

Análise estatística multivariada de argilas do platô de Luanda e arredores

Multivariate statistical analysis of clays from the Luanda plateau and surroundings

Walter Fernando Mateia¹, Fernando Rocha², Claudio Raso de Almeida¹

¹Faculdade de Ciências da Universidade Agostinho Neto, Avenida 4 de Fevereiro n.º 71, Número de contribuinte 7101005232, Luanda, Angola, email: waltermateia@hotmail.com, tavares.rocha@ua.pt, cloraposo@hotmail.com.

²Universidade de Aveiro- Professor Catedrático (Departamento de Geociências, 3810-193 Aveiro, Portugal; email: tavares.rocha@ua.pt).

CITAR COMO:

Mateia, W. F., F. Rocha y C. R. D. Almeida Análise estatística multivariada de argilas do Platô de Luanda e arredores. Revista Angolana de Geociências, 2020, 1(1), p. 29-37

INFORMAÇÃO ADICIONAL:

Recebido: 30/04/2020

Aceite: 29/05/2020

*Autor correspondente:

Walter Fernando Mateia
(e-mail: waltermateia@hotmail.com)

Licença: CC BY-NC

Copyright: Centro de Investigação em Ciências Geológicas Aplicadas

Conflitos de interesses:

Os autores declaram que não há conflitos de interesses

Resumo: O presente trabalho aborda estudos geoquímicos e aplicação de técnicas estatísticas multivariadas (nomeadamente análise de componentes principais e análise de agrupamento hierárquico), a partir da análise de trinta amostras de solos argilosos correspondentes a zona de estudo localizada na Bacia do Cuanza, amostras estas utilizadas como matéria prima na obtenção de produtos cerâmicos. Pretende-se extrair informações a partir das análises químicas dos elementos maiores aliadas às descrições de campo a fim de estabelecer diferenças e similaridades entre as amostras estudadas. Foi dada também especial importância à perda ao fogo, uma vez que esta determinação resulta principalmente da liberação de CO₂ e/ou água durante o aquecimento a 1000°C.

Assim, discute-se neste artigo a aplicabilidade e a interpretação da análise de componentes principais e com utilização do gráfico boxplot, Dendograma, Gráfico de scree Plot, componentes principais, e análise factorial. Também, faz-se uma discussão quanto à escolha da metodologia mais adequada, levando em consideração a informação requerida e os objectivos da pesquisa.

Palavras-chave: Argilas do platô de Luanda, geoquímica, estatística multivariada.

ABSTRACT: The present work was carried out emphasizes geochemical studies, and application of multivariate statistical techniques (hierarchical analysis of clusters, and analysis of main components, Cluster analysis, and correlation), from the analysis of thirty samples of clay soils corresponding to the study, belonging to the Cuanza Basin. Samples used as raw material in obtaining ceramic products, aiming to extract information from the chemical analysis of the major elements combined with field descriptions. Through this information, it was possible to establish differences and similarities between the different samples located in Luanda. Particular importance was also given to the loss to fire, since this determination results mainly from the release of CO₂ and / or water during heating at 1000 ° C.

Thus, this article discusses the applicability and interpretation of the analysis of main components and with the use of the boxplot graph, Dendrogram, Scree Plot graph, main components, and factorial analysis. Also, there is a discussion about the choice of the most appropriate methodology, taking into account the required information and the researcher's objectives.

Keywords: Lunda plateau clays, multivariate statistics.

INTRODUÇÃO

O estudo dos solos argilosos do Platô de Luanda e arredores foi, na sua maior parte realizado na zona Oeste da província de Luanda; para tal, fez-se uma colheita de 30 amostras pontuais, de forma aleatória. A análise estatística multivariada é a área da estatística que se preocupa com as relações entre as variáveis e como tal apresenta duas características principais: os valores das diferentes variáveis devem ser obtidos sobre os mesmos indivíduos e estas devem ser independentes e consideradas simultaneamente (KENDALL 1969).

A análise de componentes principais e a análise de agrupamento hierárquico são técnicas de análise multivariada com fundamentos teóricos bem diferentes, podendo ser aplicadas independentemente. Estas técnicas podem até ser complementares na informação sobre o conjunto de dados, dependendo do sistema analisado. Ambas fornecem a visão mais global possível das amostras dentro do conjunto de dados, conforme as variáveis usadas (CAZAR 2003).

O presente trabalho visa aplicar técnicas de análise estatística multivariadas (análise de componentes principais e análise de agrupamentos) nos dados de caracterização geoquímica (para posterior análise de aptidão cerâmica) em distintas zonas de Luanda onde afloram argilas. A aplicação destas técnicas permitiu selecionar os parâmetros de controle das matérias-primas, facilitando o mapeamento de futuras áreas promissoras para futuras explorações.

LIMITES E CARACTERÍSTICAS GERAIS

A zona em estudo ocupa a zona do Platô de Luanda e arredores, limitado a grosso modo pelos paralelos $9^{\circ}20'$ e $8^{\circ}44'(S)$ e pelos meridianos $13^{\circ}10'$ e $13^{\circ}25'(E)$. A oeste e naturalmente delimitada pelo oceano Atlântico, a norte pelo rio Zenza, a sul pelo rio Cuanza. A província de Luanda integra-se na região de clima semi-árido, relativamente ao litoral angolano, pode-se considerar como um clima mega térmico (thornthwaite), em que as médias de humidade relativa são muito elevadas ao longo do ano, atingindo valores máximos na época seca (80- 85%) (cacimbo). A estação chuvosa tem precipitações compreendidas entre 350mm e 400mm, que se caracterizam, quanto a sua distribuição, por acentuado grau de variabilidade.

A temperatura média anual é compreendida entre os 24 e $25^{\circ}C$. As condições de aridez são extremas na orla litoral, a par de um grau de insolação alto. Na classificação climática de Koppen a zona é de grande parte de clima seco de estepe, muito quente (BSH'), Diniz (1973). Do ponto de vista geomorfológico, destacam-se quatro ordens de superfícies: A primeira ordem situa-se a cotas superiores a 225 metros acima do nível médio do mar, é pouco extensa, corta formações Terciárias, na área do Bom Jesus (a uns 60 km a sul de Luanda).

Entre as cotas de 80 a 180 metros situam-se as superfícies de segunda ordem. É a mais extensa de todos e está representada ao longo de toda a parte costeira da referida bacia; em algumas áreas penetra até aos 140 km da bacia no interior do continente. Supõe-se que o início do seu aplanamento tenha tido lugar entre o Pliocénico e o Pleistocénico. A terceira situa-se a cotas variáveis entre 40 e 80 metros. A quarta ordem localiza-se a cotas compreendidas entre 12 e 20 metros. As últimas devem-se provavelmente a enfaixamentos e deposições ocorridas nas fases de oscilações marinhas quaternárias.

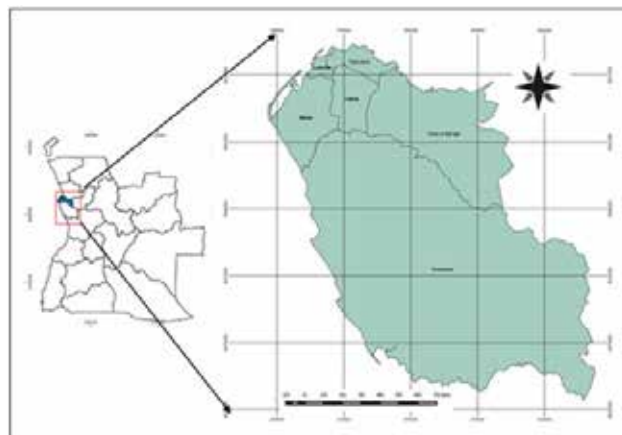


Figura 1: Localização geográfica da zona em estudo

ENQUADRAMENTO GEOLÓGICO

O conhecimento geológico da zona de estudo é muito pormenorizado (Diniz 1968). Os depósitos mais recentes, de idade Holocénica, estão representados por areias de grão médio, algumas vezes limosas, com conchas de lamelibrânquios e gastrópodes, que passam em profundidade a sedimentos arenosos de notável desenvolvimento nos arredores de Luanda, e nos depósitos de base da escarpa, formam os corpos arenosos das ilhas de Luanda, da Chicala e do Mussulo, e prolongam-se até às imediações da zona de Cacucaco (Ciampo et al, 2000). A unidade informal Argilas pretas do Cazenga é representada por argilas negras e cinzentas, com alta percentagem de montmorilonite e quartzo; também estão presentes em menor proporção, caulinite, calcite e às vezes ilite (Morais e Sgrossso, 1995). A formação Quelo (Pleistoceno) é constituída por areias silto-argilosas de granulometria média a fina de cor avermelhada (Carvalho, 1954). Formação Luanda (Pliocénico) constituída por margas castanhas com foraminíferos, arenitos e arenitos calcários. Associada a ambientes costeiros e deltaicos (Brognon & Verrier, 1965). A formação Quifangondo (Aquitaniense) é constituída fundamentalmente por uma sedimentação típica da orla ocidental da bacia, inicialmente com níveis lagunares (margas gipsíferas) e posteriormente desenvolveram-se fácies deltáicas arenosas; o resto da referida série é constituído por argilas castanhas com foraminíferos planctónicos (Brognon & verrier 1965). A Formação Funda (Aquitaniense) é constituída fundamentalmente por argilas castanhas com foraminí-

Tabela 1. Localização dos pontos de amostragem com suas respectivas coordenadas e identificação

Município	Local	Coordenadas		ID	Município	Local	Coordenadas		ID
		X	Y				X	Y	
Cacuaco	Cacuaco	337913	9022024	CAT-ANT	Icolo e Bengo	Cabire	344701	9012558	F1
		334993	9022547	ANGOSAT			341777	9018353	FD-EST
		320855	9025503	ANG-06			344701	9012558	FUNDA-1
		321100	9025166	ANG-07		Catete	352410	8993695	CAT-1
		320441	9024949	ANG-09			356415	8994877	CAT-2
		333148	9021505	CP-1			352421	8993810	CAT-3
		333570	9022950	CP-2			356415	8994877	CAT-2.1
		331740	9022113	CP-3			357951	8999122	Q1
		333570	9022950	CP-2.1			359101	9000373	Q2
		330276	9026664	FN-05			357929	9005201	C1
		329997	9029820	FD-ED			356658	9001175	D3
		333582	9016182	SQ-05B					
	Cazenga	311293	9022503	ADM-1	Belas	Benfica	297464	9004359	31m-01
						Benfica	295548	9003554	31m-03
Quiçama	Quiçama	340820	8974022	QC-05		Talatona	313734	9012218	WC-1
Luanda	Luanda	302253	9019754	MB-08	Viana	Calungo	328904	8991788	Zg-16

feros planctónicos (Brognon & Verrier, 1965). A Formação Bom Jesus (Miocénico) é constituída por uma série de areias ou argilas arenosas amareladas (areias finas a grosseiras, calcários argilosos, ou margas argilosas amareladas com restos de fosseis).

MATERIAIS E MÉTODOS

Colecta de amostras

Foram estudadas 30 amostras argilosas, pertencentes às formações Argilas Negras, Luanda, Quifangondo, Funda e Bom Jesus. As localizações dos pontos de amostragem estão listadas na Tabela 1 e mapeadas na Figura 3.

Na Tabela 2 é apresentada a distribuição das amostras pelas diferentes formações geológicas aflorantes na área estudada.

As amostras foram colectadas e guardadas em sacos plásticos devidamente rotulados e transportados para o laboratório de sedimentologia da Universidade Agostinho Neto, Faculdade de Ciências.

No laboratório, as amostras foram expostas à temperatura ambiente até à sua secagem. Após terem sido desagregadas manualmente e quarteadas foram guardadas em frascos de plásticos, enviados para o laboratório de Actlabs do Canadá para realização das análises químicas.

Geoquímica

O estudo geoquímico destas amostras incidiu sobre os seus conteúdos em elementos maiores, tendo também sido determinada a perda ao fogo-PF (%). A análise química dos elementos maiores, reportada na forma de óxidos (SiO₂, TiO₂, Al₂O₃, Fe₂O₃, MnO, MgO, CaO, Na₂O, K₂O e P₂O₅), foi realizada por Espectrometria

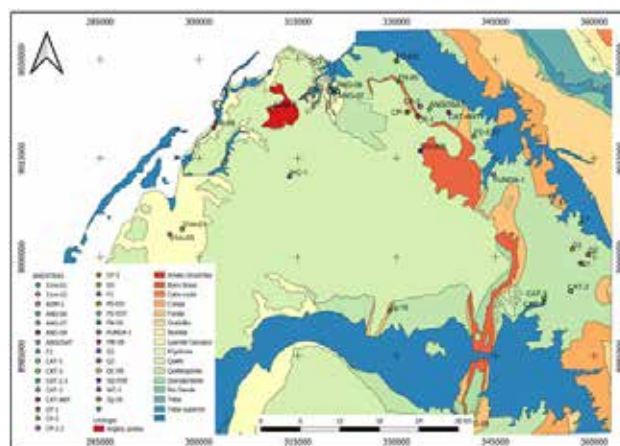


Figura 2: Mapa geológico da zona área de estudo

de Fluorescência de Raios X (Phillips, modelo PW 2510) em amostras fundidas em matriz de borato, no Laboratório de Geoquímica da UNESP-Rio Claro. A perda ao fogo (PF) foi medida por diferença de peso após calcinação a 1000°C da amostra seca.

Estatística multivariada

O tratamento estatístico dos dados foi realizado e fundamentado nas técnicas multivariadas: análise de agrupamentos e análise das componentes principais (PCA) utilizando o software Minitab for Windows, 19.2 SPSS For Windows 22. O interesse da utilização destas técnicas é verificar como as amostras se relacionam, ou quanto estas são semelhantes segundo as variáveis utilizadas no trabalho.

A análise de agrupamento foi utilizada para explorar as similaridades entre os indivíduos (modo Q), entre as variáveis (modo R), definindo-se grupos que consideram simultaneamente, no primeiro caso, todas as variáveis

Tabela 2. Amostras argilosas, pertencentes às formações argilas pretas, Luanda, Quifangondo, Funda e Bom Jesus

Amostras	Munsell	Formação	Descrição	Idade	Prof
ADM-1 WC -1	10YR 6/1 10YR 5/8	Argilas Pretas	Esta unidade informal é constituída por argilas pretas e cinzentas com alta percentagem de montmorilonite e quartzo e uma baixa percentagem de caulinite, calcite e por vezes ilite. Contrariamente à cor escura que apresentam, estes sedimentos contem uma baixa percentagem de matéria orgânica.	Holocénico	70 cm 50cm
3LM-01 3LM-03 MB-08	2,5Y 6/6 10YR 6/4 10YR 6/2	Luanda	Argilas cinzentas e verdes, com lentes milimétricas e descontínuas de área amarelada muito fina. As argilas têm um grau de bioturbação muito elevado, diminuindo com a presença de sedimentos arenosos. Na base da sucessão há níveis de gesso, apresentando laminação paralela e estratificação lenticular carbonatada.	Pliocénico	40 cm 40 cm 50cm
ANG-06 ANG-07 ANG-09 ANGOSAT CAT-1 CAT-2 CAT-2.1 CAT-3 CAT-ANT CP-1 CP-2 CP-2.1 D3 F1 FD-ED FD-EST FUNDA-1 Q1 Q2 QC-04	10YR 6/6 5Y 6/3 2,5Y 5/4 5Y 4/2 10YR 6/8 10YR 6/4 10YR 6/8 10YR 6/8 5Y 4/2 2,5Y 6/4 5Y 3/2 10Y R 6/6 5Y 3/2 10YR 5/6 2,5Y 6/4 5Y 4/1 5Y 3/2 2,5Y 4/2 2,5Y 4/2	Quifangondo	Constituídas fundamentalmente por uma sedimentação típica da orla ocidental da bacia. Inicialmente, com níveis lagunares (margas gipsíferas) e posteriormente desenvolvem-se fácies deltaicas arenosas. O resto da referida serie é constituído por argilas castanhas com foraminíferos planctónicos.	Aquitanião	70 cm 50 cm 1 m 50 cm 2.90 cm 1m 60 cm 1.40 cm 30cm 2.80 cm 1.10 cm 1 m 60cm 70 cm 1.10 cm 80 cm 50 cm 50 cm 30 cm
CP-3 ZG-16	5Y 4/2 2,5Y 5/4	Funda	Constituídas fundamentalmente por argilas castanhas com foraminíferos planctónicos	Aquitanião	80 cm 50 cm
SQ-05B C1 FN-05	2,5Y 6/2 10YR 5/6 10YR 6/6	Bom Jesus	Constituídas fundamentalmente por arcias, argilas arenosas	Miocénico	40cm 80 cm 70 cm

veis observadas em cada indivíduo e, no segundo, todos os indivíduos nos quais foram feitas as medidas.

A análise dos componentes principais (PCA) nada mais é que o cálculo dos autovalores e correspondentes autovectores de uma matriz de variância-covariância, ou de uma matriz de coeficientes de correlação entre variáveis. A mesma análise de componentes principais (ACP) foi,

realizada para diferentes grupos de variáveis e baseada na matriz de correlação dessas variáveis, com o uso do programa SPSS for Windows 22, Minitab 19.2 (McCune & Mefford, 1999). Para cada ACP, foi construído o círculo de autovectores das variáveis e o diagrama de ordenação das amostras, horizontes diagnósticos dos perfis de solos, para os dois primeiros componentes, representados pelos eixos x e y (respectivamente, primeiro e segundo eixo).

Tabela 4. Análise estatística descritiva dos ensaios químicos

Variável	Mínimo	Máximo	Moda	Média	Mediana	DesvPad	Assimetria	Curtose	Q1	Q3
SiO ₂	36,56	76,86		54,33	52,44	10,16	0,4	0,22	49,63	59,59
Al ₂ O ₃	9,38	19,26	14,79	15,162	15,505	2,788	-0,54	-0,34	13,515	17,352
Fe ₂ O ₃ (T)	2,65	8,04		5,188	5,25	1,23	-0,13	0,1	4,28	6,037
MgO	0,36	3,29	1,15	1,562	1,435	0,679	0,75	0,76	1,11	1,932
CaO	0,23	13,91	1,34	3,714	2,03	3,455	1,25	1,09	1,308	6,357
Na ₂ O	0,08	2,18	1,20	0,798	0,67	0,4881	0,93	0,8	0,4525	1,1325
K ₂ O	0,24	2,88		1,754	1,715	0,714	-0,21	-0,96	1,238	2,43
TiO ₂	0,47	1,06	0,69	0,769	0,75	0,1189	-0,14	1,14	0,705	0,84
P ₂ O ₅	0,02	2,33	0,08	0,2547	0,15	0,4151	4,58	23,21	0,08	0,3225
LOI	7,1	23,41		15,021	15,175	4,324	-0,14	-0,52	12,325	17,905

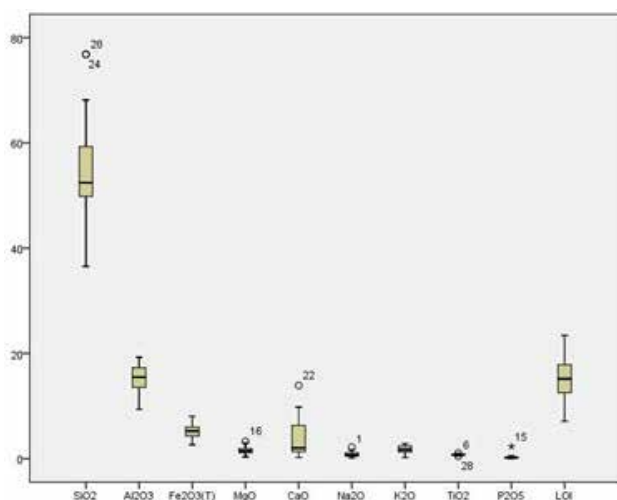


Figura 4: Diagrama boxplot que mostra a distribuição dos valores dos ensaios químicos

plotados em diagramas do tipo Hacker (Figura.5), com a correlação entre os óxidos maiores e o Al₂O₃, visando observar o comportamento dos mesmos quanto à sua movimentação devida, principalmente, ao intemperismo. Conforme é ilustrado nos diagramas, os óxidos de sódio e cálcio apresentam-se com valores tanto baixos como altos nas amostras analisadas, facto que acontece porque existem amostras com um estágio de alteração mais evoluído, e outras amostras, com teores altos, em estágios de alteração pouco evoluídos. Neste caso os óxidos de sódio estão relacionados principalmente com a presença de plagioclase e os de cálcio devido à presença de plagioclase e carbonatos.

Os óxidos de ferro, titânio, magnésio, sódio, fosforo e cálcio são os menos movimentados, possuindo correlação positiva com o de alumínio, ou seja, conforme aumenta a quantidade desses aumenta também a quantidade relativa de alumínio. Diferente do que ocorre para os óxidos de silício, que apresentam correlação negativa com o alumínio, diminuindo seus valores conforme aumenta este último.

Os valores de óxido de silício têm teores elevados nas 30 amostras analisadas, o que está de acordo com o carácter

mais arenoso destas amostras. Óxidos estes que influenciarão na refractariedade do material em temperaturas acima de 1000°C.

Na análise dos componentes principais foi utilizada uma matriz de observações cujas colunas correspondem às percentagens de SiO₂, Al₂O₃, Fe₂O₃(T), MgO, CaO, Na₂O, K₂O, TiO₂, P₂O₅ e LOI. Nas linhas aparecem os valores calculados para as 30 amostras de argila estudadas. Essa matriz foi previamente normalizada para conceder peso estatístico igual a todas as colunas: para isso, a diferença entre cada observação e o valor médio da variável em questão é dividida pelo desvio calculado para a variável.

A Tabela 6 mostra a matriz de vectores próprios obtida pela diagonalização da matriz de covariância entre as variáveis; representando a contribuição de óxidos para cada um dos principais componentes. Os óxidos que contribuem para o primeiro componente principal são: SiO₂(1,00), Al₂O₃(-0,61), Fe₂O₃(T)(-0,74), MgO(-0,61), CaO(-0,78), Na₂O(0,17), K₂O(0,06), TiO₂(-0,41), P₂O₅ (-0,41), e LOI(- 0,93).

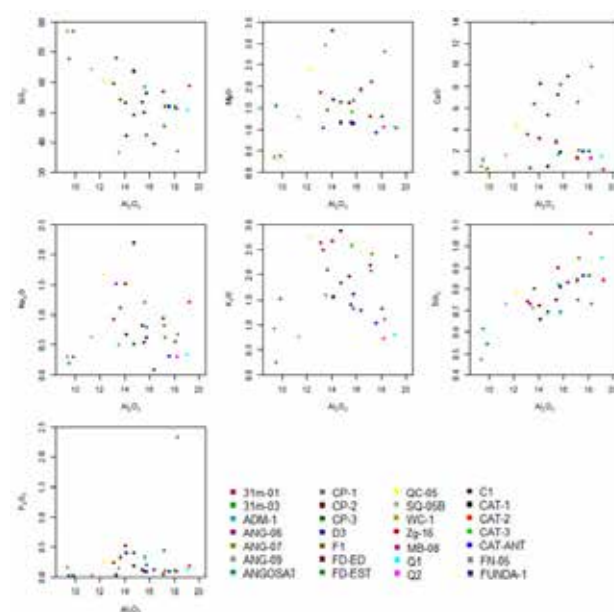


Figura 5: Diagramas do tipo hacker, com óxidos versus Al₂O₃

Tabela 5. Matrizes de correlação de Pearson entre as variáveis químicas

	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃ (T)	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	TiO ₂	P ₂ O ₅	LOI
SiO ₂	1,00	-0,61	-0,74	-0,61	-0,78	0,17	0,06	-0,41	-0,41	-0,93
Al ₂ O ₃	-0,61	1,00	0,59	0,10	0,05	0,01	0,09	0,77	0,22	0,49
Fe ₂ O ₃ (T)	-0,74	0,59	1,00	0,34	0,39	-0,33	-0,14	0,62	0,01	0,74
MgO	-0,61	0,10	0,34	1,00	0,63	0,22	0,29	0,04	0,50	0,47
CaO	-0,78	0,05	0,39	0,63	1,00	-0,19	-0,10	-0,07	0,41	0,74
Na ₂ O	0,17	0,01	-0,33	0,22	-0,19	1,00	0,83	-0,04	0,08	-0,47
K ₂ O	0,06	0,09	-0,14	0,29	-0,10	0,83	1,00	0,03	0,00	-0,39
TiO ₂	-0,41	0,77	0,62	0,04	-0,07	-0,04	0,03	1,00	-0,11	0,36
P ₂ O ₅	-0,41	0,22	0,01	0,50	0,41	0,08	0,00	-0,11	1,00	0,28
LOI	-0,93	0,49	0,74	0,47	0,74	-0,47	-0,39	0,36	0,28	1,00

Isto significa que o eixo representa; %SiO₂*1,00 + %Al₂O₃*-0,61 + %Fe₂O₃(T)*-0,74 + %MgO*-0,61 + %CaO*-0,78 + %Na₂O*0,17 + %K₂O*0,06 + %TiO₂*-0,41 + %P₂O₅*-0,41 + %LOI*-0,93. A última linha da tabela contém os valores próprios correspondentes a cada um dos próprios vectores, bem como a percentagem da variação total representada por cada componente, que é fornecida pelo quociente.

A Figura 6 ilustra os valores próprios (eigenvalues), que representam a variância explicada por cada factor. Por meio da Tabela 5, nota-se que o CP1 apresenta o autovalor de 4,31, sendo responsável por explicar 43,09% da variância total. Já o factor 2 explica 21,35%. Considerando-se os dez factores, o percentual de variabilidade acumulada explicado foi de 100%. Porém, utilizando-se apenas os 2 primeiros factores é possível explicar 64,45% da variabilidade total dos dados. Isto ilustra que o modelo é eficaz para redução da complexidade da problemática sem prejudicar o modelo quanto à capacidade de representação de sua variabilidade total.

Na figura 7, o gráfico de cargas factoriais representa as cargas factoriais rotacionadas de cada variável para o primeiro fator versus as cargas factoriais rotacionadas para o segundo factor.

Para este gráfico de cargas factoriais, foi realizada uma rotação varimax nos dados, o que torna os primeiros dois factores mais fáceis de interpretar. Fe₂O₃(T), Al₂O₃, e LOI

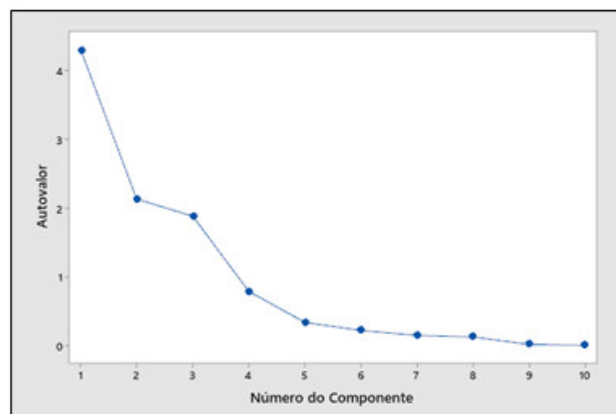
Tabela 6. Análise factorial dos dados químicos das argilas de Luanda

ÓXIDOS	CP1	CP2	CP3	CP4	CP5	CP6	CP7	CP8	CP9	CP10
SiO ₂	-0,468	-0,081	0,043	0,02	-0,075	0,259	-0,004	0,124	-0,118	0,276
Al ₂ O ₃	0,307	0,111	0,477	0,211	-0,217	-0,246	0,088	-0,15	0,449	0,512
Fe ₂ O ₃ (T)	0,393	-0,109	0,222	-0,201	0,19	0,373	0,625	-0,168	-0,373	0,08
MgO	0,281	0,356	-0,294	-0,196	0,06	0,632	-0,357	-0,089	0,276	0,233
CaO	0,346	0,052	-0,42	-0,134	0,188	-0,438	-0,044	0,385	-0,301	0,443
Na ₂ O	-0,146	0,578	0,098	-0,219	-0,102	-0,252	-0,144	-0,551	-0,43	0,019
K ₂ O	-0,088	0,586	0,149	-0,248	0,212	-0,087	0,34	0,442	0,306	-0,298
TiO ₂	0,242	-0,024	0,553	-0,176	-0,245	0,121	-0,464	0,437	-0,325	-0,131
P ₂ O ₅	0,194	0,264	-0,305	0,4	-0,692	0,116	0,262	0,145	-0,16	-0,171
LOI	0,455	-0,147	-0,085	0,017	0,116	-0,168	-0,184	-0,253	0,137	-0,519
Valor Próprio	4,31	2,14	1,89	0,79	0,34	0,22	0,15	0,13	0,02	0,01
% de variância	43,09	21,35	18,85	7,91	3,42	2,24	1,54	1,30	0,22	0,07

têm grandes cargas factoriais positivas no factor 1. Na₂O, K₂O, e MgO têm grandes cargas factoriais positivas no factor 2. A figura 3 ilustra o gráfico loading plot, que traz informações sobre os factores formados.

O objectivo da aplicação da análise de cluster é obter grupos homogêneos de amostras do ponto de vista da composição química, o que é obtido agrupando as

amostras mais próximas no espaço de oito dimensões definidas por oito variáveis utilizadas para a análise dos componentes principais. É seguido um procedimento

**Figura 6:** Gráfico scree plot das argilas de Luanda e arredores

interactivo que começa calculando a distância euclidiana entre todas as amostras e a união daquelas cuja distância é menor.

Na figura 8 são apresentados resultados de uma aplicação da Análise de Agrupamentos a dados geoquímicos das amostras estudadas. Foram feitas aplicações desta técnica por um algoritmo (Método de Ward). Na tabela 7 apresentam-se as amostras agrupadas; os indivíduos que estão num mesmo grupo possuem características geoquímicas semelhantes, e os de características diferentes formaram outros grupos; isso com-

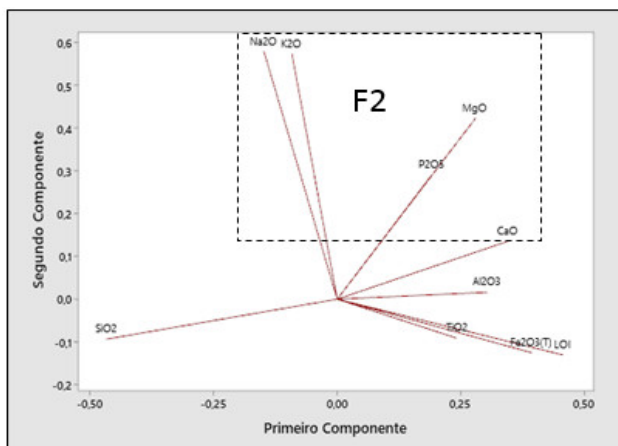


Figura 7: Gráfico de loadings (cargas factoriais)

prova a existência de homogeneidade dentro do grupo e heterogeneidade entre os grupos. Neste caso temos quatro grupos sendo o grupo A, formado por 9 elementos, B 4 elementos, C 7 elementos, e D 10 elementos.

Tabela 7. Composições de cluster

CLUSTER	AMOSTRA						
A	CAT-1	CP-2.1	CAT-2	CAT-3	F1	QC-05	MB-08
	31m-01	FD-ED	D3				
B	31m-03	ADM-1	SQ-05B	WC-1			
C	CAT-ANT	CAT-2.1	FD-EST	ANG-07	Q2	Q1	C1
D	CP-1	ANGOSAT	CP-2	ANG-06	CP-3	Zg-16	FUNDA-1
	ANG-09	FN-05	D3				

6. CONCLUSÕES

- Análises multivariadas de agrupamento e de componentes principais mostraram-se muito úteis e eficazes como dispositivo no tratamento preliminar de matrizes numéricas de dados de argilas para cerâmicos. Com a sua aplicação nas variáveis estatística, foi possível encontrar uma relação dos agrupamentos obtidos com as litofácies geológicas identificadas nos trabalhos de campo.

- De acordo com o dendrograma obtido, os quatro grupos principais foram, sendo que as amostras de cada um destes grupos apresentaram características não muito similares de fácies e associações de fácies, pelo facto de serem de áreas diferentes.

- As amostras estudadas apresentam uma relação de características químicas, e do ponto de vista estatístico apresentam uma consanguinidade diagenética. Como ficou demonstrado, em função de seu parentesco genético, seria de se esperar uma relação estatística.

- A estatística multivariada utilizada, por meio de análise de componentes principais e análise de agrupamento, possibilitou melhor compressão das relações dos solos argilosos dos diferentes domínios da zona em estudo.

- A análise de componentes principais evidenciou que os dois primeiros componentes principais respondem por aproximadamente 64,45 % da variação dos dados. As variáveis mais importantes são SiO₂, Al₂O₃, Fe₂O₃, Na₂O, K₂O, TiO₂, P₂O₅.

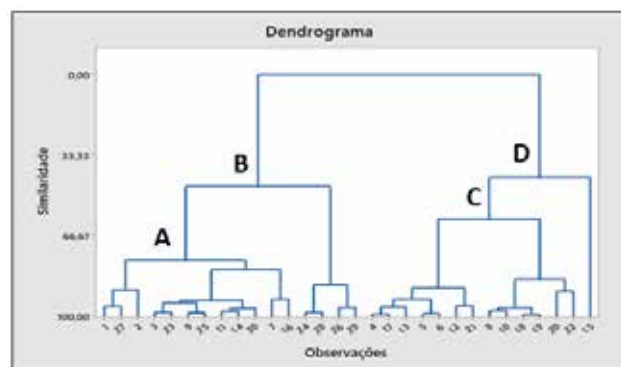


Figura 8: Dendrograma das amostras de argilas estudadas

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Bernardes, E. S.; Masson, M.R.; Monteiro, R.C.; Thomazella, H.r;
- [2] Moreno, M.M.T. 2000. *Compartimentação de uma jazida de matéria-prima cerâmica da região de Jundiaí com vistas ao plano de lavra por meio de técnicas estatísticas multivariadas*. In: ABC, CONGRESSO BRASILEIRO DE CERÂMICA, 44, São Pedro, Anais, 205-209.
- [3] Brognon. G.P., e Verrier. G.R., 1955. *Contribution à la géologie du bassin du Cuanza en Angola: 4th World petroleum Cong., Rome, Sec. 1, June, 1955*
- [4] Brognon, G. Verrier G. & Masson P., 1959. *La Tectonique Salifère du Bassin du Cuanza en Angola. Fifth World Petroleum Congress. Permission Granted To Publish After May 30, 1959.*
- [5] Brognon, G. & Verrier G., 1965. *Tectonique et Sédimentation dans le Bassin du Cuanza (Angola)*. Bol. Serv. Geol. Min. Angola, Luanda,
- [6] Brognon. G.P, e Verrier. G.R, 1966. *Oil and geology in cuanza basin of Angola. Bulletin of the American Association of Petroleum Geologists. Vol50, nº1 (January, 1966),*
- [7] Christofoletti, S.R. 2003. *Um modelo de classificação geológico-tecnológica das argilas da Formação Corumbataí utilizadas nas indústrias do Pólo Cerâmico de Santa Gertrudes*. Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, Tese de Doutorado, 307p.
- [8] Dias, J. Alveirinho (2004) - *A análise sedimentar e o conhecimento dos sistemas marinho*, p.1- 8.
- [9] Falcão, António de Avelar Marinho (1957). *Evolução geológica de Luanda*, p.1 -28. *Primeira Jornada de Estradas*, volume II
- [10] Gomes, J.B.V.; Curi, N.; Motta, P.E.F.; Ker, J.C.; Marques, J.J.G.S.M. & Schulze, D.G. *Análise de componentes principais de atributos físicos, químicos e mineralógicos de solos do bioma Cerrado*. R. Bras. Ci. Solo, 28:137-153, 2004.
- [11] Lima, H.V.; Silva, A.P.; Jacomine, P.T.K.; Romero, R.E. & Libardi, P.L. *Identificação e caracterização de solos coesos no Estado do Ceará*. R. Bras. Ci.

Solo, 28:467-476, 2004.

- [12] Gouveia, Miriam & Mateia, Walter (2010) - *Caracterização Crono-Estratigráfica e Hidrogeológica das Formações do Município do Kilamba-Kiaxe (Camama - Patriota)*, tese de licenciatura, p.15-24.
- [13] McCune, B. & Mefford, M.J. PC-ORD. *Multivariate analysis of ecological data*, Version 4. Oregon, MjM Software Design, 1999. 237p.
- [14] Miguel, G.L., Duarte-Morais, M.L., Buta Neto, A., Eugenia Gomes, M., Rufino Neto, J., Putignano, M. L., Sgrosso, I. & Valente, A., 2003. *Cartografia geológica de los afloramientos Neógenos y Pleistocenos de Luanda y alrededores*. Seminarios Científicos del Departamento de Geología: 31-42. Universidad de Alcalá, Madrid.
- [15] Monteiro, R. C.; Bernardes, E. S.; Masson, M. R. 2000. *Análise estatística multivariada para materiais cerâmicos*. *Geociências*, 19(1): 133- 140.
- [16] Morais M. L., Putigano M. L., Sgrosso I. & Valente A., 1999. *Stratigraphical and sedimentological features of the Neogene to Quaternary sucession around Luanda (Angola, Southwestern Africa)*. *Africa Geoscience Review*.
- [17] Morais, M. L., Putigano M. L., Sgrosso I., Sighinolfi G. & Neto, A. B., 2000. *Stratigraphy, Sedimentology, Mineralogy and Geometry of the Pliocene and Pleistocene susseions at Miradouro da Lua (Kwanza bassin, Angola)*. In *Geoluanda 2000 International Conference Proceedings*, Angolan Association of Geologists, Agostinho Neto University, Department of Geology.
- [18] Sgrosso, I., & Morais, M. L. (2000). [Carta Geológica de Luanda]. Escala 1:250.000, Luanda, Angola.
- [19] Soares de Carvalho, G.1957. *Sedimentologia e génese das areias vermelhas dos arredores de Luanda*, P. 1-16 *Primeira Jornada de Estradas*, volume II
- [20] Torquato, R.j, Tavares Rocha, A. (1969) *Contribuição para o conhecimento da geologia de Luanda.- Boletim do Instituto de Investigação Científica de Angola*. - vol. 6, nº 1 (1969), p.85



Foto: DR