

Paula Menino Homem

*Faculdade de Letras da Universidade do Porto*

## *As Cerâmicas arqueológicas e os estudos de proveniência de matérias-primas e transformações tecnológicas: o contributo do estudo textural da fracção não-plástica e respectiva distribuição nas pastas*

### Resumo

Neste ensaio, sublinha-se a importância dos estudos interdisciplinares de proveniência de matérias-primas e transformações tecnológicas para um melhor conhecimento das cerâmicas arqueológicas, especialmente as pré-históricas, e do “Homem” que as produziu. Discutem-se conceitos e características das diferentes fracções de uma pasta cerâmica, a plástica e a não-plástica, relacionando metodologias analíticas com o universo de informações a obter.

### Abstract

This paper aims to highlight the importance of interdisciplinary studies on the provenance of raw materials and technological transformations in improving our understanding of pre-historical archaeological ceramics, as well as of the “Men” who produced them. Therefore, the author discusses the concepts and features of different fragments of plastic and non-plastic ceramics, and relates the analytical methodologies with the universe of information which the researcher seeks to obtain.

É muito antiga a curiosidade que o Homem sente pela exploração que a sua espécie tem feito de um dos recursos naturais mais adaptável às suas necessidades, abundante e, conseqüentemente, barato: a argila ou, mais popular, o barro. Os comportamentos, os significados económico-sócio-culturais, os critérios e os processos que assentam na sua transformação em material cerâmico têm sido alvo de muitos estudos e, fruto das valiosas relações interdisciplinares e dos significativos avanços científicos, tecnológicos e instrumentais, muitas questões têm vindo a ter respostas válidas.

Uma das questões mais críticas que a Arqueologia tem colocado e que é determinante para os estudos de produção, dos mecanismos de distribuição, permuta e comércio de bens, é exactamente a da determinação dos locais de produção e/ou de proveniência das matérias-primas. Durante muito tempo, a Arqueologia tentou isoladamente responder com base em critérios tipológicos e estilísticos mas teve de constatar a ambiguidade e falibilidade dos resultados, interiorizando a necessidade e promovendo relações de colaboração com outras ciências, pertinentemente com a Geologia e com a Química.

Outra das questões relaciona-se com o uso de diferentes materiais e suas texturas e respectivo impacte no processo e progresso tecnológico.

Se para períodos recentes da História a existência de documentos de variada índole permite vir a responder de forma relativamente fácil às questões, o mesmo já não será possível dizer-se para cerâmicas pré-históricas. Neste enquadramento, é a associação entre os contextos arqueológicos de achado e a caracterização química e mineralógica das pastas cerâmicas que tem fornecido os dados mais interessantes.

A textura das pastas cerâmicas, ainda que influenciada pela porosidade e tamanho dos grãos da fracção argilosa, é-o, no entanto e em primeiro lugar, pelas inclusões não-plásticas; quer pela sua quantidade quer pelas dimensões dos grãos, distribuição e forma. A variabilidade dessa textura será limitada pelos requisitos de uma boa peça, pelos níveis de exigência do ceramista e, ainda, pelas características de certos materiais usados como têmperas. Consideramos que o recurso a determinada terminologia justifica uma breve pausa para reflexão exactamente sobre alguns termos que têm gerado algum debate.

O termo “têmpera” tem sido considerado [4, 406] como talvez o mais impreciso que se tem usado nas descrições arqueológicas e tecnológicas de cerâmica. Foi até nas diferenças relativamente a estes materiais que residiu uma das mais básicas formas de classificação das peças cerâmicas. Refere-se quer à acção de adicionar um material quer ao próprio material que foi adicionado para modificar as propriedades do barro. Na comunidade arqueológica portuguesa, tal como na francesa e espanhola, o termo “têmpera” é quase sempre usado como sinónimo de “desengordurante” [1, 35], embora este possa ter a conotação de se referir a uma substância que, adicionada a um barro, vai alterar apenas e especificamente a sua plasticidade, tornando mais “magra” uma argila demasiado plástica, “gorda”.

De facto, desde os tempos pré-históricos à actualidade, constata-se a existência de uma grande variedade de substâncias que são adicionadas aos barros com o sentido de alterar as suas características e comportamentos, como por exemplo, aumentar ou reduzir a plasticidade, ganhando boas condições de trabalhabilidade, reduzir a contracção, deformação e fissura/fractura durante a secagem, baixar o ponto de vitrificação na cozedura, entre outras. Essas substâncias tanto podem

ser plásticas como barros residuais com características de menor plasticidade e que podem “temperar”, “desengordurar”, barros demasiado plásticos, como podem ser também não-plásticas. Dentro deste grupo, registam-se substâncias: (i) de origem mineral, como o sal ou como rochas e minerais de distintas naturezas e texturas; (ii) de origem orgânica animal, como esterco, e vegetal, como palhas, ervas ou outras fibras; (iii) de origem bio-mineral, como ossos e conchas ou, ainda; (iv) de origem antropológica, como cerâmica moída, normalmente produção defeituosa, ou chamote.

Por outro lado, há que considerar que o próprio barro pode conter naturalmente substâncias não-plásticas de diferentes origens, inclusões, que o ceramista não retira durante a preparação da pasta. Em termos comportamentais, estas substâncias não foram adicionadas, tratando-se então de um barro não “temperado” ou não “desengordurado”, mas, em termos técnicos, estas inclusões modificam certamente as propriedades do barro.

Esta pausa não pretende ir mais além nas questões de terminologia, que se arrastam desde os anos trinta do século passado, mas tão só realçar as diferentes acepções que o termo “desengordurante” tem, consoante o universo científico das comunidades. Assim, quando se registam afirmações como “(...) o estudo textural dos não-plásticos (desengordurantes) (...)”, se equacionarmos os diferentes conceitos implícitos, poderão surgir algumas dúvidas quanto ao que se pretende aludir: (i) apenas aos não-plásticos adicionados como desengordurantes? (ii) a todas as substâncias, plásticas e não-plásticas, que são adicionadas como desengordurantes? (iii) apenas aos não-plásticos, independentemente de natural ou intencionalmente incluídos? Tendo em conta as questões em causa (proveniências e transformações tecnológicas) e as grandes dificuldades que se têm verificado na análise das fracções argilosas das pastas no sentido de lhes dar resposta, é a este último universo que as abordagens mais têm sido efectuadas.

De facto, verifica-se que a análise da fracção argilosa ocupa, geralmente e em relação à análise da fracção não-plástica, uma posição secundária nos estudos tecnológicos de cerâmica pré-histórica. As dificuldades constatadas são grandes, podendo ser apontadas algumas razões para tal:

- A necessidade de se confrontarem as pastas cozidas com as fontes de matérias-primas, os barreiros, tornando-se complicada a tarefa da amostragem de todas as fontes de matérias-primas possíveis, assegurando que cada uma é homogénea e distinguindo cada uma delas. Há que equacionar que as fontes, os barreiros, actuais podem não ser as mesmas dos tempos pré-históricos, apesar de se registarem actualmente exemplos de grande conservadorismo. Mesmo que os barreiros não se tenham esgotado, será necessário ter em linha de conta que, se forem sedimentares, as características dos níveis actualmente explorados poderão não ser as mesmas que as dos níveis pré-históricos;

- Durante o processo de preparação das pastas, as argilas são esmagadas, peneiradas e lavadas, o que pode fazer remover alguns dos seus componentes;

- As argilas podem não ser puras, uma vez que os ceramistas podem vir a misturar argilas de diferentes características e de duas ou mais origens. Esta prática, sendo muito comum, é factor de uma grande complexidade;

- Para além de misturar outras argilas, os ceramistas podem adicionar-lhe outros materiais não-plásticos, o que altera o nível de elementos originais e introduz novos. A distinção entre uns e outros poderá ser muito difícil senão, nalguns casos, impossível;

- Durante o processo de cozedura há componentes voláteis que se perdem, associados às transformações que os minerais argilosos tendem a sofrer, perdendo a sua identidade no espaço e formando uma espécie de vidro ou material não estruturado. Já os grãos de areia, muito especialmente silicatada, são pouco afectados pela temperatura necessária para produzir uma cerâmica neste contexto tecnológico-cultural, servindo como esqueleto de suporte para a cerâmica durante esta fase. Tendem a manter a sua identidade e a poder ser observados e identificados mineralogicamente. Podem, por isso, vir a ser usados para identificar a fonte geológica daquela fracção da cerâmica, enquanto os minerais argilosos não;

- Perdendo a sua identidade mineralógica e não podendo, portanto, vir a ser identificadas por esta via, as fracções argilosas podem, ainda assim, ser analisadas quimicamente. As análises químicas que melhores resultados têm dado em termos das concentrações elementares são feitas por espectrometria de Fluorescência de Raios X (FRX/XRF, de X-ray Fluorescence) e por Activação Neutrónica (AAN/NAA, de Neutron Activation Analysis). Implicam a redução da amostra a pó. Assim, a análise reflectirá a composição total da amostra e, no caso de uma cerâmica em que a argila tenha sido “temperada” com outra/s e que contenha inclusões, poderá ser quase impossível, para além dos diferentes não-plásticos, distinguir uma argila de outra [7, 149]. Apesar de tudo, as interpretações podem vir a ser validamente auxiliadas por uma boa amostragem das matérias-primas;

- As reacções de alteração ocorridas durante o período de enterramento podem ser muito significativas e comprometer correlações.

As dificuldades apontadas levam a que a análise à fracção não-plástica seja mais fácil, mais credível e menos onerosa, em termos de tempo, de recursos financeiros e analíticos. Não são, no entanto, impeditivas e, de facto, as características químicas e mineralógicas dos fragmentos cerâmicos são, na sua globalidade, cada vez mais analisadas com o objectivo de se identificarem e constituírem grupos que empregam materiais de diferentes fontes ou origens. Os atributos das cerâmicas são comparados com os atributos das matérias-primas e podem obter-se correlações baixas ou elevadas. Estes resultados podem ser muito difíceis de interpretar

se todas as potenciais fontes da região definida como de interesse não tiverem sido amostradas durante o trabalho de pesquisa no campo e se as correlações não forem significativas estatisticamente.

Estes estudos partem do pressuposto de que dois barreiros relativamente próximos são suficientemente distintos quanto à sua composição química e mineralógica. O problema é que, a uma distância de 50/100 km, se o enquadramento geológico da paisagem for o mesmo, não há motivos para mineralogicamente haver diferenças [2]. As análises químicas são, então, de grande utilidade. O postulado de que as “argilas provenientes de barreiros diferentes apresentam diferenças de composição química que, em geral, excedem significativamente as diferenças de composição química existentes dentro de cada barreiro” [1, 35] também nem sempre é verdadeiro. Isto verifica-se não só pelas razões já apontadas e que se referem às alterações, por adição ou por subtração de substâncias, às argilas para obtenção de determinados efeitos, como pelo contexto de enterramento, que pode alterar drasticamente a composição química das pastas em resultado de reacções de: (i) dissolução; (ii) deposição ou de (iii) permuta iónica. Ainda assim, a Química permite que, através da análise elementar, se consigam efectivamente identificar grupos, pois há elementos que quimicamente nunca mudam, como os Lantanídeos ou Terras Raras, e que podem constituir a “impressão digital” de tais grupos, qualquer que seja a escala da entidade geográfica que eles representem.

Assim, os estudos que têm como objectivo a determinação da proveniência em termos de local/centro de produção, mais do que em termos propriamente de barreiros, serão de maior interesse para a Arqueologia pois, para além dos elementos que facultam em termos de proveniência de algumas matérias-primas, abrangem ainda enquadramentos culturais, comportamentos que condicionam a manufactura e que podem ser inferidos a partir da determinação da natureza dos não-plásticos, da sua textura, distribuição e orientação. Serão mais ricos em informação de carácter tecnológico pois a argila de base à produção será apenas o material mais comum. Interessante será saber de que modo, com que objectivos e resultados, os ceramistas alteraram esse material comum para satisfazer as suas necessidades e gostos personalizados ou colectivos. A qualidade com que um objecto cumprirá a sua função dependerá não só dos meios disponíveis mas, fundamentalmente, das capacidades do ceramista para, a partir de diferentes combinações, vir a produzir os efeitos funcionais, decorativos ou artísticos desejados. Estas combinações, alterações na composição e comportamento dos barros provocadas pelos não-plásticos, estarão patentes na composição das pastas e serão ferramentas de trabalho essenciais para relacionar tipos de cerâmicas e descobrir, às vezes quase qual detective, as origens de relações comerciais, ou outras, a diferentes escalas.

Os estudos de proveniência podem partir da comparação entre a composição de espécies não conhecidas com a composição de materiais de proveniência precisa, chamados “grupos de referência”, usando os mesmos métodos analíticos e equacionando as mesmas propriedades físico-químicas, no sentido de se perceber se pertencem ou não à mesma população geológica ou geoquímica. Partem também da comparação das cerâmicas com as matérias-primas, o que implica um grande esforço em termos de trabalho de campo, de pesquisa de fontes. Este trabalho poderá ser facilitado se as potenciais fontes puderem ser preditas, quer por evidências arqueológicas quer por informações ou considerações teóricas quer, ainda, pelas características das cerâmicas. Tal como já foi referido, a mineralogia dos não-plásticos da pasta é, normalmente, um indicador de maior confiança do que a fracção remanescente de minerais argilosos. Se o conjunto de minerais consistir, por exemplo, em produtos de meteorização de rochas vulcânicas ou de depósitos de rios, podem usar-se os mapas geológicos para identificar áreas com maior probabilidade de possuir tais minerais.

Para a maioria dos ceramistas dos tempos antigos, as fontes de barro tendiam a cumprir o princípio do menor esforço e da maior comodidade possíveis, sendo aquelas que eram mais facilmente acessíveis. Os solos formados e concentrados no topo dos perfis, perto da superfície, eram as principais escolhas, a não ser que fossem necessárias grandes quantidades para uma maior produção. Nestes casos, enquanto os solos tendem a possuir cerca de um metro de espessura, as rochas ricas em argila, sujeitas a meteorização, podiam fornecer muito mais quantidades de barro macio.

As argilas que ocorrem na Natureza raramente existem como depósitos puros [4, 72], sendo possível encontrar também minerais quer do material que lhe deu origem quer das rochas e sedimentos com que se encontraram durante o transporte. As argilas primárias ou residuais incluem, normalmente, fragmentos da sua rocha-mãe e, dependendo do grau de meteorização, podem consistir na combinação de vários minerais argilosos. As argilas sedimentares ou secundárias podem conter uma mistura de minerais de diversas proveniências, assim como sais e materiais orgânicos, como resultado dos processos de deposição. São, normalmente, mais finas e mais plásticas.

Os rios, embora o vento não seja esquecido, são os maiores agentes de transporte de materiais argilosos. O efeito de joeiramento do transporte pela água separa os componentes da meteorização por tamanho de grão. Esta é uma distribuição geográfica: quanto mais plano o terreno, mais pequeno o tamanho do grão [7, 67]. Quanto mais pequeno o grão, maior fricção ocorre na sua superfície, à medida que cai através da água. Esta acção é basicamente controlada pela proporção da superfície do grão, comparada com o seu volume.

O efeito do transporte é homogeneizar a distribuição de tamanho de grão de um sedimento. Os rios de montanha contêm grãos de vários tamanhos, enquanto as areias de uma praia são muito mais homogêneas em termos de distribuição de calibres. À medida que as partículas são transportadas, tendem a chocar umas contra as outras, sendo as suas arestas e elas próprias arredondadas. Assim, o transporte não só arredonda os grãos como os selecciona em classes mais homogêneas.

A análise mineralógica, através de microscópio óptico (MO) petrográfico, de lâminas delgadas de pastas cerâmicas cozidas a baixas temperaturas, como as pré-históricas, será, então, muito útil pois permitirá o estudo da sua microestrutura. Permitirá [4, 379] a identificação das diferentes espécies minerais existentes, a sua abundância e associações, a orientação das partículas, as dimensões dos vazios, formas e localizações, tratamentos de superfície e alterações devidas à cozedura (fracturas) e a factores pós-deposicionais (recristalizações). A caracterização granulométrica é um dos parâmetros mais úteis: descrição do tamanho, classe, forma e percentagem de inclusões de espécies diferentes e a orientação da sua distribuição. Alguns destes parâmetros têm procedimentos de medição muito complexos, como a percentagem de inclusões. A forma dos grãos é identificada pelas propriedades de arredondamento (suavidade do seu contorno) e de esfericidade (área da superfície), normalmente em comparação com tabelas.

Um exemplo, entre outros, de caso de estudo português com base neste tipo de caracterização pode encontrar-se na obra de Françoise Mayet <sup>1</sup>, onde se apresenta a discriminação de três oficinas do Sado, de produção de material anfórico, a partir das características dos grãos. Os grãos “grosseiros, pouco angulosos e arredondados” projectaram a localização da respectiva produção mais para montante do rio. As características dos não-plásticos permitiram a diferenciação das oficinas com base nas características geológicas das diferentes regiões em causa.

Os materiais adicionados aos barros tanto podem ser de uma fonte que lhe é próxima como de outra muito distante, dependendo do tipo de recursos, dos objectivos do ceramista e, muito especialmente, do tipo de comunidade em que este se insere: sedentária ou nómada. Este último tipo, aproveita os recursos dos meios por onde se desloca e trabalha o barro, que transporta consigo, de maneiras eventualmente muito distintas.

Por vezes, será difícil distinguir os não-plásticos naturais, inclusões do barro, dos que foram adicionados, podendo a resposta assentar nas suas características [6, 161]: (i) há materiais que não ocorrem naturalmente em barros, como por

---

<sup>1</sup> MAYET, F.; SCHMITT, A. e TAVARES DA SILVA, C. (1996) - *Les Amphores du Sado (Portugal)*, Paris: Diffusion E. de Boccard, citada em [1], p. 38.

exemplo fragmentos cerâmicos, fragmentos de várias rochas ígneas, sedimentares e metamórficas, areias grosseiras e pedra-pomes; (ii) muitas vezes o tamanho do grão e a sua relativa abundância indicam se são ou não materiais adicionados. Por exemplo, o quartzo em partículas finíssimas pode ocorrer em alguns barros mas em areia grosseira e desgastada pela água não advém, em processos naturais, misturada com eles. Outro exemplo será a deposição de pó vulcânico num lago onde os barros estejam a ser depositados, podendo vir a ser incorporado neles, mas as cinzas não ocorrem nem na quantidade nem nas dimensões com que normalmente se encontram nas pastas; (iii) [5, 52] a forma e (iv) a distribuição dos tamanhos. A forma dos grãos pode dar informação imediata sobre o tipo de mineral presente. As diferenças que são mais evidentes são entre quartzo e feldspatos, que tendem a ser irregulares e arredondados na forma, enquanto as micas são, normalmente em folhas delgadas, alongadas. São alongadas porque a forma do cristal é uma estrutura foliácea, semelhante à dos minerais argilosos. Um corte transversal origina, quase sempre, uma forma fina e linear. Grãos com arestas arredondadas terão sido sujeitos a erosão natural e a transporte, enquanto grãos com arestas com angulosidade pronunciada resultam de esmagamento, o que pode indiciar a sua adição. No entanto, esta distinção nem sempre é sustentável [4, 410] pois partículas angulosas podem estar presentes em barros primários ou em barros sedimentares depositados próximo do material que lhe deu origem. A distribuição dos tamanhos auxiliará à sua distinção. Uma distribuição bimodal do tamanho dos grãos indicará uma mistura de inclusões bem classificada e sugere a adição de não-plásticos. Rye [5, 52] considera que todas as inclusões deviam ser medidas usando a escala de Wentworth ou a sua mais recente conversão.

A quantidade de inclusões estará também de acordo com a função a cumprir pelos objectos. Um bom exemplo poderá ser encontrado nos objectos de cozinha, onde é suposta a sua sujeição ao calor e a rentabilização de recursos energéticos. Durante a preparação das pastas, é necessário amassar e dar forma ao barro, o que resulta numa orientação das partículas. Concentremo-nos nos minerais argilosos: quando as partículas argilosas se alinham paralelamente, elas resistirão à transmissão da temperatura através desta estrutura, originando um isolante térmico, pois a transmissão do calor é cerca de seis vezes maior ao longo da estrutura foliácea do que através dela [7, 119]. Para ultrapassar este efeito, os ceramistas introduziam substâncias que não só eram não-plásticas como possuíam diferentes propriedades térmicas. A maioria desses não-plásticos é silicatada, especialmente quartzo, mas também se encontram minerais que têm formas que não são dirigidas por uma causa cristalográfica. Assim, a transmissão do calor em tais minerais não é orientada pelo trabalho do ceramista. Estes minerais têm uma orientação fortuita e, em agregados, transmitem o calor em todas as direcções e da mesma maneira, especialmente quando muitos grãos se encontram presentes



em orientações fortuitas. Dessa forma, tendem a igualar o fluxo de temperatura no objecto e a conceder-lhe uma melhor capacidade de aquecimento ou, pelo menos, maior homogeneidade. Então, a quantidade de não-plásticos adicionados excede as necessidades de controlo apenas da plasticidade para promover também o aumento da condutividade térmica e, assim, melhorar a qualidade com que o objecto cumprirá a sua função, rentabilizando recursos. A interpretação das análises será em muito auxiliada com este tipo de informações.

A granulometria dos não-plásticos pode variar também consoante o tipo de objecto que se pretende. Quanto mais espessas as suas paredes, maiores as dimensões das partículas, para evitar o colapso do dito objecto em formação sob o seu próprio peso. Ao contrário, quanto mais finas as suas paredes, maior a exigência de reduzidas dimensões das partículas. Assim, os não-plásticos eram partidos e/ou peneirados, calcinados e/ou moídos, para se ajustarem aos efeitos pretendidos. Estas variações nas dimensões das partículas podem correlacionar-se com variações na dureza e na porosidade das pastas. Rye [5, 27] refere que, durante a cozedura, reacções como as de fusão têm início na superfície dos cristais ou grãos e progridem gradualmente para o interior. A área de superfície fornecida por um determinado peso de uma têmpera será mais elevada se as partículas forem finas do que se forem grosseiras. Assim sendo, a utilização do tamanho apropriado pode permitir atingir reacções mais rapidamente ou a uma temperatura mais baixa. Na verdade, o aquecimento e a transformação da fase mineral ocorrem na base dessas duas variáveis: tempo e temperatura, sendo a relação entre elas afectada pela composição química das pastas.

O tamanho dos não-plásticos pode também afectar os acabamentos das peças, nomeadamente as técnicas decorativas, na medida em que, por exemplo, quanto maior for o grão maiores dificuldades haverá na produção de incisões finas ou impressões. As marcas resultantes dos acabamentos são normalmente orientadas em direcções fixas (vertical, diagonal...) e são identificáveis através da “orientação preferencial”, alinhamento, quer dos plásticos quer dos não-plásticos quer, ainda, dos vazios. Quando é aplicada uma pressão num material plástico, barro, quer a fracção argilosa quer a fracção não-plástica advêm alinhadas perpendicularmente à direcção da força. Estas marcas de conformação só ocorrem se a pressão tiver sido aplicada antes do barro secar. Como diferentes técnicas envolvem diferentes aplicações de pressão, a orientação preferencial das partículas varia com a técnica. Também a orientação dos vazios constitui uma valiosa pista para o reconhecimento de uma técnica de conformação, sendo de elevado interesse os vazios de união. Para além disso, podem ser pseudomorfos de orgânicos e, preservando a forma do material originalmente presente, podem facultar valiosas informações quanto à sua adição, se intencional (material cortado em forma e dimensões relativamente regulares) ou casual (grandes variações de formas e dimensões), e à identificação

da espécie e inerentes características, o que poderá fornecer dados não só sobre tecnologias cerâmicas como também sobre a agricultura e condições climáticas, sobre paleoambientes.

Estas impressões deixadas pelos orgânicos, quando a temperatura é suficientemente baixa, poderão ser muito bem observadas ao Microscópio Electrónico de Varrimento (MEV/SEM, de Scanning Electron Microscope). Os materiais orgânicos podem ser de dimensões muito reduzidas, tal como restos de plantas e microorganismos como algas e bactérias. Quando se convertem em carvão, em vez de se consumirem durante a cozedura, podem diminuir a permeabilidade das pastas. De facto, as cozeduras em atmosferas reductoras facilitam a formação da fase vítrea, podendo vir a acontecer o encapsulamento do Carbono e a formação do designado “coração negro”, consoante as características dos fornos e o gradiente térmico entre a superfície e o interior das paredes. As bandas de cozedura, cuja coloração denuncia um ambiente reductor ou oxidado, serão mais pronunciadas, maiores, nos casos em que a granularidade é grosseira, onde as trocas gasosas são mais permitidas.

A cozedura afecta, e em grande medida, a acção dos não-plásticos, o que certamente foi influenciando o ceramista na sua escolha e na sua preparação. Se alguns se mantêm estáveis a temperaturas baixas, como as obtidas em fornos primitivos, outros alteram-se e podem causar defeitos. Assim, uma vez que o ceramista pretendia evitar defeitos, tinha de fazer por não atingir as temperaturas às quais as alterações ocorriam ou, outra via, modificar as condições em que os não-plásticos eram adicionados. O não-plástico ideal, embora oneroso, para alterar as propriedades de um barro é a cerâmica, mais ou menos moída, ou chamote. Será ideal na medida em que terá as mesmas propriedades químicas e de expansão térmica que os materiais que vão formar a nova cerâmica. Para além disso, em termos de análise, o tipo de informação tecnológica será mais rica pois as suas próprias fracções não-plásticas poderão vir a ser também analisadas.

As reacções dos não-plásticos são físicas e químicas e são variadas; incluem desidratação, oxidação, redução, inversão, decomposição e fusão. A desidratação ocorre a limites de temperatura baixos e pode ser acompanhada de dilatação à medida que a água é convertida em vapor. A oxidação e a redução são controladas pela atmosfera do forno e podem ocorrer em limites de temperatura consideráveis. Estas alterações podem ter, como já referido, um efeito importante na cor. A inversão é uma mudança física na estrutura atómica que ocorre a diferentes temperaturas consoante os diferentes minerais. A decomposição, dependendo da composição, tem lugar em limites de temperatura elevados. A fusão ocorre nos limites de temperatura mais altos [6, 28].

Os ceramistas evitam fundir o quartzo, fundindo apenas, pelo menos em parte, os minerais argilosos. Isto ocorre a temperaturas mais baixas do que seria

necessário para fundir o quartzo. Os limites de fusão poderão ser efectivamente entre os 900 e os 1500° C.

O efeito da composição, ao alterar o estado dos minerais argilosos e não-plásticos numa pasta, altera também a temperatura de cozedura necessária ao processo de fabrico cerâmico. Assim, não será possível estabelecer séries específicas de condições de tempo-temperatura para definir um determinado estado de transformação cerâmica. A composição química fará variar as condições físicas necessárias para transformar o conjunto minerais argilosos/não-plásticos num sólido cerâmico de determinada qualidade [7, 104]. Para além da natureza dos minerais argilosos e dos materiais adicionados, podendo alguns funcionar como fundentes (ex.: Fe, CaO, mica, feldspatos...), há, ainda e como já foi referido, que equacionar o tamanho das partículas; em regra, quanto menor a partícula, mais baixa a temperatura à qual se alterará.

A análise mineralógica permitirá inferir muitas informações tecnológicas a partir das propriedades ópticas do que for observado. Pretendendo-se fazer a identificação dos minerais através da sua estrutura cristalina, poderá recorrer-se também à Difracção de Raios X (DRX/XRD, de X-Ray Diffraction). A DRX e a análise mineralógica são, em regra, os métodos mais adequados para identificar e descrever as inclusões clásticas das pastas. Não estão, no entanto, orientados para os minerais argilosos da matriz, que poderiam ser caracterizados por uma série de métodos analíticos que se concentram nos seus comportamentos térmicos resultando, no entanto, na prática e como já sublinhado, numa tarefa muito difícil. Também através do MEV se podem observar e analisar, se em interface com um sistema de microanálise de Raios X (MARX/XRMA, de X-Ray Microanalysis, ou EPMA, de Electron Probe Microanalysis), quer lâminas delgadas quer os próprios fragmentos, desde que caibam no porta-amostras.

Tratando-se de um material não condutor, as amostras cerâmicas necessitam de um revestimento condutor, por ex. ouro ou grafite, de modo a evitar efeitos de carga à sua superfície; isto, se se tratar de um MEV convencional. No entanto, se operar em condições de baixo vácuo (MEVBV/LVSEM, de Low-Vacuum SEM), as amostras podem ser observadas e analisadas sem necessitar de secagem prévia nem revestimento, o que constitui uma grande vantagem, considerando muito especialmente as amostras de cerâmicas pré-históricas.

Quer a partir do MO quer do MEV, a maioria das observações é baseada na análise qualitativa. No entanto, para se poderem fazer comparações entre amostras, são necessários dados quantitativos, como já tem sido levemente aflorado. Assim, a composição dos minerais pode ser estudada a partir de análises petrográficas quantitativas. Um dos métodos é a Análise Modal, para estimar a percentagem de não-plásticos por tipos e tamanhos de minerais. O outro é a Análise de Imagem, para distribuições granulométricas. Ambos os métodos têm

como objectivo produzir perfis de produção por composição para fins comparativos e classificação das cerâmicas.

Um aspecto a não descurar é que a maioria dos resultados provem da observação de lâminas delgadas, que são uma fatia bidimensional de um espaço real tridimensional. Assim, muitas imprecisões podem ocorrer pois dimensões e formas estarão muito dependentes da zona onde a partícula foi cortada. Tendo consciência desta limitação e não a perdendo de vista, o erro acaba por se dissipar na medida em que se usa o mesmo método em todas as amostras.

Quando as pastas são muito finas, em que o material não-plástico é quase invisível, a análise mineralógica, quer ao MO quer ao MEV, torna-se muito difícil, infrutífera e, assim, nada útil para investigar a identidade dos materiais. A análise química é, então, essencial, não devendo, no entanto, esquecer-se que os diferentes elementos analisados representam diferentes elementos dos componentes que formam a totalidade da pasta cerâmica.

A maioria dos elementos analisados num material cerâmico consiste, fundamentalmente, em catiões de compostos óxidos. Em Geologia [7, 11-12], a relativa abundância dos diferentes elementos catiões analisados é dada em três categorias:

- Os elementos maiores. Estão presentes numa grande percentagem; normalmente, cerca de 90%;
- Os elementos menores. Estão presentes entre 1 e 0,05%. A sua quantidade é expressa em fracções de uma percentagem;
- Os elementos traço (vestigiais ou vestigiários). A sua abundância é inferior a 0,05% e é expressa em partes por milhão (ppm).

Como já foi referido, a análise química assenta, actualmente, em dois grandes meios de análise, que se têm aperfeiçoado em termos de sensibilidade e precisão: a Espectrometria de Fluorescência de Raios X (FRX/XRF) e a Análise por Activação com Neutrões (AAN/NAA). A AAN, apesar de muito dispendiosa, tem dado mostras da sua importância, especificamente em estudos de proveniências pois com este método será possível medir nas pastas cerâmicas as concentrações de alguns elementos maiores e menores mas, mais importante, mais de 20 elementos vestigiários [1, 37]. Será, possível identificar Lantanídeos, o que o torna imprescindível na descoberta da “impressão digital” de uma população. As quantidades de amostra que requer são muito reduzidas (100 - 300 mg), tornando-o particularmente adequado quando se trata de amostras valiosas. Apesar de tudo, é mais limitado quando se pretende fazer um estudo mais dirigido para as características tecnológicas. Neste sector, a FRX, quer associada a um espectrómetro dispersivo em comprimentos de onda (WDXRF, de Wavelength Dispersive X-Ray Fluorescence) quer a um espectrómetro dispersivo em energias (EDXRF,

de Energy Dispersive X-Ray fluorescence), tem-se revelado uma ferramenta de enorme utilidade pela sua precisão: entre 0,5 e 6% para os elementos maiores e entre 1,5 e 16% para os elementos vestigiários [1, 36]. Há muita informação que se pode inferir a partir das análises de FRX, por exemplo, sabendo que diferentes quantidades de fundentes originam diferentes estruturas para as mesmas temperaturas, através da FRX poderemos deduzir a temperatura de cozedura.

A associação MEV/MARX será, embora dispendiosa, uma poderosíssima ferramenta de trabalho que conjugará, a uma ampliação de cerca de 500.000 vezes: (i) a observação topográfica da superfície, através da captação dos sinais dos electrões secundários; (ii) a observação composicional da superfície, através dos electrões retrodifundidos; (iii) a observação da estrutura interna, através dos electrões transmitidos e, embora não exclusivamente, (iv) a análise elementar da amostra, através da captação dos sinais dos Raios X. Assim, por exemplo, é-nos permitida a observação da morfologia de um grão e, em sequência, a sua análise elementar pontual. Será, em nosso entender umas das ferramentas mais privilegiadas para a observação das transformações térmicas das microestruturas das pastas cerâmicas.

Finalmente, após a caracterização feita, torna-se necessário efectuar o agrupamento das pastas com base nos resultados obtidos nas análises. Para isso, para formar as chamadas “paste compositional reference units” (PCRU), utilizam-se métodos de análise estatística multivariada [4, 415], dos quais, de acordo com Coroado [2, 33], os mais usados em estudos relacionados com proveniência e associação de cerâmicas são a análise em componentes principais e análise de grupos, que implicam as seguintes fases:

- Caracterização – Obtenção de um valor quantitativo ou semiquantitativo da propriedade que caracteriza determinada amostra;
- Classificação – Agrupamento das cerâmicas com base nas características de composição determinadas;
- Identificação – Comparação dos grupos obtidos com grupos de referência de origem conhecida (cerâmicas ou matérias-primas).

Enfim, estes estudos quer de proveniência quer das transformações tecnológicas das cerâmicas começam já a ser em número muito avultado, contribuindo validamente para o aumento do conhecimento sobre algumas, múltiplas, facetas da Humanidade. Ainda assim, muitas dúvidas permanecem e muitos dados obtidos carecem de interpretação. O desafio, cremos, assenta na investigação teórica, prática e experimental, no cruzamento e aplicação de conhecimentos interdisciplinares e no avanço instrumental.

**Referências bibliográficas**

- [1] CABRAL, J. M. P. (1999), “Caracterização de materiais arqueológicos. 3. Determinação de proveniências”, *Al-madam*, Centro de Arqueologia de Almada, IIª Série, (8), Outubro, 29-40.
- [2] COROADO, J. (2004), *Cerâmicas Antigas*, Apontamentos para o Curso de Especialização e Mestrado em Química Aplicada ao Património Cultural, DQB, FCUL, Lisboa.
- [3] LAMBERT, J. (1998), *Traces of the Past. Unravelling the Secrets of Archaeology Through Chemistry*, Perseus Publishing, Cambridge.
- [4] RICE, P. M. (1987), *Pottery Analysis. A Sourcebook*, The University of Chicago Press, Chicago, London.
- [5] RYE O. S. (1981), *Pottery Technology*, Manuals on Archaeology 4, Taraxacum, Washington D.C.
- [6] SHEPARD, A. O. (1985), *Ceramics for the Archaeologist*, Carnegie Institution of Washington, Washington, D.C.
- [7] VELDE, B. & DRUC, I. C. (1999), *Archaeological Ceramic Materials. Origin and Utilization*, Springer, Berlin.