

Caracterização de argilas plásticas do tipo “ball clay” do litoral paraibano (*Characterization of ball clays from the coastal region of the Paraíba state*)

R. R. Menezes, H. S. Ferreira, G. de A. Neves, H. C. Ferreira

Departamento de Engenharia de Materiais

Universidade Federal de Campina Grande

Av. Aprígio Veloso, 882, Bodocongó, Campina Grande, PB, 58109-970

gelmires@dema.ufcg.edu.br, heber@dema.ufcg.edu.br

Resumo

Os depósitos de argilas plásticas para cerâmica branca (“ball clays”) de alta qualidade não são comuns, estando localizados basicamente nos Estados Unidos e no Reino Unido. As “ball clays” são utilizadas em uma série de indústrias que vão desde a indústria cerâmica à de cosméticos. Assim, este trabalho tem por objetivo analisar argilas do tipo “ball clay” extraídas do litoral paraibano, realizando sua caracterização para fins cerâmicos. Sua caracterização foi realizada por meio da determinação da massa específica real, CTC, área superficial (BET), distribuição granulométrica, composição química, ATD/ATG, DRX e MET. Após caracterização, foram conduzidos ensaios tecnológicos para fins cerâmicos com as amostras. Com base nos resultados pode-se concluir que as amostras são argilas basicamente caulíníticas com queima branca em temperaturas de 1250 °C e 1450 °C. Além disso, apresentaram propriedades físico-mecânicas dentro das faixas indicadas na literatura para “ball clays” utilizadas em tecnologia cerâmica.

Palavras-chave: ball clays, cerâmica branca, argilas, caracterização, Paraíba.

Abstract

Deposits of high quality ball clays are not common. They are mainly located in the United States and in the United Kingdom. Ball clays are used in several industries, from the ceramic industry to the cosmetic one. Thus, this work aims to analyse ball clays from the seaboard of Paraíba State. The characterization of the samples for ceramic purposes was done through the determination of: specific mass, specific surface area, particle size distribution, chemical analysis, differential thermal analysis, thermogravimetric analysis, X-ray diffraction and transmission electron microscopy. Technological tests were also carried out for ceramic applications. The results show that the samples are basically composed of kaolinite and have white color after firing at 1250 °C and 1450 °C. Moreover, the physical-mechanical properties are in the range indicated in the literature to ball clays used in the ceramic industry.

Keywords: ball clays, whiteware, clays, characterization, Paraíba State.

INTRODUÇÃO

O termo “ball clay” é utilizado para designar qualquer argila sedimentar de elevada plasticidade, granulometria fina, cuja cor após queima seja branca. Esta denominação tem origem no antigo método de exploração utilizado na Inglaterra, que consiste em cortar a argila em cubos e arredondá-los para seu transporte, não possuindo nenhum significado mineralógico [1].

Mineralogicamente, as argilas “ball clays” são constituídas por caulinita, mica (ilita) e quartzo, podendo apresentar teores de esmectita e possivelmente clorita, sendo a caulinita, geralmente, mal cristalizada e de fina granulometria [2].

A cor escura, comum a essas argilas, deve-se à presença de matéria orgânica, que pode encontrar-se em teores de até 16% (em massa), porém em geral não ultrapassa 1 a 2%. A matéria orgânica nestas argilas pode estar presente desde a forma de fragmentos de lignina até como ácido húmico na forma de colóide protetor nas partículas argilosas, que é oxidado facilmente durante a queima [3].

As “ball clays” são usadas como agentes de suspensão,

cargas e agentes ligantes em várias indústrias. Na indústria cerâmica são valorizadas por fornecer alta plasticidade, alta resistência a seco, cor branca após queima e propriedades reológicas ideais para colagem, sendo empregadas em massas para confecção de produtos cerâmicos como azulejos, porcelanas domésticas, louça de mesa, louça sanitária e isolantes elétricos de porcelana [1, 4].

Os depósitos de argilas plásticas para cerâmica branca não são comuns. Assim, os materiais estritamente classificados como “ball clays” se encontram apenas no Reino Unido, Estados Unidos e República Checa. Por outro lado, Alemanha, França, Brasil e alguns outros países possuem argilas plásticas de queima branca com propriedades semelhantes [3].

Um grande problema atual da indústria de cerâmica branca no Brasil é a falta de jazidas de argilas plásticas com as propriedades das “ball clays” estrangeiras. Apenas duas jazidas sedimentares são conhecidas, a do município de São Simão (SP) e a do município de Oeiras (PI). Ambas as argilas têm composição química e mineralógica e propriedades cerâmicas semelhantes às das “ball clays” inglesas, sendo as argilas

nacionais de referência para a indústria de cerâmica branca. Outras argilas plásticas, queimando com cor branca, são usadas em substituição parcial ou total à argila São Simão em indústrias de cerâmica branca nos estados do sul e sudeste, como as argilas dos municípios de Suzano, Ribeirão Pires, Itaquacetuba, Jundiaopeba e Moji das Cruzes (SP) e Magé (RJ).

Desde a década de 60 vários estudos [4-16] abordam a análise de argilas plásticas de queima branca, em especial as argilas do município de São Simão, para aplicação em cerâmica branca no sul e sudeste do país. No entanto, a carência de argilas do tipo “ball clays” ou com características semelhantes continua sendo marcante no mercado nacional, em virtude da quase inexistência de argilas com características adequadas disponíveis no país.

Particularmente no estado de São Paulo foram desenvolvidos trabalhos sistemáticos [17], onde foram observados que as jazidas de “ball clays” são numerosas. Contudo, foi evidenciado que cerca de 90% destas jazidas estão na grande São Paulo, onde o problema de ocupação do solo torna-se crítico. A extração dessas argilas deveria obedecer a uma série de critérios e exigências, o que resultaria na elevação de custos e numa sensível redução de reserva possível de ser extraída.

Em 1973 estudos [18] sobre economia de argilas em nível nacional, envolvendo matérias-primas para os mais diversos usos industriais que têm argila como matéria-prima principal, evidenciaram uma grande necessidade de descoberta de novos depósitos de “ball clays”, com propriedades idênticas ou semelhantes, as de São Simão.

Buscando descobrir novos jazimentos de argilas plásticas para cerâmica branca no nordeste do Brasil, em 1974 foram conduzidos estudos [19] de argilas das várzeas do Rio Capibaribe, PE, sendo identificadas argilas plásticas para uso tanto em cerâmica branca como cerâmica vermelha. Seguindo essa diretriz, em 1982 estudos [20] mencionaram os depósitos de argila plástica para cerâmica branca da faixa costeira do nordeste do país, se estendendo do Estado de Alagoas ao sul do Estado da Paraíba, bem como, os jazimentos de Oeiras no Piauí, havendo grande destaque às argilas do Município de Alhandra na Paraíba, cujas matérias-primas eram utilizadas por indústrias de Recife (PE), Natal (RN) e Campina Grande (PB) e cujos jazimentos eram pouco conhecidos.

Com a criação do pólo cerâmico do Rio Grande do Norte na década de 80, foram desenvolvidos estudos [21] objetivando analisar a oferta de matérias-primas minerais na região Nordeste. Tendo recebido grande destaque a jazida de Oeiras (PI), que na época atendia a demanda da indústria de cerâmica branca de Pernambuco, com uma distância de transporte de aproximadamente 1000 km.

O Departamento de Engenharia de Materiais da Universidade Federal de Campina Grande desde 1997 vem desenvolvendo uma série de estudos [22-26] buscando estudar os jazimentos de argilas “ball clays” do litoral paraibano. Sendo observada a existência de jazimentos de alta qualidade em várias cidades do litoral sul paraibano.

Pouca informação sobre as características e propriedades de materiais argilosos tem como consequência produtos finais

de qualidade inferior. Assim, é muito importante a sua caracterização a fim de ter um perfeito entendimento das suas características, gerando conhecimentos que contribuam para a obtenção de produtos de melhor qualidade, tal como evidenciado por uma série de estudos recentes [26-30]. Portanto, esse trabalho tem por objetivo analisar argilas do tipo “ball clay” extraídas do litoral paraibano, realizando sua caracterização para fins cerâmicos.

MATERIAIS E MÉTODOS

Materiais

Foram estudadas quatro amostras de argilas “ball clays” oriundas da indústria ARMIL MINÉRIOS Ltda, localizada no Distrito Industrial de Campina Grande, PB. As amostras são provenientes do município Alhandra, PB, e são representativas dos jazimentos de argilas do tipo “ball clays” existentes na cidade de Alhandra.

As amostras passaram por um processo de desaglomeração via úmida, secagem e ensacagem, realizado pela ARMIL MINÉRIOS Ltda. Não sendo realizado nenhum beneficiamento no que se refere a retirada de possíveis frações arenosas (silte) presente no material.

Metodologia

Foi realizada a caracterização física das amostras por meio de: massa específica real, segundo o método do picnômetro de He, em aparelho Micromeritics, modelo Accupyc 1330; distribuição granulométrica pelo método de absorção de raios X, com utilização de equipamento Sedigraph, modelo 5100 da Micromeritics; área superficial específica pelo método de adsorção de N₂ (utilizando He como gás de arraste) em equipamento da Micromeritics, modelo ASAP 2370 e pelo método de saturação com solução aquosa de azul de metileno, segundo metodologia proposta por Ferreira [31], capacidade de troca de cátions, pelo método de saturação com solução aquosa de azul de metileno, segundo metodologia proposta por Ferreira [31]; Limites de Atterberg (limite de liquidez, limite plástico e índice de plasticidade), segundo às normas ABNT NBR 6459 [32] e NBR 7180 [33].

A caracterização mineralógica foi realizada através de: análise química por via úmida, segundo métodos do Laboratório de Análises Minerais do CCT/UFCG; análise térmica diferencial e térmica gravimétrica, em aparelho de análises térmicas da BP Engenharia, modelo RB 3000, com velocidade de aquecimento de 12,5 °C/min; difração de raios X (DRX) em equipamento Siemens modelo D5005, com radiação Cu K α (40 kV/40 mA) e microscopia eletrônica de transmissão em equipamento Philips CM 200, operando a 200 kV.

As propriedades físico-mecânicas, visando uso cerâmico, foram determinadas segundo a sistemática de Souza Santos [34] para ensaios preliminares. Os corpos de prova foram confeccionados com dimensões de 6 cm x 2 cm x 0,5 cm por

prensagem uniaxial de 20 MPa, secagem a 110 °C e queima a 1250 e 1450 °C. Foram determinadas, a retração linear de secagem e queima, a absorção de água após queima e a tensão de ruptura à flexão (método dos três pontos) após secagem e queima. A cor de queima foi também avaliada.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela I apresenta os resultados de densidade real, capacidade de troca de cátions (CTC) e área superficial específica pelos métodos de BET e azul de metileno para as amostras estudadas.

Da Tabela I pode-se observar que as amostras apresentaram valores de densidade variando entre 2,55 e 2,72 g/cm³. A CTC variou de 12,00 a 14,00 meq/100 g, sendo esta faixa de valores superior a indicada na literatura [15] para argilas plásticas brasileiras de queima branca (6 a 13 meq/100 g). A faixa de valores indicada na literatura [15, 34] para a CTC da argila São Simão, determinada pelo método do azul de metileno (argila brasileira utilizada como referência), situa-se entre 6 e 32 meq/100 g.

Com base na Tabela I pode-se observar que a área superficial específica das amostras variou de 17,26 a 41,94 m²/g, para o método do BET, e de 93,65 a 109,26 m²/g, para o método de adsorção de azul de metileno. Comparativamente [34] pode-se observar que os valores obtidos com o azul de metileno são de forma geral superiores aos indicados para argilas plásticas brasileiras de queima branca (54,0 a 115,0 m²/g), sendo o valor da argila São Simão indicado como 54,0 m²/g.

A Fig. 1 apresenta as distribuições granulométricas das amostras estudadas. A Tabela II resume os resultados das distribuições granulométricas mostrados na Fig 1.

Com base na Tabela II pode-se observar que a fração argila variou de 36,8 a 50,4% e que a quantidade de silte fino variou de 28,3 a 47,1%. Os valores de distribuição granulométrica indicados [34] para a argila São Simão evidenciam que sua fração argila é superior a fração argila das amostras estudadas (\approx 63%), no entanto, a fração abaixo de 5 μ m é bem semelhante a das argilas estudadas (\approx 80%). Como referência tem-se na literatura [3] que a fração abaixo de 2 μ m de argilas “ball clays” inglesas comerciais varia de 61 a 82% e que a fração

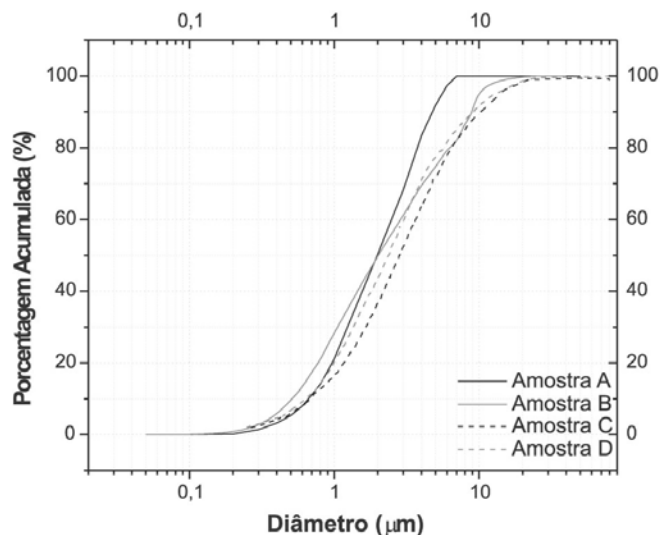


Figura 1: Distribuição de tamanho de partículas das amostras. [Figure 1: Particle size distribution of the samples.]

abaixo de 1 μ m varia de 51 a 67%.

A Tabela III apresenta os resultados dos limites de Atterberg das amostras estudadas; limite de liquidez (LL), limite plástico (LP) e índice de plasticidade (IP). Pode-se observar que os limites de liquidez variaram de 48,0 a 56,0% e que os limites de plásticos variaram de 22,3 a 27,1%. Os índices de plasticidade situaram-se no intervalo de 20,9 a 30,7%. Verifica-se que todas as amostras são consideradas altamente plásticas por apresentarem índices de plasticidade superiores a 15%. Com referência as “ball clays”, [3] inglesas observa-se que os índices de plasticidade estão na faixa de 26-38%.

A Tabela IV apresenta a composição química das amostras estudadas. Com base nesta Tabela pode-se observar que os teores de Fe₂O₃ são baixos nas amostras B, C e D e elevado na amostra A, sendo os intervalos referenciados para a argila São Simão [15, 34] e “ball clays” inglesas de 0,52 a 1,76% e 0,80 a 1,10%, respectivamente.

O K₂O presente na amostra A está provavelmente relacionado a uma possível presença de mica. A presença de MgO na amostra B está relacionada à provável presença de

Tabela I – Massa específica real, CTC e área superficial específica das amostras.

[Table I – Specific mass, CEC and specific surface area of the samples.]

Amostras	Densidade (g/cm ³)	CTC (meq/100 g)*	Área Específica	
			BET	Azul de Metileno
A	2,72	14,00	41,94	109,26
B	2,59	13,30	23,73	104,06
C	2,55	12,00	17,76	93,65
D	2,69	12,00	17,26	93,65

* Método do azul de metileno

esmectita, que é dificilmente identificada por se encontrar em pequena quantidade e geralmente aderida as faces do material caulínico.

A Fig. 2 apresenta as curvas de ATD e ATG das amostras estudadas. Pode-se observar que as curvas de ATD apresentam picos endotérmicos em torno de 110 a 120 °C, associados à perda de água livre; picos endotérmicos em torno de 590 a 600 °C, associados à desidroxilação do material argiloso e picos exotérmicos por volta de 950 e 960 °C, associados à nucleação de mulita. Todas as curvas de ATD são extremamente semelhantes e características de materiais caulínicos.

Com base na Fig. 2, pode-se observar que os materiais apresentaram perda de massa entre 9,5 e 14%. Havendo uma perda contínua de massa desde o início do aquecimento com a perda de água livre até o final da banda associada a

Tabela II – Distribuição de tamanho de partículas das amostras.
[Table II – Particle size distribution of the samples.]

Amostras	Argila* (%)	Silte (%)	
		Fino**	Médio***
A	50,4	47,1	2,5
B	50,4	28,3	21,3
C	36,8	41,5	21,7
D	41,3	40,6	18,1

* Fração < 2 µm ** Fração > 2 µm e < 6 µm *** Fração > 6 µm e < 20 µm

Tabela III – Limites de liquidez (LL), limite plástico (LP) e índice de plasticidade (IP) das amostras.

[Table III – Liquid and plastic limits and plasticity index.]

Amostra	LL (%)	LP (%)	IP (%)
A	56,0	25,4	30,6
B	53,0	22,3	30,7
C	56,0	29,2	26,8
D	48,0	27,1	20,9

Tabela IV – Composição química das amostras.

[Table IV – Chemical composition of the samples.]

Amostras	Composição Química (% em massa)								
	PF ^a	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	RI ^b
A	12,60	49,34	6,87	20,50	3,50	*	2,40	3,00	ND [#]
B	13,95	51,02	1,35	32,12	*	0,73	*	*	ND [#]
C	13,17	57,20	1,60	27,68	*	*	*	*	ND [#]
D	11,97	52,27	3,11	31,44	*	*	*	*	1,15

^aPF – Perda ao Fogo, ^bRI – Resíduo Insolúvel, *Traços, [#]ND – Não determinado

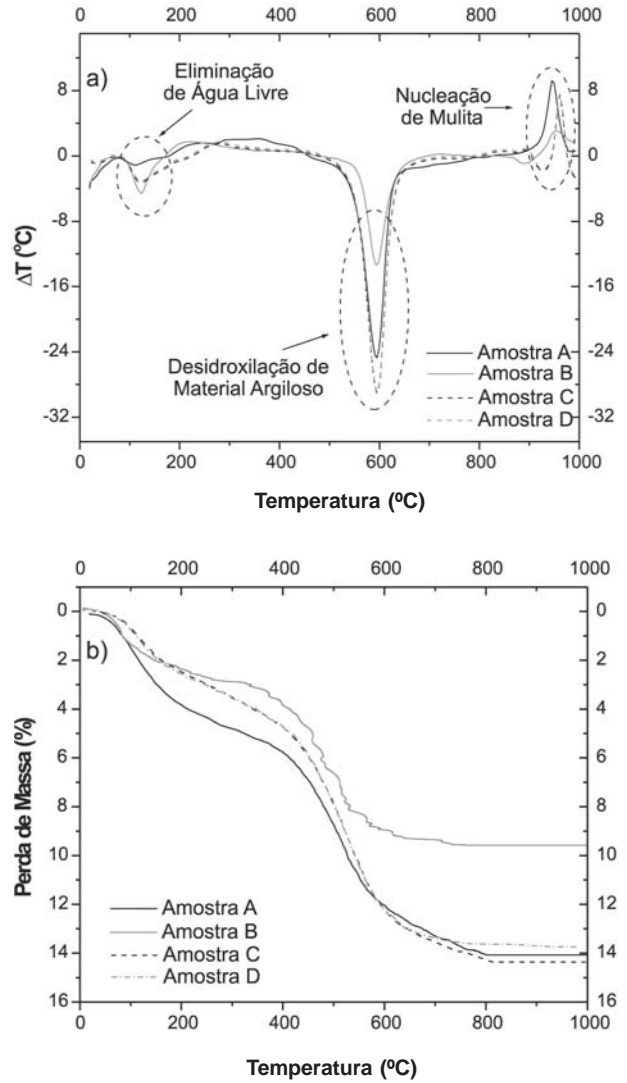


Figura 2: Análise térmica das amostras: a) ATD; b) ATG.
[Figure 2: Thermal analysis of the samples: a) DTA; b) TGA.]

desidroxilação do material argiloso. Isto está relacionado à eliminação da matéria orgânica presente nas amostras, que não possui uma temperatura característica de combustão já que sua combustão (temperatura e cinética) depende da forma como está presente e associada ao material.

A Fig. 3 apresenta os difratogramas de raios X das amostras estudadas. Observa-se que o difratograma da amostra A, possui picos indicativos da presença de caulinita, quartzo e mica,

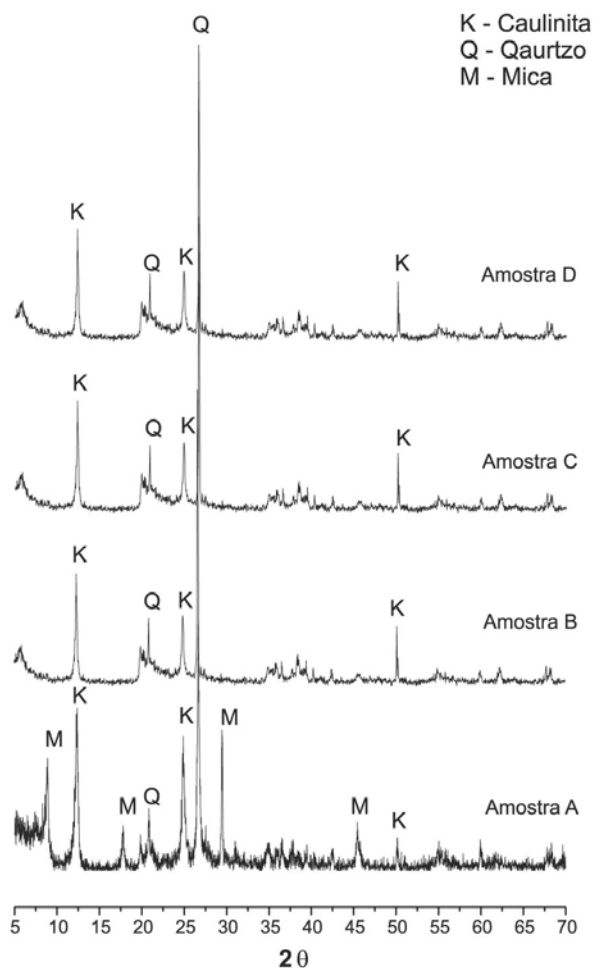


Figura 3: Difratoogramas de raios X das amostras.
[Figure 3: X-ray diffraction patterns of the samples.]

enquanto que os difratogramas das demais amostras apresentam picos indicativos da presença apenas de caulinita e quartzo. O que vem de encontro aos resultados obtidos da análise térmica diferencial (ATD). Os difratogramas também justificam o elevado teor de K_2O na amostra A, estando esse provavelmente associado à presença de mica.

Com base nos difratogramas mostrados na Fig. 3 e na composição química das amostras (Tabela IV), foi realizada a análise racional dos constituintes presentes nas amostras, segundo o método UFSC [35]. Nesta análise foram consideradas as seguintes fórmulas ideais: $Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$ para a caulinita, SiO_2 para o quartzo e $K_2O \cdot 3Al_2O_3 \cdot 6SiO_2 \cdot 2H_2O$ para a mica. A Tabela V apresenta os resultados obtidos para a análise racional.

Comparativamente observa-se que as porcentagens calculadas estão dentro dos intervalos indicados na literatura [2-4] para argilas “ball clays” inglesas (caulinita – 20 a 90%, quartzo – 0 a 60%, mica – 0 a 40%). A grande porcentagem de material acessório na amostra A está provavelmente relacionada ao elevado teor de Fe_2O_3 , CaO e Na_2O , pois nas fórmulas teóricas consideradas não se levou em conta substituições de cátions na estrutura cristalina, soluções sólidas ou adsorção nas faces das partículas do material argiloso.

Correlacionando a análise racional obtida com a análise

Tabela V – Análise racional das amostras.

[Table V – Rational mineralogical analysis of the samples.]

Amostras	Constituintes (%)			
	Caulinita	Quartzo	Mica	Acessórios
A	27,2	25,2	25,4	22,2
B	81,3	13,2	-	5,5
C	70,1	24,6	-	5,3
D	79,6	15,2	-	5,2

granulométrica (Fig. 1 e Tabela II), verifica-se que os resultados para a amostra A estão em grande concordância com os resultados presentes na Tabela II (considerando a caulinita e mica como a fração argila). Os resultados obtidos para as amostras B, C e D aparentam indicar que os valores obtidos para a fração argila (fração < 2 μm) no ensaio de distribuição granulométrica são inferiores aos valores estimados através do cálculo teórico (análise racional). No entanto, esses resultados seriam bastante concordantes, caso a fração indicada como silte fino (Tabela II) fosse material argiloso na forma de aglomerados. O que evidenciaria uma falha na desaglomeração do material argiloso durante o ensaio de distribuição granulométrica.

A literatura [36] indica que a distribuição granulométrica varia como função das forças cisalhantes que atuam no material durante a preparação da dispersão. A fração de finos aumenta significativamente quando o material é submetido a técnicas de elevada intensidade de dispersão (como ultra-som ou agitadores com elevadas velocidades de rotação, ≈ 20000 rpm) por longos tempos. O aumento da fração de finos por essa metodologia é atribuído exatamente [36] à quebra dos aglomerados de partículas em partículas individuais ou em aglomerados menores.

A Fig. 4 apresenta as micrografias obtidas por microscopia eletrônica de transmissão (MET) das amostras. Observa-se que a micrografia da amostra A indica a presença de placas de caulinita de perfil hexagonal com arestas bem definidas, de partículas lamelares menores de perfil irregular (provavelmente de caulinita com desordem ao longo do eixo b), de aglomerados e de partículas escuras de elevado poder de espalhamento, provavelmente relacionadas com algum composto à base de ferro, o que justificaria o alto teor de ferro presente na amostra A.

As micrografias das amostras B e C indicam a presença de placas de caulinita de perfil hexagonal e arestas bem definidas, de partículas lamelares menores com perfil irregular e de aglomerados. A micrografia da amostra C é bem semelhante ao das amostras B e C, com a presença de partículas com perfil irregular e de aglomerados, sendo verificada a presença de partículas não identificadas.

As micrografias são semelhantes a resultados presentes na literatura [37] obtidos com amostras submetidas a dispersão em baixas taxas de cisalhamento, onde as partículas apresentavam-se basicamente na forma de grandes aglomerados. Os quais foram eliminados com a utilização de elevada intensidade de cisalhamento durante a dispersão, com suas micrografias passando a apresentar elevada quantidade

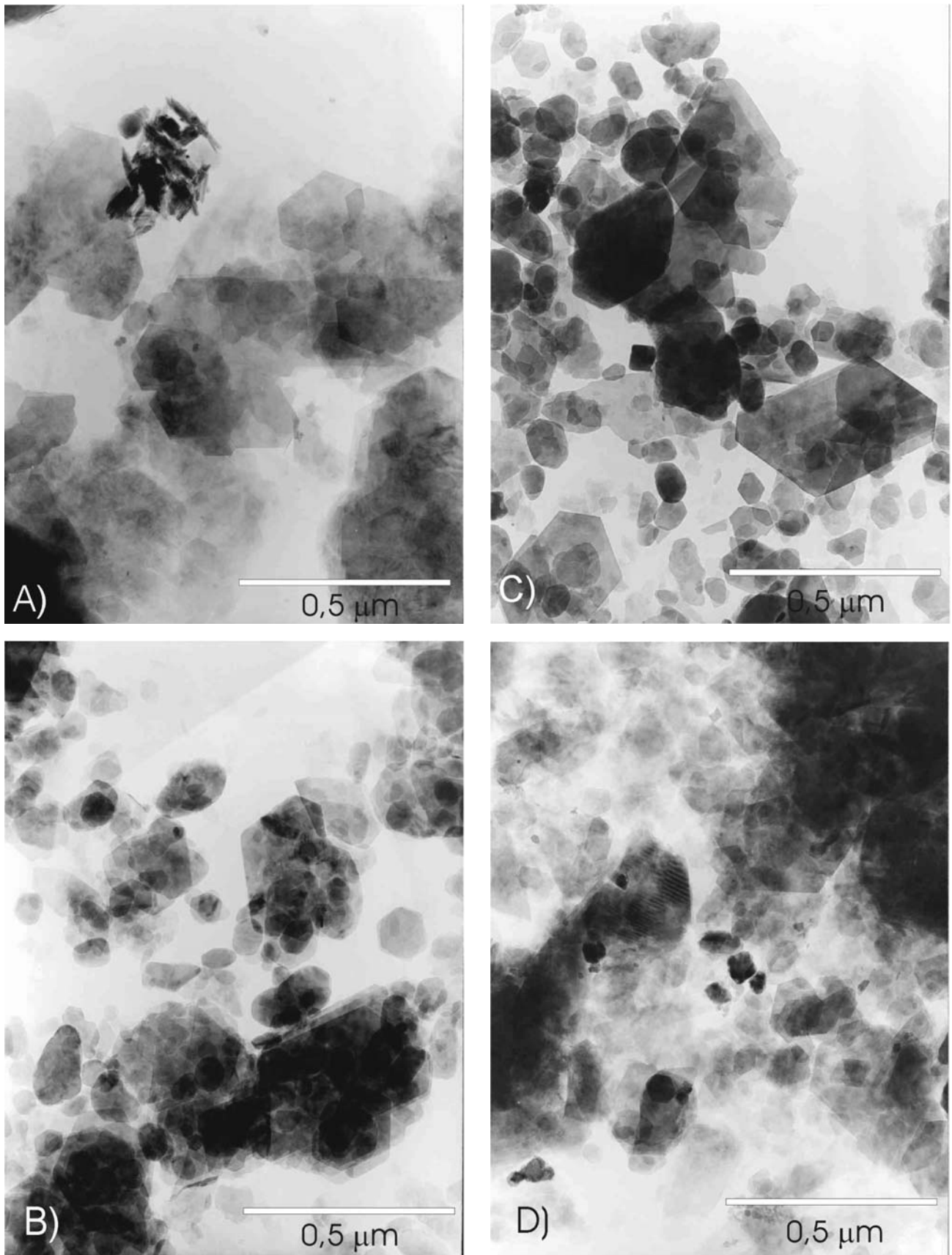


Figura 4: Micrografias obtidas por microscopia eletrônica de transmissão das amostras A, B, C e D.
[Figure 4: TEM images of samples A, B, C and D.]

Tabela VI – Propriedades físico-mecânicas visando fins cerâmicos das amostras.

[Table VI – Physico-mechanical properties of the samples.]

Amostras	Temperatura (°C)	RL ^a (%)	AA ^b (%)	TRF ^c (MPa)	Cor
A*	110	0,90	-	4,52	-
	1250	7,10	5,76	17,48	Vermelho*
	1450	9,90	2,71	28,36	Marrom*
B	110	0,24	-	1,80	-
	1250	5,34	2,15	32,71	Creme
	1450	6,03	0,76	52,37	Creme
C	110	0,37	-	1,70	-
	1250	4,84	1,20	35,87	Creme
	1450	5,54	0,75	38,91	Creme
D	110	0,80	-	2,50	-
	1250	6,75	5,94	22,44	Branca
	1450	10,37	2,30	38,21	Creme

^aRL-Retração linear de queima e secagem;

^bAA-Absorção de água; ^cTRF-Tensão de ruptura à flexão

* A amostra A apresentou cor clara (rosa) em queima realizada por volta dos 1150 °C, por isso foi analisada no presente estudo.

de partículas finas e apenas alguns aglomerados.

Os resultados obtidos por microscopia eletrônica de transmissão, juntamente com os dados da análise racional, indicam que as amostras são materiais com frações argilosas bem maiores que as obtidas com a distribuição granulométrica. Os aglomerados observados através das micrografias podem ter sido classificados como partículas “grandes” durante a análise granulométrica.

A Tabela VI apresenta os resultados das propriedades físico-mecânicas das amostras estudadas. Com base na Tabela VI pode-se observar que os valores de tensão de ruptura à flexão após secagem a 110 °C variaram de 1,70 a 4,52 MPa. Comparando com os valores indicados na literatura [4, 15, 16] para a argila São Simão (3,90 a 5,12 MPa), observa-se que os valores obtidos são, de forma geral, inferiores aos indicados para a argila São Simão. Como referência tem-se que as “ball clays” inglesas apresentam valores de tensão de ruptura à flexão após secagem a 110 °C que situam-se nos intervalos de 4 a 10 MPa [3] e de 1,1 a 8,5 MPa [38]. De acordo com classificação da literatura [38], os valores obtidos são considerados medianos, com exceção da amostra A, cuja tensão de ruptura seria classificada como intermediária superior.

Os resultados de retração linear, absorção de água e tensão de ruptura à flexão após queima a 1250 °C, estão de acordo com valores indicados na literatura [16] para argilas plásticas de queima branca. No que se refere à cor de queima observa-se que todas as amostras apresentam cores claras com a queima até 1450 °C, à exceção da amostra A, cuja cor a 1250 °C já

foi escura. A amostra A apesar de possuir cor escura após queima a 1250 °C, apresentou coloração clara (rosa) após queima em torno de 1150 °C, o que fez com que fosse estudada no presente trabalho.

CONCLUSÕES

Este trabalho teve por objetivo analisar argilas do tipo “ball clay” extraídas do litoral paraibano, realizando sua caracterização para fins cerâmicos. Pode-se concluir que: a) as amostras apresentaram uma CTC superior à indicada na literatura para argilas plásticas de queima branca brasileiras; b) a fração argila situou-se em torno de 36 a 50%; c) as argilas são constituídas basicamente por material caulínico e pequenos teores de quartzo e material acessório; d) a análise por MET evidenciou a presença de placas de caulinita de perfil hexagonal com arestas bem definidas e partículas lamelares menores de perfil irregular; e) as amostras apresentaram valores de resistência mecânica, após secagem e resistência mecânica, absorção de água e porosidade, após queima dentro da faixa indicada na literatura, bem como apresentaram cores claras após queima em temperaturas de até 1450 °C.

REFERÊNCIAS

- [1] J. T. McCuison, Am. Ceram. Soc. Bull. **76**, 6 (1997) 73.
- [2] A. K. Bougher, Am. Ceram. Soc. Bull. **74**, 6 (1995) 102.
- [3] A. Barba, V. Beltrán, C. Feliu, J. García, F. Gínes, E. Sánchez, V. Sanz, Materias Primas para la Fabricación de Soportes de Baldosas Cerâmicas, AICE, Castellón, Espanha (1997).
- [4] I. R. Wilson, Cerâmica **44**, 291 (1998) 287.
- [5] P. Santini, P. Souza Santos, V. F. Alves, Cerâmica **8**, 30 (1962) 46.
- [6] P. Souza Santos, I. B. Kapel, H. L. Souza Santos, Cerâmica **8**, 31 (1962) 2.
- [7] F. B. Angeleri, P. Souza Santos, J. E. Paiva Neto, A. C. Nascimento, H. L. Souza Santos, Cerâmica **8**, 33 (1962) 33.
- [8] F. B. Angeleri, Cerâmica **12**, 47/48 (1966) 223.
- [9] S. F. Calil, F. B. Angeleri, P. Souza Santos, P. Mazzucato, J. Cristino, Cerâmica **17**, 66 (1971) 149.
- [10] S. F. Calil, P. Souza Santos, Cerâmica **20**, 80 (1974) 347.
- [11] F. B. Angeleri, Cerâmica **21**, 82 (1975) 85.
- [12] A. Amarante Júnior, P. R. Santos, Cerâmica **26**, 128 (1980) 217.
- [13] L. C. Tanno, J. F. N. Mota, M. Cabral Júnior, S. Saka, D. D. Souza, Anais do 34º Congresso Brasileiro de Cerâmica, Blumenau, SC (1990) p. 360.
- [14] J. L. Aumont, Cerâmica **39**, 260 (1993) 91.
- [15] S. R. F. Cardoso, H. S. Santos, A. C. V. Coelho, P. Souza Santos, Cerâmica Industrial **3**, 3 (1998) 47.
- [16] S. R. F. Cardoso, H. S. Santos, A. C. V. Coelho, P. Souza Santos, Cerâmica Industrial **3**, 4-6 (1998) 39.
- [17] E. G. C. S. Dias, F. M. Valverde, M. R. Neves, M. A. Kiyotani, Cerâmica **28**, 153 (1982) 347.
- [18] P. Souza Santos, Cerâmica **19**, 76 (1973) 325.
- [19] A. P. R. Araújo, Cerâmica **20**, 77 (1974) 18.
- [20] A. M. Gusmão, M. A. H. Tavares, Cerâmica **28**, 153 (1982) 353.

- [21] E. Braz, O. Carvalho, *Cerâmica* **32**, 196 (1986) 18.
- [22] A. C. F. M. Costa, G. A. Neves, L. N. L. Santana, F. S. Cartaxo, *Anais do 41º Congresso Brasileiro de Cerâmica*, São Paulo, SP (1997) p. 288.
- [23] R. M. R. Wellen, G. A. Neves, M. C. Silva, *Anais do 13º Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais*, Curitiba, SC (1998) CD Rom.
- [24] G. A. Neves, A. C. F. M. Costa, R. M. R. Wellen, *Anais do 42º Congresso Brasileiro de Cerâmica*, Poços de Caldas, SP (1998) CD Rom.
- [25] R. R. Menezes, G. A. Neves, S. M. R. Patrício, *Anais do 44º Congresso Brasileiro de Cerâmica*, São Pedro, SP (2000) CD Rom.
- [26] R. R. Menezes, G. A. Neves, H. C. Ferreira, *Cerâmica* **47**, 302 (2001) 77.
- [27] G. P. Souza, R. Sanchez, J. N. F. de Holanda, *Cerâmica* **48** 306 (2002) 102.
- [28] M. Hajjaji, S. Kacim, M. Boulmane, *Appl. Clay Sci.* **21** (2002) 203.
- [29] M. Hajjaji, S. Kacim, A. Alami, A. El Bouadili, M. El Mountassir, *Appl. Clay Sci.* **20** (2001) 1.
- [30] G. Bianchini, R. Laviano, S. Lovo, C. Vaccaro, *Appl. Clay Sci.* **21** (2002) 165.
- [31] H. C. Ferreira, T. J. Chen, P. Souza Santos, *Cerâmica* **18**, 71 (1972) 333.
- [32] NBR 6454, *Determinação do Limite de Liquidez, Método de Ensaio* (1984).
- [33] NBR 7180, *Determinação do Limite de Plasticidade, Método de Ensaio* (1984).
- [34] P. Souza Santos, *Ciência e Tecnologia de Argilas*, 2º ed, Vol. 1, Edgard Blücher, São Paulo, Brasil (1992).
- [35] C. Coelho, N. Roqueiro, D. Hotza, *Mater. Lett.* **52** (2002) 394.
- [36] C. Maxwell, D. R. Dinger, *Am. Ceram. Soc. Bull.* **71**, 8 (1992) 1225.
- [37] T. D. Croft, J. S. Reed, R. L. Snyder, *Am. Ceram. Soc. Bull.* **56**, 2 (1978) 1111.
- [38] F. H. Norton, *Introdução à Tecnologia Cerâmica*, Tradução de Jefferson V. Souza, Edgard Blücher, São Paulo, Brasil, (1973).
- [39] H. Ries, *Clays: Occurrence, Properties and Uses*, 3rd ed, Wiley, New York, USA, (1927).
- (*Rec. 27/01/03, Rev. 22/04/03, Ac. 26/04/03*)