, Ni, Cu, Zn, Ga, Rb, Sr, Y, Zr, Nb, Mo, Sn, Ba, Ce, W, Pb i Th. Igualment s'ha calculat la pèrdua al foc (PAF) a partir de calcinacions de 0.3 g d'espècimen sec a 950 °C durant 3 h. Les calcinacions s'han efectuat en una mufla

Heraeus mod. M-110, fent servir una rampa d'escalfament de $3.4\text{ }^{\circ}\text{C min}^{-1}$ i refredament lliure. Els resultats s'expressen com a percentatge en massa (% m/m). La suma de les concentracions dels elements majors, menors i traces juntament a la pèrdua al foc es troben en el rang (98-102) %.

Durant el tractament estadístic, desenvolupat amb R (R Core Team, 2017), no es consideren les concentracions de Co i W per les possibles contaminacions per la cel·la de carbur de tungstè, ni les de Mo i Sn degut a imprecisions analítiques. Tampoc no es consideren els resultats de la pèrdua al foc, donat que els valors poden estar afectats per processos postdeposicionals, pel que l'associació amb possibles temperatures de cocció resulta inviable. També cal destacar que el P_2O_5 pot presentar enriquiments per matèria orgànica durant l'enterrament (Buxeda i Garrigós, 1999a), pel que també ha estat exclòs de l'estudi posterior. A més, en aquest treball cal prescindir d'altres elements ja que algunes de les ceràmiques analitzades presenten vidrats de Pb. En aquests casos, les interferències produïdes pel Pb respecte d'altres elements no poden ser corregides òptimament. Per aquest motiu, els valors de Rb, Y i Ga no poden ser considerats en els procediments estadístics. El Th, tot i que en menor mesura, també podria veure's afectat per les interferències d'absorció de Pb, considerant-se oportú la no utilització d'aquest element en l'estudi estadístic (Garcia Iñañez, 2007, 146-147). També el Cu pot presentar una àmplia variabilitat, donat que és emprat sovint com a colorant en vidrats. Alhora, es mostra sempre molt sensible a la presència d'objectes d'aquest metall en el context deposicional i, per tant, pot presentar fàcilment valors enriquits en alguns individus. Per aquest motiu, aquest element tampoc s'ha tingut en compte en el tractament estadístic.

La composició mineralògica d'aquests individus ha estat estudiada mitjançant la difracció de raigs X (DRX), emprant aproximadament 1 g de la pols de l'espècimen prèviament preparat pressionat amb un vidre esmerilat en un porta-mostres de 27 mm de diàmetre i 2.5 mm d'alçada (PW 1811/27). Les mesures s'han pres emprant un difractòmetre de geometria Bragg- Brentano PANalytical X'Pert PRO MPD Alpha-1 (radi = 240 mm), treballant amb la radiació $\text{K}\alpha$ del Cu filtrada amb Ni ($\lambda = 1.5406\text{ \AA}$), amb un monocromador primari focalitzant de Ge (111) i una potència de treball de 45 kV, 40 mA. El difractòmetre compta amb finestra de divergència variable per tal d'aconseguir una longitud irradiada en la direcció paral·lela al feix de raigs X de 10 mm, amb màscara en el feix incident que regula la longitud irradiada sobre la mostra en la direcció axial a 12

mm, així com amb un detector X'Ceclerator amb longitud activa de 2.122° . Les mesures han estat realitzades de $(4 \text{ a } 70)^\circ 2\theta$ amb una mida de pas de $0.017^\circ 2\theta$ i un temps de comptatge de 50 s per pas, amb un moviment circular de la mostra a 1 Hz. Les fases cristal·lines presents en cada mostra analitzada han estat identificades i avaluades amb el paquet de programes PANalytical X'Pert HighScore Plus.

7. Anàlisi de la composició química: tractament estadístic dels resultats de fluorescència de raigs X

7.1. Tractament estadístic i definició de grups químics

Els resultats obtinguts a partir de la FRX han estat sotmesos a un tractament estadístic multivariant per tal de poder explorar i ordenar les diferents dades químiques, amb la finalitat de veure la variabilitat existent entre els individus i establir possibles grups composicionals que permetin posteriorment inferir qüestions de tipus interpretatiu. Aquests resultats venen presentats en una taula, una matriu de dades, en que cada fila representa a un individu i cada columna es correspon amb un element químic, pel que els valors representats en les cel·les fan referència a la concentració dels diferents elements químics per a cadascun dels individus (Annex I, Taula 2). Això suposa un avantatge de cara al processament estadístic de les dades, pel fet que la definició de les variables ja ens ve donada, essent precisament els elements químics que es troben en la naturalesa.

D'una altra banda, l'aplicació de l'estadística sobre dades obtingudes per tècniques de caracterització química ens permet representar matemàticament els diferents individus com a coordenades en l'espai a partir de les seves concentracions elementals, espai en el que, en principi, la distància respecte als punts ens hauria de permetre fer possibles agrupacions en base precisament a la seva composició química (Buxeda i Garrigós, 2001, 73-75; Buxeda i Garrigós i Madrid i Fernández, 2016a, 7-9). Això és possible perquè l'estadística multivariant ens permet superar les dues i tres dimensions a les que està restringit el nostre espai geomètric. En superar les tres dimensions podem situar les dades en l'hiperespai, anomenat també n-dimensional, en el que n equival al nombre de dimensions (o variables) que es fan servir en cada cas (Buxeda i Garrigós, 2001, 79-80).

Cal fer notar, però, que donat que aquestes dades venen expressades en freqüències relatives (en percentatges), pertanyen a l'espai conegut com el símplex. Aquest espai, tot i que útil des de la perspectiva arqueològica (ens permet observar diferents proporcions d'un element en una dimensió de 0 a 100), presenta com a limitació el fet que cada valor composicional es troba condicionat pel conjunt total dels elements. Això impedeix l'ús de les operacions i propietats de l'espai euclidià, el nostre "espai real", que s'estén en l'espai n-dimensional i que és l'estructura que suporta la majoria dels mètodes estadístics que s'utilitzen generalment, pel que és necessari realitzar una transformació de les dades

en logaritmes de raons (Aitchison, 1986; Buxeda i Garrigós, 1999b; 2018; Martín-Fernández, Buxeda i Garrigós i Pawlowsky-Glahn, 2015). Així, les concentracions elementals determinades corresponen a un cas especial de l'espai projectiu d -dimensional, amb $d+1$ -parts, de punts projectius des de l'origen que són projectats en el símplex \mathbb{S}^d . D'aquesta manera, els punts projectius estan representats per coordenades homogènies que tenen una suma constant k ($k \in \mathbb{R}_+$),

$$x = [x_1, \dots, x_d, x_{d+1}] \mid x_i \geq 0 \ (i = 1, \dots, d, d+1), \ x_1 + \dots + x_d + x_{d+1} = k,$$

(en aquest cas, $k = 100$). L'espai vectorial dels punts projectius és l'ortant positiu \mathbb{R}_+^{d+1} i aquests punts projectius i les seves projeccions en el símplex segueixen un model multiplicatiu amb una mètrica d'interval·s logarítmics. Degut a això, per al seu tractament estadístic, les dades obtingudes han estat transformades utilitzant la transformació alr en logaritmes de raons, segons

$$x \in \mathbb{S}^d \rightarrow y = \log\left(\frac{x_d}{x_{d+1}}\right) \in \mathbb{R}^d \quad \text{[Equació 1]}$$

on \mathbb{S}^d és el símplex d -dimensional, $x_d = [x_1, \dots, x_d]$, o la transformació clr en logaritmes de raons centrats segons

$$x \in \mathbb{S}^d \rightarrow z = \log\left(\frac{x}{g(x)}\right) \in \mathbb{H} \subset \mathbb{R}^{d+1} \quad \text{[Equació 2]}$$

on \mathbb{S}^d és el símplex d -dimensional, $g(x)$ és la mitjana geomètrica de tots els $d+1$ components de x i $\mathbb{H} \subset \mathbb{R}^{d+1}$ és un subespai vectorial hiperplà de \mathbb{R}^{d+1} (Aitchison, 1986; Buxeda i Garrigós, 1999a, 2018; Martín-Fernández, Buxeda i Garrigós i Pawlowsky-Glahn, 2015; Buxeda i Garrigós, 2018). D'aquesta manera, l'espai euclidià ens permetrà calcular la distància que separa els individus per tal de veure quins se situen més a prop els uns dels altres en un espai n -dimensional (Buxeda i Garrigós, 2001, 78-85; 2018).

Una altre qüestió a tenir en compte és la modificació de la composició química de les ceràmiques degut a alteracions i contaminacions, ja sigui per processos generats durant la deposició d'aquestes, com per altres qüestions, com ara el fet que alguns dels individus presentessin vidrats plumbífers, raó per la qual és recomanable excloure determinats elements del tractament estadístic (Buxeda i Garrigós, 1999a; Garcia Iñáñez, 2007). És

per això que només s'han tingut en compte en l'anàlisi estadística 18 elements: Na₂O, MgO, Al₂O₃, SiO₂, K₂O, CaO, TiO₂, V, Cr, MnO, Fe₂O₃, Ni, Zn, Sr, Zr, Nb, Ba i Ce.

Així, en una primera aproximació exploratòria de les dades químiques dels 15 individus, la variació total presenta valors força alts ($vt = 3.08$). L'origen d'aquesta variabilitat composicional es pot observar en el gràfic d'uniformitat composicional a partir dels valors τ_i de cada element (Figura 19). Aquests valors es corresponen amb la traça de la matriu de variàncies-covariàncies en la transformació alr (Equació 1) amb cadascun dels elements retinguts per a l'anàlisi com a denominador. Com es pot observar, el màxim responsable de la variabilitat és el CaO ($vt/\tau_i < 0.3$, és a dir $< 30\%$). Tot i així, el K₂O té una contribució relativament significativa, pel qual el valor sobre la variació total significa una part molt petita de la seva traça en la transformació alr ($0.3 < vt/\tau_i < 0.5$). De la mateixa manera, altres elements (Sr, Na₂O i el Ce) també contribueixen a aquesta variabilitat, els seus valors de τ_i són, però, encara més baixos. A més, el Sr acostuma a anar associat, precisament, al CaO, pel que la seva variabilitat ha d'anar lligada justament a aquesta associació. Tot això es tradueix en que la variabilitat composicional presenta una uniformitat molt baixa, amb una entropia de la informació (H_2) de 2.48 Sh, que és el 59.42 % del màxim possible, com a resultat de que la major part de la variabilitat estigui associada a un sol element, en aquest cas el CaO (Buxeda i Garrigós i Madrid i Fernández, 2016a).

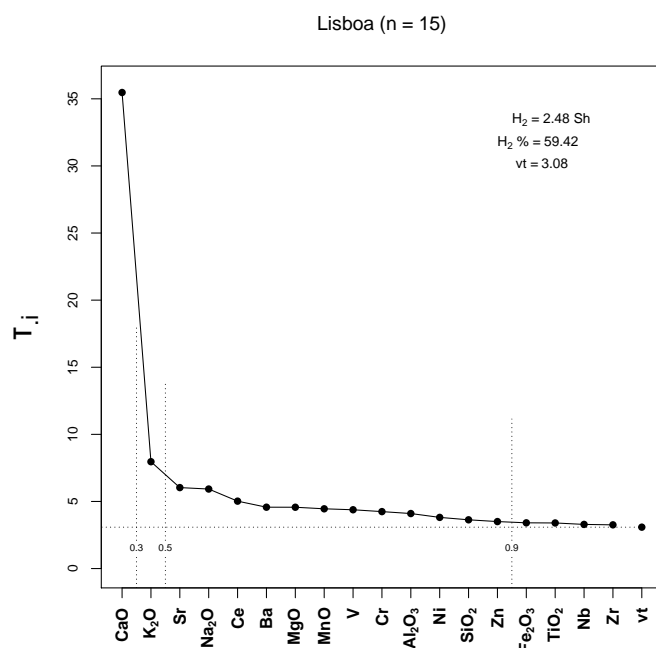


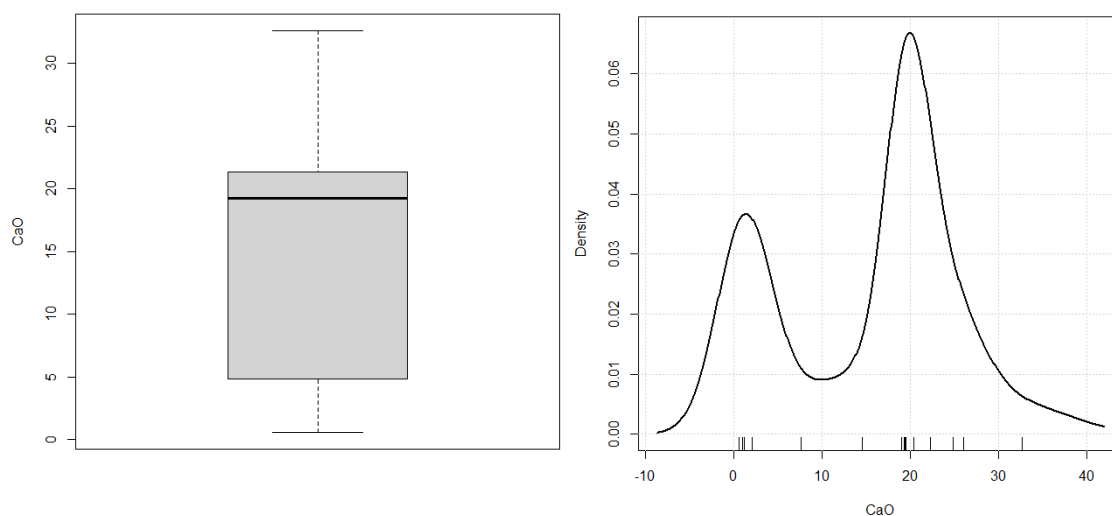
Figura 19. Gràfic d'uniformitat composicional fet a partir de la matriu de variàncies-covariàncies en transformació alr

De tot plegat es dedueix que les mostres analitzades presenten un caràcter poligènic (Buxeda i Garrigós i Kilikoglou, 2003), és a dir, es tracta d'un conjunt d'individus pertanyents a grups diferents que exploten matèries primeres diferents. Aquesta variabilitat, però, ve marcada majorment per un sol element, el CaO, de manera que la resta d'elements presenten una variabilitat força baixa, d'aquí que la uniformitat sigui tan baixa. D'aquesta manera, el fet que la major part de la variabilitat estigui associada al CaO ha d'estar, d'una banda, relacionada amb la presència de pastes riques en calci i pastes pobres en calci, és a dir, es relaciona amb una primera aproximació entre pastes calcàries i pastes poc calcàries. A més, aquesta primera divisió presenta una diversitat molt baixa, pel que hi haurà una major representativitat d'un dels dos grups, ceràmiques calcàries o poc calcàries, respecte a l'altre. Si observem els valors de CaO dels diferents individus, veurem com el conjunt està format per 4 individus poc calcaris ($\text{CaO} < 5\text{-}6\%$), que són LIS006, LIS010, LIS011 i LIS012, mentre que la resta ($n = 11$) presenten valors de CaO força elevats (LIS001, LIS002, LIS003, LIS004, LIS005, LIS007, LIS008, LIS009, LIS013, LIS014 i LIS015), essent ceràmiques calcàries ($\text{CaO} > 5\text{-}6\%$), segons la classificació establerta per Tite i Maniatis (1975). Més enllà d'aquesta primera classificació, seran els valors de K_2O , Sr, Na_2O i Ce els principals causants de la resta de la variabilitat composicional.

D'una altra banda, en observar els valors de CaO de cadascun del individus ens trobem amb la presència de concentracions anormals de calci en la majoria de les ceràmiques calcàries, amb valors que oscil·len entre el 19 % i el 25 % (en valors normalitzats a 100 % per als 18 elements retinguts en l'anàlisi), i que fins i tot arriben al 32.64 % (normalitzat) en el cas de LIS001. Això es deu en part, possiblement, a un enriquiment generat per la presència de carbonats degut a processos d'alteració i contaminació, presumiblement postdeposicionals. En aquest sentit, la calcita secundària és un dels fenòmens més freqüents en ceràmiques arqueològiques i suposa un problema a l'hora d'interpretar les dades, arribant a modificar la composició original dels elements alcalins, com el Na_2O i el K_2O (Fabbri, Gualtieri i Shoval, 2014). En contraposició, LIS006 presenta unes concentracions de CaO extremadament baixes (0.56 % en valors normalitzats).

És per això que es produeix una asimetria molt alta en la distribució de la variabilitat del CaO, com es pot observar en la relació entre la seva mediana (16.58 %) i la seva mitjana

(13.56 %), que no coincideixen, establint-se una desviació estàndard de 9.03 %. D'aquesta manera, la dispersió que es produirà respecte a la variabilitat d'aquest element serà terriblement elevada, tal com es pot veure en la seva caixa de dispersió (Figura 20), en que la variabilitat se situa en un mínim de 0.55 % i un màxim de 28.30 %, essent l'amplitud interquartílica de 13.82 % (= 18.37 – 4.55 %) o en el gràfic d'estimador de densitats per kernels (Figura 21), en que a més es pot observar una tendència a la concentració en dos grans grups, un de ceràmiques poc calcàries que sembla presentar una certa similitud entre els valors de CaO, i un de ceràmiques calcàries, molt més nombrós, en que la distribució es produeix de forma més heterogènia.



Figures 20 i 21. Caixa de dispersió del CaO i gràfic d'estimador de densitats per kernels (amb valors normalitzats a 100 % per als 18 elements retinguts en l'anàlisi)

Partint d'aquesta primera aproximació, cal preguntar-se a què es deu aquesta variabilitat. Si deixem de banda el CaO com a element principal en la variació i observem els valors de K_2O en els individus, veurem que, efectivament, la majoria dels individus presenten valors per sobre del 2-3 %, degut possiblement a l'alteració dels seus valors en relació al CaO. En canvi, 2 individus (LIS001 i LIS009) presenten concentracions relativament baixes, 1.28 % i 1.96 % respectivament (en valors normalitzats). Si ens fixem en els seus valors de Na_2O , són justament aquests individus els que presenten unes concentracions força altes, 1.13 % i 1.62 %, juntament amb LIS013, amb un 1.14 % (normalitzats). Si realitzem un diagrama de dispersió amb els valors de K_2O i Na_2O (Figura 22), veurem com es produeix una correlació negativa justament en els individus LIS001 i LIS009. Això es pot deure a la presència d'analcima com a mineral secundari, una zeolita sòdica que apareix sovint en materials arqueològics i que guarda una relació directa amb

l'enriquiment del Na_2O en detriment del K_2O (Maggetti, 1981; Buxeda i Garrigós *et al.*, 1995, 52; Buxeda i Garrigós, 1999a, 15).

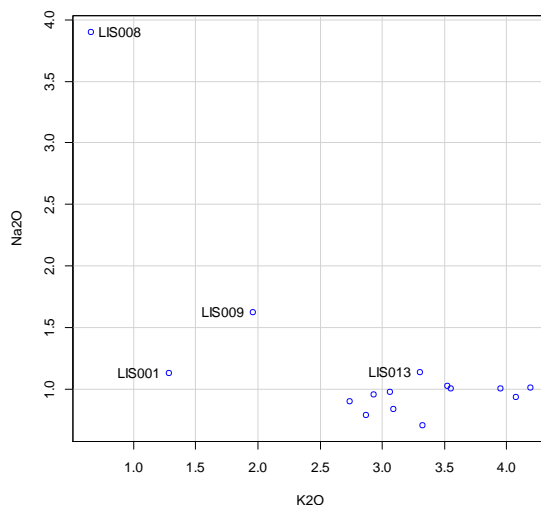


Figura 22. Diagrama de dispersió del K_2O i el Na_2O , amb correlació negativa per a LIS001 i LIS009

Aquesta és una possible explicació inicial com a mínim per als individus LIS001, LIS009 i potser LIS013, fàcilment contrastable amb la informació mineralògica proporcionada per la DRX. Respecte al Ce, malgrat que es tracta d'un element traça que sol ser molt estable, la contribució que fa respecte a la variabilitat total, malgrat que força baixa, podria estar causada també per contaminacions, donat que apareix en proporcions relativament altes precisament en LIS001, LIS009 i LIS013. Malgrat tot, el cas de LIS008 mereix una menció a part, en tant presenta unes concentracions extraordinàriament elevades de Na_2O (3.90 %) i molt baixes de K_2O (0.65 %), valors per als quals no tenim explicació possible, com a mínim de moment, especialment perquè, com es veurà més endavant, no es pot relacionar amb una cristallització secundària d'analcima.

Tenint en compte tot això i com a resultat del tractament estadístic, es presenta el dendrograma resultant de l'anàlisi d'agrupament o conglomerats, fet utilitzant la distància euclidiana al quadrat i l'algoritme del centroide sobre la subcomposició MgO , Al_2O_3 , SiO_2 , CaO , TiO_2 , V, Cr, MnO, Fe_2O_3 , Ni, Zn, Sr, Zr, Nb i Ba amb transformació clr (Equació 2) (Figura 23). No s'han inclòs en l'anàlisi el Na_2O ni el K_2O , per les raons abans esmentades, ni el Ce, pel seu comportament aparentment erràtic i de difícil explicació. La representació de l'anàlisi d'agrupaments es materialitza en un dendrograma, un gràfic en forma d'arbre invertit, que agrupa els individus en funció de les seves similituds químiques: com més curta sigui la distància de la unió entre individus

respecte a la base, major serà la similitud entre els individus (o grups) que s'uneixen. Aquestes unions, denominades fusions, van agrupant els diferents individus en funció de les seves similituds conformant una mena d'arbre, fins a arribar a l'agrupació de tot el conjunt en l'última fusió. A partir d'aquest dendrograma, hom pot inferir grups basats en la certesa de que els individus agrupats tindran característiques químiques similars, com a mínim respecte als altres grups.

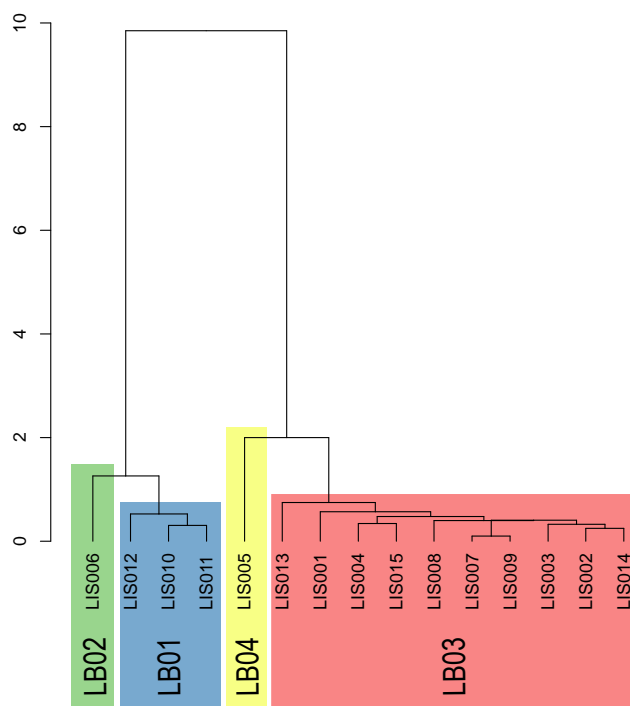


Figura 23. Dendrograma resultant de l'anàlisi d'agrupament o conglomerats fet utilitzant la distància euclidiana al quadrat i l'algorisme del centroide amb transformació clr i representació dels grups identificats

Així, l'estudi del dendrograma permet observar una estructura formada principalment per dues grans agrupacions. D'una banda, una conformada pel que hem anomenat grup LB01, corresponent als individus LIS010, LIS011 i LIS012, la fusió dels quals es situa molt a prop de la base, i pel grup LB02, que està caracteritzat per un únic individu (LIS006), que malgrat les similituds amb LB01, es mostra prou diferent com per a realitzar la seva fusió molt més amunt. D'altra banda, la segona agrupació està conformada pel grup LB03, amb 10 individus (LIS001, LIS002, LIS003, LIS004, LIS007, LIS008, LIS009, LIS013, LIS014 i LIS015), en que els individus LIS007 i LIS009 són els que presenten una major similitud, mentre que LIS013 és el que més s'allunya de la resta del grup, i pel grup LB04, d'un sol individu (LIS005), que és el que més difereix de la resta.

La distinció entre les dues grans agrupacions ve donada, com era d'esperar, pel CaO, distingint entre produccions calcàries i poc calcàries. Dins de les poc calcàries, el grup LB01 és el que presenta una major homogeneïtat, si observem els seus valors elementals, essent LIS010 i LIS011 més similars que LIS012, que difereix sobretot en el CaO, el valor del qual arriba a assolir el doble (2.09 %) que LIS010 (1.02 %) (en valors normalitzats a 100 % per als 18 elements). El grup LB02 (LIS006), mostra una diferència major respecte a LB01, sobretot pel que fa al CaO, en proporcions molt baixes (0.56 % normalitzat), i a l'Al₂O₃ (22.51 % normalitzat), en proporcions altes. També presenta valors molt alts de SiO₂ (65.73 %). En canvi, presenta valors més baixos de Zn, Cr i Sr que els individus del grup LB01. De fet, durant el tractament estadístic, a mesura que s'anaven exclouent elements, aquest individu presentava cada cop menys similituds amb la resta del conjunt.

Respecte a les ceràmiques calcàries, el grup LB03 no presenta una gran homogeneïtat, en tant els seus individus presenten valors molt diferents de CaO, Na₂O, K₂O i Ce. Si tenim en compte que bona part d'aquests valors podrien estar alterats per contaminacions, l'exclusió del Na₂O, el K₂O i el Ce en l'anàlisi ens ha permès veure que aquests individus es podrien agrupar hipotèticament en un mateix grup, donada la similitud entre ells respecte a la resta d'elements. Tanmateix, aquesta agrupació no deixa de ser hipotètica, tant per les limitacions derivades de l'alteració de valors per processos postdeposicionals, com per la poca representativitat dels individus, pel que a la fi podria tractar-se de produccions diferents elaborades a partir de decisions tecnològiques diferents. A això se li ha de sumar la presència de l'individu LIS008, que presenta uns valors de Na₂O molt anormals, fet pel qual s'ha volgut fer notar una distinció amb la creació del subgrup LB03*. Per últim, el grup LB04 (LIS005) difereix de la resta sobretot pel CaO (7.59 % en valors normalitzats), això és deu principalment a la llarga dispersió que presenta aquest element respecte a tot el conjunt, juntament amb valors baixos de Sr (0.01 % normalitzat), en associació precisament al CaO. També presenta valors molt alts de SiO₂ (66.22 % normalitzat).

A partir de l'establiment d'aquests grups, i com a part del tractament estadístic de les dades químiques, s'ha realitzat l'anàlisi de components principals (ACP). La utilitat de l'ACP resideix en la seva capacitat per a reduir la dimensionalitat d'un conjunt de dades per tal de poder representar-les en un gràfic bidimensional, tot agrupant les diferents

variables i convertint-les en components principals. Així, cada component principal estarà compost per l'agrupació de diverses variables, extraient una major variabilitat que en les variables inicials, per tant, que si féssim servir estadística bivariant. Tanmateix, precisament aquesta reducció de la dimensionalitat produeix també la pèrdua d'informació si el que es vol és retenir un nombre de components principals inferior als de les variables inicials. En aquest sentit, l'ACP permet determinar el nombre de factors explicatius que s'identifiquen amb una major variabilitat en les dades. Per a la determinació dels diferents components, l'ACP construeix un nou sistema de coordenades a partir de la matriu de variàncies o la matriu de correlacions, en el qual el primer component principal es correspon amb la major variància representada possible i se situa en l'eix d'abscisses, i el segon component principal es relaciona amb la segona variància més elevada i es situa en l'eix de coordenades. El tercer component principal representa la tercera major variància possible, i així successivament. A nivell interpretatiu, l'observació del *biplot* resultant permet veure les variables causants d'aquesta variància, essent la suma de la representativitat dels dos components principals representats, la representació total d'informació presentada en el gràfic. Les variables es representen en aquest espai de coordenades en forma de vectors que parteixen des d'un punt 0 i s'expandeixen en funció de la seva variabilitat en un sentit o en un altre i amb major o menor intensitat. Els individus analitzats se situen en diferents punts d'aquest espai en funció de la seva variabilitat.

A nivell matemàtic, però, la realització de l'ACP necessita disposar de més unitats que variables, és a dir, pel cas que ens ocupa, necessita més individus que elements químics. Una estratègia per a fer-ho és la realització de l'anàlisi mitjançant la transformació clr en logaritmes de raons centrats (Equació 2) amb doble centrat a partir d'una descomposició en valors singulars, tot exclouent els elements que mostraven una aportació menor de variabilitat en el gràfic d'uniformitat composicional (Figura 19), reduint així les variables a un màxim de quinze. Així, el primer component principal representa un 78.59 % de la variabilitat total i el segon un 12.38 %, pel que només amb els components principals 1 i 2, s'aconsegueix una representativitat molt alta (90.97 %), però s'exclouen el TiO_2 , el Nb i el Zr, perdent-se per tant una part de les dades. La resta de components principals representen una variabilitat molt baixa, essent el tercer component principal un 2.88 % de la variabilitat total, i el quart un 1.45 %.

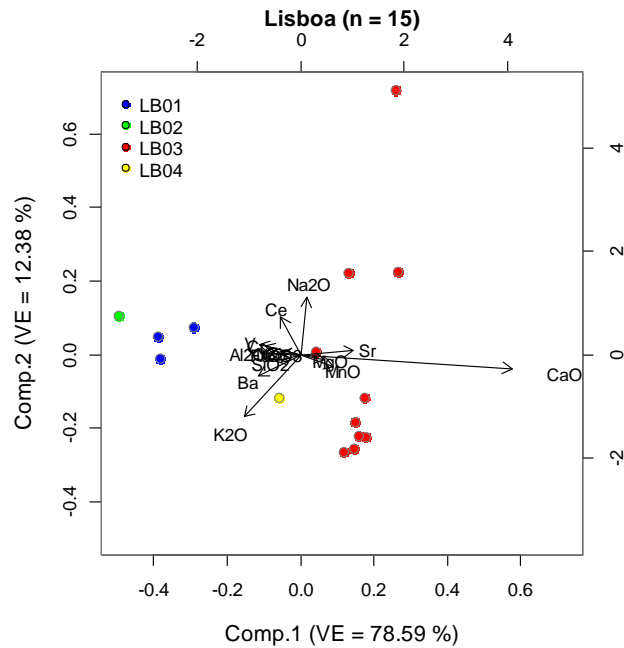


Figura 24. *Biplot* resultant de l'ACP amb transformació clr sense TiO_2 , Nb ni Zr (90.97 % de representativitat) (VE: variància explicada per cada component principal)

Si observem el *biplot* de l'ACP amb transformació clr (Figura 24), veurem com el primer component principal es correspon amb la correlació directa entre el CaO, el Sr, el MgO i el MnO, i inversa amb el Al_2O_3 , el SiO_2 , el V, el Cr, el Fe_2O_3 , el Ni, el Zn i el Ba, mentre que el segon component principal té a veure amb la variabilitat del Na_2O i el Ce, en correlació inversa amb el K_2O , i en menor mesura amb el Ba. Es pot veure com es produeix ja una primera agrupació entre els individus poc calcaris (LB01 i LB02), ubicats a l'esquerra del gràfic amb una certa homogeneïtat, i els individus calcaris (LB03 i LB04), ubicats a la dreta. El grup LB03 està conformat per una primera agrupació molt homogènia (LIS002, LIS003, LIS004, LIS007, LIS014 i LIS015) i quatre individus que divergeixen molt de la resta (LIS001, LIS008, LIS009 i LIS013), variabilitat que ve determinada majorment pel segon component principal, en relació sobretot als valors anormals de K_2O i Na_2O que presenten aquests individus, en especial pel que fa a LIS008, que és el que més s'allunya de l'agrupació.

Una altra estratègia consisteix en l'ús d'una partició seqüencial binària dels components originals per tal de proporcionar unes bases ortonormals (Egozcue i Pawlowsky-Glahn, 2005; van den Boogaart i Tolosana-Delgado, 2013), permetent una transformació isomètrica de logaritmes de raó (ilr) les coordenades de les quals s'estableixen a partir del càlcul dels balanços (Egozcue *et al.*, 2003). En aquestes particions seqüencials binàries,

per cada ordre de partició, es defineix el balanç entre els dos subgrups formats a cada nivell. Si i_1, i_2, \dots, i_r són les r parts del primer subgrup i j_1, j_2, \dots, j_s les s parts del segon, el balanç es defineix com el logaritme de raó normalitzat de la mitjana geomètrica de cada grup de parts, segons:

$$b = \sqrt{\frac{rs}{r+s}} \ln \frac{(x_{i_1}x_{i_2}\dots x_{i_r})^{1/r}}{(x_{j_1}x_{j_2}\dots x_{j_s})^{1/s}} = \ln \frac{(x_{i_1}x_{i_2}\dots x_{i_r})^{a_+}}{(x_{j_1}x_{j_2}\dots x_{j_s})^{a_-}} \quad [\text{Equació 3}]$$

Això vol dir que, pel balanç i , les parts reben un pes de

$$a_+ = +\frac{1}{r} \sqrt{\frac{rs}{r+s}} \quad \text{o} \quad a_- = -\frac{1}{s} \sqrt{\frac{rs}{r+s}},$$

a_+ per aquelles en el numerador, a_- per les del denominador (Martín-Fernández *et al.*, 2018). Per decidir quins balanços emprar en les particions seqüencials binàries, l'estratègia utilitzada és partir de la matriu de variació composicional (Annex I, Taula 3) (Buxeda i Garrigós, 1999a; 1999b) i del dendrograma que en resulta, que reflecteix les relacions entre els diferents components. El dendrograma CoDa (Figura 25) mostra els diversos balanços que es realitzen, amb indicació de les variables que es retenen per a l'anàlisi. El primer de tots ells (V1), per exemple, és la partició binària entre el CaO, en el denominador, i tots els altres components, en el numerador. La barra vertical que parteix de la fusió indica la variabilitat de la nova variable (V1) en el conjunt de les variables amb aquesta transformació \ln . Aquelles barres verticals majors expliquen, doncs, una major variància.

Així, en el dendrograma CoDa es pot veure com és de nou el CaO el que presenta una major variabilitat (V1) respecte a la resta d'elements, amb una representativitat del 61.77 %, mentre que la segona variable (V2), que fa referència a la variabilitat del K₂O en el conjunt de variables, representa només un 7.89 % de la variabilitat total. La tercera variable (V3) es correspon amb la relació que s'estableix entre el Sr, el MgO i el MnO respecte als elements que resten a la seva dreta, amb una representativitat del 13.08 %, essent aquests per tant els següents candidats per a representar la variabilitat. La quarta variable (V4) es correspon amb la divisió pel Na₂O i la cinquena (V5) pel Ce. La resta d'elements (Ba, Cr, Ni, V, Al₂O₃, Zn, SiO₂, Nb, TiO₂, Zr i Fe₂O₃) contribueixen molt poc a la variabilitat.

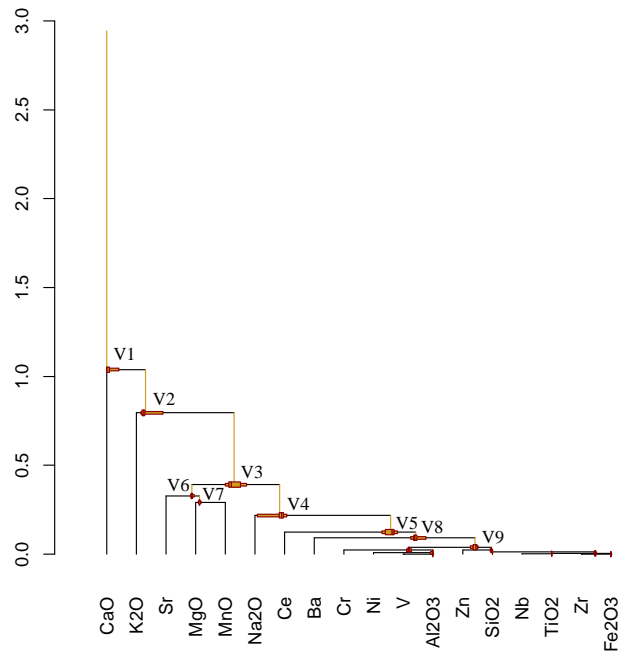


Figura 25. Dendrograma CoDa fet a partir de la matriu de variació composicional i amb transformació ilr

D'aquesta manera, resulta una bona solució la transformació ilr amb balanços de particions seqüencials binàries a partir de les variables més representatives del dendrograma de la matriu de variació composicional, ja que aquesta transformació, a diferència de la clr, es basa en el comportament que estableixen els diferents elements entre ells, pel que l'algoritme emprat gaudeix d'una certa lògica (Pawlowsky-Glahn, 2003; Martín-Fernández, Buxeda i Garrigós i Pawlowsky-Glahn, 2015; Buxeda i Garrigós, 2018). A més, el representar la variabilitat a partir de la matriu de variació composicional permet analitzar tots els elements, independentment de quantes variables s'agafin. És per això que s'ha realitzat també una ACP mitjançant la transformació ilr a partir de 9 variables (V1-V9) establertes en el dendrograma CoDa de la matriu de variació composicional. En concret, les 9 variables que retenim per a l'anàlisi de components principals expliquen el 97.37 % de la variabilitat total, amb la qual cosa es perd menys del 2.63 % d'informació al reduir l'anàlisi a aquestes nou noves variables. En el dendrograma CoDa s'indica, junt al nombre de la nova variable en la barra vertical de cada partició binària, quin component, o conjunt de components, va en el denominador de l'Equació 3, que és sempre el que està a l'esquerra en la fusió. Finalment, cal indicar que en la barra horitzontal de cada partició binària hi apareix una caixa de dispersió dels nous valors en transformació ilr.

Amb la transformació *ilr*, per tant, se supera el problema estadístic causat per la poca representativitat de la mostra en estudi, però també es genera una certa limitació a l'hora de realitzar interpretacions, donat que les diferents variables responen a les relacions establertes a partir de la divisió entre els diferents elements, i no a un element químic concret. És per això que s'ha realitzat l'ACP amb transformació *ilr* com a complement a l'ACP amb transformació *clr*, entenent que la interpretació combinada d'ambdues ens hauria de permetre realitzar inferències el més acurades possibles al voltant de la variabilitat existent entre els diversos grups. El resultat ha estat un *biplot* per a l'ACP amb transformació *ilr* (Figura 26) en que la suma del primer i el segon component principal dona una representativitat de 84.07 %, és a dir, la informació representada suposa un 81.86 % (84.07 % de 97.37 %) de la variabilitat total.

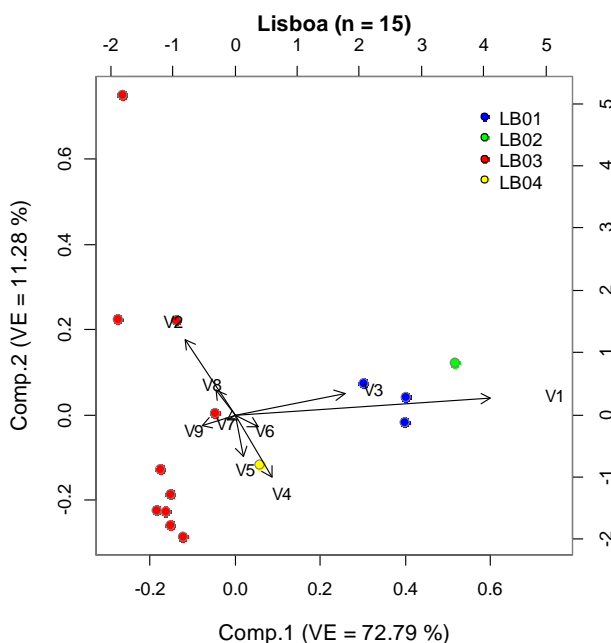


Figura 26. *Biplot* resultant de l'ACP amb transformació *ilr* amb les variables V1-V9 del dendrograma CoDa (81.86 % de representativitat) (VE: variància explicada per cada component principal)

Es pot observar com l'estructura presentada coincideix en gran mesura amb la de l'ACP amb transformació *clr*, amb la diferència, però, de que en aquest cas la variabilitat causada pel TiO_2 , el Zr i el Nb també es té en compte, pel que no es perd aquesta informació. Així, es pot observar com la variabilitat expressada pel primer component principal, tant amb la transformació *clr* com amb la transformació *ilr*, ve determinada pel CaO (V1 entesa com el resultat de la divisió de tots els elements pel CaO), en correlació directa amb el Sr, el MgO i el MnO (V3), i inversa amb el Al_2O_3 , el SiO_2 , el TiO_2 , el V, el Cr, el Fe_2O_3 , el Ni, el Zn, el Zr i el Nb (V9), juntament amb el Ba (V8). Aquesta distinció es correspon

amb la primera agrupació entre els individus calcaris (grups LB03 i LB04) i els poc calcaris (grups LB01 i LB02). D'entre els individus poc calcaris, es pot veure clarament una proximitat entre els individus del grup LB01, major entre LIS010 i LIS011, però amb LIS012 molt a prop, mentre que el grup LB02, conformat per LIS006, es separa d'aquests degut majorment a una menor proporció de CaO i una major proporció d'Al₂O₃.

Entre els individus calcaris, el grup LB03 presenta una primera agrupació amb 6 individus que presenten una major similitud (LIS002, LIS003, LIS004, LIS007, LIS014 i LIS015), mentre que els individus LIS001, LIS008, LIS009 i LIS013 s'allunyen d'aquesta primera agrupació. Aquesta dispersió s'explica sobretot a partir del segon component principal, que té a veure amb la relació entre el K₂O (V2) i el Na₂O (V4), en correlació inversa, però també amb el Ce (V5), i en menor mesura pel Ba (V8). Aquests són els elements que fan que el grup LB03 presenti tanta heterogeneïtat, essent LIS008 el que més s'allunya de l'agrupació, pels seus valors desorbitats de Na₂O, seguit de LIS001 i LIS009, també amb altes quantitats de Na₂O, en detriment del K₂O, i en menor mesura de LIS013. Pel que fa al grup LB04 (LIS005), s'allunya de la resta per presentar valors molt més baixos de CaO (V1) i de MnO, MgO i Sr (V3), i més alts de Ba (V8) i d'Al₂O₃, SiO₂, TiO₂, V, Cr, Fe₂O₃, Ni, Zn, Zr i Nb (V9).

Tot plegat es tradueix en la identificació de quatre grups químics prou definits, les mitjanes i desviacions estàndards dels quals s'han presentat en forma de taula (Annex I, Taula 4). Aquests grups guarden una relació amb l'explotació de diferents matèries primeres, en concret d'argiles possiblement quaternàries pobres en CaO, per als grups LB01 i LB02, i de possibles margues riques en CaO, per als grups LB03 i LB04, amb concentracions majors de MgO i MnO. Més enllà d'això, la distinció entre els grups LB01 i LB02 recau sobretot en la variabilitat dels valors de CaO i Al₂O₃ que presenta l'individu LIS006. El grup LB03 presenta una forta heterogeneïtat degut molt probablement a processos d'alteració i contaminació diversos que han resultat en la pertorbació dels valors de determinats individus, de manera que si no tenim en compte els valors alterats, se'ns configura un grup amb força similituds, caracteritzat sobretot per pastes riques en CaO. L'individu LIS008 (LB03*), però, ha de tractar-se amb prudència, donat que desconeixem l'origen de la seva variabilitat, pel que tant podria tractar-se de processos d'alteració com de processos relacionats amb la funció desenvolupada durant la seva vida útil. De la mateixa manera, podria estar indicant diferents eleccions tecnològiques o

intents poc fructífers d'introduir innovacions. Finalment, el grup LB04 (LIS005) es correspon amb una producció diferent a la resta, amb valors molt més baixos de CaO respecte al grup LB03, i amb una alta concentració de SiO₂.

7.2. Comparació amb la base de dades de l'ARQUB

La identificació d'aquests grups i la seva adscripció a contextos relacionats amb centres de producció, essent per tant possibles grups de referència (GR) o referències localitzades, ens ha portat a la comparació amb les dades significatives del banc de dades de l'ARQUB, obtingudes en el projecte Tecnològic. Aquesta comparació s'ha realitzat sobre un conjunt que inclou 1488 mostres amb cronologies d'entre el segle XIII i el XVIII. Aquestes dades recullen materials de Barcelona, Lleida, Castelló d'Empúries, Granollers, Mataró, Vilafranca del Penedès, Reus, Terol, Muel (Saragossa), Villafeliche (Saragossa), Manises (València), Paterna (València), Cogolludo (Guadalajara), Guadalajara, diversos jaciments del País Basc, Talavera de la Reina (Toledo), Puente del Arzobispo (Toledo), Sevilla, Gáldar (Gran Canaria), Las Palmas de Gran Canaria (Gran Canaria) i Agaete (Gran Canaria) (García Iñáñez, 2007; Buxeda i Garrigós *et al.*, 2015; Gómez Ferrer, 2016; Alzate Gallego, 2016; Di Febo, 2016; Puig Barrachina, 2016; Buxeda i Garrigós i Madrid i Fernández, 2016b; Fernández de Marcos García, Buxeda i Garrigós i Amores, 2017; Madrid i Fernández *et al.*, 2017; Fernández de Marcos García, 2019).

Es presenta el dendrograma resultant (Figura 27) com a resum del tractament estadístic de la comparació, realitzat a partir de l'anàlisi d'agrupament o conglomerats, fet utilitzant la distància euclidiana al quadrat i l'algoritme del centroide, amb transformació clr (Equació 2), sobre la subcomposició Na₂O, MgO, Al₂O₃, SiO₂, K₂O, CaO, TiO₂, V, Cr, MnO, Fe₂O₃, Ni, Zn, Sr, Zr, Nb, Ba i Ce. Malgrat l'associació del Na₂O, el K₂O, el CaO, el Sr i el Ce amb possibles alteracions degudes a processos secundaris, s'ha optat per incloure'ls en l'anàlisi pel seu caràcter discriminant en relació a diversos aspectes del procés de producció.

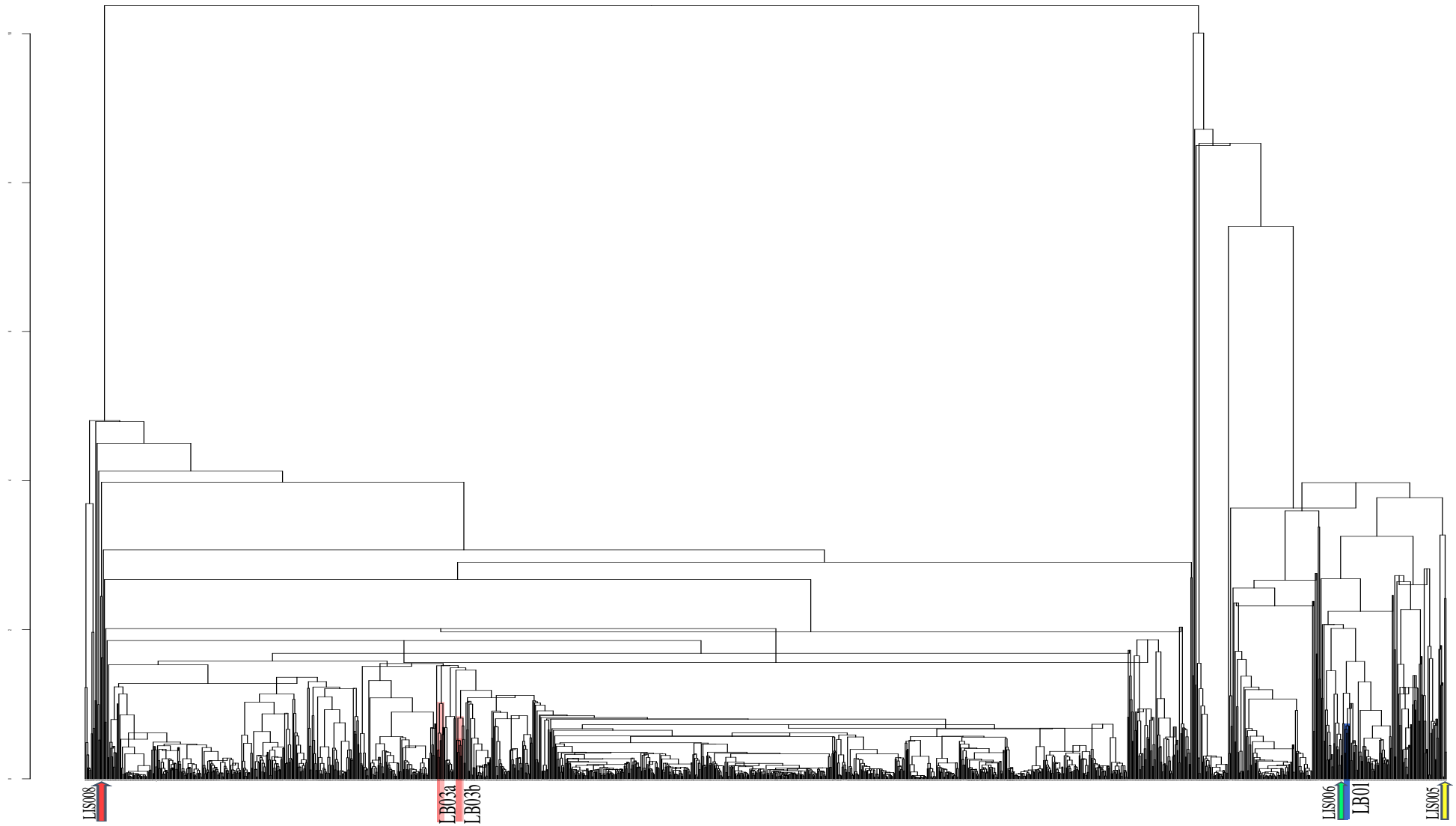


Figura 27. Dendrograma resultant de l'anàlisi d'agrupament de la comparació de les mostres analitzades (n=15) amb 1473 mostres pertanyents a contextos amb cronologies de segle XV-XVII de la base de dades de l'ARQUB.

D'una banda, aquesta comparació ha permès confirmar en termes generals una certa consistència en els grups identificats per a les 15 mostres analitzades, en especial pel que fa al grup LB01 (LIS0010, LIS011 i LIS012), els individus del qual es presenten de manera molt pròxima en el dendrograma, i pel que fa al grup LB03, en que els individus que no presenten valors de Na₂O i K₂O alterats (LIS002, LIS003, LIS004, LIS007, LIS014 i LIS015) s'agrupen de manera força homogènia. No gaire lluny, s'ubica l'individu LIS013, que presenta valors possiblement enriquits de Na₂O en detriment del K₂O. En canvi, LIS001 i LIS009, amb valors clarament alterats, s'allunyen d'aquesta agrupació, si bé mostren una certa aproximació entre ells. L'individu LIS008 resulta un cas particular i s'ubica a l'extrem esquerra del dendrograma, amb fusions molt allunyades de la resta d'individus presents en la comparació. El grup LB02, conformat per LIS006, s'ubica a prop del grup LB01, però amb fusions molt allunyades respecte als individus d'aquest grup. El grup LB04, conformat per LIS005, es situa a l'extrem dret del dendrograma i presenta fusions molt elevades respecte a la resta de mostres presents en la comparació.

D'una altra banda, la comparació amb la base de dades ha permès identificar una sèrie d'agrupacions entre els individus dels grups LB01 i LB03 i altres individus recuperats en diferents contextos que podrien estar relacionats amb la presència de produccions lisboetes en diferents àrees geogràfiques. Per un costat, el grup LB03 presenta similituds amb tres individus procedents de Sevilla i tres procedents de Las Palmas de Gran Canaria. Aquestes similituds han de ser preses amb cura tenint en compte que dins d'aquest grup hi havia individus amb valors alterats i entenent que es tracta d'un grup que presenta molta heterogeneïtat. Per una altra banda, el grup LB01 presenta similituds amb tres individus trobats al País Basc, en concret a Vitòria i Urduña.

Les similituds entre LIS001 i LIS009 amb els individus SEV142, SEV149 i SEV258, tots tres dipositats al Museo Arqueológico de Sevilla, conformen el que hem anomenat grup LB03a. Els individus SEV142 i SEV149 van ser recuperats en una intervenció realitzada a l'avinguda Menéndez Pelayo, 43 (Sevilla) i l'individu SEV258, en una excavació al carrer San Vicente, 63-65 (Sevilla). Es tracta de majòliques d'origen portuguès de blau sobre blanc amb cronologies de segle XVI a segona meitat del XVII (Fernández de Marcos García, 2019). Aquests individus evidenciarien la presència de produccions portugueses a una de les ciutats més importants en la fabricació i exportació de majòliques

durant l'època moderna. En menor mesura, aquest grup es fusiona també amb MJ0275, MJ0276 i MJ0277, procedents de l'Antic Convent de San Francisco de Las Palmas de Gran Canària, tot i que la fusió d'aquesta agrupació es produeix en una posició força elevada. Es tracta de tres peces de majòlica decorada en blau, per a les quals se suposava un origen portuguès, amb cronologies del segle XVII (Garcia Iñáñez, 2007).

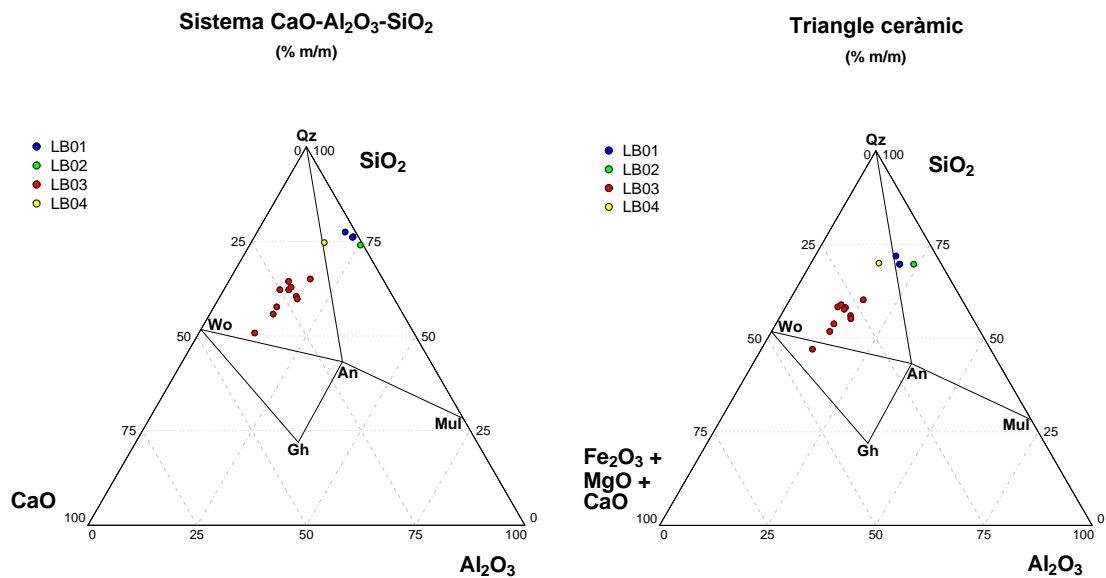
El grup LB03b està compost principalment per les ceràmiques pertanyents al grup químic LB03 que no presentaven valors alterats, es produeix una certa agrupació, però, entre aquestes i LIS013 amb l'individu MJ0183, una tapadora de ceràmica vidrada en verd de tradició mudèjar procedent de Sevilla i amb una cronologia àmplia i incerta (Garcia Iñáñez, 2007). Aquesta associació, però, resulta menys creïble, donat que les fusions entre aquests individus es produeixen en una posició força allunyada de la base del dendrograma.

El grup LB01 presenta similituds amb els individus EHU026 (un gibrell vidrat, datat al s. XIII i procedent de les excavacions de la Catedral de Vitòria), EHU066 (una tenalla sense vidrar, procedent d'Urduña, Biscaia, i datada a finals del s. XV-inicis del s. XVI) i EHU154 (una *orza* vidrada melada, procedent de Vitòria i datada al s. XVII) (Puig Barrachina, 2016). Aquesta associació podria estar indicant la possibilitat de que es tractés en realitat de produccions lisboetes de pasta poc calcària que haurien arribat a aquesta zona per mitjà de xarxes comercials establertes a través de vies terrestres. Amb tot, cal destacar que els individus EHU026 i EHU066 s'havien posat en relació, de manera temptativa, amb una possible producció local del País Basc (PB2), a diferència de l'individu EHU154 que roman totalment no classificat (Puig Barrachina, 2016).

8. Anàlisi de la composició mineralògica: els resultats de la difracció de raigs X

8.1. Diagrames ternaris

Pel que fa a l'estructura cristal·lina de les mostres, s'ha realitzat un seguit de diagrames ternaris per tal de veure quines són les fases minerals que caldria esperar per a cada individu ceràmic, tenint en compte que les fases que delimiten aquests triangles d'equilibri termodinàmic seran les fases de cocció a les que tendiran els diferents individus en augmentar la temperatura de cocció (Maggetti, 1981; Heimann, 1989). Cal advertir, però, que la informació proporcionada per aquests diagrames no deixa de representar un model simplista de les dades, pel que caldrà, finalment, acotar aquesta informació a la proporcionada pels difractograms resultants de la DRX.



Figures 28 i 29. A l'esquerra, diagrama ternari del sistema CaO-Al₂O₃-SiO₂. A la dreta, triangle ceràmic del sistema (CaO + Fe₂O₃ + MgO)-Al₂O₃-SiO₂. An: anortita (Ca[Al₂Si₂O₈]); Gh: gehlenita (Ca₂Al(Si,Al)₂O₇); Mul: mul·lita (Al₆[Si₂O₁₃]); Qz: quars (SiO₂); Wo: wol·lastonita (CaSiO₃) (abreviatures segons Whitney i Evans, 2010)

Des del punt de vista tecnològic, les ceràmiques estudiades s'agrupen sota una primera divisió entre calcàries (CaO > 5-6 %) i poc calcàries (CaO < 5-6 %). Aquesta és una de les divisions fonamentals pel que respecta a la tecnologia ceràmica, ja que afecta a la microestructura que es desenvoluparà durant la cocció, a les fases mineralògiques que es formaran i als colors resultants (Maniatis *et al.*, 1983). Així, en el diagrama corresponent al sistema CaO-Al₂O₃-SiO₂ (Figura 28), s'observa com els individus pertanyents als grups LB01 i LB02 s'ubiquen dins del triangle d'equilibri termodinàmic quars-mul·lita-anortita, com correspon a les produccions poc calcàries, mentre que els individus calcaris

(CaO < 15-20 %), pertanyents al grup LB03, es situen dins del triangle quars-anortita-wol·lastonita. És d'esperar, per tant, la possibilitat de que apareguin aquestes fases minerals en augmentar la temperatura de cocció.

L'individu LIS005 (grup LB04), malgrat tractar-se d'una producció calcària, s'ubica en el triangle d'equilibri termodinàmic quars-mul·lita-anortita del sistema CaO-Al₂O₃-SiO₂, això es deu principalment a que presenta nivells no tant alts de CaO (7.59 % en valors normalitzats al 100 % per als 18 elements inclosos en l'anàlisi). Si observem l'anomenat triangle ceràmic (Figura 29), corresponent al sistema (CaO + Fe₂O₃ + MgO)-Al₂O₃-SiO₂, veurem com la relació entre les proporcions de contingut de calci i fluxos (Fe₂O₃, MgO i CaO) d'aquest individu el situen, finalment, en el triangle quars-anortita-wol·lastonita. En aquest sistema s'observa també la possibilitat de l'aparició de la gehlenita, com a mínim en un dels individus del grup LB03 (LIS002), així com de la mul·lita per a l'individu LIS006 (grup LB02).

8.2. Fàbriques identificades

A partir dels difractogrames resultants de l'anàlisi per DRX, han estat identificades les diferents fases cristal·lines de cada individu per tal d'estimar inferències al voltant de la temperatura de cocció equivalent (TCE), prenent com a base el fet que durant el procés de cocció es produeixen un seguit de transformacions que afecten a l'estructura cristal·lina, amb la formació i descomposició de diferents fases mineralògiques, l'associació de les quals i la seva relació amb les escales mineralògiques ens permetrà inferir possibles patrons de temperatures de cocció i atmosfera (Heimann, 1982; Maggetti, 1982; Buxeda i Garrigós i Madrid i Fernández, 2016a, 11-12). Aquests patrons, però, només poden ser estimats de manera més o menys probable i en cap cas determinats amb certesa, a falta d'una anàlisi més acurada de la microestructura i l'estat de sinterització mitjançant microscòpia electrònica de rastreig (MER). A això se li ha de sumar la dificultat que suposa, en alguns casos, distingir entre fases primàries, fases de cocció i/o fases secundàries.

A partir dels grups químics prèviament determinats, s'han establert un seguit de fàbriques en funció de les associacions de fases cristal·lines observades a partir dels difractogrames resultants (Taula 2).

Taula 2. Taula resum de les fàbriques identificades a partir dels difractogrames resultants de la DRX, amb les fases minerals observades i la TCE estimada. Adr: andradita; Afs: feldspat alcalí; Anl: analcima; Cal: calcita; Crs: cristobalita; Di: diòpsid; Fs: ferrosilita; Gh: gehlenita; Hc: hercinita; Hem: hematites; Ilt: il·lita; Mul: mul·lita; Nph: nefelina; Pl: plagiòclasi; Qz: quars; Spl: espinel·la (abreviatures segons Whitney i Evans, 2010)

Grups	Fàbriques	Fases minerals	TCE estimada
LB01	F1 (LIS012)	Qz, Afs, Pl, Hem, Spl, Ilt, Fs?	900-950 °C
	F2 (LIS010 i LIS011)	Qz, Hc, Afs, Pl, Hem.	> 950-1000 °C
LB02	F1 (LIS006)	Qz, Mul, Hem, Afs.	> 900 °C
LB03	F1 (LIS003)	Qz, Cal, Afs, Pl, Ilt.	< 800-850 °C
	F2 (LIS004 i LIS007)	Qz, Cal, Pl, Afs, Ilt, Hem	800-850 °C
	F3 (LIS015)	Qz, Cal, Afs, Gh, Pl, Di, Hem	850-950 °C
	F4 (LIS002 i LIS014)	Qz, Cal, Gh, Afs, Hem, Pl	(950-1000)-1050 °C
	F5 (LIS009 i LIS013)	Qz, Cal, Pl, Di, Afs, Anl, Hem.	1000-1050 °C
	F6 (LIS001)	Gh, Cal, Qz, Anl, Hem, Afs, Crs.	(950-1000)-1050 °C ?
	F7 (LIS008)	Qz, Gh, Cal, Nph, Adr, Pl, Di?	(950-1000)-1050 °C ?
LB04	F1 (LIS005)	Qz, Cal, Afs, Pl, Ilt, Hem.	< 950 °C

8.2.1. Grup LB01

El grup LB01 presenta una primera fàbrica (LB01-F1) corresponent a l'individu LIS012 (Figura 30) que es caracteritza per la presència de l'epinel·la, un òxid d'alumini i magnesi que cristal·litza a temperatures superiors als 900 °C. Encara és present la il·lita-moscovita, tot i que amb poca intensitat, pel que la TCE no pot ser superior als 950 °C. S'observa també una forta presència de quars, plagiòclasi i de feldspat alcalí, minerals associats generalment a fases primàries, així com alguns pics que podrien estar relacionats amb una possible formació de ferrosilita. Per una altra banda, la formació d'hematites estaria evidenciant l'existència d'un ambient oxidant, fet que conferiria a la peça el seu color vermellós.

Dels difractogrames dels individus LIS010 i LIS011 es pot atribuir una segona fàbrica (LB01-F2) (Figura 30) en la que no s'observen els pics característics de la il·lita-moscovita, pel que es pot inferir que es tracta de coccions superiors als 950-1000 °C. És

remarcable la presència de pics intensos relacionats amb la cristal·lització d'hercinita, amb més intensitat en el cas de l'individu LIS010, com a part del procés de dissociació dels òxids de ferro en coccions d'altas temperatures en ambients altament reductors, fet pel qual la ceràmica adquireix una tonalitat fosca. S'observa també una reducció considerable de plagiòclasi i feldspat alcalí. En el cas de l'individu LIS011 es pot apreciar una formació considerable d'hematites, a diferència de l'individu LIS010 en que la presència d'aquesta fase és pràcticament testimonial.

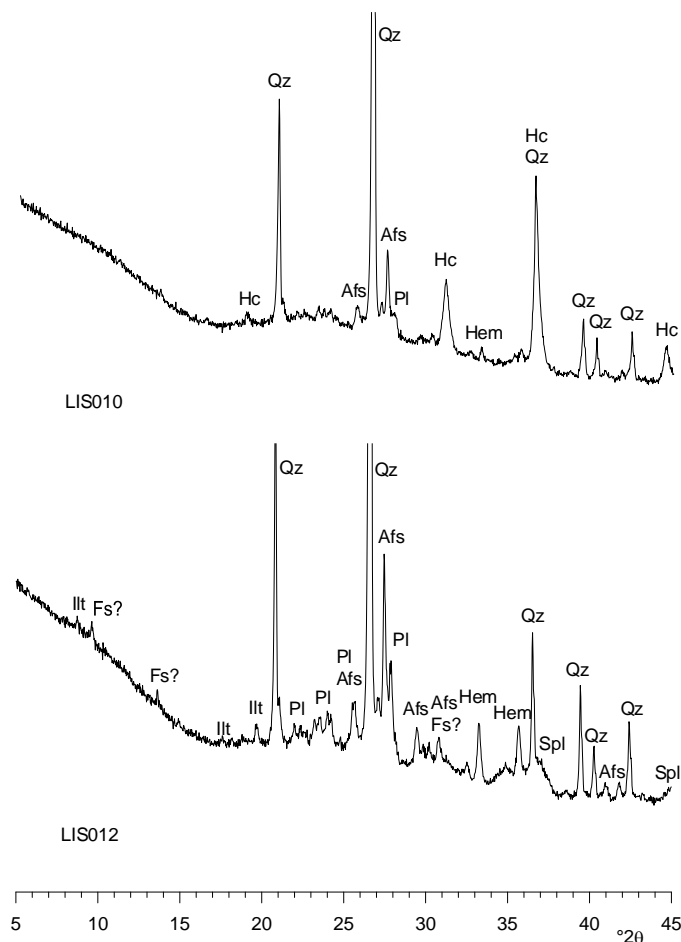


Figura 30. Difractogrames corresponents a la fàbrica LB01-F1 (inferior) i a la fàbrica LB01-F2 (superior). Afs: feldspat alcalí; Fs: ferrosilita; Hc: hercinita; Hem: hematites; Ilt: il·lita; Pl: plagiòclasi; Qz: quars (abreviacions segons Whitney i Evans, 2010)

8.2.2. Grup LB02

La fàbrica 1 del grup LB02 (LB02-F1), conformat per un sol individu (LIS006), es caracteritza per la presència de quars, feldspat alcalí, mul·lita i hematites (Figura 31). La presència de mul·lita evidenciaria una cocció a altes temperatures, com a mínim superior als 900°C, això es corroboraria amb el fet que no s'observa la il·lita-moscovita, tot i que la presència d'un pic poc intens a 10 Å podria estar evidenciant l'existència d'il·lita residual. Tot i així, és difícil establir una TCE acurada, ja que no disposem de prou dades com per a determinar l'existència d'il·lita-moscovita com a fase primària, malauradament tampoc disposem d'altres individus dins d'aquest grup químic que ens poguessin proporcionar informació sobre les dinàmiques de transformació mineralògica a temperatures més baixes, tot i així, és precisament la presència de la mul·lita la que ens fa inferir com a probable una temperatura superior a 900 °C, per bé que probablement sigui superior als 950-1000 °C.

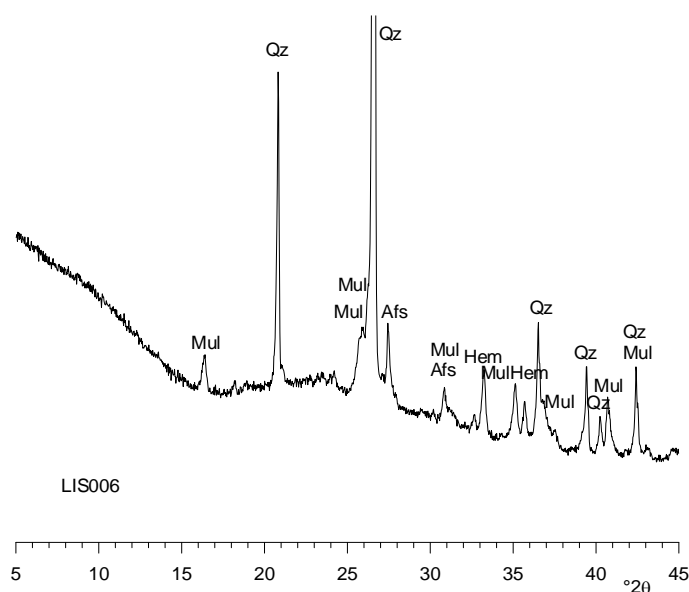


Figura 31. Diffractograma de la fàbrica LB02-F1. Afs: feldspat alcalí; Hem: hematites; Mul: mul·lita; Qz: quars (abreviatures segons Whitney i Evans, 2010)

La mul·lita és un silicat d'alumini propi de ceràmiques amb continguts baixos de magnesi que apareix de manera poc freqüent en contextos ceràmics arqueològics, ja que generalment les ceràmiques poc calcàries sotmeses a altes temperatures generen espinel·la. La presència de mul·lita en aquesta fàbrica es deu principalment a que l'individu LIS006 presenta una composició molt alta d'Al₂O₃ (22.51 % en valors

normalitzats), en detriment del MgO (1.38 % normalitzat), que es troba en proporcions baixes; del triangle ceràmic (Figura 29) es pot deduir també que aquesta ceràmica és una mica més pobre en fluxos que les altres. Aquestes característiques composicionals, doncs, permeten que cristal·litzi la mul·lita. Per altra banda, la presència de pics intensos d'hematites es relacionaria amb un ambient oxidant.

8.2.3. Grup LB03

El grup LB03 presenta una primera fàbrica (LB03-F1) corresponent a l'individu LIS003 (Figura 32). Aquesta fàbrica presenta les característiques típiques de les ceràmiques calcàries de baixa temperatura: una forta presència de calcita, la descomposició total (o molt significativa) de la qual es produeix entre 800 i 850 °C i pics intensos d'il·lita-moscovita, que perdura fins als 950-1000 °C aproximadament, juntament amb la manca d'hematites, que hauria pogut cristal·litzar entre els 800 i els 850 °C. S'observen també pics intensos de quars, plagiòclasi i feldspat alcalí, minerals que es troben generalment com a fases primàries. L'evidència d'una TCE tan baixa, en aquests contextos arqueològics i tenint en compte l'atribució arqueològica de la peça com a bescuitada, fa pensar en la possibilitat que es tracti d'un rebuig de producció produït per l'efecte d'una mala cocció, tenint en compte que la temperatura adient per a la primera cocció en la fabricació de la majòlica hauria d'estar entre els 900 i els 950 °C.

La segona fàbrica (LB03-F2) fa referència als individus LIS004 i LIS007 (Figura 32). Encara s'observa una forta presència de calcita, però es pot veure com es comença a produir en aquest moment la cristal·lització inicial d'hematites, en detriment de la calcita, que justament comença a descompondre's. S'observen també pics força intensos de quars, plagiòclasi i feldspat alcalí, així com d'il·lita-moscovita, tot i que en menor intensitat respecte a la fàbrica anterior. El difractograma de l'individu LIS007, malgrat s'ajusta al model d'aquesta fàbrica, mostra pics lleugerament inferiors en la formació d'hematites en comparació amb l'individu LIS004. Com en el cas de la primera fàbrica, l'estimació d'unes temperatures tan baixes fa pensar en possibles problemes derivats d'un procés de cocció massa baix per a la correcta elaboració de les peces. En aquest cas, la TCE s'hauria d'estimar en el rang 800-850 °C.

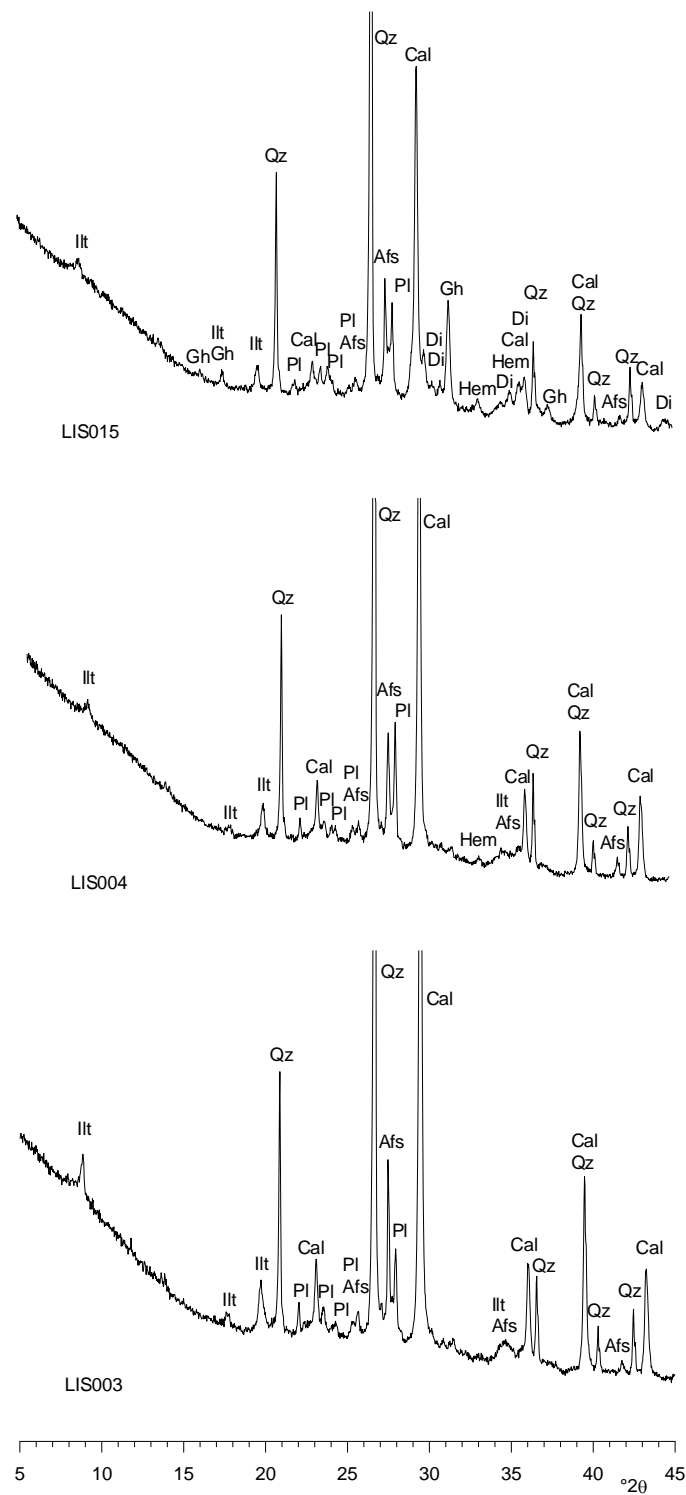
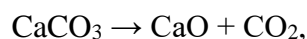


Figura 32. Difractogrames de la fàbrica LB03-F1 (inferior), la fàbrica LB03-F2 (centre) i la fàbrica LB03-F3 (superior). Afs: feldspat alcalí; Cal: calcita; Di: diòpsid; Gh: gehlenita; Hem: hematites; Ilt: il·lita; Pl: plagiòclasi; Qz: quars (abreviatures segons Whitney i Evans, 2010)

La fàbrica 3 (LB03-F3) es compon per l'individu LIS015 (Figura 32). Es caracteritza per una reducció significativa de la calcita i l'aparició d'una nova fase de cocció: la gehlenita, un silicat amb calci i alumini de la família de la melilita. Això es deu a que la calcita primària (CaCO_3) es comença a descompondre a $750\text{ }^\circ\text{C}$ segons la reacció



amb l'augment progressiu de les temperatures, el CO_2 es volatilitzarà provocant l'aparició de porositat en la matriu, mentre que el CaO es combinarà amb altres elements formant noves fases de cocció, com ara diòpsid, gehlenita o wol·lastonita, fins a la descomposició total dels carbonats a temperatures de $800\text{-}850\text{ }^\circ\text{C}$ (Maniatis *et al.*, 1983; Trindade, 2009; Fabbri, Gualtieri i Shoval, 2014). Es pot apreciar també la presència d'hematites, en relació amb una possible oxidació de la peça, així com de possible diòpsid, tot i que amb poca intensitat. La il·lita-moscovita, la plagiòclasi i el feldspat alcalí encara tenen una forta presència, però en menor mesura respecte a les fàbriques anteriors. Tant la gehlenita com la presència de possible diòpsid permeten inferir una TCE entre 850 i $950\text{ }^\circ\text{C}$.

La fàbrica 4 (LB03-F4), que inclou els individus LIS002 i LIS014 (Figura 33), es caracteritza per tenir pics molts elevats de calcita i gehlenita, en detriment de la plagiòclasi i de la il·lita-moscovita, que apareixen de manera testimonial només en el difractograma de LIS014. Malgrat no poder establir amb seguretat la presència o no d'il·lita-moscovita en fase primària en l'individu LIS002, la similitud amb el seu congènere de fàbrica i la presència de fases cristal·lines pròpies de temperatures elevades fa pensar en la possibilitat que aquestes s'hagin descompost degut a una TCE superior a $950\text{-}1000\text{ }^\circ\text{C}$. Es pot observar també l'aparició de diòpsid, en major mesura que la fàbrica anterior, que, juntament amb la presència de gehlenita, indiquen l'existència de fases minerals pròpies de temperatures superiors a $850\text{ }^\circ\text{C}$. La cristal·lització molt significativa d'hematites es correspondria amb un ambient oxidant a altes temperatures.

L'existència de pics molt elevats de calcita en contraposició a fases cristal·lines pròpies de temperatures elevades planteja la qüestió de fins a quin punt aquesta podria trobar-se en fase primària, tenint en compte que es tracta de ceràmiques amb valors elevats de CaO , i/o secundària, sota la perspectiva d'haver estat sotmeses a processos postdeposicionals que puguin haver alterat la composició original dels individus ceràmics. Segons Fabbri, Gualtieri i Shoval (2014), la calcita secundària es pot dividir en tres grups en funció de

quines siguin les causes que l'originen: reformada, precipitada i alterada. La calcita reformada no modifica la composició química inicial i fa referència a l'aparició de calcita secundària degut a un procés de recarbonatació que es dona en individus amb una composició inicialment carbonàtica. Aquest procés es basa en la crist·lització posterior a la cocció de partícules de calç lliures alliberades a causa de la descomposició tèrmica de la calcita inicial durant una cocció a temperatures superiors a la descarbonatació. Durant la cocció a altes temperatures, la calç lliure tendeix a reaccionar amb els relictes del mineral argilós provocant l'aparició de nous silicats de calci, com la gehlenita i el piroxè (per exemple, el diòpsid); aquestes reaccions, però, poden restar incompletes a causa de diversos motius en relació amb la granulometria de les partícules de la calcita, l'excés de calcita respecte a la proporció de silicats i/o una relació entre temperatura i temps insuficient com per a que es produeixi una reacció completa. El resultat és l'aparició tant de calcita reformada com de nous silicats de calci (Fabbri, Gualtieri i Shoval, 2014, 1903-1904).

La calcita precipitada s'origina a partir de solucions de carbonat que es filtren en la ceràmica durant l'enterrament com a conseqüència de la filtració d'aigües riques en carbonats càlcics. Aquest procés produeix un canvi en la composició química que es tradueix en l'augment del contingut d'òxids de calci i en la variació d'altres elements (Fabbri, Gualtieri i Shoval, 2014, 1904-1905). La calcita alterada es forma a partir de l'alteració postdeposicional de fases minerals que contenen calci. En particular la gehlenita, un silicat de calci i alumini, pot alterar-se a causa d'un procés de lixiviació continuada i intensa d'aigua durant un llarg període d'enterrament. L'hidròxid de calci resultant acaba per reaccionar amb el diòxid de carboni de l'atmosfera, donant lloc a la formació de carbonat càlcic. Aquests processos d'alteració poden modificar la composició original de determinats elements, per exemple dels elements alcalins Na, K, Rb i Cs, pel que hauran de ser exclosos de l'anàlisi (Fabbri, Gualtieri i Shoval, 2014, 1905-1906, 1909).

D'aquesta manera, es pot observar com l'estructura de determinats individus està relacionada tant amb el procés de cocció com amb el context de deposició, amb la presència d'alteracions i processos de contaminació (Buxeda i Garrigós, 1999a, 14). En el cas de la calcita secundària cal tenir en compte que podria estar afectant no només als individus de la fàbrica LB03-F4, sinó també a la resta d'individus amb altes

concentracions de calcita, juntament amb la presència d'altres contaminacions. Tanmateix, la complexitat que suposa el problema de la calcita secundària no ens permet fer gaires suposicions respecte al cas que ens ocupa, tenint en compte que només disposem de la informació obtinguda per l'anàlisi de DRX, juntament amb la poca representativitat que es deriva de l'anàlisi de tan pocs individus, pertanyents a més a un grup no gaire homogeni, pel que ens hem de limitar només a fer inferències al voltant de l'observació de possibles fases mineralògiques i la seva probable TCE. En tot cas, la gehlenita, que s'ha de considerar en aquestes ceràmiques una fase metaestable, tendeix a descompondre's quan la temperatura arriba als 1050 °C. La seva presència, doncs, ens permetria estimar aquesta temperatura com a límit superior de la TCE.

La cinquena fàbrica (LB03-F5) s'ha establert pel grup LB03 corresponent als individus LIS009 i LIS013 (Figura 33). Aquesta fàbrica es caracteritza per la presència de pics intensos de quars, calcita, feldspat alcalí, plagiòclasi càlcica i diòpsid, juntament amb una elevada presència d'analcima. S'observa també la progressiva descomposició de la gehlenita en relació amb un augment considerable de les temperatures, així com pics elevats d'hematites. De tot plegat es pot deduir que ens trobem davant de sobrecoccions poc severes, la TCE de les quals es situaria al voltant dels 1050 °C, en correlació amb el color groguenc que presenten ambdós individus.

L'analcima és una zeolita sòdica que no apareix com a fase primària ni de cocció, essent exclusivament una fase secundària (Maggetti, 1981; Buxeda i Garrigós, 1999a, 15; Buxeda i Garrigós *et al.*, 1995, 52), evidenciant per tant l'alteració i la contaminació dels individus LIS009 i LIS013 a causa de processos postdeposicionals. La cristal·lització de l'analcima guarda una relació directa amb l'increment dels valors de sodi en detriment del potassi: si observem les composicions químiques de Na₂O i K₂O de l'individu LIS009 veurem que s'ha produït un enriquiment de Na₂O (1.62 %) i una pèrdua de K₂O (1.96 %) (en valors normalitzats); mentre que en l'individu LIS013 s'observa aquesta incrementació en Na₂O (1.14 % normalitzat). Els valors de K₂O, relativament alts (3.30 % normalitzat), es deuen probablement a una composició original ja de per sí rica en potassi.

El pic característic de l'analcima, que es situa a 5.59 Å, s'observa en proporcions molt elevades en el difractograma de LIS009, no tant en el de LIS013, essent justament els

valors de Na₂O i K₂O els causants d'una gran part de la variabilitat química entre aquests dos individus. Observant els difractogrames de la resta d'individus del grup LB03, podem determinar que LIS001 també pateix la presència d'analcima, tot i que de manera no tan intensa, amb un enriquiment de Na₂O (1.13 %) i una pèrdua de K₂O (1.28 %). En el cas de LIS002, tot i no apreciar-se un pic definit a 5.59 Å, no pot confirmar-se ni descartar-se la presència d'aquest tipus d'alteració, mantenint-se la possibilitat de que els valors de Na₂O (0.90 %) i K₂O (2.93 %) estiguin igualment alterats.

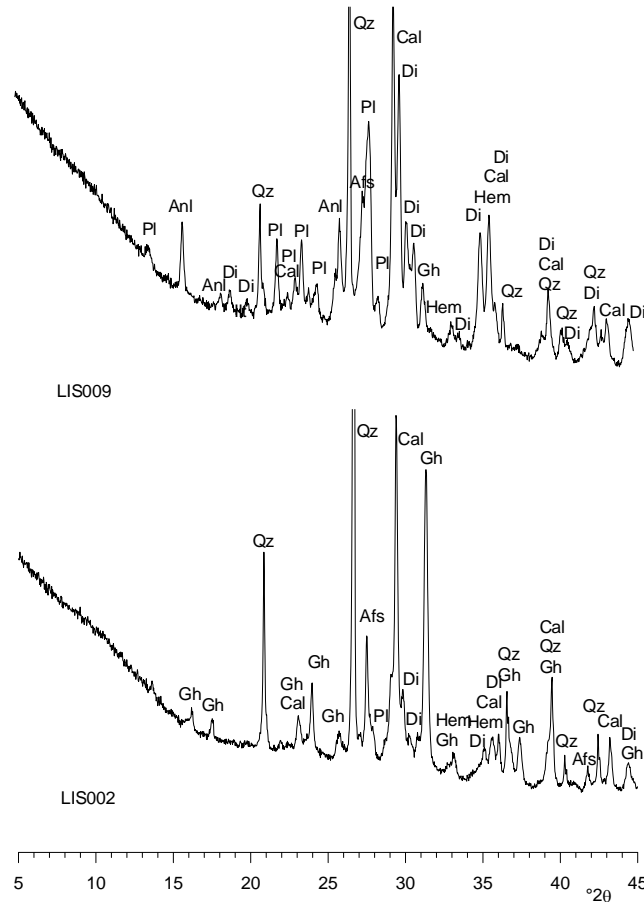


Figura 33. Difractograma de la fàbrica LB03-F4 (inferior) i la fàbrica LB03-F5 (superior). Afs: feldspat alcalí; Anl: analcima; Cal: calcita; Di: diòpsid; Gh: gehlenita; Hem: hematites; Pl: plagiòclasi; Qz: quars (abreviatures segons Whitney i Evans, 2010)

La sisena fàbrica (LB03-F6), conformada per l'individu LIS001 (Figura 34), suposa un cas apart que trenca amb la lògica correlació que es podia observar fins ara entre les fàbriques del grup LB03, en les quals cadascuna semblava correspondre a una TCE cada cop més alta. Aquesta fàbrica està caracteritzada per pics molt elevats de quars, gehlenita i calcita, una forta cristal·lització d'hematites i la presència d'analcima i feldspat alcalí. També s'observa un pic que podria estar relacionat amb la possible presència de cristobalita, de la família dels silicats, possiblement en fase metaestable. La presència de

pics tan elevats de gehlenita i quars, juntament amb la manca de pics associats a il·lita-moscovita apunten cap a una TCE elevada, com a mínim superiors a 950-1000 °C, pel que resulta sorprenent la manca de piroxè i de plagiòclasi. De la mateixa manera, sobre la presència de pics tan elevats de calcita, que d’haver estat primària s’hauria vist reduïda amb l’augment de les temperatures, a no ser que es tracti de calcita secundària. De fet, l’observació del pic de l’analcima, tot i que menys intens que a la fàbrica anterior, evidencia la presència d’alteracions per causes postdeposicionals.

Si tenim en compte que LIS001 ha estat contextualitzada com a gasetta, és de suposar que la peça podria haver estat sotmesa a temperatures molt elevades i a múltiples coccions a causa del seu ús continuat, la qual cosa podria explicar les contradiccions observades a partir de les seves fases cristal·lines, caldria però aprofundir molt més en l’estudi d’aquest individu, preferiblement amb l’ús de diverses tècniques, com ara la MER, per tal d’obtenir millors dades. A això se li ha de sumar les alteracions i contaminacions causades per processos postdeposicionals, identificades en seguretat en el cas de l’analcima i amb molta probabilitat en el cas de la calcita. Tot plegat suposa una gran dificultat a l’hora d’interpretar les condicions al voltant del procés de cocció de la peça, essent impossible establir una TCE acurada.

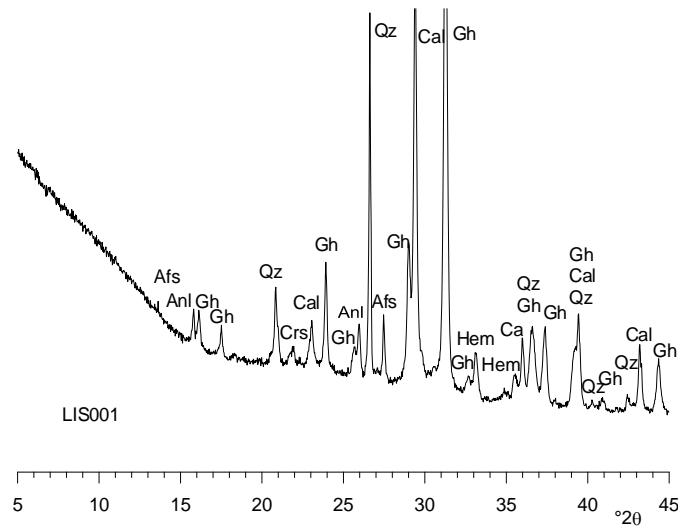


Figura 34. Diffractograma de la fàbrica LB03-F6. Afs: feldspat alcalí; Anl: analcima; Cal: calcita; Crs: cristobalita; Gh: gehlenita; Hem: hematites; Qz: quars (abreviatures segons Whitney i Evans, 2010)

L’última fàbrica (LB003*-F7) fa referència a l’individu LIS008 (Figura 35). Com en el cas anterior, aquesta fàbrica presenta pics molt elevats de quars, gehlenita i calcita, però

no s'observa piroxè. Sí que hi ha, però, pics relacionats amb plagiòclasi, tot i que amb poca intensitat. Malgrat tot, aquest individu presenta unes característiques particulars que suposen una dificultat a l'hora d'observar determinades fases cristal·lines, com és el cas de la presència de l'andradita i la nefelina, aquesta darrera de dubtosa atribució, i que podrien estar solapant altres estructures, com ara el piroxè. Tenint en compte, a més, que l'andradita és un granat fèrric que no acostuma a aparèixer com a fase primària, caldria buscar explicacions al voltant de la seva presència en aquest individu. Per tot plegat, i com en el cas de la fàbrica LB03-F6, resulta impossible determinar una TCE per aquesta fàbrica que vagi més enllà dels 950-1000 °C que ens marca la no observació d'il·lita-moscovita, però inferior als 1050 °C, per la presència important de gehlenita. Cal remarcar, a més, que és justament aquest individu el que més divergeix en el grup LB03, amb uns valors químics molt anormals de Na₂O (3.90 %) i K₂O (0.65 %) (en valors normalitzats), no s'observa però el pic característic de l'analcima (5.59 Å), pel que malauradament no tenim cap explicació plausible per a aquests valors tan anormals, com a mínim de moment.

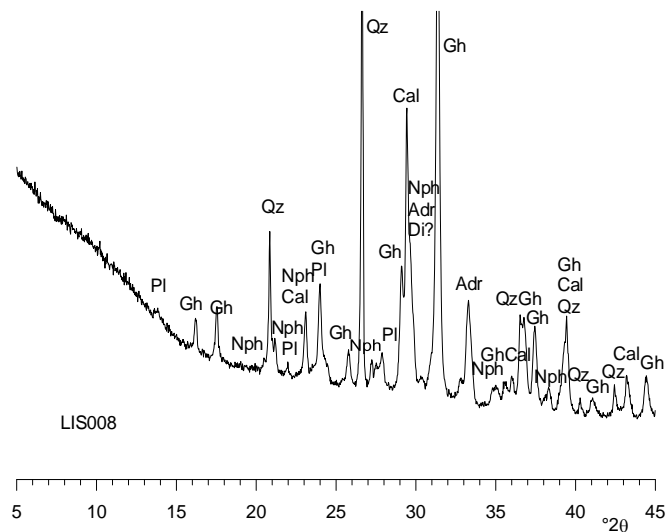


Figura 35. Diffractograma de la fàbrica LB003-F7. Adr: andradita; Cal: calcita; Di: diòpsid; Gh: gehlenita; Nph: nefelina; Pl: plagiòclasi; Qz: quars (abreviatures segons Whitney i Evans, 2010)

Finalment, cal fer notar que dins d'aquest grup LB03 es pot veure una certa correlació lògica que afecta a les cinc primeres fàbriques (individus LIS002, LIS003, LIS004, LIS007, LIS009, LIS013, LIS014 i LIS015) i que aniria des de les fases cristal·lines pròpies de TCE inferiors als 800-850 °C, a fases de cocció pròpies de TCE elevades, com la gehlenita, i fins i tot a sobrecoccions, tot i que poc severes, de 1050 °C. Les dues últimes

fàbriques (individus LIS001 i LIS008) suposen una excepció, ja que es tracta de casos aïllats poc habituals que suposen un problema d'interpretació, pel que han de ser tractats en conseqüència.

8.2.4. Grup LB04

Al grup LB04, conformat per un sol individu (LIS005) (Figura 36), se li ha atribuït una fàbrica (LB04-F1) caracteritzada per pics elevats de quars i la presència d'il·lita-moscovita, pel que es pot deduir una TCE inferior a 950-1000 °C, juntament amb pics moderadament alts de calcita, plagiòclasi, feldspat alcalí i la possible formació d'una hematites inicial, que podria indicar una TCE superior als 800-850 °C. La no observació de piroxè o gehlenita, fases probables en ceràmiques calcàries, podria indicar una TCE inferior als 850-900 °C. Els pics moderadament elevats de calcita probablement responen a la presència de calcita en fase primària, tenint en compte a més que aquesta ceràmica presenta valors més baixos de CaO respecte a les altres (7.59 % en valors normalitzats). Malauradament, donat que es tracta únicament d'un individu i sense la possibilitat d'obtenir més dades, no podem aportar més informació i només podem estimar amb seguretat una TCE de 950-1000 °C com a màxim, tot i que molt probablement sigui inferior.

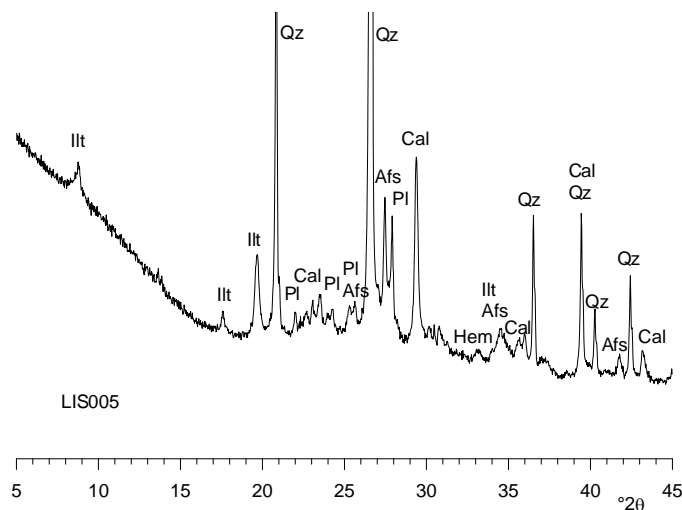


Figura 36. Diffractograma de la fàbrica LB04-F1. Afs: feldspat alcalí; Cal: calcita; Hem: hematites; Ilt: il·lita; Pl: plagiòclasi; Qz: quars (abreviatures segons Whitney i Evans, 2010)

9. Observació macroscòpica amb lupa binocular


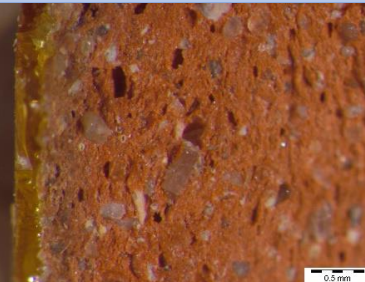
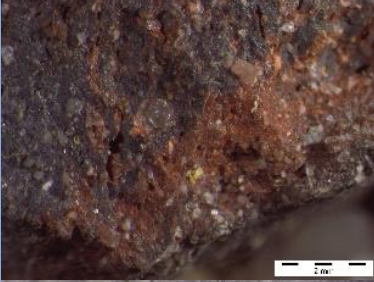
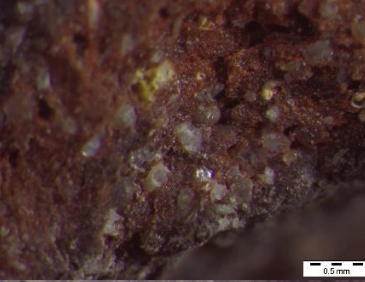
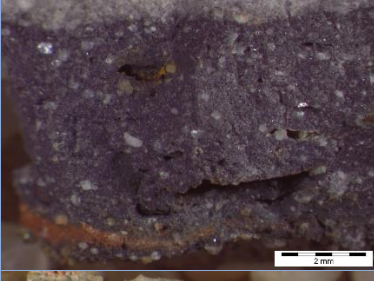
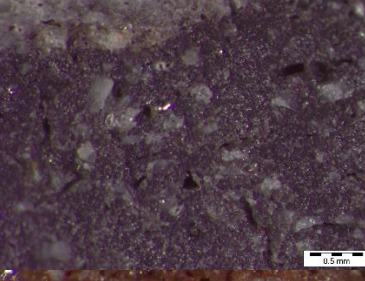

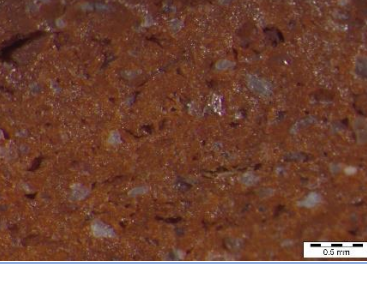
S'ha dut a terme l'observació dels individus mitjançant una lupa binocular per tal d'examinar les diferents característiques que aquests presentaven a nivell macroscòpic. L'observació dels individus amb lupa binocular ens proporciona una primera aproximació a aspectes relacionats amb la composició de la pasta, com ara la porositat, la textura, la mida de les inclusions, etc., que a la fi suposen una interessant font d'informació al voltant de l'explotació de diferents matèries primeres o de l'aplicació de diverses eleccions tecnològiques, entre d'altres. No hem d'oblidar, però, que les inferències que hom pugui fer al voltant de l'observació directe dels individus no deixen de ser quelcom subjectiu, molt més basat en l'experiència individual que en un estudi acurat de la mostra. Tot i així, l'observació amb lupa binocular suposa un bon complement a la informació proporcionada per les tècniques d'anàlisi composicional, donat que implica la identificació de característiques que podran ser observades a nivell macroscòpic.

La descripció de cada individu s'ha realitzat seguint els criteris de Orton, Tyers i Vince (1997), tot adaptant-los a les característiques de la mostra en estudi. D'aquesta manera, es descriu directament el color de la matriu, donat que tots els individus presenten una matriu molt vitrificada, a excepció potser de LIS003. L'abundància de la porositat i la freqüència de les inclusions s'indica en una escala de tres nivells (escassa, moderada o abundant), entenent que aquest serà un bon criteri distintiu per a aquest cas concret. La mida de les inclusions s'expressa segons la següent relació: "grollera" per a les inclusions entre 0.50 i 1.00 mm, "mitjana" per a les inclusions entre 0.25 i 0.50 mm, "fina" per a les inclusions entre 0.10 i 0.25 mm i "molt fina" per a les inclusions menors de 0.10 mm.

Els individus poc calcaris (Taula 3) es caracteritzen per presentar una quantitat considerable d'inclusions no plàstiques, de granulometria mitjana, sobretot possible quars semitransparent, arrodonit i d'alta esfericitat, també s'observen però alguns minerals que podrien correspondre's amb feldspat, subangular i d'esfericitat baixa. El quars té un important paper com a desgreixador, essent un dels més emprats en la producció de ceràmica, per la seva abundància en la natura i per la seva utilitat a l'hora de facilitar el modelat de les peces, tot reduint la plasticitat de l'argila. En aquest sentit, l'addició de sorra a les argiles emprades devia ser un recurs de fàcil accés i baix cost que permetria als ceramistes obtenir la mescla desitjada. A més, l'addició d'un desgreixador també

ajudaria a disminuir la contracció de la pasta durant l'assecat i el procés de cocció i contribuiria a millorar les propietats físiques i mecàniques del producte final. Aquesta possible abundància de quars queda reflectida en els valors tan elevats de SiO₂ que presenten els individus poc calcaris (entre 65 % i 67.5 % en valors normalitzats). L'individu LIS005 (LB04-F1), tot i ser calcari, també presenta valors elevats de SiO₂ (66.22 % normalitzat).

Taula 3. Descripció macroscòpica i fotografies amb lupa binocular dels individus poc calcaris classificats segons grups i fàbriques

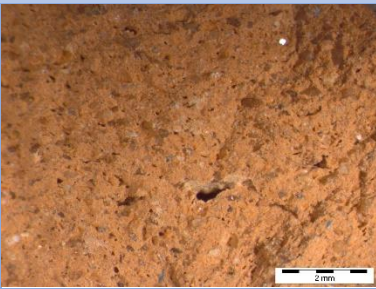
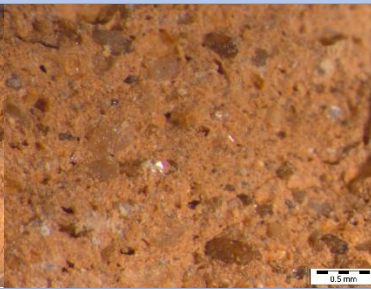

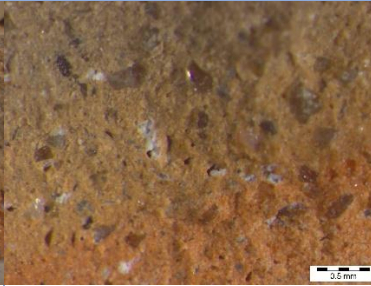

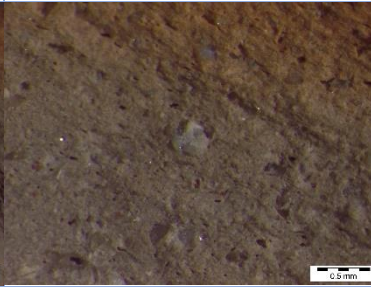

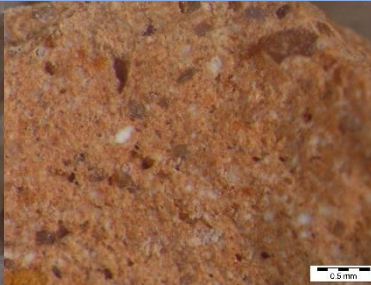

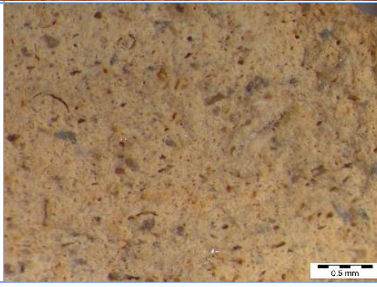
Grup-Fàbrica	Descripció	Fotografia (10x)	Fotografia (25x)
LB01-F1	<i>LIS012</i> Matriu vermellova, amb porositat moderada (petits canals i vacúols) i abundants inclusions de granulometria mitjana, majorment possible quars i feldspat, amb minerals blancs subarrodonits. Vidrat melat.		
LB01-F2	<i>LIS010</i> Matriu heterogènia de coloració gris fosc i vermell, amb porositat moderada (petits vacúols) i abundants inclusions de granulometria mitjana, majorment possible quars. Possible vidrat.		
	<i>LIS011</i> Matriu heterogènia majorment grisa, vermellova en proximitat a la paret externa, amb escassa porositat i abundants inclusions de granulometria mitjana, majorment possible quars.		
LB02-F1	<i>LIS006</i> Matriu de color marró fosc, amb escassa porositat (petits vacúols) i abundants inclusions de granulometria mitjana i fina, sobretot possible quars, però també minerals blanquinosos subarrodonits.		

La primera fàbrica de LB01 (LB01-F1) presenta una coloració vermellosa que guarda relació amb la formació d'hematites en generar-se un ambient oxidant. De la mateixa manera, LB02-F1 presenta un color marró fosc, en produir-se la cristal·lització de l'hematites, tot i que amb menys intensitat. En canvi, els individus de la fàbrica LB01-F2 presenten coloracions mixtes, majorment enfosquides, com a resultat dels òxids de ferro a altes temperatures en ambients molt reductors, i amb determinades àrees amb un fort color vermellós. En el cas de LIS011, que ha estat identificat com un fragment de gerra, en concret un peu, presentava una cristal·lització major d'hematites que LIS012, fet que es relaciona amb una major concentració d'àrees de coloració oxidant, preferentment en proximitat als marges de la cara externa de la peça, justament a les parets més gruixudes que configuren la base del peu.

L'observació macroscòpica dels individus poc calcaris ens ha permès també identificar la presència de possibles restes de vidrat, en molt mal estat, en l'individu LIS010, a diferència de LIS012, que presentava un vidrat melat ben adherit i en bon estat de conservació. Aquests vidrats es corresponen amb les produccions de ceràmica comuna amb vidrats amb base de plom que es produeixen mitjançant una frita de plom i sílice. En especial, LIS010 estaria evidenciant la producció d'aquest tipus de vidrat al taller de Rua das Madres, situat a la zona occidental de la ciutat. En canvi, LIS012, que ha estat recuperat a les intervencions a Terrenos do Marquês, podria estar relacionat tant amb la producció de la zona occidental com amb un ús domèstic de la peça, en tractar-se d'una escudella que no sembla presentar defectes de producció. Respecte a LIS006, les restes de vidrat que presenta han de ser considerades posteriors a la fragmentació de la peça, donat que s'estenen per la superfície de la cara externa i també per sobre d'un dels talls de la peça ja fracturada. Aquestes restes, però, evidenciarien també la producció d'aquest vidrat plumbífer, en aquest cas a Largo das Olarias, a la zona oriental.

Pel que fa a les pastes dels individus calcaris (Taula 4), es caracteritzen en general per presentar unes pastes molt més compactes i homogènies, de tonalitats clares entre beix, groc clar i rosat, i amb menys inclusions i de granulometria més petita (fina i molt fina). L'individu LIS005 (LB03-F1), n'és una excepció, degut precisament a l'abundant quantitat d'inclusions no plàstiques que presenta.

Taula 4. Descripció macroscòpica i fotografies amb lupa binocular dels individus calcaris classificats segons grups i fàbriques

Grup-Fàbrica	Descripció	Fotografia (10x)	Fotografia (25x)
LB03-F1	<i>LIS003</i> Matriu ataronjada, amb escassa porositat, bastant compacta, amb inclusions moderades de gra fi, majorment possible quars i minerals blanquinosos. També inclusions vermelles escasses de granulometria mitjana.		
LB03-F2	<i>LIS004</i> Matriu heterogènia de color gris al nucli, gradualment ataronjat als marges. Compacta, amb inclusions moderades de granulometria fina i molt fina, majorment possible quars i minerals blancs subarrodonits.		
LB03-F2	<i>LIS007</i> Matriu heterogènia de color gris al nucli, gradualment ataronjat als marges. Compacta, amb escassa porositat, amb inclusions moderades de granulometria fina, majorment possible quars i minerals blancs subarrodonits.		
LB03-F3	<i>LIS015</i> Matriu de color groc clar-rosat. Compacta, amb inclusions moderades de granulometria fina i molt fina, majorment possible quars, minerals subarrodonits de color blanc i minerals de color gris fosc subangulosos de baixa esfericitat.		
LB03-F4	<i>LIS002</i> Matriu de color groc clar-beix. Molt compacta, amb escasses inclusions de granulometria fina i molt fina, majorment possible quars i minerals vermellinosos subarrodonits d'alta esfericitat.		

	<p><i>LIS014</i> Matriu rosada, molt compacta, amb porositat escassa (vacúols), amb escasses inclusions de granulometria fina i molt fina, majorment possible quars i minerals vermellosos subarrodonits.</p>	
LB03-F5	<p><i>LIS009</i> Matriu groguenca, amb porositat moderada (vacúols), amb escasses inclusions de granulometria fina i molt fina, majorment possible quars i minerals de color blanc i minerals de color vermellós subarrodonits d'alta esfericitat.</p>	
	<p><i>LIS013</i> Matriu heterogènia de color groc i vermell. Compacta, amb porositat moderada (canals), amb escasses inclusions de granulometria fina i molt fina, majorment possible quars i minerals de colors vermellosos, subarrodonits d'alta esfericitat.</p>	
LB03-F6	<p><i>LIS001</i> Matriu beix clar-groguenca. Compacta, amb escasses inclusions de granulometria fina i molt fina, majorment possible quars i minerals ataronjats i negres, subarrodonits d'alta esfericitat. Moderades inclusions de gra mitjà (minerals blanquinosos subarrodonits).</p>	
LB03*-F7	<p><i>LIS008</i> Matriu beix clar-groguenca. Compacta, amb escassa porositat, amb abundants inclusions de granulometria fina i molt fina, sobretot possible quars, minerals semitransparents angulars i minerals grisos i vermells arrodonits d'alta esfericitat.</p>	
LB04-F1	<p><i>LIS005</i> Matriu ataronjada, amb porositat moderada (petits canals i vacúols), amb abundants inclusions de granulometria mitjana, majorment possible quars i minerals grisos i blancs subangulosos d'alta esfericitat.</p>	

Les fàbriques LB03-F1 i LB04-F1 són les que presenten una coloració més ataronjada, juntament amb inclusions no plàstiques de granulometria mitjana, a diferència de la resta, que contenen inclusions de granulometria fina i molt fina. En especial LIS005 (LB04-F1), que ha estat identificada arqueològicament com a ceràmica grollera, presenta abundants inclusions no plàstiques de mides properes a 0.50 mm, si bé aquestes no arribarien a assolir la mida necessària com per a considerar-les de granulometria grollera. Aquest individu es correspon amb un fragment indeterminat trobat a Largo das Olarias que, pel context arqueològic en el que es trobava, podria estar relacionat amb l'ús del forn.

La fàbrica LB03-F2 destaca per presentar una matriu de coloració mixta, gris al nucli i amb una tendència gradual al taronja a mesura que ens apropem als marges del perfil, fet que es relaciona amb una cristal·lització inicial de l'hematites i amb una atmosfera oxidant, probablement produïda durant el refredament de la peça després de la seva cocció. Aquests individus (LIS004 i LIS007), identificats arqueològicament com a peces bescuitades, haurien estat sotmesos a temperatures molt baixes, segons la interpretació dels seus difractogrames, pel que podria tractar-se de peces defectuoses com a conseqüència d'una mala cocció durant el procés de producció de la majòlica portuguesa.

Respecte a la resta del grup LB03, pràcticament tots els individus presenten les pastes pròpies de la producció de majòliques portugueses, essent la majoria peces bescuitades, amb una matriu molt vitrificada i homogènia, amb porositat molt escassa i amb molt poques inclusions de granulometria fina i molt fina. LIS013 (LB03-F5), determinada com a ceràmica comuna, concretament un gibrell, presenta unes característiques bastant similars a LIS009 a nivell macroscòpic, però amb una matriu amb dues coloracions, groc intens i vermell, juntament amb inclusions de color vermellós, possiblement minerals de ferro. Tant LIS009 com LIS013 (LB03-F5) presenten una coloració groguenca molt intensa, això es deu a que es tracta de ceràmiques que han estat sotmeses a sobrecoccions poc severes, al voltant de 1000-1050 °C, tal com es pot deduir dels seus difractogrames. LIS009, a més, podria haver patit l'efecte de múltiples coccions, degut precisament al seu ús continuat com a gaseta. Podria estar passant el mateix amb la fàbrica LB03-F6 (LIS001), que presenta també una coloració groguenca un pèl intensa, juntament amb inclusions blanquinoses subarrodonides de granulometria mitjana.

La pasta de l'individu LIS008, tot i que a simple vista pugui semblar similar a les del grup LB03, amb una matriu molt vitrificada de color beix clar i amb escassa porositat, presenta nombroses inclusions de granulometria molt fina, majorment arrodonides d'alta esfericitat i de colors marronosos, vermellosos i grisos, juntament amb minerals de roca semitransparents angulars i gris fosc subangulars d'alta esfericitat i granulometria fina. Aquest individu, a més, presenta un vidrat blanquinós a la cara externa i uns valors de Na_2O molt anormals (3.90 % en valors normalitzats), pel que no podem atribuir-lo amb seguretat a cap de les produccions ceràmiques lisboetes d'època moderna.

10. Discussió

A partir de l'anàlisi estadística de la composició química dels 15 individus, hem pogut establir quatre grups prou definits que es distingeixen en una primera classificació entre ceràmiques poc calcàries (grups LB01 i LB02) i ceràmiques calcàries (grups LB03 i LB04). A nivell interpretatiu, aquesta primera divisió ja ens està advertint sobre l'explotació de dos tipus d'argiles primàries diferents. Més enllà d'això, la variabilitat presentada entre els individus calcaris i poc calcaris ve determinada sobretot pel Na_2O i el K_2O , i en menor mesura pel MgO , el MnO i el Sr .

Dins de les produccions poc calcàries, el grup LB01 se'ns presenta força homogeni, donat que tots els individus (LIS010, LIS011 i LIS012) presenten valors força similars, mentre que l'individu LIS006, que conforma el grup LB02, es distingeix de la resta sobretot per presentar unes concentracions de CaO molt baixes, així com per valors moderadament més elevats d' Al_2O_3 . Entre les ceràmiques calcàries hi ha un grup força nombrós (LB03) que presenta una forta heterogeneïtat, degut majorment a una gran variabilitat entre els valors de CaO , Na_2O , K_2O i Ce que afecten sobretot als individus LIS001, LIS009 i LIS013, individus que a més presenten valors anormals que evidencien l'existència de processos d'alteració i contaminació, i a LIS008, que per algun motiu presenta una concentració desorbitada de Na_2O i valors molt baixos de K_2O . En canvi, sis individus d'aquest grup sí presenten força similituds composicionals, es tracta de LIS002, LIS003, LIS004, LIS007, LIS014 i LIS015, tots identificats arqueològicament com a peces bescuitades i pertanyents majorment a Largo das Olarias. Per últim, el grup LB04 (LIS005) s'ha de considerar una producció a part i es distingeix sobretot per contenir una concentració de CaO menys elevada, així com valors inferiors de Sr , i valors més alts de SiO_2 .

L'anàlisi dels difractogrames resultants de la difracció de raigs X ens ha permès determinar un seguit de fàbriques a partir de les quals estimar possibles temperatures i atmosferes relacionades amb la tecnologia de les ceràmiques. Alhora, ens ha permès confirmar la presència d'alteracions i contaminacions que haurien modificat els valors composicionals inicials de determinats individus. En el cas de LIS001, LIS009 i LIS013 aquestes alteracions s'haurien produït degut a processos postdeposicionals, tal com evidencia la cristal·lització secundària d'analcima, alterant els seus valors de Na_2O i K_2O .

L'analcima, a més, també podria estar afectant a altres individus, com ara a LIS002. Sorprenentment, LIS008 no presenta analcima, pel que els seus valors anormals han de deure's per força a altres raons. També la presència de pics elevats de calcita fa pensar en possibles pertorbacions en els valors de determinats individus, que podrien haver estat generades per diverses causes, especialment en LIS001, LIS002, LIS009, LIS013, LIS014 i LIS015, i que podrien haver alterat els valors de CaO, Na₂O i K₂O, però també de Sr, que acostuma a anar associat al CaO. També el Ce presenta una forta variabilitat, malgrat que es tracta d'un element traça que sol ser molt estable, divergint sobretot en els valors de LIS001, LIS009 i LIS013.

D'aquesta manera, ens trobem davant d'un conjunt ceràmic que es caracteritza per contenir una heterogeneïtat majorment causada per probables alteracions i contaminacions que haurien afectat determinats valors elementals, així com modificat l'estructura cristal·lina de determinats individus. Aquest problema, però, pot salvar-se d'alguna manera amb l'exclusió de determinats elements clarament alterats en el tractament estadístic (Buxeda i Garrigós, 1999a), tal com es demostraria a partir de l'anàlisi d'agrupament realitzat excloent el Na₂O, el K₂O i el Ce, en que els individus del grup LB03, que inicialment presentaven una gran variabilitat, eren en realitat prou similars com per a formar un grup amb una certa homogeneïtat.

Tenint en compte aquestes pertorbacions, podríem repetir l'anàlisi d'agrupament tot excloent els elements susceptibles d'haver patit una modificació respecte als seus valors originals. Això és, excloent el CaO i el Sr, en associació amb la presència de calcita, i el Na₂O i el K₂O, en associació amb la presència d'analcima, juntament amb el Ce. El resultat ens permetria agrupar, d'aquesta manera, els diferents individus a partir de la seva variabilitat expressada a través d'aquells elements inequívocament originaris en la composició de l'argila, apropant-nos d'aquesta manera a la composició original de la matèria primera (Buxeda i Garrigós, 1999a). S'ha realitzat aquesta anàlisi, per tant, sobre la subcomposició MgO, Al₂O₃, SiO₂, TiO₂, V, Cr, MnO, Fe₂O₃, Ni, Zn, Zr, Nb i Ba, utilitzant la distància euclidiana al quadrat i l'algoritme del centroide, mitjançant la transformació clr (Equació 2).

El resultat és un dendrograma (Figura 37) que presenta, de nou, dues grans agrupacions que es subdivideixen posteriorment en quatre grups diferenciats, els nostres grups. Aquest

cop, es pot observar com la variabilitat entre els individus, marcada majorment pel MgO i el MnO, ha disminuït notablement. Això demostra les similituds existents entre els individus dins dels grups LB01 i LB03, que sense alteracions s'agrupen de manera força homogènia. A més, però, el més interessant és que LIS005 (LB04), que abans se situava en proximitat al grup LB03, ara s'ubica amb la primera gran agrupació, és a dir, la seva composició originària s'assembla molt més a la dels individus poc calcaris (LB01 i LB02) que a la dels individus calcaris (LB03).

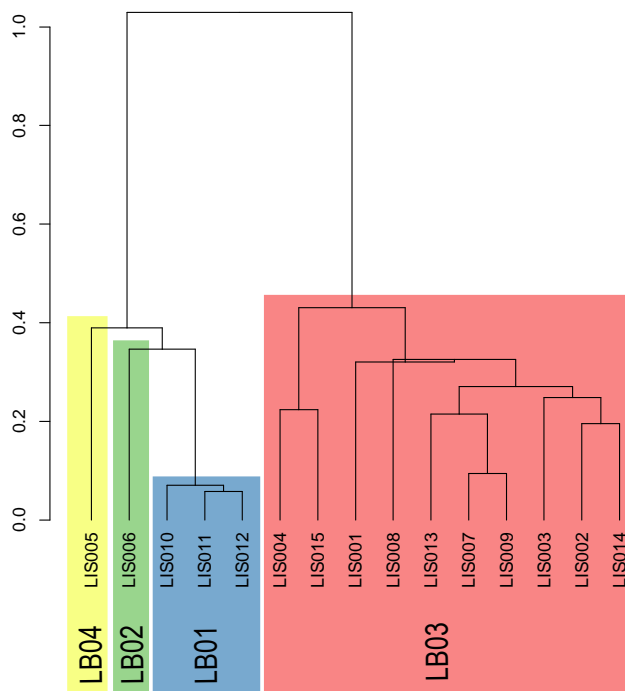


Figura 37. Dendrograma resultant de l'anàlisi d'agrupament o conglomerats fet utilitzant la distància euclidiana al quadrat i l'algoritme del centroide amb transformació clr sense Na₂O, K₂O, CaO, Sr i Ce

Això ens podria estar indicant la possibilitat que LIS005 (LB04) presenti valors alterats de CaO, fet que podria haver estat causat tant per processos postdeposicionals com per processos involuntaris produïts durant la seva manufactura o la seva vida útil, o bé que es tracti del resultat voluntari d'unes eleccions tecnològiques concretes, com ara l'addició de desgreixador o la mescla de diverses argiles. Si tenim en compte que aquest individu ha estat determinat arqueològicament com una possible eina relacionada amb l'ús del forn, aquesta segona hipòtesis resulta factible, donat que el ceramista en un moment determinat podria haver fabricat un objecte amb unes propietats determinades en funció de les seves necessitats i amb els recursos dels que disposava.

No hem d'oblidar, però, que l'exclusió dels carbonats en l'anàlisi suposa una opció molt arriscada, entenent que aquests són una part fonamental pel que respecte a la fabricació de les ceràmiques, amb una estreta relació amb la selecció de les matèries primeres, el seu tractament i l'obtenció del producte final desitjat per part dels ceramistes. Malgrat tot, el que sí que és cert, és que aquest individu (LIS005, LB04) ha de ser considerat una producció independent de les altres, potser una mixtura a mig camí entre LB03 i els individus de LB01 i LB02.

Amb tot, ens trobem amb un conjunt conformat per dos tipus de pastes primàries diferenciades majorment pel CaO, i en menor mesura pel MgO i el MnO, una corresponent amb les produccions poc calcàries dels grups LB01 i LB02, fabricades possiblement a partir de les argiles de la zona al nord-oest del Castelo de São Jorge, a la zona oriental, que presenta a més valors considerables de SiO₂, juntament amb una presència elevada de quars; i una altra corresponent a les produccions del grup LB03, a partir d'una mixtura amb una gran proporció d'argiles calcàries possiblement procedents de les margues pròximes al riu Tajo de la zona sud-oest de la ciutat, a la zona occidental, caracteritzada per una alta presència de CaO, però també de MgO i MnO. Respecte a LB04, quedaria, tal com hem vist, entre l'una i l'altre.

D'una banda, aquests grups químics poden ser emprats com a grups de referència (GR) o referències localitzades, en tractar-se d'individus procedents majorment de contextos de producció, tot i que amb una certa precaució, donat que només Largo das Olarias núm. 19-23 ha estat identificat genuïnament com a taller. Tanmateix, la presència de múltiples defectes de producció entre els individus de Rua Damasceno Monteiro núm. 11-13 i Rua das Madres núm. 59, juntament amb la ubicació privilegiada d'aquests contextos dins les principals àrees productores de la ciutat, amb la immediata proximitat per tant a tallers documentats tant a través de l'arqueologia com de les fonts escrites, fa pensar que es tractaria efectivament de les restes de producció generades per aquests mateixos tallers. En el cas de Terrenos do Marquês, aquesta atribució productora es torna més dubtosa, donat que no disposem de publicacions, tot i així, la seva ubicació a escassos metres de Rua das Madres, juntament amb el fet que els individus d'aquest context (LIS012 i LIS013) presentin una gran similitud composicional amb els altres individus dels seus respectius grups, fa pensar que es tractaria efectivament de produccions lisboetes.

Cal tenir en compte també que aquests GR presenten un seguit de problemes que han de ser presos en consideració, com ara l'escassa representativitat de la mostra, essent el grup LB01 representat per només tres individus, i els grups LB02 i LB04 conformats per un de sol. Respecte al grup LB03, tot i agrupar un major nombre d'individus, presenta una gran heterogeneïtat, degut precisament a la presència de valors alterats, que suposen també una limitació, juntament amb un individu, LIS008, que presenta composicions molt anormals. De fet, en general, cal tenir en compte que es tracta d'un conjunt molt escàs i que presenta una gran variabilitat, pel que caldria ampliar aquest estudi a un bon nombre més d'individus ceràmics, juntament amb l'aplicació de tècniques que ens puguin aportar una millor informació.

Per una altra banda, si contrastem la informació arqueològica amb les dades obtingudes, veurem com els grups LB01 i LB02 es corresponen amb produccions de ceràmica comuna de pasta vermella i amb ceràmica amb vidrats plumbífers. En concret disposem d'una ceràmica amb vidrat melat (LIS012) pertanyent a Terrenos do Marquês que tant podria estar relacionada amb un context de producció com amb un context domèstic. L'individu LIS10 presenta també restes d'un vidrat defectuós, potser de coloració verda, que estaria evidenciant aquest tipus de producció al taller de Rua das Madres núm. 59, juntament amb les restes de vidrat que presenta LIS006, que no es corresponen amb la peça original però que a la fi evidencien el desenvolupament d'aquest tipus de producció, en aquest cas a Largo das Olarias núm. 19-23.

En canvi el grup LB03 està compost majorment per peces bescuitades que, juntament amb la presència de dues gasetes, es relacionaria amb la producció de majòlica portuguesa. El fet que tant LIS001 com LIS009, identificades com a gasetes, presentin tan poca variabilitat amb la resta d'aquest grup evidenciarà el fet que aquestes haurien estat fabricades amb la mateixa pasta que les majòliques, o com a mínim amb una de molt similar. El mateix passaria amb LIS013, que ha estat classificada arqueològicament com a comuna, en concret un gibrell, i que presenta característiques composicionals molt similars a LIS009, amb la que comparteix fàbrica (LB03-F5). L'individu LIS008 (LB03*) suposa un cas especial que presenta característiques químiques i mineralògiques força estranyes, juntament amb un vidrat blanquinós de difícil atribució, que tant podria tractar-se d'un esmalt defectuós com de quelcom relacionat amb el seu ús durant la seva vida

útil, i que igualment podria estar afectat per processos d'alteració i contaminació diversos, pel que no tenim una explicació definitiva.

No sembla, però, que hi hagi una correlació entre l'explotació de matèries primeres diferents i la ubicació dels diferents tallers dins d'una o altra àrea productora. De fet, totes les ceràmiques calcàries pertanyen a Largo das Olarias núm. 19-23 i Rua Damasceno núm. 11-13, a la zona oriental, amb l'excepció de LIS013, que pertany a Terrenos do Marquês. En canvi, les ceràmiques poc calcàries pertanyen tant a Largo das Olarias núm. 19-23, a la zona oriental, com a Rua das Madres núm. 59 i a Terrenos do Marquês, a la zona occidental. La proximitat immediata de les argiles calcàries de la zona sud-oest de la ciutat, per tant, no implicaria una major tendència de producció de majòliques portugueses per part dels tallers de la zona occidental, i el mateix passaria amb els tallers de la zona oriental, amb proximitat a les argiles de l'àrea del Campo de Santa Clara i el nord-oest del Castelo de São Jorge, evidenciant-se així l'ús d'ambdós tipus de pastes primàries tant als tallers orientals com als occidentals. A més, la presència tant de restes associades a la producció de majòlica com de ceràmica comuna vidrada en el registre arqueològic de Largo das Olarias núm. 19-23, corroboraria la hipòtesis de la simultaneïtat de produccions dins d'un mateix taller. Tanmateix, hem de tenir en compte que disposem de molt pocs individus, pel que caldria contrastar aquestes hipòtesis per mitjà d'un estudi més exhaustiu sobre una mostra amb més representativitat.

A nivell tecnològic, s'han establert 11 fàbriques en al·lusió a les diferents fases mineralògiques que presentaven cadascun dels individus, a partir de les quals s'ha intentat estimar possibles TCE. Entre els individus poc calcaris, s'observen fases cristal·lines pròpies d'altres temperatures, entre 900 i 1000 °C, amb cristal·lització d'hematites i espinel·la en el cas de LB01-F1, d'hercinita en LB01-F2 i de mul·lita i hematites en LB02-F1. Entre les ceràmiques calcàries del grup LB03, s'ha pogut observar una certa continuïtat lògica entre les cinc primeres fàbriques, que anirien des de fases cristal·lines pròpies de baixes temperatures (800-850 °C) en el cas de LB03-F1 i LB03-F2 a fases pròpies de temperatures elevades, com la gehlenita, que apareix cristal·litzada a les fàbriques LB03-F3 i LB03-F4. La fàbrica LB03-F5 presenta fases pròpies de sobrecoccions poc severes, fet que ha conferit a les peces un color groguenc força intens. Les dues últimes fàbriques d'aquest grup presenten una difícil interpretació, però podrien estar indicant temperatures força elevades ((950-1000)-1050 °C), amb la presència

dubtosa de possible nefelina i andradita en el cas de LB03-F7. L'última fàbrica (LB04-F1) es correspon amb LIS005 i presenta una TCE inferior a 950 °C.

Malgrat tot, la presència de possibles alteracions i contaminacions que podrien haver alterat la composició inicial, juntament amb la presència de fases cristal·lines contradictòries de difícil interpretació i la poca representativitat de la mostra en estudi, suposen una gran dificultat a l'hora de realitzar estimacions al voltant d'una TCE acurada, encara pitjor si pretenem extreure conclusions en relació a la tecnologia de producció, pel que només podem apuntar possibilitats més o menys probables. Caldria, per tant, realitzar un estudi més acurat mitjançant altres tècniques, com ara MER, que ens permetessin observar amb deteniment la microestructura cristal·lina i l'estat de sinterització.

De la mateixa manera, la poca representativitat de la mostra, que a més representa diferents tipus de produccions, i amb alguns individus amb valors anormals i/o alterats per contaminacions, suposa una gran limitació a l'hora de fer segons quines inferències, molt més de cara a possibles interpretacions arqueològiques, pel que cal actuar amb una certa conseqüència. A això se li ha de sumar les poques intervencions arqueològiques efectuades en relació a les àrees productores, en especial pel que fa a la zona occidental.

11. Conclusions

L'estudi arqueomètric dels 15 individus pertanyents a contextos de producció de Lisboa ens ha permès establir quatre grups composicionals prou definits que poden ser emprats com a grups de referència (GR) o referència localitzada, tot i que amb un seguit de precaucions. Aquests grups es corresponen a grans trets amb les produccions de ceràmica comuna de pasta vermella, vidrada o no, en el cas dels grups LB01 i LB02, i amb la producció de majòlica portuguesa en el cas del grup LB03. L'individu LIS008, pertanyent al que hem anomenat grup LB03*, tot i presentar certes similituds amb el grup LB03, suposa un cas especial pel fet que presenta característiques curioses, tant a nivell composicional com macroscòpic. El darrer grup (LB04), conformat per l'individu LIS005, ha de ser considerat una producció diferent i presenta una pasta que podria situar-se a mig camí entre els individus de LB01 i LB02 i els individus de LB03.

A nivell arqueològic, no sembla que hi hagi una associació entre aquestes produccions i les diferents àrees productores de la ciutat, donat que tant les intervencions de la zona oriental com les de la zona occidental presentaven restes de producció de ceràmiques calcàries i de ceràmiques poc calcàries, independentment d'una major proximitat a les àrees d'extracció de matèries primeres. De la mateixa manera, sembla que es durien a terme produccions simultànies dins dels mateixos tallers, com a mínim pel que fa al taller de Largo das Olarias núm. 19-23 amb Travessa do Jordão núm. 1-11, que presenta fragments tant de ceràmica comuna, algunes amb vidrats plumbífers, com de majòliques portugueses.

La comparació amb la base de dades de l'ARQUB ha servit per a confirmar la consistència d'aquests grups, com a mínim pel que fa a LB01 i LB03, que mostraven en el dendrograma resultant una certa homogeneïtat. Anant més enllà, ha generat una possible associació entre aquests grups i altres individus que podria relacionar-se amb la presència de produccions lisboetes en altres àrees geogràfiques. En concret, el grup LB01 s'agrupa amb tres individus pertanyents a contextos del País Basc, i els individus del grup LB03 s'agrupen amb individus procedents de Sevilla i de Gran Canària. Aquestes agrupacions podrien estar evidenciant la importació de ceràmiques portugueses per part d'aquests territoris. En tot cas, caldria profunditzar més en aquesta línia d'investigació per tal d'extreure millors conclusions.

A nivell tecnològic, tot i la manca d'una anàlisi exhaustiva de la microestructura cristal·lina i l'estadi de sinterització mitjançant MER, hem pogut establir un seguit de fàbriques a partir de les quals inferir qüestions al voltant de la temperatura de cocció equivalent (TCE) i l'atmosfera a les que van ser sotmeses les ceràmiques. També ens ha permès confirmar la presència d'alteracions i contaminacions, així com d'identificar-ne algunes i actuar per tant en conseqüència. Caldrà, però, realitzar una anàlisi més exhaustiva per tal d'obtenir dades més fiables.

D'aquesta manera, hem volgut aportar noves dades sobre les produccions ceràmiques de Lisboa que ajudin a millorar el coneixement al voltant d'aquesta ciutat i de les seves dinàmiques productores en els segles XVI, XVII i XVIII. Malgrat tot, la poca representativitat de la mostra en estudi, juntament amb les alteracions i contaminacions que presentaven alguns individus, han suposat una limitació a l'hora d'interpretar les dades obtingudes, encara més pel que fa a realitzar possibles inferències al voltant de qüestions de caire arqueològic, pel que queda palesa la necessitat de dur a terme un estudi més acurat sobre una mostra prou representativa i amb l'aplicació d'altres tècniques, com ara MER o l'observació per làmina prima, que ajudin a configurar un millor coneixement sobre les dinàmiques urbanes desenvolupades a Lisboa en època moderna i les seves subseqüents estructures socioeconòmiques.

12. Bibliografia

Aitchison, J. (1986) *The Statistical Analysis of Compositional Data*. London: Chapman and Hall.

Alzate Gallego, L. A. (2016) *Arqueología histórica y arqueometría para el estudio de la cerámica colonial en Fundaciones de Tierra Firme - siglo XVI*, Tesi Doctoral, TDX (Tesis Doctorals en Xarxa), Universitat de Barcelona. <http://hdl.handle.net/10803/543569>

Amaral de Paula, N. M. (2019) *A produção oleira na Lisboa dos séculos XVI e XVII: Um forno cerâmico no Largo das Olarias (Mouraria)*. Dissertação de Mestrado em Arqueologia. Universidade Nova de Lisboa.

Araújo, N. (1992) *Peregrinações em Lisboa*. 2a ed. Lisboa: Vega.

Barros, L., Batalha, L., Cardoso, G. i Gonzales, A. (2012) «A olaria renascentista de Santo António da Charneca, Barreiro: a louça doméstica», a Teixeira, A. i Bettencourt, J. A. (ed.) *Velhos e Novos Mundos. Estudos de Arqueologia Moderna* (Lisboa, 6 a 9 de Abril de 2011). Lisboa: Europress, vol. 2, 699-710.

Barros, M. F. L. de (1998) *A Comuna Muçulmana de Lisboa: séculos XIV-XV*. Lisboa: Hugin.

Batalha, L., Cardoso, G., Neto, N., Rebelo, P. i Santos, R. (2016) «Portuguese faience found at 10 Buenos Aires Street pits - Lisbon (17th-18th centuries)», a Varela Gomes, R., Manuel Casimiro, T., i Varela Gomes, M. (ed.) *First International Conference of Portuguese Faience (16th-19th centuries)* (Lisbon, 22 to 25 May 2013). Lisbon: Libros Pórtico, 27-38.

Bugalhão, J. i Pinto Coelho, I. (2017) «Cerâmica moderna de Lisboa: proposta tipológica», a Caessa, A. et al. (ed.) *I Encontro de Arqueologia de Lisboa. Uma cidade em escavação* (Lisboa, 26 a 28 de novembro de 2015). Lisboa: Câmara Municipal de Lisboa, 107-145.

Buxeda i Garrigós, J. (1999a) «Alteration and contamination of archaeological ceramics: The perturbation problem», *Journal of Archaeological Science*, 26(3), 295-313. doi: 10.1006/jasc.1998.0390.

(1999b) «Problemas en torno a la variación composicional», en Capel Martínez, J. (ed.) *Arqueometría y arqueología*. Universidad de Granada. Granada: Servicio de Publicaciones, 305-322.

(2001) «L'estadística i la seva aplicació en els estudis de provenença dels materials arqueològics», a Gracia, F. et al. (ed.) *Jornades d'Arqueologia i Tecnologies de la Informació i la Comunicació: Recerca, Docència i Difusió* (Barcelona, 13 i 14

d'abril de 2000). Universitat de Barcelona, Universitat Oberta de Catalunya. Barcelona: Arqueo Mediterrània 7, 71-92.

(2018) «Compositional Data Analysis», a Varela López, S. (ed.) *The Encyclopedia of Archaeological Sciences*. Chichester, West Sussex; Malden, MA: Wiley Blackwell, p. 1-5. doi: 10.1002/9781119188230.saseas0103.

Buxeda i Garrigós, J. i Kilikoglou, V. (2003) «Total Variation as a Measure of Variability in Chemical Data Sets», a van Zelst, L. (ed.) *Patterns and Process. A Festschrift in honor to Dr. Edward Sayre*. Suitland, Maryland: Smithsonian Center for Materials Research and Education, 185-198.

Buxeda i Garrigós, J. i Madrid i Fernández, M. (2016a) «Designing Rigorous Research: Integrating Science and Archaeology», a Hunt, A. M. W. (ed.) *The Oxford Handbook of Archaeological Ceramic Analysis*. Oxford: Oxford University Press, 18-47. doi: 10.1093/oxfordhb/9780199681532.013.3.

(2016b) Caracterització arqueomètrica de la ceràmica comuna vidrada i de la majòlica, a Puig i Griessenberger, A.M. (dir.) *La construcció del palau del comte Enric II a Castelló d'Empúries (Alt Empordà). Estudi documental i dels materials arqueològics*. Sèrie monogràfica, 26, Girona: Museu d'Arqueologia de Catalunya-Girona, 139-157.

Buxeda i Garrigós, J., Madrid i Fernández, M., Garcia Iñáñez, J. i Fernández de Marcos García, C. (2015) «Archaeometry of the technological change in societies in contact. First examples for modern ceramics from the Crowns of Castile and Aragon» a Buxeda i Garrigós, J., Madrid i Fernández, M., Garcia Iñáñez, J. (ed), *GlobalPottery I. Historical Archaeology and Archaeometry for Societies in Contact*. BAR International Series 2761. Oxford: Archaeopress, 3-5.

Buxeda i Garrigós, J., Cau, M. A., Gurt, J. M. i Tuset, F. (1995) «Análisis tradicional y análisis arqueométrico en el estudio de las cerámicas comunes de la época romana», a Aquilué, X. i Roca, M. (ed.) *Ceràmica comuna romana d'època alto-imperial a la Península Ibèrica. Estat de la qüestió, Monografies Emporitanes VIII*. Empúries: Museu d'Arqueologia de Catalunya, 39-60.

Cardoso, G. i Batalha, L. (2017) «Evidências de produção oleira dos finais do século XVI a meados do século XVII no Largo de Jesus (Lisboa)», a Caessa, A. et al. (ed.) *I Encontro de Arqueologia de Lisboa. Uma cidade em escavação* (Lisboa, 26 a 28 de novembro de 2015). Lisboa: Câmara Municipal de Lisboa, 147-181.

Cardoso, J. (2006) «El terremoto de Lisboa de 1755 y la política de regulación económica del Marqués de Pombal», *Historia y política: Ideas, procesos y movimientos sociales*, 16, 209-236.

Carmona, R. i Santos, C. (2005) *Olaria da Mata da Machada. Cerâmicas dos séculos XV-XVI*. Barreiro: Câmara Municipal do Barreiro.

Castro, A., Amaral de Paula, N., Bento Torres, J., Curado, T. i Teixeira, A. (2017) «Evidências de produção oleira nos séculos XVI e XVII no Largo das Olarias, Mouraria (Lisboa)», a Morais Arnaud, J. i Martins, A. (ed.) *Arqueologia em Portugal 2017-Estado da Questão, Associação dos Arqueólogos Portugueses*. Lisboa: Greca- Artes Gráficas, Lda, 1731-1750.

Coll Conesa, J. (2008) «La loza decorada en España», *Ars longa: cuadernos de arte*, 17, 151-168.

Correia, V. (1956) «Oleiros Quinhentistas de Lisboa», en *Azulejos, vol. I*. Coimbra: Livraria Gonçalves, 97-113.

Dias, M. I., Prudêncio, M. I., Pais, A., Rodrigues, A. L. i Marques, R. (2016) «A chemical study of Portuguese archaeological faience by INAA as a valid tool to investigate provenance», a Varela Gomes, R., Manuel Casimiro, T., i Varela Gomes, M. (ed.) *First International Conference of Portuguese Faience (16th-19th centuries)* (Lisbon, 22 to 25 May 2013). Lisbon, 59-64.

Di Febo, R. (2016) *La ceràmica de Barcelona entre els segles XIII i XVIII a través de la seva caracterització arqueomètrica. El paper de l'anàlisi petrogràfica*, Tesis Doctoral, TDX (Tesis Doctorals en Xarxa), Universitat de Barcelona. <http://hdl.handle.net/sire.ub.edu/10803/400557>

Egozcue, J. J., Pawlowsky-Glahn, V., Mateu-Figueras, G. i Barceló-Vidal, C. (2003) «Isometric Logratio Transformations for Compositional Data Analysis», *Mathematical Geology*, 35, 279-300.

Egozcue, J. J. i Pawlowsky-Glahn, V. (2005) «Groups of Parts and Their Balances in Compositional Data Analysis», *Mathematical Geology*, 37, 795-828.

Fabbri, B., Gualtieri, S. i Shoval, S. (2014) «The presence of calcite in archeological ceramics», *Journal of the European Ceramic Society*, 34(7), 1899-1911. doi: 10.1016/j.jeurceramsoc.2014.01.007.

Fernández de Marcos García, C., Buxeda i Garrigós, J. i Amores, F. (2017) «Nuevos datos sobre la producción de cerámica de cocina y de loza basta de Sevilla en los siglos XV-XVI», *SPAL*, 26, 259-280.

Fernández de Marcos García, C. (2019) *Sevilla i l'expansió atlàntica en els s. XVI i XVII. Un estudi arqueomètric i arqueològic del principal centre productor ceràmic d'Europa*. Tesis doctoral TDX (Tesis Doctorals en Xarxa), Universitat de Barcelona. <http://hdl.handle.net/10803/666247>

Garcia Iñáñez, J. (2007) *Caracterització arqueomètrica de la ceràmica vidrada decorada de la Baixa Edat Mitjana al Renaixement als centres productors de la Península Ibèrica*. Tesi doctoral, TDX (Tesis Doctorals en Xarxa), Universitat de Barcelona. <http://hdl.handle.net/sire.ub.edu/10803/2596>

Gómez Ferrer, S. (2016) *Els contenidors ceràmics de transport al voltant del segle XVII. Arqueometria de l'intercanvi de mercaderies entre la península Ibèrica i l'Amèrica colonial*. Tesi Doctoral, TDX (Tesis Doctorals en Xarxa), Universitat de Barcelona. <http://hdl.handle.net/10803/397664>

Gomez-Paccard, M., Tema, E., McIntosh, G. i Letaio, M. (2014) «Full-vector archeomagnetic and rock-magnetic results from Portuguese kilns», a *Geophysical Research Abstracts: European Geosciences Union General Assembly*, 16. Vienna.

Hamer, F. i Hamer, J. (2004) *The Potter's Dictionary of Materials and Techniques. 5th edition*. London: Black Publishers.

Heimann, R. (1982) «Firing technologies and their possible assesment by modern analytical methods», a Olin, J. S. i Franklin, A. D. (ed.) *Archaeological Ceramics*. Washington, D. C.: Smithsonian Institution Press, 89-96.

(1989) «Assessing the technology of ancient pottery. The use of ceramic phase diagrams», *Archeomaterials*, 3(2), 123-148.

Hugues, M. (2013) «The chemical analyses by plasma spectrometry (ICPS) of Portuguese faience», a Varela Gomes, M. i Manuel Casimiro, T. (ed.) *On the World's Routes. Portuguese Faience (16th-18th century)*. Lisbon: Instituto de Arqueologia e Paleociências, Universidade Nova de Lisboa, 83-92.

Krus, A. i Rodrigues Manso, C. (2016) «A faiança portuguesa - Testemunhos da produção oleira na Rua das Madres (Santos-o-Velho, Lisboa)», a Varela Gomes, R., Manuel Casimiro, T., i Varela Gomes, M. (ed.) *First International Conference of Portuguese Faience (16th-19th centuries)* (Lisbon, 22 to 25 May 2013). Lisbon: Libros Pórtico, 13-26.

Leandro, S. (2010) «Vasos comunicantes: Joaquim de Vasconcelos (1849-1936) e José Queirós (1856-1920)», a Monteiro, J. P., Curvelo, A., i Pais, A. N. (ed.) *A cerâmica portuguesa da Monarquia à República*. Lisboa: Museu Nacional do Azulejo, 15-26.

Madrid i Fernández, M., Fernández de Marcos Garcia, C., Barrachina, C. P., Beltrán de Heredia Bercero, J., Escribano-Ruiz, S., Garcia Iñáñez, J., Ferrer, S.G., Di Febo, R., Amores Carredano, F. de i Buxeda i Garrigós, J., (2017) «Ceràmica, tecnologia i transferències. Els centres productors del projecte Tecnolonial», *QUARHIS*, 13, 17-67.

Maggetti, M. (1981) «Composition of Roman pottery from Lousonna (Switzerland)», a

Hughes, M. J. (ed.) *Scientific studies in ancient ceramics*. London: British Museum Occasional Paper, 19, British Museum, 33-49.

(1982) «Phase analysis and its significance for technology and origin», a Olin, J. S. i Franklin, A. D. (ed.) *Archaeological Ceramics*. Washington, D. C.: Smithsonian Institution Press, 121-133.

Mangucci, A. C. (1996) «Olarias de louça e azulejo da Freguesia de Santos-o-Velho dos meados do século XVI aos meados do século XVIII», *Centro de Arqueologia de Almada*, 11^a série, 155-168.

(2003) «A pesquisa e a análise de documentos como contributo para o estudo das olarias de Lisboa», *Actas das 3^a Jornadas de Cerâmica Medieval e Pós-Medieval (Tondela, 28 a 31 d'octubre se 1997)*. Tondela: Câmara Municipal, 425-433.

Maniatis, Y., Simopoulos, A., Kostikas, A. i Perdikatsis, V. (1983) «Effect of reducing atmosphere on minerals and iron oxides developed in fired clays: the role of Ca», *Journal of the American Ceramic Society*, 66, 773-781.

Manuel Casimiro, T. (2013) «Faiança portuguesa: datação e evolução crono-estilística», *Revista Portuguesa de Arqueologia*, 16, 351-367.

Manuel Casimiro, T., Henriques, J. P., Filipe, V. i Boavida, C. (2018) «Lead glazed ceramics en Lisbon (16th-18th centuries)», a Pereira, S., Menezes, M., i Delgado Rodrigues, J. (ed.) *GlazeArt2018. International Conference, Glazed Ceramics in Cultural Heritage* (Lisbon, 28 to 30 October 2018). Lisbon: Laboratório Nacional de Engenharia Civil, 268-282.

Manuel Casimiro, T. i Varela Gomes, M. (2016) «When was it made? The chronological evolution of Portuguese faience», a Varela Gomes, R., Manuel Casimiro, T., i Varela Gomes, M. (ed.) *First International Conference of Portuguese Faience (16th-19th centuries)* (Lisbon, 22 to 25 May 2013). Lisbon: Libros Pórtico, 435-448.

Marques, A., Leitão, E. i Botelho, P. (2012) «Rua do Benfornoso 168 / 186 (Lisboa - Mouraria/Intendente)», a Teixeira, A. i Bettencourt, J. (ed.) *Velhos e Novos Mundos. Estudos de Arqueologia Moderna* (Lisboa, 6 a 9 de Abril de 2011). Lisboa: Europress, vol. 1, 123-134.

Martín-Fernández, J. A., Buxeda i Garrigós, J. i Pawlowsky-Glahn, V. (2015) «Logratio Analysis in Archaeometry: Principles and Methods», a Barceló, J. A. i Bogdanovis, I. (ed.) *Mathematics and Archaeology*. Boca Ratón: CRC Press, 178-189.

Martín-Fernández, J. A., Pawlowsky-Glahn, V., Egozcue, J. J., Tolosona-Delgado, R. (2018) «Advances in Principal Balances for Compositional Data», *Mathematical Geosciences*, 50, 273–298.

Neves, C. A., Martins, A., Lopes, G. i Blot, M. L. (2012) «Do Terreiro do Paço à Praça do Comércio (Lisboa): identificação de vestígios arqueológicos de natureza portuária num subsolo urbano», a Teixeira, A. i Bettencourt, J. (ed.) *Velhos e Novos Mundos. Estudos de Arqueologia Moderna* (Lisboa, 6 a 9 de Abril de 2011). Lisboa: Europress, vol. 2, 613-626.

Neves, C. A., Martins, A. i Lopes, G. (2014) «Lisboa pré-pombalina: vestígios do Terreiro do Paço no subsolo da Praça do Comércio», *Rossio. Estudos de Lisboa*, 3, 52-65.

Nunes, T. i Filipe, I. (2012) «Quarteirão dos Lagares: contributo para a história económica da Mouraria», a Teixeira, A. i Bettencourt, J. A. (ed.) *Velhos e Novos Mundos. Estudos de Arqueologia Moderna* (Lisboa, 6 a 9 de Abril de 2011). Lisboa: Europress, vol. 1, 141-150.

Oliveira, E. (1943) *Elementos para a história do Município de Lisboa*. Lisboa: Câmara Municipal de Lisboa.

Oliveira, L. F. i Viana, M. (1993) «A Mouraria de Lisboa no século XV», *Arqueologia Medieval*, 2, 191-210.

Orton, C., Tyers, P. i Vince, A. G. (1997) *La cerámica en arqueología*. Barcelona: Crítica.

Pacheco, A. i Costeira da Silva, R. (2016) «Each set has its own underside - The study of the faience with oriental influence from the Machado de Castro National Museum (Coimbra, Portugal)», a Varela Gomes, R., Manuel Casimiro, T., i Varela Gomes, M. (ed.) *First International Conference of Portuguese Faience (16th-19th centuries)* (Lisbon, 22 to 25 May 2013). Lisbon: Libros Pórtico, 171-180.

Pawlowsky-Glahn, V. (2003) «Statistical Modelling on Coordinates», a Thió-Henestrosa i Martín-Fernández, J. A. (ed.) *Compositional Data Analysis Workshop-CoDaWork'03, Proceedings* (Girona, 15-17 October 2003). Universitat de Girona. <http://hdl.handle.net/10256/648>

Pedro Monteiro, J. (2002) «Um prato da Restauração e a opção pelo Oriente na faiança portuguesa do século XVII», *Oceanos. Lisboa*, 7, 54-64.

Puig Barrachina, C. (2016) *Les produccions ceràmiques del País Basc durant l'Època Baixmedieval i Moderna. Una aproximació arqueomètrica*, Tesi Doctoral, TDX (Tesis Doctorals en Xarxa), Universitat de Barcelona. <http://hdl.handle.net.sire.ub.edu/10803/458360>

Queirós, J. (1987) *Cerâmica portuguesa e outros estudos*. Lisboa: Ed. Presença.

Salinas Calado, R. (1987) «Aspectos da faiança portuguesa do século XVII e alguns antecedentes históricos», a *Faiança portuguesa 1600-1660*. Amesterdão: Amsterdam

Historical Museum.

(1992) *Faiança portuguesa, sua evolução até ao início do século XX*. Lisboa: Correios de Portugal.

(2003) *Faiança portuguesa da Casa Museu Guerra Junqueiro, séculos XVII-XVIII*. Porto: Câmara Municipal.

Santos, M. J. (2007) «Largo de Jesus: contributo para a história incógnita de Lisboa antiga», *Revista Portuguesa de Arqueologia*, X(I), 381-399.

Santos Oliveira, F. (2019) «Produção de cachimbos de barro na Rua Damasceno Monteiro (Olarias de São Gens), Lisboa: um contributo para o seu estudo», *Apontamentos de Arqueologia e Património*, 13, 67-73.

Santos Oliveira, F. i Nunes, T. (2017) «Relatório: Sondagens de diagnóstico na Rua Damasceno Monteiro 11-13, Lisboa.», *ERA Arqueologia S.A. Projecto nº1737.17*.

Santos, R. dos (1960) *Faiança portuguesa: séculos XVI e XVII*. Porto: Livraria Galaica.

Sarrazola, A., Bettencourt, J. i Teixeira, A. (2014) «Lisboa, o Tejo e a expansão portuguesa», a Carvalho, A. i Fernandes, M. A. (ed.) *O Tempo Resgatado ao Mar*. Lisboa: BRACRIL, Lda, 111-116.

Sebastian, L. (2010) *A produção oleira de faiança em Portugal (séculos XVI-XVIII)*. Dissertação de Doutoramento em História com especialidade de Arqueologia. Universidade Nova de Lisboa.

(2012) «Faiança portuguesa. Centros produtores, matérias, técnicas de fabrico e critérios de distinção», a Teixeira, A. i Bettencourt, J. A. (ed.) *Velhos e Novos Mundos. Estudos de Arqueologia Moderna* (Lisboa, 6 a 9 de Abril de 2011). Lisboa: Europress, vol. 2, 937-950.

(2013) «Techniques and workshops», a Varela Gomes, M. i Manuel Casimiro, T. (ed.) *On the World's Routes. Portuguese Faience (16th-18th century)*. Universidade Nova de Lisboa. Lisbon: Instituto de Arqueologia e Paleociências, 57-73.

Tite, M. S. Freestone, I., Mason, R., Molera, J., Vendrell-Saz, M. i Wood, N. (1998) «Review article. Lead glazes in antiquity - methods of production and reasons for use», *Archaeometry*, 40(2), 241-260.

Tite, M. S. i Maniatis, I. (1975) «Scanning Electron Microscopy of fired calcareous clay», *Transactions and Journal of the British Ceramic Society*, 74, 19-22.

Trindade, M. J. (2009) «Mineralogical transformations of calcareous rich clays with

firing: A comparative study between calcite and dolomite rich clays from Algarve, Portugal», *Applied Clay Science*, 42, 345-355.

van den Boogaart, K. G. i Tolosana-Delgado, R. (2013) *Analysing Compositional Data with R*. Berlin Heidelberg: Springer-Verlag.

Varela Gomes, R., Varela Gomes, M., Manuel Casimiro, T., Trindade, R. i Sebastian, L. (2013a) «Production centres -Lisbon, Coimbra and Vila Nova», a Varela Gomes, M. i Manuel Casimiro, Tânia (ed.) *On the World's Routes. Portuguese Faience (16th-18th century)*. Lisbon: Instituto de Arqueologia e Paleociências, Universidade Nova de Lisboa, 19-44.

(2013b) «What is Portuguese Faience», a Varela Gomes, M. i Manuel Casimiro, T. (ed.) *On the World's Routes. Portuguese Faience (16th-18th century)*, Instituto de Arqueologia e Paleociências. Universidade Nova de Lisboa. Lisbon: Instituto de Arqueologia e Paleociências, 7-8.

Varela Gomes, R., Manuel Casimiro, T. i Varela Gomes, M. (2016) «Portuguese faience production, trade and consumption across the world (16th-18th centuries)», a Varela Gomes, R., Manuel Casimiro, T., i Varela Gomes, M. (ed.) *First International Conference of Portuguese Faience (16th-19th centuries)* (Lisbon, 22 to 25 May 2013). Lisbon: Libros Pórtico, 1-10.

Vieira Ferreira, L. F., Gonzalez, A., Pereira, M. F. C., Santos, L. F., Casimiro, T. M., Ferreira, D. P., Conceição, D. S. i Ferreira Machado, I. (2015) «Spectroscopy of 16th century Portuguese tin-glazed earthenware produced in the region of Lisbon», *Ceramics International*, 41(10), 13433-13446. doi: 10.1016/j.ceramint.2015.07.132.

Vieira Ferreira, L. F., Varela Gomes, M., Pereira, M. F. C., Santos, L. F. i Ferreira Machado, I. (2016) «A multi-technique study for the spectroscopic characterization of the ceramics from Santa Maria do Castelo church (Torres Novas, Portugal)», *Journal of Archaeological Science: Reports*, 6, 182-189. doi: 10.1016/j.jasrep.2016.02.013.

Vieira Ferreira, L. F., Ferreira Machado, I. i Manuel Casimiro, T. (2017) «Cerâmica portuguesa de azul sobre azul - séculos XVI e XVII», a Morais Arnaud, J. i Martins, A. (ed.) *Arqueologia em Portugal 2017-Estado da Questão*, Associação dos Arqueólogos Portugueses. Lisboa: Greca- Artes Gráficas, Lda, 1863-1872.

Weigand, P. C., Harbottle, G. i Sayre, E. V. (1977) «Turquoise sources and source analysis: Mesoamerica and the Southwestern U.S.A», a Earle, T. K. i Ericson, J. E. (ed.) *Exchange systems in prehistory*. New York and London: Academic Press Inc, 15-34.

Whitney, D. L. i Evans, B. W. (2010) «Abbreviations for names of rock-forming minerals», *American Mineralogist*, 95, 185-187.

13. Webgrafia

AMPTEK (s.d.) Products for your imagination, *What is XRF?*, AMETEK Materials Analysis Division [en línia]. [Consulta: 26 d'octubre de 2020]. Disponible a: <https://www.amptek.com/resources/xrf>

CHAM – Centro de Humanidades (s.d.). Faculdade de Ciências Sociais e Humanas da Universidade Nova de Lisboa e da Universidade dos Açores [en línia]. [Consulta: 10 d'octubre de 2020]. Disponible a: <http://www.cham.fcsh.unl.pt/cham.aspx>

ChemistryViews (s.d.), *100th Anniversary of the Discovery of X-ray Diffraction*, Chemistry Europe Magazine [en línia]. [Consulta: 26 d'octubre de 2020]. Disponible a: <https://www.chemistryviews.org/details/ezine/2064331/100th-Anniversary-of-the-Discovery-of-X-ray-Diffraction.html>

ERA Arqueologia S.A.(2010), *Calçada Marquês de Abrantes, nº 104-108, Lisboa* [en línia]. [Consulta: 18 d'octubre de 2020]. Disponible a: <https://www.era-arqueologia.pt/projectos/797>

Museu Nacional do Azulejo (2020), *El Gran Panorama de Lisboa*, Google Arts & Culture [en línia]. [Consulta: 16 d'octubre de 2020]. Disponible a: <https://artsandculture.google.com/exhibit/KgKiceMYFOAfIA?hl=es>

R Core Team (2017), *R: A language and environment for statistical computing*, Viena, R Foundation for Statistical Computing [en línia]. [Consulta: 20 de gener de 2019]. Disponible a: <http://www.R-project.org/>

Shackley, M. S. (s.d.), *Energy-Dispersive XRF (EDXRF)*, Geoarchaeological XRF Lab [en línia]. [Consulta: 26 d'octubre de 2020]. Disponible a: <http://www.swxrflab.net/xrfinstrument.htm>

SNIG (Sistema Nacional de Informação Geográfica) (2019), Visualizador OpenStreetMap [en línia]. [Consulta: 2 de novembre de 2020]. Disponible a: <https://snig.dgterritorio.gov.pt/rndg/srv/por/catalog.search#/map>

Annex I. Taules

Taula 1. Inventari dels 15 individus analitzats amb el context al que pertanyen i la informació arqueològica associada

Sigla	Sigla ARQUB	Sigla CHAM	Núm. Inventari	Font	Any	País	Regió	Lloc	Context arq	Classe	Forma	Observacions
LIS001	JB-2621	LSB025	172	CHAM	2016	Portugal	Lisboa	Olarias	sector 2, horno 3 [1162], LOL'16, SONDA. 11, SE. II, [1154]	Gaseta		
LIS002	JB-2622	LSB026	173	CHAM	2016	Portugal	Lisboa	Olarias	sector 2, horno 3 [1162], LOL'16, SONDA. 11, SE. II, [1154]	Majòlica	plat	Bescuit
LIS003	JB-2623	LSB028	175	CHAM	2016	Portugal	Lisboa	Olarias	sector 2, horno 3 [1162], LOL'16, SONDA. 11, SE. II, [1154]	Majòlica	plat	Bescuit
LIS004	JB-2624	LSB029	176	CHAM	2016	Portugal	Lisboa	Olarias	sector 2, horno 3 [1162], LOL'16, SONDA. 11, SE. II, [1154]	Majòlica	bol	Bescuit
LIS005	JB-2625	LSB050	197	CHAM	2016	Portugal	Lisboa	Olarias	sector 4, horno 4 [1167], LOL'16, SONDA. 11, SE. IV, [1196]	Grollera indet.	indet.	Eina de forn?
LIS006	JB-2626	LSB066	213	CHAM	2016	Portugal	Lisboa	Olarias	sector 1, horno 2 [1131], LOL'16, SD 11, SE I [1107]-615	Comuna	gerra	Deformada, vidrat per sobre
LIS007	JB-2627	LSB081	228	CHAM	2016	Portugal	Lisboa	Rua Damasceno	U.E. 208 nº 32	Majòlica	plat	Bescuit
LIS008	JB-2628	LSB082	229	CHAM	2016	Portugal	Lisboa	Rua Damasceno	U.E. 208 nº 32	indet.	indet/ plat?	Vidrat blanc part interior
LIS009	JB-2629	LSB087	234	CHAM	2016	Portugal	Lisboa	Rua Damasceno	U.E. 209 nº 59	Gaseta		
LIS010	JB-2630	LSB095	242	CHAM	2016	Portugal	Lisboa	Rua Das Madres	U.E.304 SONDA 3	Comuna	escudella	Possibles restes vidrat
LIS011	JB-2631	LSB096	243	CHAM	2016	Portugal	Lisboa	Rua Das Madres	U.E. 304 SONDA 3	Comuna	gerra	
LIS012	JB-2632	LSB103	250	CHAM	2016	Portugal	Lisboa	TERC	TERC09 SONDA P2 19/6, TERC09-273	Comuna vidrada	escudella	Vidrat melat
LIS013	JB-2633	LSB107	254	CHAM	2016	Portugal	Lisboa	TERC	TERC 09 SONDA. P5 Plano 4 16/6, TERC09-107	Comuna	gibrell	
LIS014	JB-2634	LSB112	259	CHAM	2016	Portugal	Lisboa	Olarias	[1155]	Majòlica	bol	Bescuit
LIS015	JB-2635	LSB113	260	CHAM	2016	Portugal	Lisboa	Olarias	[1155]	Majòlica	plat	Bescuit

Taula 2. Resultats de la fluorescència de raigs X (FRX): elements majors i menors (% m/m), elements traça ($\mu\text{g g}^{-1}$) i pèrdua al foc (PAF) (% m/m)

	Na ₂ O	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	TiO ₂	V	Cr	MnO	Fe ₂ O ₃	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Sn	Ba	Ce	W	Pb	Th	PAF
LIS001	0.98	2.52	9.91	39.43	0.22	1.11	28.30	0.64	61	66	0.03	3.69	18	21	18	72	-16	70	286	33	153	16	1	73	222	96	126	6844	2	11.58
LIS002	0.80	1.62	11.34	45.58	0.20	2.43	22.07	0.82	53	76	0.03	4.11	21	22	12	61	7	97	193	21	151	20	1	31	261	57	131	1349	9	9.96
LIS003	0.80	1.72	9.32	45.27	0.20	2.50	18.15	0.63	51	46	0.03	3.16	28	25	12	47	8	101	206	16	124	17	1	67	259	33	66	547	10	16.67
LIS004	0.66	3.34	10.00	47.00	0.19	2.40	15.94	0.70	52	56	0.03	3.53	15	21	11	54	10	92	193	15	119	18	0	58	263	43	58	393	10	15.29
LIS005	0.94	1.25	13.88	61.89	0.14	3.32	7.09	0.68	71	61	0.02	4.30	15	20	11	56	14	138	100	20	162	18	0	60	388	56	169	420	12	5.20
LIS006	1.01	1.36	22.22	64.87	0.09	3.48	0.55	1.02	110	93	0.02	4.06	43	37	6	58	21	165	63	29	163	21	0	5	458	77	539	28	14	0.93
LIS007	0.61	1.94	13.30	46.08	0.17	2.88	16.84	0.79	86	75	0.03	4.15	14	22	15	57	13	126	246	18	143	20	2	65	348	43	77	254	12	12.80
LIS008	3.58	2.02	11.65	44.84	0.22	0.60	23.89	0.77	71	62	0.03	4.22	19	22	5	55	-1	31	226	27	158	19	1	82	173	84	134	3695	7	6.79
LIS009	1.47	2.28	14.33	47.60	0.18	1.77	17.68	0.82	92	90	0.03	4.38	18	26	16	65	-3	124	254	31	155	19	2	56	307	93	116	5307	4	7.63
LIS010	0.99	1.75	18.95	63.99	0.14	4.10	1.00	0.91	115	114	0.02	6.05	40	32	5	97	15	184	163	29	170	21	1	567	466	79	672	1723	11	0.20
LIS011	0.92	1.60	18.98	64.15	0.14	4.00	1.19	1.04	119	117	0.02	6.14	59	37	6	85	20	183	107	28	190	24	2	44	489	66	653	150	14	0.67
LIS012	0.96	1.51	16.84	64.79	0.14	3.79	2.01	0.92	106	102	0.02	4.97	38	31	21	79	-6	171	110	40	182	20	0	8	418	114	549	7313	3	1.70
LIS013	1.06	1.71	14.97	53.09	0.18	3.08	13.54	0.84	89	103	0.04	4.86	24	29	23	74	-7	139	177	38	173	18	1	14	343	107	172	6664	5	4.49
LIS014	0.87	1.57	12.03	50.37	0.25	2.67	18.59	0.78	55	58	0.04	4.06	20	21	12	61	11	104	164	20	149	19	0	63	298	47	245	401	11	7.89
LIS015	0.72	2.76	11.30	47.20	0.22	2.66	16.58	0.74	58	46	0.04	3.98	12	20	12	51	11	90	140	17	137	18	0	24	293	44	80	156	11	12.34

Taula 3. Matriu de variació composicional dels 15 individus analitzats (vt: variació total; τ_i : suma de les variàncies de cada columna; vt/ τ_i : percentatge de la variància de cada columna que representa la variació total)

	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	MnO	TiO ₂	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	SiO ₂
Fe ₂ O ₃	0	0.028822	0.147972	0.014026	0.141287	2.102388	0.182112	0.220078	0.018543
Al ₂ O ₃	0.028822	0	0.229484	0.020332	0.222435	2.458278	0.222672	0.184074	0.020155
MnO	0.147972	0.229484	0	0.131444	0.07198	1.271828	0.252981	0.439148	0.163202
TiO ₂	0.014026	0.020332	0.131444	0	0.13215	2.105288	0.184052	0.215506	0.014664
MgO	0.141287	0.222435	0.07198	0.13215	0	1.473398	0.261993	0.461191	0.160388
CaO	2.102388	2.458278	1.271828	2.105288	1.473398	0	1.86553	2.889798	2.196035
Na ₂ O	0.182112	0.222672	0.252981	0.184052	0.261993	1.86553	0	0.73603	0.209648
K ₂ O	0.220078	0.184074	0.439148	0.215506	0.461191	2.889798	0.73603	0	0.169472
SiO ₂	0.018543	0.020155	0.163202	0.014664	0.160388	2.196035	0.209648	0.169472	0
Ba	0.049064	0.024796	0.254898	0.047794	0.245863	2.516339	0.357316	0.082886	0.027782
Nb	0.015836	0.038752	0.108109	0.006032	0.105756	1.961803	0.181435	0.227613	0.015761
Zr	0.009729	0.032929	0.121945	0.011679	0.132201	1.98918	0.154073	0.249083	0.015965
Sr	0.253088	0.390798	0.113889	0.267679	0.112081	1.066279	0.296921	0.699467	0.316808
Ce	0.108186	0.116828	0.273582	0.119134	0.256109	2.222247	0.150311	0.475778	0.138789
V	0.039129	0.014473	0.27267	0.042683	0.240221	2.520251	0.220692	0.233727	0.047995
Zn	0.011028	0.045045	0.157032	0.02773	0.138679	2.09935	0.203799	0.238703	0.03468
Ni	0.030429	0.01995	0.186981	0.015748	0.174553	2.311506	0.207395	0.203525	0.02317
Cr	0.036096	0.030025	0.255549	0.041919	0.238428	2.42134	0.23851	0.235089	0.05974
t.i	3.407815	4.099848	4.452694	3.397858	4.568714	35.47084	5.925472	7.961169	3.632795
vt/t.i	0.905036	0.752271	0.692658	0.907688	0.675069	0.08695	0.520498	0.387405	0.848987

	Ba	Nb	Zr	Sr	Ce	V	Zn	Ni	Cr
Fe ₂ O ₃	0.049064	0.015836	0.009729	0.253088	0.108186	0.039129	0.011028	0.030429	0.036096
Al ₂ O ₃	0.024796	0.038752	0.032929	0.390798	0.116828	0.014473	0.045045	0.01995	0.030025
MnO	0.254898	0.108109	0.121945	0.113889	0.273582	0.27267	0.157032	0.186981	0.255549
TiO ₂	0.047794	0.006032	0.011679	0.267679	0.119134	0.042683	0.02773	0.015748	0.041919
MgO	0.245863	0.105756	0.132201	0.112081	0.256109	0.240221	0.138679	0.174553	0.238428
CaO	2.516339	1.961803	1.98918	1.066279	2.222247	2.520251	2.09935	2.311506	2.42134
Na ₂ O	0.357316	0.181435	0.154073	0.296921	0.150311	0.220692	0.203799	0.207395	0.23851
K ₂ O	0.082886	0.227613	0.249083	0.699467	0.475778	0.233727	0.238703	0.203525	0.235089
SiO ₂	0.027782	0.015761	0.015965	0.316808	0.138789	0.047995	0.03468	0.02317	0.05974
Ba	0	0.058657	0.060903	0.431508	0.198962	0.046311	0.06363	0.04322	0.061895
Nb	0.058657	0	0.011562	0.222263	0.147288	0.064196	0.031419	0.028299	0.065148
Zr	0.060903	0.011562	0	0.23525	0.089949	0.04976	0.017409	0.028421	0.047828
Sr	0.431508	0.222263	0.23525	0	0.345138	0.385615	0.231598	0.319369	0.345082
Ce	0.198962	0.147288	0.089949	0.345138	0	0.099276	0.085177	0.118388	0.077973
V	0.046311	0.064196	0.04976	0.385615	0.099276	0	0.050138	0.03144	0.022485
Zn	0.06363	0.031419	0.017409	0.231598	0.085177	0.050138	0	0.035051	0.031064
Ni	0.04322	0.028299	0.028421	0.319369	0.118388	0.03144	0.035051	0	0.035025
Cr	0.061895	0.065148	0.047828	0.345082	0.077973	0.022485	0.031064	0.035025	0
t.i	4.571825	3.289929	3.257864	6.032833	5.023115	4.381063	3.50153	3.81247	4.243195
vt/t.i	0.674609	0.937466	0.946693	0.511235	0.614	0.703983	0.880814	0.808976	0.726857

vt 3.084195

Taula 4. Grups químics definits amb mitjana (\bar{X}) i desviació estàndard (s). Els grups d'un sol individu presenten valors normalitzats al 100 % pels 18 elements inclosos en l'anàlisi

	LB01 (n = 3)		LB02 (LIS006)	LB03 (n = 9)		LB03* (LIS008)	LB04 (LIS005)
	\bar{X}	s		\bar{X}	s		
Na ₂ O	0.98	0.04	1.02	1.00 (0.86)**	0.27 (0.10)**	3.88	1.00
MgO	1.66	0.11	1.38	2.47	0.76	2.19	1.33
Al ₂ O ₃	18.66	1.10	22.49	13.39	1.82	12.62	14.82
SiO ₂	65.77	1.00	65.65	53.19	3.55	48.59	66.08
P ₂ O ₅	0.14	0.00	0.09	0.23	0.03	0.24	0.15
K ₂ O	4.05	0.13	3.52	2.71 (2.99)**	0.68 (0.20)**	0.65	3.54
CaO	1.43	0.56	0.56	21.21	4.99	25.89	7.57
TiO ₂	0.98	0.07	1.03	0.85	0.06	0.83	0.73
V	116	6	111	75	18	77	76
Cr	113	7	94	77	19	67	65
MnO	0.02	0.00	0.02	0.04	0.01	0.03	0.02
Fe ₂ O ₃	5.85	0.62	4.11	4.52	0.39	4.57	4.59
Ni	34	3	37	26	3	24	21
Cu	11	10	6	16	4	5	12
Zn	89	9	59	68	8	60	60
Sr	130	32	64	235	55	245	107
Zr	185	10	165	164	13	171	173
Nb	22	2	21	21	1	21	19
Ba	468	33	463	327	42	187	414
Ce	88	27	78	70	30	91	60

* Grup LB03* amb els valors normalitzats de l'individu LIS008

** Entre parèntesis mitjana i desviació estàndard sense els individus LIS001, LIS009 i LIS013, que presenten analcima.

Annex II. Fotografies dels individus

Fotografies proporcionades pel CHAM.



LIS001



LIS002



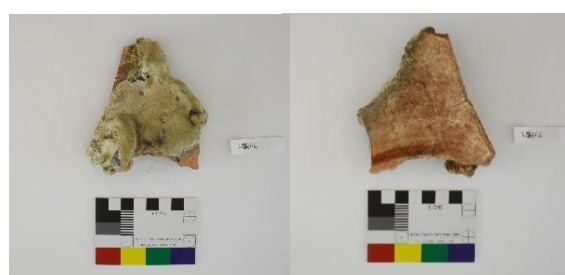
LIS003



LIS004



LIS005



LIS006



LIS007



LIS008



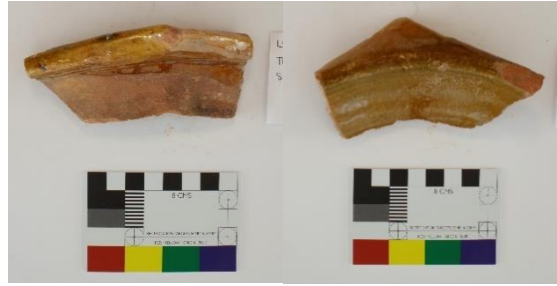
LIS009



LIS010



LIS011



LIS012



LIS013



LIS014



LIS015

Annex III. Base de dades

El principal objectiu de la creació d'aquesta base de dades és el de poder combinar, relacionar i gestionar les dades obtingudes durant l'estudi dels individus ceràmics. A mesura que es vagin recollint dades (jaciment, tipologia, observació macroscòpica, resultats dels anàlisis, etc.) s'aniran integrant dins de les taules, amb la finalitat última de poder relacionar la informació arqueològica amb els resultats de les diferents anàlisis. D'aquesta manera, la base de dades ens ha de permetre inferir, per exemple, sobre la relació entre els diferents grups i els jaciments, o entre les diferents fàbriques i les característiques a nivell macroscòpic.

La base de dades s'ha realitzat mitjançant el programa Access del paquet Office. En primer lloc s'ha realitzat una taula mare en que hi ha tota la informació genèrica sobre els individus ceràmics: la identificació de cada individu, la informació arqueològica associada, la descripció a nivell macroscòpic, si s'han preparat les mostres per a les anàlisis i la informació derivada de les anàlisis. Més endavant s'han generat noves taules amb la informació específica, per exemple, dels resultats de les analítiques o dels grups químics identificats. En tractar-se d'una base de dades relacional, els diferents camps de les taules es poden relacionar, tot definit el tipus de relació en funció del que vulguem veure.

Els camps de la taula mare són:

- Id (autoenumeració): clau principal de la taula, enumera les entrades.
- Individu (text curt): sigla que se li dona a cada individu ceràmic i que l'identifica.
- Sigla JB (text curt): sigla que se li ha donat dins de l'ARQUB.
- Sigla arq (text curt): sigla que se li ha donat dins del CHAM.
- Intervenció (text curt): intervenció a la que pertany la ceràmica.
- Context (text curt): context arqueològic en que es va trobar la ceràmica (sondatge, unitat estratigràfica, mur, forn, etc.).
- Classe (text curt): classe atribuïda per l'arqueòleg.
- Forma (text curt): forma atribuïda per l'arqueòleg.
- Cal/Poc Cal (binomial Sí/No): si la ceràmica és calcària o poc calcària. Si es calcària es marcarà la casella resultant (sí) i si és poc calcària no.


- Observacions (text llarg): camp per a omplir amb informació diversa que pugui resultar rellevant, com ara si un individu presenta un vidrat, o si es tracta d'un peu, etc.
- Desc. macro (text llarg): camp destinat a contenir la descripció macroscòpica feta a partir de l'observació amb binocular.
- DRX (binomial Sí/No): per una qüestió exclusivament pràctica, es marcarà "sí" un cop l'individu ceràmic hagi estat sotmès al procés de preparació de la mostra per a la DRX.
- FRX (binomial Sí/No): com en el cas de la DRX, es marcarà "sí" un cop l'individu ceràmic hagi estat sotmès al procés de preparació de la mostra per a la FRX.
- Grup (text curt): un cop feta l'anàlisi estadística dels resultats en aquest camp es posarà l'atribució a un grup composicional.
- Fàbrica (text curt): aquí es posarà la possible atribució a una fàbrica concreta.
- Camp 1 (dades adjuntes): camp destinat a contenir una fotografia de cada individu.
- Camp 2 (dades adjuntes): camp destinat a contenir una fotografia amb binocular de cada individu.

El següent pas és el d'elaborar un formulari per tal de poder tenir la informació que ens interessi en un sol camp de visió i poder treballar amb més facilitat amb les dades de cada individu ceràmic. Alhora, es poden importar les fitxes del formulari per a presentar o treballar la informació. Es presenta la fitxa d'un individu a mode d'exemple amb tots els camps disponibles, es podria, però, inserir els camps que es volguessin, d'una o de més taules. S'ha posat també una imatge fixa a totes les fitxes, el dendrograma resultant del tractament estadístic. La presència constant d'aquest dendrograma amb tots els individus representats ens podria ajudar a veure en tot moment a quin grup pertany l'individu que estiguem observant, i quins són els individus als que més s'apropa a nivell composicional. Es podrien afegir altres imatges fixes, com ara difractogrames de fàbriques, gràfics, etc. La combinació de les diferents taules i de les dades contingudes en cada taula ens pot ajudar, d'aquesta manera, a discernir els vincles entre els diferents individus, aprofundint així en el coneixement arqueològic dels mateixos.

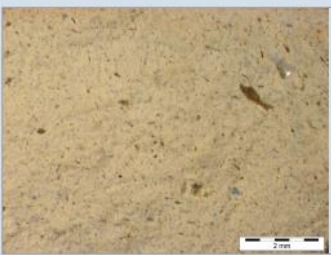
Ceràmiques Lisboa

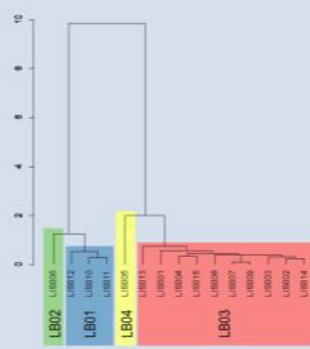
Id	<input type="text" value="3"/>	FRX	<input checked="" type="checkbox"/>	Grup	<input type="text" value="LB03*"/>	Cal/Poc Cal	<input type="checkbox"/>
Individu	<input type="text" value="LIS008"/>	DRX	<input checked="" type="checkbox"/>	Fàbrica	<input type="text" value="LB03-F7"/>		
Sigla JB	<input type="text" value="JB-2628"/>						
Sigla arq	<input type="text" value="LSB082"/>						
Intervenció	<input type="text" value="Damasceno"/>						
Context	<input type="text" value="U.E. 208 n° 32"/>						
Classe	<input type="text" value="indet."/>						
Forma	<input type="text" value="indet/ plat?"/>						
Observacions	<input type="text" value="Vidrat blanc part interior"/>						
Desc macro	<input type="text" value="Matriu beix clar-groguenca. Compacta, amb escassa porositat, amb abundants inclusions de granulometria fina i molt fina, sobretot possible quars, minerals semitransparents angulars i minerals grisos i vermells arrodonits d'alta esfericitat."/>						

Campo1



Campo2





Exemple de fitxa (individu LIS008)