

## **CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA, MINERALÓGICA E TEXTURAL DAS CERÂMICAS DO BRONZE FINAL DO SUDOESTE PROVENIENTES DO PASSO ALTO E DA SALSA 3 (SERPA, BAIXO ALENTEJO, PORTUGAL)**

**Carina MAURÍCIO<sup>1</sup>**

**António M. MONGE SOARES<sup>2</sup>**

**Augusta LIMA<sup>3</sup>**

**João COROADO<sup>4</sup>**

**Manuela de DEUS<sup>5</sup>**

**Ana Sofia ANTUNES<sup>6</sup>**

### **RESUMO**

Este estudo, ainda que preliminar, envolveu a caracterização arqueométrica de cerâmicas atribuíveis a contextos do Bronze Final do Sudoeste, provenientes de escavações arqueológicas levadas a cabo no povoado fortificado do Passo Alto e no povoado aberto de planície da Salsa 3. Estes sítios arqueológicos encontram-se implantados em áreas geologicamente distintas – gabro-dioríticas, a Salsa 3, e xistosas, o Passo Alto.

Oito artefactos cerâmicos do Passo Alto e sete da Salsa 3 foram amostrados com o fim de proceder à caracterização, não só composicional, mas também das técnicas de produção neles utilizadas, o que permitiria perceber as dissemelhanças que possibilitassem a discriminação entre as cerâmicas dos dois povoados. Além disso, dentro das cerâmicas do Passo Alto, testou-se a eventual possibilidade de discriminar entre as que apresentavam ornatos brunidos e as não decoradas.

A metodologia analítica envolveu a análise petrográfica por leitura de lâminas delgadas através do Microscópio Óptico com Luz Transmitida Polarizada (OTPLM), a análise mineralógica por XRD (Difracção de Raios X) e a análise química por  $\mu$ -EDXRF (Micro-Fluorescência de Raios X, Dispersiva de Energias)

Os resultados obtidos permitem inferir que as argilas utilizadas nas cerâmicas do Bronze Final do Passo Alto e da Salsa 3 provêm, muito provavelmente, de contextos geológicos distintos, o que se reflecte nas diferenças texturais, mineralógicas e químicas identificadas entre os dois grupos, indiciando produções locais. Por outro lado, não foi possível discriminar entre as cerâmicas do Passo Alto decoradas com ornatos brunidos e não decoradas.

Para se obter uma análise mais conclusiva será necessário um número de amostras mais significativo. No entanto, as técnicas utilizadas mostraram a sua elevada potencialidade na discriminação de conjuntos cerâmicos.

### **ABSTRACT**

The study of archaeological ceramics allows, in several cases, to understand the mobility of those materials between communities, the technologies used in pottery production and also the provenance of raw materials. The present study involves the characterization of Late Bronze Age archaeological ceramics from archaeological excavations at Lower Alentejo (Portugal), namely at Passo Alto (Vila Verde de Ficalho), located in an area of schistose formations, and at Salsa 3 (Serpa), in a region of gabbro-diorites. Those ceramic fragments were characterized through the following analytical techniques: petrographic analysis using optical polarized light microscopy (OPLM) to determine the textural aspects, such as non-plastic mineral inclusions and its distribution in the ceramic matrix; mineralogical analysis by X-ray diffraction (XRD) in order to identify the existing crystalline phases present in the ceramic materials and to estimate firing temperature; and chemical analysis of the pastes

<sup>1</sup> Departamento de Conservação e Restauro, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa, Campus de Caparica, 2829-516 Caparica, Portugal [carinamauricio@yahoo.com.br](mailto:carinamauricio@yahoo.com.br)

<sup>2</sup> Instituto Tecnológico e Nuclear, Estrada Nacional 10, 2686-953 Sacavém, Portugal [amsoares@itn.pt](mailto:amsoares@itn.pt)

<sup>3</sup> Departamento de Conservação e Restauro, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa, Campus de Caparica, 2829-516 Caparica, Portugal [arl@fct.unl.pt](mailto:arl@fct.unl.pt)

<sup>4</sup> Departamento de Arte, Conservação e Restauro, Instituto Politécnico de Tomar, Quinta do Contador, 2300-313 Tomar, Portugal [jcoroado@ipt.pt](mailto:jcoroado@ipt.pt)

<sup>5</sup> IGESPAR – Extensão de Castro Verde, Rua D. Afonso Henriques, 98, 7780-183 Castro Verde, Portugal [mdeus@igespar.pt](mailto:mdeus@igespar.pt)

<sup>6</sup> Câmara Municipal de Serpa, Praça da República, 7830-389 Serpa, Portugal [asofia@cm-serpa.pt](mailto:asofia@cm-serpa.pt)

using micro-energy dispersive X-ray fluorescence spectrometry ( $\mu$ -EDXRF) in order to allow, together with all information, to look for associations and similarities between pottery samples.

The results obtained point out to the use of local clays in the manufacture of ceramic ware. On the other hand, pattern-burnished pottery and non-decorated ceramic from Passo Alto seem to have been manufactured using the same paste and technique, being the surface treatment the only difference between them.

## INTRODUÇÃO

O estudo arqueométrico de cerâmicas permite, em muitos casos, determinar não só a proveniência das matérias-primas com que foram manufacturadas e as tecnologias utilizadas, mas também obter informação sobre as redes comerciais existentes entre as comunidades que produziram e utilizaram esse tipo de artefacto (Cabral *et alii*, 1983, 1988; Day *et alii*, 1999).

O presente estudo, ainda que preliminar, envolveu a caracterização arqueométrica de cerâmicas provenientes das escavações arqueológicas levadas a cabo em sítios de habitat do Bronze Final do Sudoeste<sup>7</sup>, na margem esquerda portuguesa do Guadiana, designadamente no povoado fortificado do Passo Alto, Vila Verde de Ficalho (Soares, 2003, 2005, e 2007) e no povoado aberto de planície da Salsa 3, Serpa (Deus *et alii*, 2009). Estes sítios arqueológicos encontram-se implantados em áreas geologicamente distintas – xistosas, o Passo Alto; gabro-dioríticas, a Salsa 3 (figura 1). O espólio cerâmico, atribuível a contextos do Bronze Final do Passo Alto, apresenta formas e decorações tipologicamente idênticas ou muito semelhantes às das cerâmicas recuperadas em contextos da mesma cronologia da Salsa 3.

## METODOLOGIA

Do conjunto cerâmico do Bronze Final proveniente da escavação do Passo Alto seleccionaram-se 8 fragmentos, quatro não decorados e quatro com decoração brunida (figura 2). Importaria perceber se haveria distinção de pastas entre estes dois grupos. Da cerâmica do Bronze Final, recolhida durante a intervenção arqueológica na Salsa 3, seleccionaram-se 7 amostras (figura 3) provenientes do enchimento de uma estrutura negativa, designada por “silo” 4 (Deus *et alii*, 2009).

Procedeu-se à caracterização, não só composicional, mas também das técnicas de produção utilizadas nas cerâmicas, de forma a perceber as dissemelhanças que possibilitassem a discriminação entre os dois povoados. Além disso, dentro das cerâmicas do Passo Alto, testou-se a eventual possibilidade de discriminar entre as que apresentavam ornatos brunidos e as não decoradas. A metodologia analítica envolveu a análise química por Espectrometria de Micro-Fluorescência de Raios X, Dispersiva de Energias ( $\mu$ -EDXRF), a análise mineralógica por Difractometria de Raios X (XRD) e a análise petrográfica por observação de lâminas delgadas através do Microscópio Óptico com Luz Transmitida Polarizada (OTPLM).

<sup>7</sup> Este trabalho baseia-se, em parte, na Tese de Mestrado (Maurício, 2007) elaborada e defendida pela primeira autora na Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa.

## RESULTADOS. DISCUSSÃO

### PASSO ALTO

Em todos os fragmentos analisados a porosidade varia de média a alta. Algumas amostras apresentam pastas pouco coesas, enquanto outras são coesas, e a textura varia de homogênea, na maioria das amostras, a grosseira. A cor da pasta é acastanhada, mas difere de amostra para amostra, apresentando várias gamas, de castanho a castanho alaranjado, mais claro ou mais escuro. Existe, no entanto, uma de cor negra. Todas parecem indicar que sofreram uma cozedura e um arrefecimento em atmosfera oxidante, à exceção daquela de cor negra e de duas outras que, por apresentarem cores mais claras nas zonas mais exteriores, podem ter sido cozidas em ambiente redutor e arrefecidas com ligeira oxidação.

As inclusões não plásticas são principalmente quartzo, plagioclase, anfíbola, feldspato potássico e biotite. Identificou-se ainda (por XRD), mas apenas em algumas amostras, a presença de piroxena e goethite (figura 4).

Estas inclusões não plásticas, que representam 20 a 30% ou 30 a 40% da matriz, dependendo da amostra, têm, quase na sua globalidade, tamanho de grão<sup>8</sup> muito fino a médio, de 0,025 a 2,5 mm. A forma mais habitual dos grãos é a subangulosa, não deixando de existir também grãos angulosos e sub-rolados. As inclusões, dispersas regularmente na pasta, e sem orientação definida, apresentam cores que vão desde o castanho ao cinzento, passando pelo preto e pelo branco.

Os fragmentos pétreos dizem respeito a diferentes associações de minerais que também foram identificados dispersos na matriz. Foi ainda possível observar agregados argilosos nos interstícios de alguns grãos.

A análise por XRD (tabela 1, figura 4) permitiu complementar as observações ao OTPLM de lâminas delgadas. Identificaram-se micas/illite e calcite em quase todas as amostras e minerais argilosos expansivos, em apenas uma. A presença do pico micas/illite pode confirmar a identificação da biotite realizada em lâmina delgada, ou dizer respeito à matriz argilosa, e/ou ainda a produtos de alteração dos minerais que se encontram, em grande parte, alterados. Os feldspatos estão, na sua maioria, sericitizados e/ou caulinizados, e algumas das biotites e anfíbolas apresentam-se cloritizadas (Rice, 1987; Barclay, 2001).

Devido à ausência de estruturas cristalinas que se formam acima de 900/1000°C, como é o caso das do grupo espinela, e à presença de micas, que se decompõem acima de 950/1000°C, de feldspatos potássicos, que iniciam a sua decomposição a partir de 900°C, e ainda de calcite em algumas amostras, cuja transformação ocorre a 850°C, estima-se que a temperatura de cozedura destas cerâmicas tivesse sido inferior a 850-900°C (Herz e Garrison, 1998).

Através dos resultados obtidos por  $\mu$ -EDXRF foi possível identificar (tabela 2) silício (Si), alumínio (Al), ferro (Fe), potássio (K), cálcio (Ca) e titânio (Ti) e, vestigialmente, manganês

<sup>8</sup> Abaixo de 0,1 mm – *grão muito fino*; 0,1-0,33 mm – *grão fino*; 0,33-1 mm – *grão pequeno*; 1-3,3 mm – *grão médio*; 3,3-10 mm – *grão grosseiro* (Riederer, 2004).

(Mn), fósforo (P), vanádio (V), zircónio (Zr), estrôncio (Sr), zinco (Zn), crómio (Cr), níquel (Ni) e cobre (Cu). Em algumas amostras detecta-se a presença de rubídio (Rb) e o bário (Ba) ocorre pontualmente em duas amostras.

Com a análise quantitativa efectuada por  $\mu$ -EDXRF verifica-se que os teores mais abundantes diferem significativamente entre si. É interessante verificar que quanto menor o valor da sílica, maior é o valor da alumina e do óxido de ferro. Também se nota alguma variabilidade nos valores correspondentes ao óxido de titânio, de potássio e de cálcio. Comparando os teores dos elementos traço neste grupo de amostras verifica-se que a maioria apresenta valores com uma menor variabilidade entre eles, sendo excepção o fósforo, o vanádio, o manganês e o bário.

O que foi atrás referido aplica-se à totalidade da amostra do Passo Alto – cerâmicas com ornatos brunidos e não decoradas. Verificou-se, pois, a inexistência de diferenças relevantes que permitissem distinguir claramente entre si estas cerâmicas (veja-se a Fig. 5), pelo que se considerará, para efeitos posteriores, todos estes fragmentos como pertencentes a um só grupo.

### SALSA 3

As pastas dos fragmentos cerâmicos provenientes da Salsa 3 apresentam-se muito coesas, com acabamento de superfície poroso normal, com excepção de uma amostra que apresenta a superfície externa brunida e que não é tão coesa como as restantes; no geral, todas elas manifestam porosidade média e uma textura homogénea.

As cores variam consoante a amostra: existem amostras com cerne castanho-escuro, sendo castanho-alaranjado nas zonas mais exteriores, o que pode indicar uma cozedura em ambiente redutor e um arrefecimento em ambiente oxidante em maior ou menor grau, dependendo da espessura do cerne; outras amostras são completamente negras, muito provavelmente cozidas e arrefecidas em ambiente redutor; uma outra é castanha, indiciando cozedura e arrefecimento com ambiente oxidante; e no caso ainda de uma outra amostra, onde se observa uma ligeira camada negra nas áreas superficiais sobrepondo-se ao castanho, que é a cor exibida na quase totalidade da pasta, o que poderá indiciar uma cozedura em ambiente oxidante e ligeira redução no arrefecimento.

Entre as inclusões não plásticas, as mais frequentes são de quartzo e de plagioclase, seguidas de anfíbola, de feldspato potássico e de biotite. Estas inclusões apresentam tamanhos de grão que variam de muito fino a médio, com dimensões compreendidas entre 0,05 e 1,5 mm; às vezes, ocorrem algumas mais grosseiras com dimensão aproximada de 2,5 mm. Representam cerca de 30 a 40%, na maioria das amostras, e cerca de 20 a 30 % em duas amostras. Estão distribuídas regularmente na matriz, sem nenhuma orientação em particular. A forma dos grãos é predominantemente angulosa, mas existem também grãos sub-angulosos e sub-rolados. As cores são várias: branco, preto, cinzento, castanho e laranja.

Através da observação das lâminas delgadas foi ainda possível identificar minerais opacos e agregados constituídos pelos minerais que se encontram dispersos na matriz.

Observam-se também, nomeadamente nas amostras Salsa 5 e Salsa 6, grãos constituídos por quartzo intercalado com partículas de biotite orientadas.

Da leitura dos difractogramas obtidos por XRD (Tabela 1) verificou-se, na totalidade das amostras, a presença de materiais argilosos expansivos e a presença vestigial da mica/illite (em apenas duas amostras). Este registo pode estar associado à presença de produtos de alteração dos minerais básicos e dos feldspatos, tais como os resultantes de sericitização e/ou caulinição dos feldspatos, cloritização nas biotites e nas anfíbulas. No entanto, e uma vez que ocorrem em todas as amostras, os minerais argilosos expansivos, a sua presença, e de acordo com as observações microscópicas, deverá estar associada à natureza argilosa/micácea da matriz (Rice, 1987; Aires-Barros, 1991).

Tendo em conta as mesmas razões apresentadas anteriormente e, a acrescentar a isso, ao facto dos minerais argilosos expansivos começarem a perder as suas características de estrutura cristalina a partir aproximadamente dos 600°C, perdendo-as irreversivelmente aos 950-1100°C, pressupõe-se que estas cerâmicas, por apresentarem minerais argilosos expansivos na sua composição, que podem resultar da reorganização estrutural a partir da designada memória cerâmica favorecida pelo contexto geoquímico de enterramento, não foram cozidas a temperaturas superiores a 750-850°C (Bruxeda i Garrigós et al., 2001; Rice, 1987; Herz e Garrison, 1998).

Dos espectros obtidos por  $\mu$ -EDXRF identificaram-se os seguintes elementos maiores, menores e traço: Si, Al, Fe, K, Ca, Ti, Mn, P, Cu, Zn, Sr, Zr e Ba, cujas concentrações se apresentam na Tabela 2. Na maioria das amostras detectaram-se ainda Cr, Ni e Rb.

#### COMPARAÇÃO DA CERÂMICA DO PASSO ALTO COM A DA SALSA

Ao comparar os fragmentos de cerâmica analisados provenientes de contextos arqueológicos, com a mesma cronologia, do Passo Alto e da Salsa 3, verifica-se que as amostras do Passo Alto representam um grupo bastante heterogéneo, enquanto as do sítio da Salsa 3 já são mais semelhantes entre si. As do Passo Alto apresentam acabamentos de superfície que variam de poroso normal a grosseiro, pastas pouco coesas a coesas, porosidade média a alta e textura variável de homogénea a grosseira, enquanto as da Salsa são porosas normais, com pastas muito coesas, porosidade média e textura homogénea. Também, como referido anteriormente, as cerâmicas em questão apresentam cores bem diversas, indiciando atmosferas de cozedura e arrefecimento variadas, pelo que não se pode considerar este aspecto como sendo relevante para a diferenciação dos grupos.

Tendo em conta o exposto anteriormente, e com base nas fases cristalinas existentes, conjectura-se que a temperatura de cozedura de ambos os grupos não ultrapassou os 750-900°C.

As inclusões não-plásticas mais abundantes nos dois grupos são da mesma natureza: quartzo, plagioclase, feldspatos potássico, anfíbola e biotite; no entanto, verificam-se algumas diferenças: todas as amostras da Salsa 3 apresentam minerais argilosos expansivos, enquanto no Passo Alto apenas se detectaram estes minerais em 3 amostras, no conjunto de 8; contrariamente a isto, no Passo Alto detectou-se mica/illite em todas as

amostras, enquanto nas da Salsa ocorre apenas em duas, no conjunto de 7; por fim, ainda se verifica em algumas amostras do Passo Alto a existência de piroxenas, calcite e goethite.

Acrescentar-se-á também que as inclusões nas amostras do Passo Alto representam 20 a 30% da matriz, enquanto nas da Salsa 3 as inclusões são mais numerosas representando, na maioria dos fragmentos analisados, 30-40% da matriz. Apesar do tamanho de grão, em ambos os grupos, variarem entre o muito fino e o médio, o grupo do Passo Alto compreende um intervalo maior – 0,025 a 2,5 mm – em relação ao da Salsa 3 – 0,05 a 1,5 mm. Aspectos relacionados com a forma, distribuição e orientação dos grãos são semelhantes em ambos os grupos.

Poderia ser interessante especular quanto à degradação das cerâmicas, devido à existência de minerais argilosos expansivos, uma vez que têm facilidade em adsorver iões nas suas camadas reticulares. Este facto pode levar à ocorrência de ciclos expansão-retracção com a variação de humidade relativa, o que, a longo prazo, pode conduzir à desintegração do corpo cerâmico. No entanto, na cerâmica da Primeira Idade do Ferro do Passo Alto, que apresenta maior degradação das pastas em relação à observada nas do Bronze Final, não se detectou a presença de minerais argilosos expansivos (Maurício, 2007). Pensa-se, assim, que o efeito da variação dimensional, provocada pelos minerais argilosos expansivos, não é significativo na degradação das pastas cerâmicas em questão (Velde e Druc, 1999; Herz e Garrison, 1998; Pollard e Heron, 1996).

Ao traçar diagramas binários a partir dos teores (tabela 2) em alguns elementos químicos discriminantes presentes nas amostras do Bronze Final de ambos os sítios verifica-se a formação de dois grupos, cada um correspondente a um sítio arqueológico (figura 6). A fortalecer essa discriminação está o facto do vanádio, detectado em todas as amostras do Passo Alto, não ser detectado nas amostras da Salsa 3, e o bário, detectado apenas pontualmente em duas amostras do sítio do Passo Alto, aparecer em quantidades significativas em todas as amostras do sítio da Salsa.

## CONCLUSÕES

Os métodos arqueométricos de exame e análise, designadamente os utilizados neste trabalho ( $\mu$ -EDXRF, XRD e OTPLM) são instrumentos importantes no estudo e caracterização de cerâmica arqueológica, como o estudo das cerâmicas do Bronze Final do Passo Alto e da Salsa 3 constitui mais um exemplo.

As cerâmicas dos habitats do Passo Alto e da Salsa 3 provêm, muito provavelmente, de contextos geológicos distintos, uma vez que o primeiro se situa numa zona de formações xistosas e o segundo numa zona de gabro-dioritos, o que se reflecte nas diferenças texturais, mineralógicas e químicas identificadas entre os dois grupos. No entanto, seria necessário um número de amostras mais significativo para que as conclusões retiradas tivessem maior aceitabilidade estatística. De qualquer modo, as técnicas utilizadas mostraram a sua elevada potencialidade na discriminação de conjuntos cerâmicos.

Os resultados obtidos apontam para o agrupamento, quer mineralógico quer químico, das amostras por povoado, indicando fabrico local e não indiciando trocas entre os dois

povoados. Por outro lado, as composições química, mineralógica e textural das cerâmicas decoradas e não decoradas do Passo Alto são muito semelhantes entre si, diferindo apenas, e como é evidente, no tratamento físico da superfície decorada.

## BIBLIOGRAFIA

- AIRES-BARROS, L. (1991), *Alteração e Alterabilidade de Rochas*, Lisboa.
- BARCLAY, K., (2001), *Scientific Analysis of Archaeological Ceramic – A Handbook of Resources*, Oxford.
- BUXEDA i GARRIGÓS, J., KILIKOGLU, V., e DAY, P.M. (2001), “Chemical and mineralogical alteration of ceramics from a late bronze age kiln at Kommos, Crete: the effect on the formation of a reference group”, *Archaeometry*, 43(3), 349-371.
- CABRAL, J.M.P., GOUVEIA, M.A., ALARCÃO, A.M., e ALARCÃO, J. (1983), “Neutron Activation Analysis of Fine Grey Pottery from Conímbriga, Santa Olaia and Tavadrede, Portugal”, *Journal of Archaeological Science*, 10, 61-70.
- CABRAL, J.M.P., PRUDENCIO, M.I., GOUVEIA, M.A., e ARNAUD, J.M. (1988), “Chemical and Mineralogical Characterization of Pré-Beaker and Beaker Pottery from Ferreira do Alentejo (Beja, Portugal)”, *Proceedings of the 26th International Archaeometry Symposium* (R.M. Farquhar, R.G.V. Hancock, e L.A. Pavlish, Eds.), Toronto.
- DAY, P.M., KIRIATZI, E., TSOLAKIDOU, A., e KILIKOGLU, V. (1999), “Group Therapy in Crete: A Comparison Between Analyses by NAA and Thin Section Petrography of Early Minoan Pottery”, *Journal of Archaeological Science*, 26, 1025-1036.
- DEUS, M., ANTUNES, A.S., e SOARES, A.M.M. (2009), “A Salsa 3 (Serpa) no contexto dos povoados abertos do Bronze Final do Sudoeste”, (este volume).
- HERZ, N., e GARRISON, E.G. (1998), *Geological Methods for Archaeology*, Oxford.
- MAURÍCIO, C. (2007), *Caracterização textural, mineralógica e química de cerâmicas arqueológicas*, Tese de Mestrado, Universidade Nova de Lisboa, Faculdade de Ciências e Tecnologia (Departamento de Conservação e Restauro).
- POLLARD, A.M., e HERON, C. (1996), *Archaeological Chemistry*, London.
- RICE, P.M. (1987), *Pottery Analysis – A sourcebook*, Chicago.
- RIEDERER, J. (2004), “Thin section microscopy applied to the study of archaeological ceramics”, *Hyperfine Interactions*, 154, 143-158.
- SOARES, A.M.M. (2003), “O Passo Alto: uma fortificação única do Bronze Final do Sudoeste”, *Revista Portuguesa de Arqueologia*, 6/2, 293-312.
- SOARES, A.M.M. (2005), “Os povoados do Bronze Final do Sudoeste na margem esquerda portuguesa do Guadiana: novos dados sobre a cerâmica de ornatos brunidos”, *Revista Portuguesa de Arqueologia*, 8-1, 111-145.
- SOARES, A.M.M. (2007), “Cavalos-de-Frisa e Muralhas Vitrificadas no Bronze Final do Sudoeste. Paralelos Europeus”, *Estudos Arqueológicos de Oeiras*, 15, 155-182.
- VELDE, B. e DRUC, I.C. (1999), *Archaeological Ceramic Materials – Origin and Utilization*, Springer.

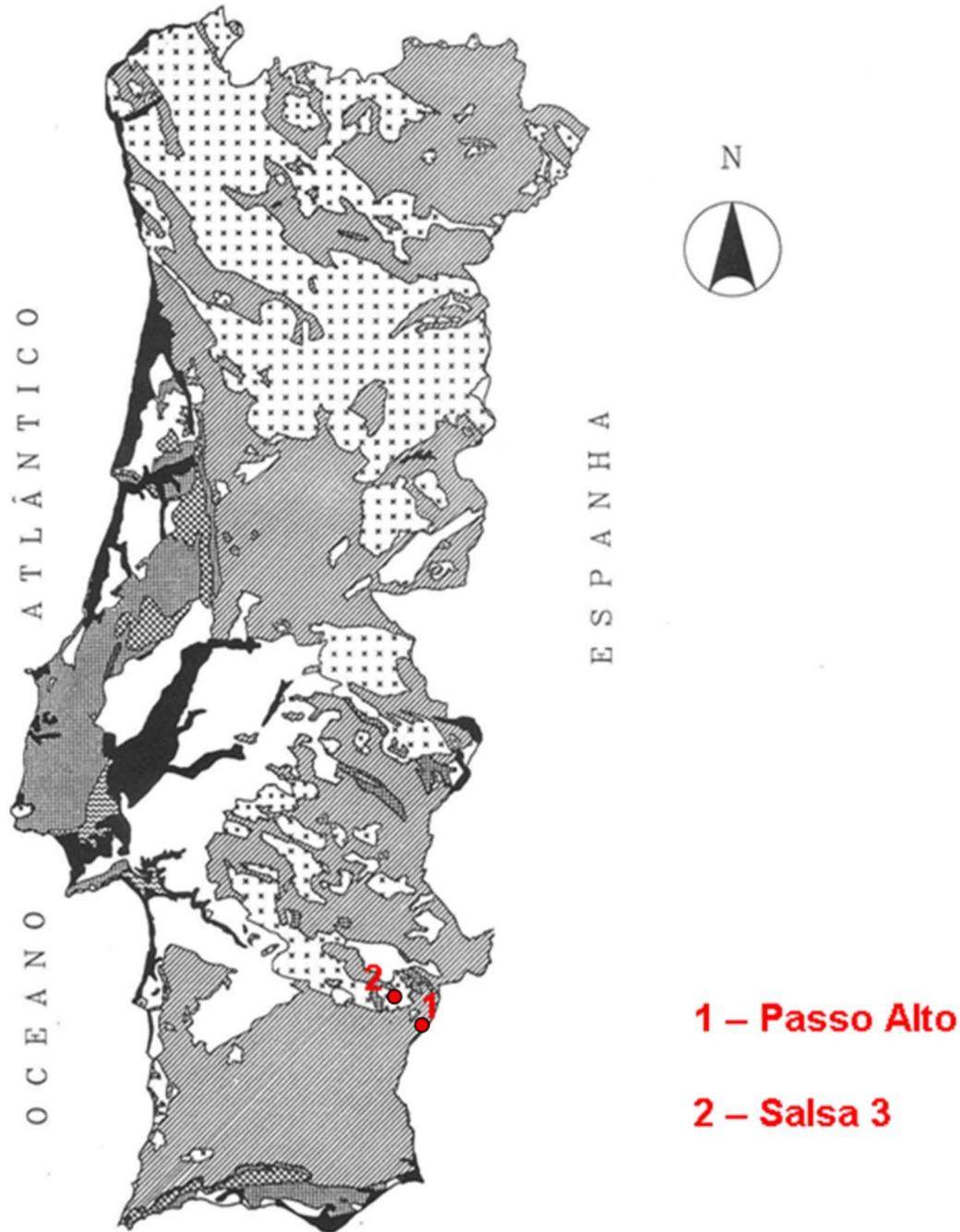


Figura 1. Localização dos sítios arqueológicos do Passo Alto e da Salsa 3.

Sem Decoração	Antes do corte	Após o corte	Decoração Brunida	Antes do corte	Após o corte
MN-20			MN-33		
MN-6			MN-30		
PA-87/10			MN-02		
PA-87/5			MN-01		

Figura 2. Fragmentos de cerâmica do Passo Alto objecto de análise.

	Antes do corte	Após o corte		Antes do corte	Após o corte
1			4		
2			5		
3			6		
			7		

Figura 3. Cerâmica sujeita a análise proveniente da Salsa 3.

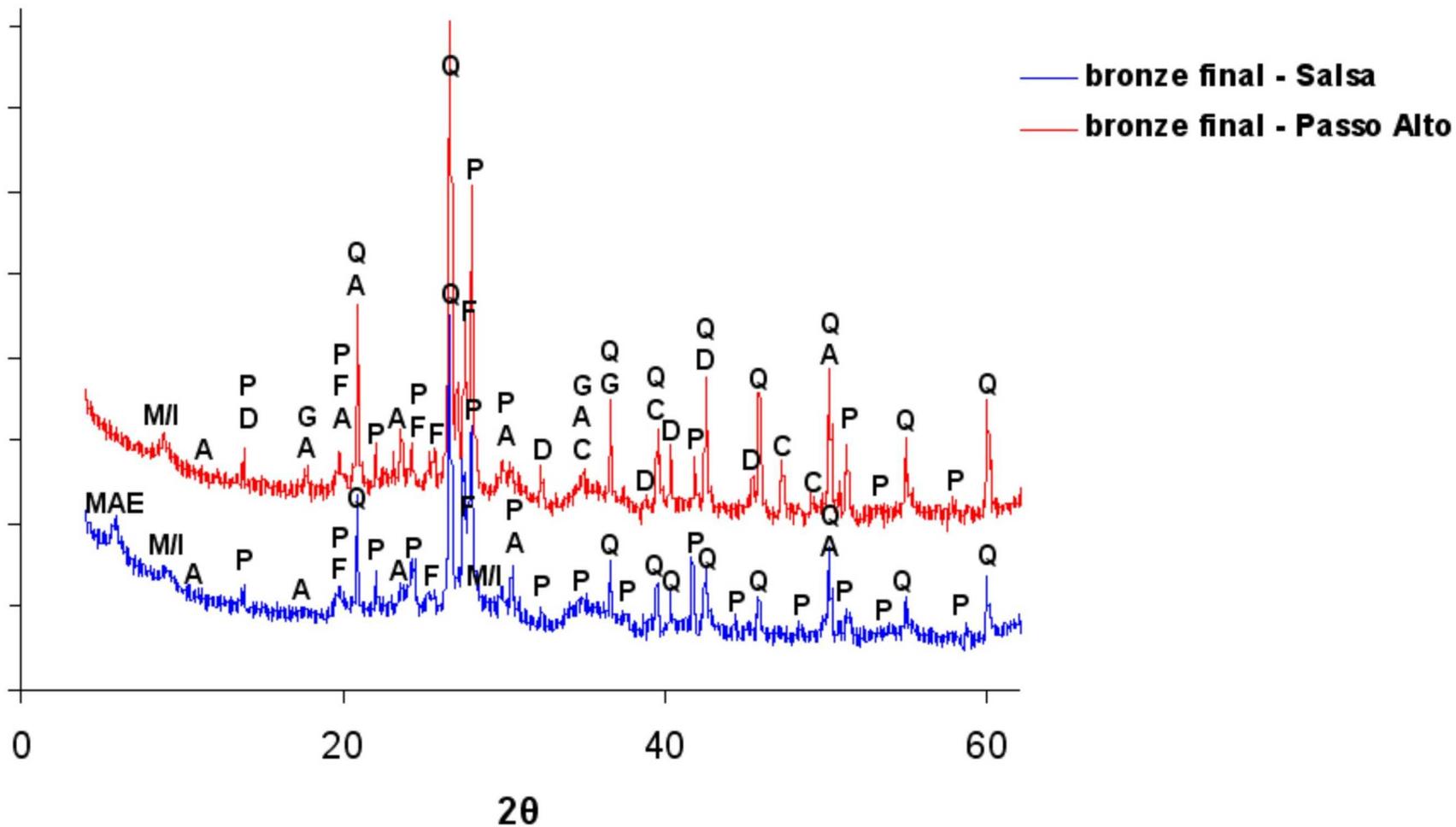


Figura 4. Espectro de XRD das amostras Salsa 6 e PA-87/5, em que: MAE – minerais argilosos expansivos; M/I – moscovite/illite; A – anfíbola; G – goethite; P – plagioclase; F – feldspato; Q – quartzo; C – calcite; D – dióxido (piroxena).

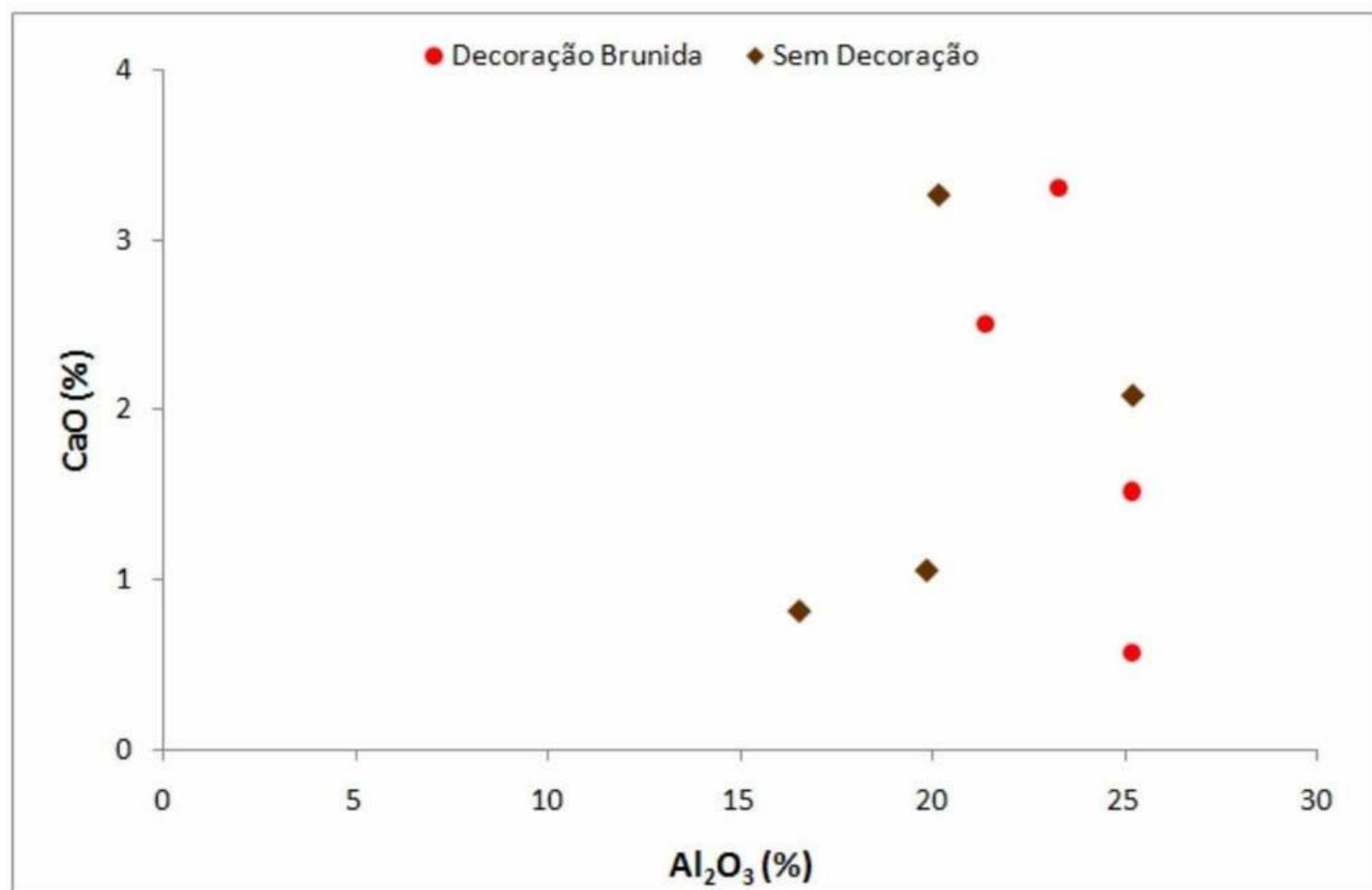
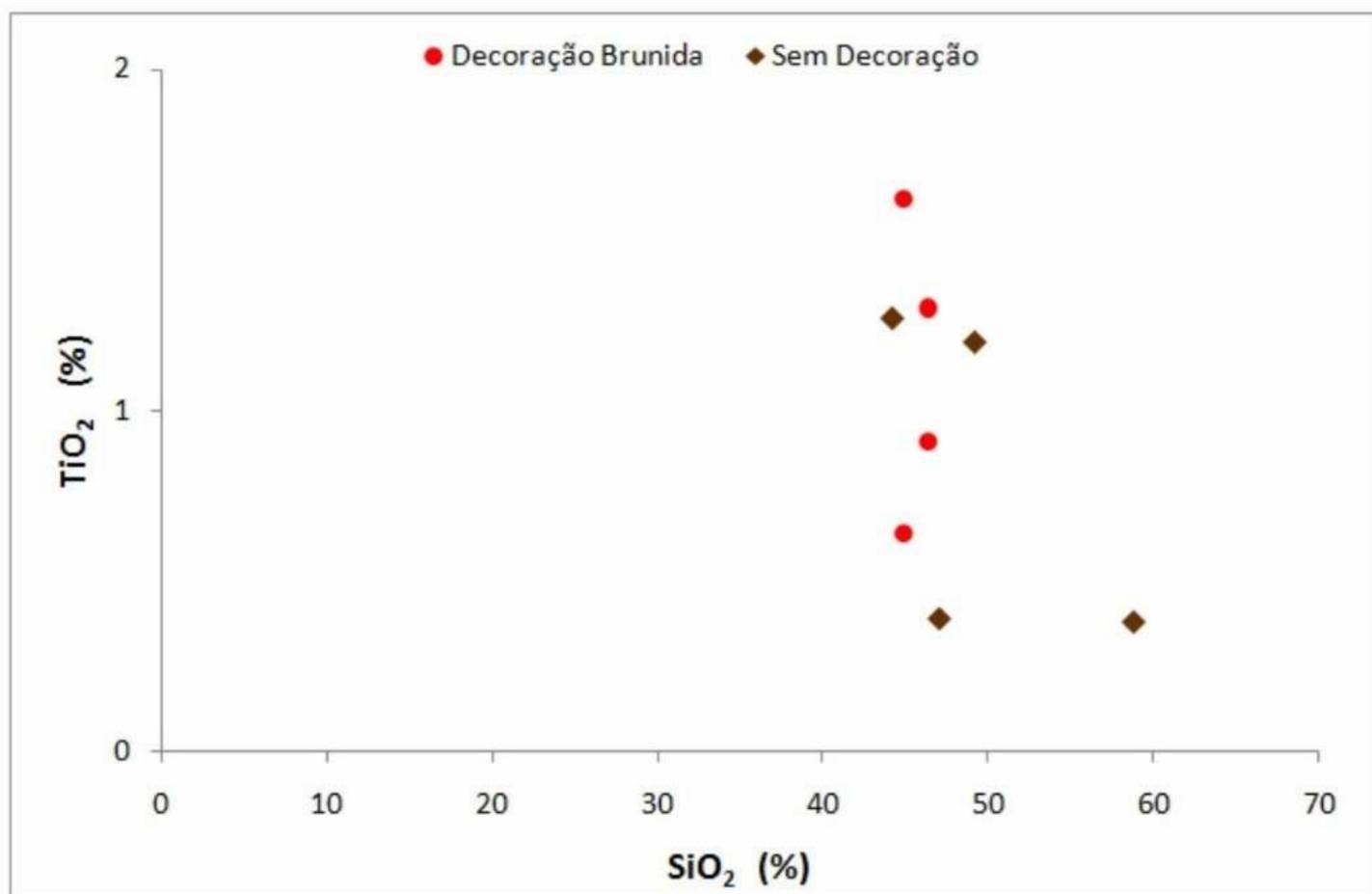
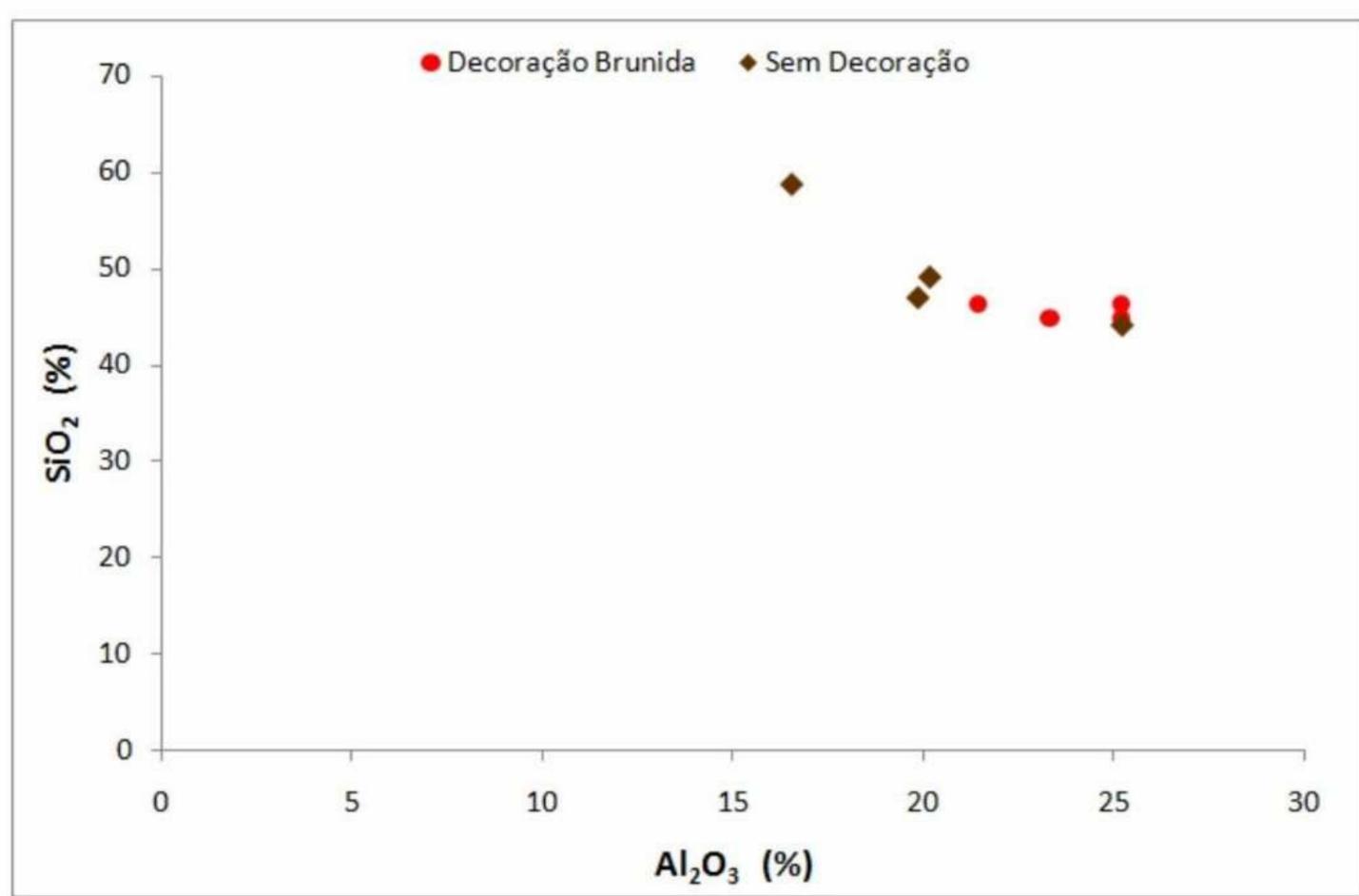
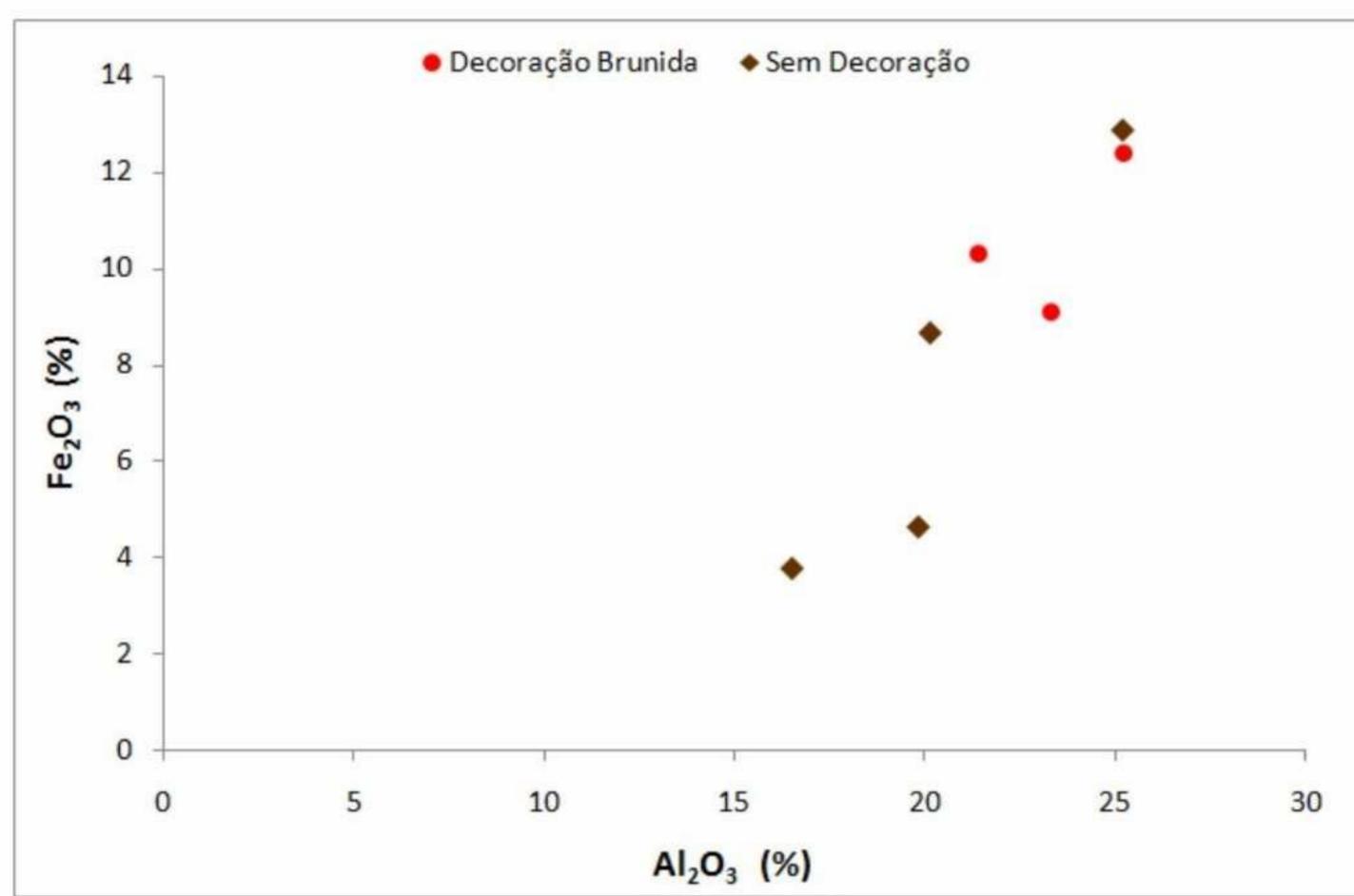


Figura 5. Diagramas binários da composição química das cerâmicas decoradas com ornamentos brunidos e não decorada do Passo Alto.

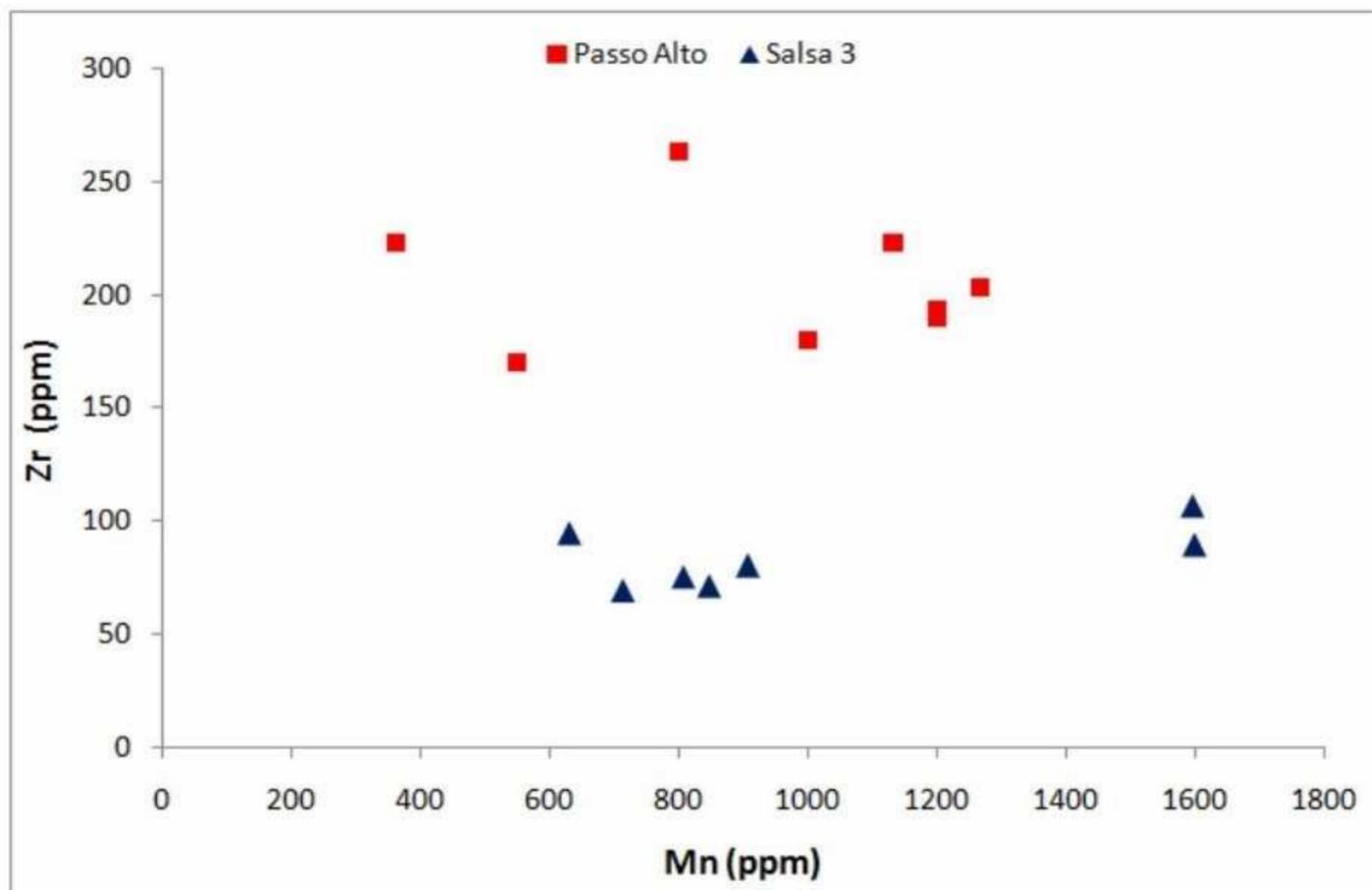
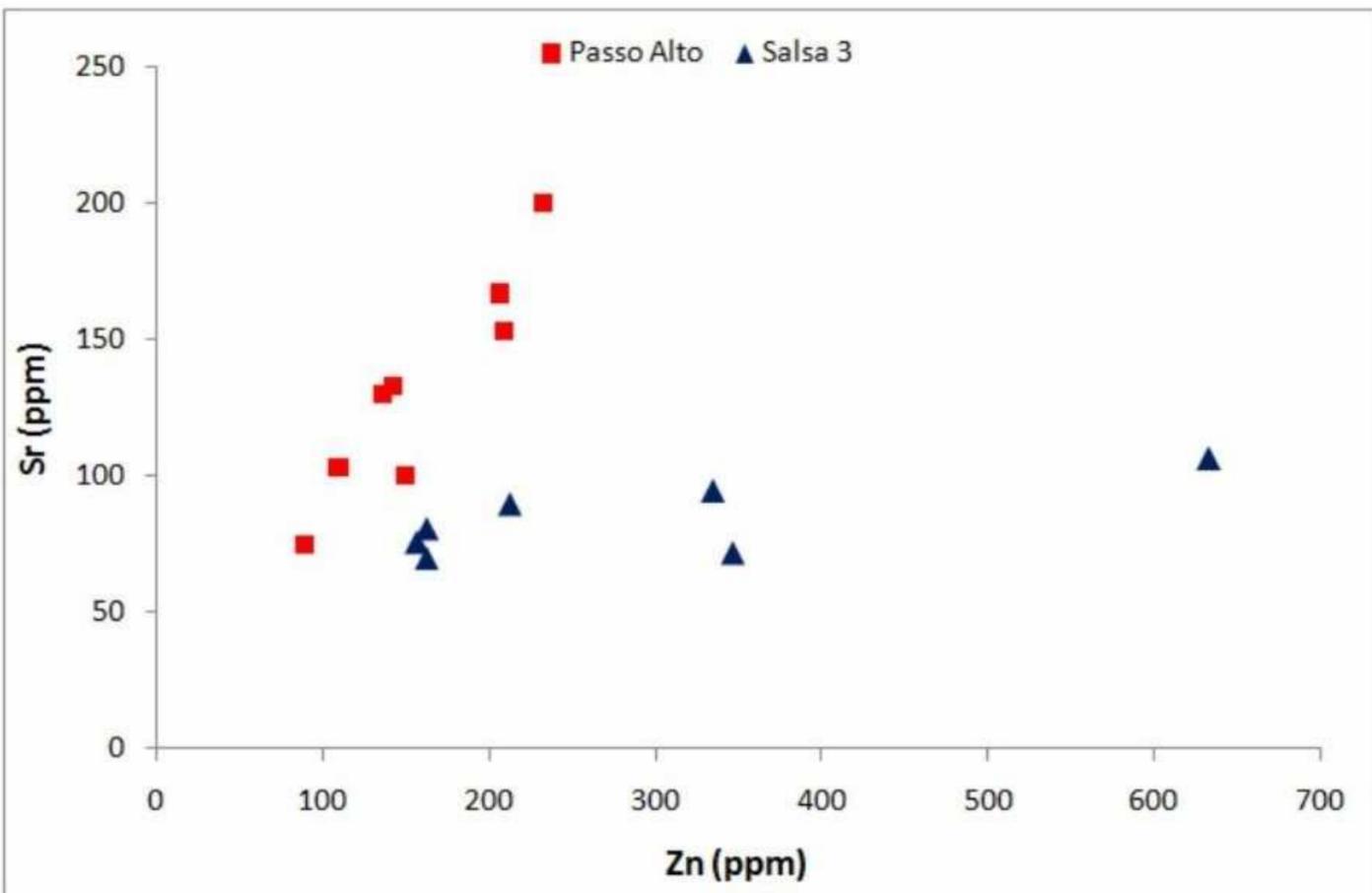
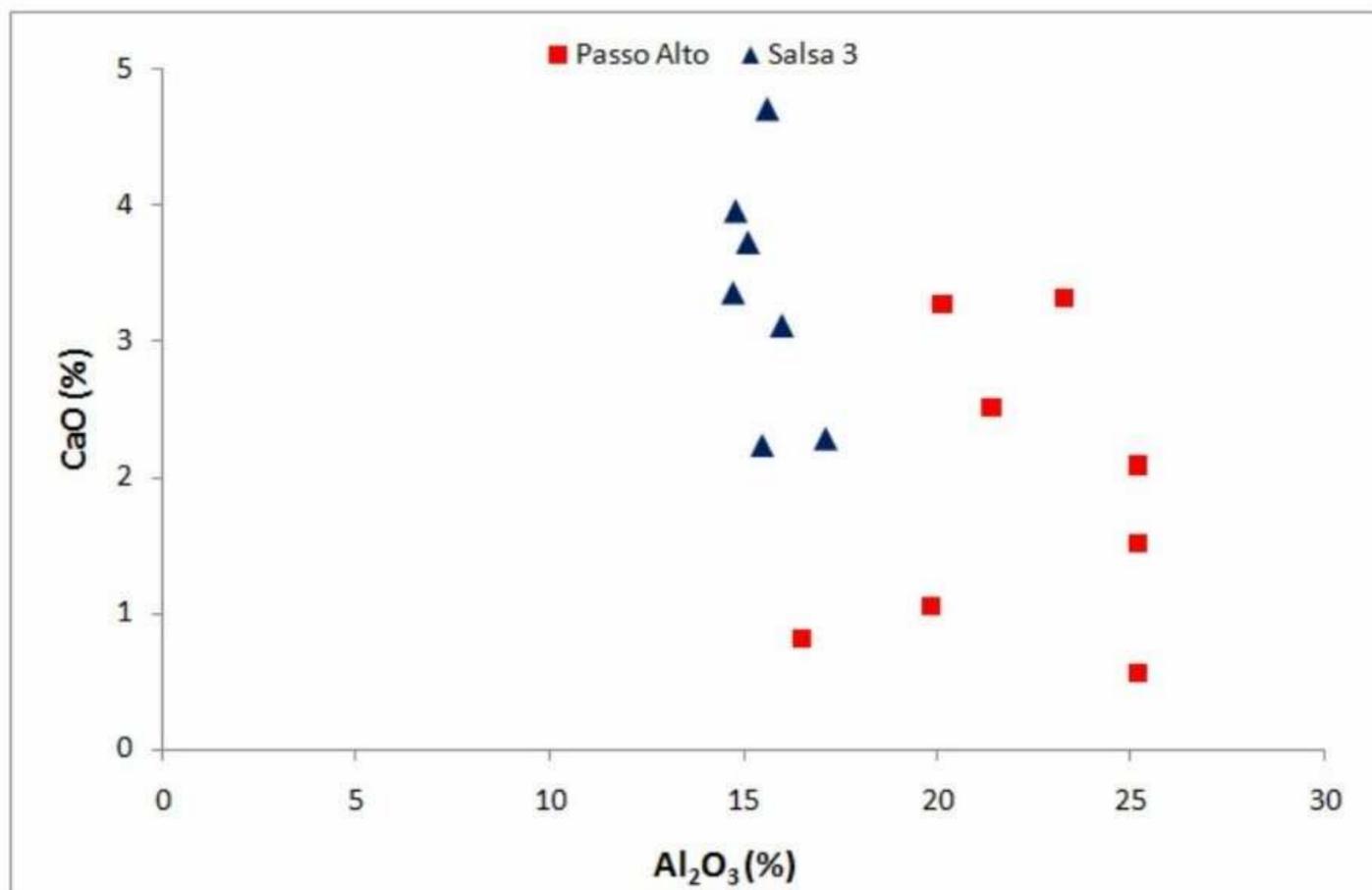
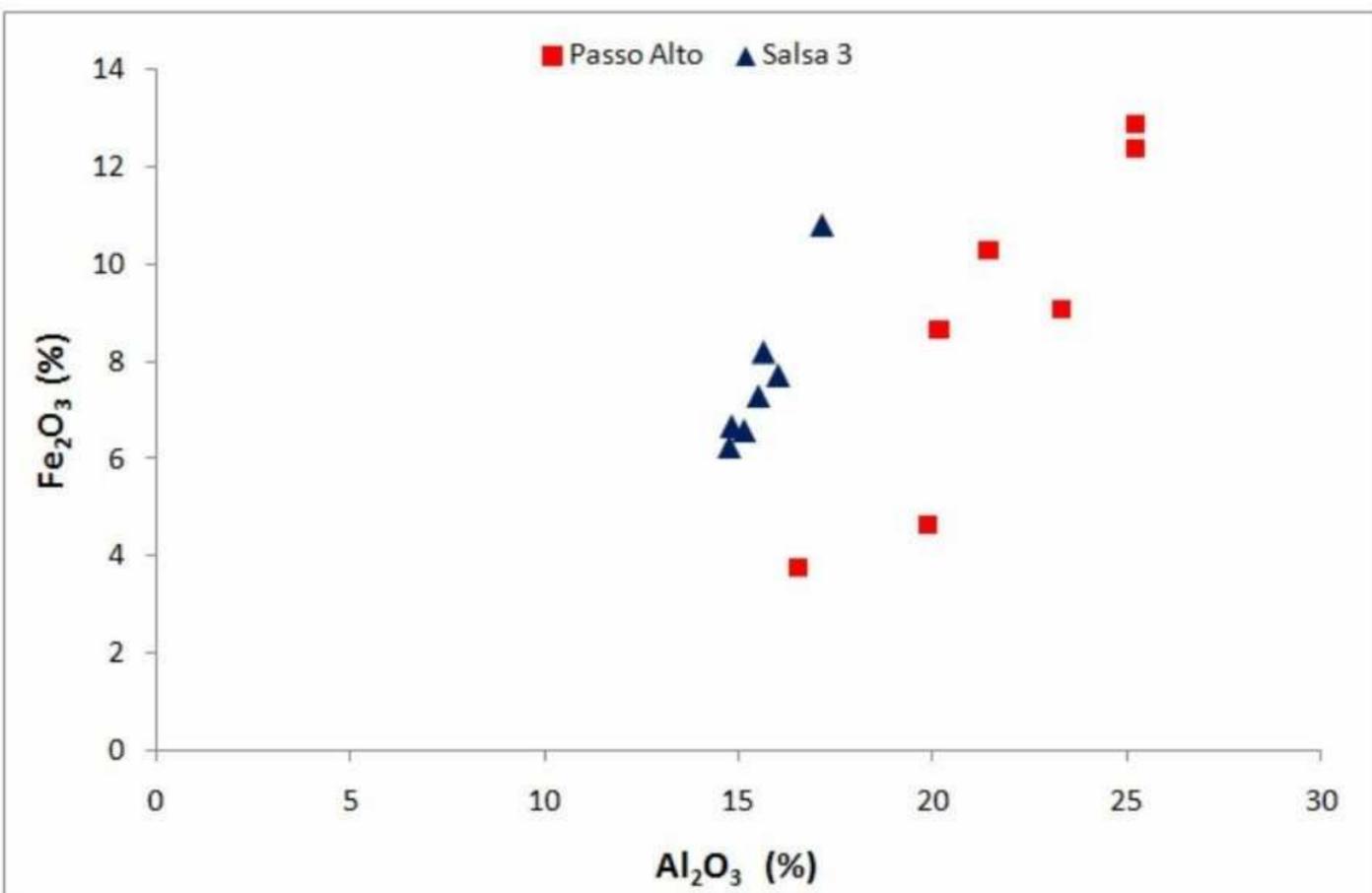


Figura 6. Diagramas binários de composições químicas discriminantes do Passo Alto e de Salsa 3.

Tabela 1. Análise mineralógica das pastas cerâmicas por lâmina delgada e difracção de raios X.

			Minerais identificados através da análise por lâmina delgada	Abundância relativa dos minerais identificados por difracção de raios X										
				Pl <sup>1</sup>	Qz	Anf <sup>2</sup>	FK <sup>3</sup>	Px <sup>4</sup>	C	T	G	H	M/I <sup>5</sup>	MAE <sup>6</sup>
Salsa 3	Bronze Final	Salsa 1	Qz, Anf, FK, Pl, Bt, Op, FP	***	**	**	*	-	-	-	-	-	-	*
		Salsa 2	Qz, Anf, FK, Pl, Bt, Op, FP	***	**	**	*	-	-	-	-	-	vg	*
		Salsa 3	Qz, Anf, FK, Pl, Bt, Op, FP	***	***	**	*	-	-	-	-	-	-	*
		Salsa 4	Qz, Anf, FK, Pl, Bt, Op, FP	***	**	**	*	-	-	-	-	-	vg	*
		Salsa 5	Qz, FK, Op, FP	**	***	*	*	-	-	-	-	-	-	*
		Salsa 6	Qz, FK, Pl, Bt, Op, FP	**	***	vg	*	-	-	-	-	-	-	*
		Salsa 7	Qz, Anf, FK, Pl, Op, FP	***	**	*	vg	-	-	-	-	-	-	vg
Passo Alto	Bronze Final	MN-01	Qz, Anf, FK, Pl, Bt, Op, FP	***	**	**	*	-	vg	-	-	-	*	-
		MN-02	Qz, Anf, FK, Pl, Bt, Op, FP	**	***	**	*	-	-	-	*	-	vg	-
		MN-06	Qz, Anf, FK, Pl, Bt, Op, FP	**	***	*	*	-	*	-	-	-	vg	-
		MN-20	Qz, Anf, FK, Pl, Px, Bt, Op, FP	**	***	**	*	*	vg	-	-	-	vg	-
		MN-30	Qz, Anf, FK, Pl, Bt, Op, FP	**	***	-	*	-	-	-	*	-	vg	vg
		MN-33	Qz, Anf, FK, Pl, Bt, Op, FP	***	***	-	*	-	*	-	vg	-	vg	-
		PA/87-5	Qz, Anf, FK, Pl, Px, Bt, Op, FP	***	**	**	vg	*	*	-	*	-	vg	-
		PA/87-10	Qz, Anf, FK, Pl, Px, Bt, Op, FP	**	***	-	*	*	-	-	-	-	vg	-

Nota: Qz – quartzo, Anf – anfíbola, FK – feldspato potássico, Pl – plagioclase, Bt – biotite, Px – piroxena, Op – opacos, FP – fragmentos pétreos, MAE – material argiloso expansivo, M/I – moscovite/illite, G – goethite, T – talco, C – calcite, H – hematite.

<sup>1</sup> - As plagioclases podem ser: albite, oligoclase, andesite, labradorite, bytownite, anortite.

<sup>2</sup> - As anfíbolos presentes podem ser tremolite e/ou actinolite.

<sup>3</sup> - Os feldspatos potássicos podem ser: microclina, ortoclase, sanidina.

<sup>4</sup> - As piroxenas podem ser augite, diópsido (clinopiroxenas) ou enstatite (ortopiroxena)

<sup>5</sup> - Filossilicato hidratado: moscovite, biotite ou illite.

<sup>6</sup> - Mineral argiloso expansivo: pode ser esmectite, vermiculite ou clorite, com maior probabilidade de ser esmectite.

\*\*\* = muito abundante

\*\* = abundante

\* = pouco abundante

vg = vestigial

Tabela 2. Composição química das pastas cerâmicas obtida por  $\mu$ -EDXRF.

			%								ppm								
			Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	TiO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	P	V	Cr	Mn	Ni	Cu	Zn	Rb	Sr	Zr	Ba
Passo Alto	Bronze Final	MN-01	23.3±0.58	44.93±1.00	2.2±0.07	3.31±0.46	1.62±0.23	9.09±5.47	967±153	333±87	73±23	1133±208	42±4	50±12	233±51	73±23	200±20	223±35	467±153
		MN-02	21.41±0.58	46.35±0.58	1.81±0.42	2.51±0.21	1.30±0.02	10.29±0.72	780±35	410±61	55±7	1200±100	50±21	100±43	207±40	93±6	167±25	190±17	<LD
		MN-06	20.15±0.58	49.20±1.00	1.07±0.21	3.27±0.56	1.20±0.22	8.67±1.44	557±49	240±26	217±72	1000±361	55±11	48±3	137±15	80±26	130±20	180±26	<LD
		MN-20	25.19±0.58	44.21±1.15	0.97±0.21	2.09±0.36	1.27±0.19	12.87±1.73	730±61	467±119	123±35	1200±173	52±18	91±16	143±31	<LD	133±6	193±15	<LD
		MN-30	25.19±0.58	46.35±0.58	0.92±0.02	0.57±0.04	0.91±0.17	12.39±0.58	763±32	310±26	237±25	1267±231	170±26	113±15	150±26	<LD	100±17	203±12	<LD
		MN-33	25.19±1.53	44.93±1.73	1.17±0.06	1.52±0.21	0.64±0.10	12.39±2.89	750±137	187±45	150±35	800±200	70±45	77±20	210±62	103±32	153±12	263±51	<LD
		PA-87/5	19.84±0.71	47.06±0.00	1.86±0.10	1.06±0.04	0.39±0.05	4.65±0.64	500±28	115±7	55±7	550±71	26±2	57±4	90±28	<LD	75±7	170±14	<LD
		PA-87/10	16.53±0.50	58.83±2.08	3.42±1.20	0.82±0.02	0.38±0.04	3.79±0.30	403±62	83±15	40±0	363±94	35±14	76±56	110±24	150±54	103±26	223±120	245±78
Salsa 3	Bronze Final	Salsa 1	15.62±0.84	42.43±0.67	0.64±0.17	4.71±0.31	0.61±0.15	8.2±0.59	523±47	<LD	90±53	1600±1050	71±26	64±19	213±25	47±15	100±25	90±10	1300±13
		Salsa 2	14.74±0.44	44±1.56	1.14±0.52	3.36±0.53	0.51±0.02	6.24±0.81	433±38	<LD	50±17	713±146	45±17	67±11	163±23	53±6	102±21	70±9	1167±252
		Salsa 3	16±1.79	45.42±1.48	1.2±0.10	3.12±0.35	0.86±0.32	7.72±2.55	493±123	<LD	<LD	847±431	34±9	59±27	347±121	52±17	126±27	72±8	737±318
		Salsa 4	14.8±0.26	44.5±1.41	0.69±0.16	3.96±0.25	0.32±0.01	6.67±0.76	450±65	<LD	53±9	907±71	30±7	51±4	163±38	<LD	114±15	81±7	1167±170
		Salsa 5	17.13±0.34	48.78±0.85	0.72±0.03	2.29±0.09	0.83±0.10	10.82±0.29	637±12	<LD	227±25	1597±587	183±29	90±8	633±21	60±8	72±5	107±12	1867±47
		Salsa 6	15.49±0.28	46±0.85	1.42±0.20	2.24±0.00	0.83±0.02	7.29±0.28	495±7	<LD	<LD	630±14	<LD	75±21	335±35	60±0	111±6	95±7	1800±141
		Salsa 7	15.12±0.00	40.01±0.66	1.55±0.16	3.73±0.47	0.52±0.04	6.58±0.36	413±64	<LD	57±15	807±165	45±13	49±10	157±38	93±67	91±27	76±13	1900±624

**Nota:** Os valores da composição química correspondem aos valores médios das medições efectuadas em  $\underline{n}$  amostras por cada fragmento cerâmico analisado, sendo n=3, à excepção de PA-87/5 em que n=2 e PA-87/10 em que n=4.