

Indústrias Cerâmicas da Região do Seridó (RN): Panorama Sócio-econômico e Caracterização Tecnológica de Matérias-primas

Felipe L. Formiga^a, Jean C. S. Andrade^{b*}, Pedro A. S. Araújo^a, Daniel A. de Macedo^c,
Antônio E. Martinelli^b, Rubens M. do Nascimento^b, Carlos A. Paskocimas^b

^aUniversidade Potiguar – UnP, Av. João da Escóssia, 1561, Nova Betânia,
CEP 59607-330, Mossoró, RN, Brasil

^bPrograma de Pós-graduação em Ciência e Engenharia de Materiais,
Universidade Federal do Rio Grande do Norte – UFRN, Campus Universitário Lagoa Nova,
CEP 59072-970, Natal, RN, Brasil

^cDepartamento de Engenharia de Materiais, Universidade Federal da Paraíba – UFPB Campus I,
Cidade Universitária, CEP 58051-900, João Pessoa, PB, Brasil

*e-mail: jean@ufrnet.br

Resumo: Este trabalho teve como objetivos traçar um panorama sócio-econômico e estudar as características tecnológicas de matérias-primas cerâmicas para a produção de telhas na Região do Seridó, estado do Rio Grande do Norte (RN). A Região em estudo possui 23 municípios onde foram identificadas 80 indústrias cerâmicas. Para definição do universo da pesquisa, fez-se um levantamento das olarias que fazem parte do Arranjo Produtivo Local (APL) Seridó junto ao Instituto Euvaldo Lodi (IEL) do Estado. As características e condições de funcionamento das indústrias cerâmicas da região foram identificadas através de um questionário sócio-econômico aplicado *in loco*, que abordava aspectos como perfil das empresas e processo produtivo. A análise das informações coletadas em 23 empresas identificadas em sete municípios permitiu concluir que a grande maioria das indústrias é de pequeno porte, com estrutura familiar, equipamentos obsoletos e mão de obra pouco qualificada. Grande parte das olarias opera com baixo conhecimento técnico, precários controles do processo produtivo e tecnológico dos produtos. As matérias-primas coletadas foram submetidas a ensaios de difração de raios X, composição química, análise térmica diferencial, distribuição de tamanho de partícula e plasticidade.

Palavras-chave: indústrias cerâmicas, cerâmica estrutural, panorama sócio-econômico, caracterização tecnológica, matérias-primas.

1. Introdução

Os estudos de matérias-primas argilosas empregadas nas indústrias de cerâmica vermelha estrutural têm como meta a busca de informações que possam auxiliar no desenvolvimento de produtos e processos. O resultado poderá ser refletido através da obtenção de produtos de melhor qualidade, seja por mudanças nas formulações das misturas, seja por melhorias no processo de fabricação, através do controle das propriedades das matérias-primas.

A importância da busca do conhecimento sobre as matérias-primas argilosas, e sua relação com a qualidade dos produtos, pode ser confirmada pela grande quantidade de material científico disponível que concentram estudos em argilas encontradas em grandes pólos de produção de cerâmica vermelha, como a região de Campos dos Goytacazes no Rio de Janeiro¹, Santa Gertrudes em São Paulo² e algumas regiões do nordeste Brasileiro^{3,4}.

Na grande maioria dos estudos, o alvo dos trabalhos tem sido a avaliação das características de argilas coletadas em uma mesma jazida, considerando posições e profundidades de extração; em outros casos, tem sido consideradas argilas com características bastante diferenciadas, oriundas de diferentes jazidas situadas em locais próximos. Em todos estes estudos, a metodologia de caracterização tecnológica tem se concentrado basicamente na composição química, mineralógica, distribuição granulométrica e no comportamento térmico das matérias-primas cerâmicas.

O presente trabalho foi programado para cumprir uma etapa experimental capaz de seguir objetivos específicos, tais como: o levantamento do panorama sócio-econômico das indústrias da região do Seridó, revelando as características e condições de funcionamento identificadas através de um questionário aplicado

in loco; e caracterizar as matérias-primas argilosas utilizadas, a fim de identificar suas propriedades físico-químicas e térmicas e então selecioná-las a fim de serem submetidas a diferentes ciclos de queima.

2. Materiais e Métodos

As matérias-primas coletadas para este trabalho foram selecionadas procurando-se obter amostras representativas das argilas utilizadas pelas indústrias cerâmicas do Seridó. A Tabela 1 apresenta a nomenclatura adotada para as matérias-primas em estudo, conforme seqüência de coleta durante as visitas às indústrias. Tendo em vista o local de extração dessas argilas, é possível denominá-las “*argilas de várzea*”.

O principal critério de seleção das matérias-primas foi a busca de uma distribuição representativa dos materiais argilosos da região, levando-se em conta o maior número de empresas que as utilizam nas formulações cerâmicas e na localização das jazidas de extração. A Figura 1 representa a metodologia experimental de caracterização das matérias-primas. Todas as amostras coletadas passaram pelo processo de amostragem por quarteramento, para obtenção de uma amostragem representativa⁵.

A etapa que antecede a caracterização tecnológica, denominada “preparação”, consistiu de secagem das matérias-primas à temperatura de 110°C ± 5°C por 24 h, destorroamento manual em almofariz e peneiramento nas malhas de 35 e 200 mesh. O Índice de Plasticidade (IP) foi determinado com base nos ensaios de Limite de Liquidez⁶ e Limite de Plasticidade⁷. Na etapa final de caracterização as matérias-primas foram analisadas quanto à distribuição granulométrica (AG),

composição química e de fases cristalinas (fluorescência [FRX] e difração de raios X [DRX]) e comportamento térmico (AT, análise térmica diferencial).

3. Resultados e Discussão

No tocante ao panorama sócio-econômico do Seridó do RN, foi possível constatar que a grande maioria das jazidas exploradas pelas indústrias cerâmicas se concentra nas regiões das várzeas dos rios, lagoas e açudes da região, sendo os principais fornecedores de matéria-prima os açudes de Cruzeta, o Caldeirão em Parelhas, o Gargalheiras em Acari (Figura 2), o Itans em Caicó, o Zangarelhas em Jardim do Seridó e o Rio Totoró em Currais Novos. Dentre todas

Tabela 1. Matérias-primas coletadas e suas localizações na Região do Seridó (RN).

Nomenclatura	Localização	Jazida
A1	Acari (RN)	Bulhões (RN)
A2	Cruzeta (RN)	Cauaçu (RN)
A3	Carnaúba dos Dantas (RN)	Massapê (RN)
A4	Currais Novos (RN)	Totoró (RN)
A5	Parelhas (RN)	Taperoá (PB)
A6	Tangará (RN)	Manissoba (RN)
A7	Santa Cruz (RN)	Trairi (RN)

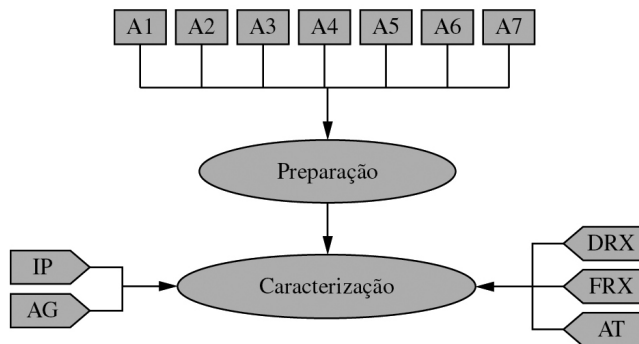


Figura 1. Representação esquemática da metodologia de caracterização das matérias-primas.



Figura 2. Jazida Bulhões em Acari.

estas jazidas, a mais importante é a do açude de Cruzeta (Figura 3), que abastece a maioria das cerâmicas do Seridó.

A extração das matérias-primas é realizada basicamente de forma mecânica, com o uso de retroescavadeiras, e o transporte da jazida até a olaria é feito principalmente por caminhões (Figura 2). O processo de sazonalidade do material nas indústrias pesquisadas tem duração média de 30 e máxima de 720 dias (Figura 4). A exposição do material extraído às intempéries provoca a lavagem de sais solúveis e o alívio de tensões nos blocos da argila, melhorando sua plasticidade e homogeneizando a distribuição de umidade⁸. Para 54% das indústrias pesquisadas, o tempo médio de descanso da massa após a adição da umidade é de 8 dias.

Como uma única argila não apresenta todas as características necessárias para a produção de cerâmicas, a prática industrial tem sido utilizar misturas de duas ou mais matérias-primas a fim de combinar as suas propriedades. A maior parte das indústrias do Seridó adota a mistura de três argilas em seu processo produtivo (Figura 6). Os procedimentos de dosagem da matéria-prima são de pouca precisão, ocorrendo geralmente pela contagem do número de *conchas* de pás-carregadeiras. O mercado consumidor é local, com grande parte da produção cerâmica absorvida pela indústria da construção civil da região. O principal consumidor dos produtos são pequenos comerciantes que abastecem o mercado regional com produtos para construção civil. Uma pequena parte da produção ainda é exportada para estados vizinhos como a Paraíba, Pernambuco e Alagoas.

A Figura 5 apresenta a distribuição de tamanho de partícula das matérias-primas. Nesta figura as diferentes faixas de tamanho de partícula estão associadas à fração argila e silte, bem com areia fina e areia grossa, de acordo com a classificação granulométrica dos solos da International Society of Soil Science⁹. É possível observar uma variação relativamente alta do diâmetro das partículas com frações acumuladas, principalmente entre as matérias-primas A1 e A4.

A Tabela 2 apresenta as porcentagens granulométricas das matérias-primas estudadas conforme a classificação adotada pela ABNT (NBR 6502, 1995)¹⁰.

Constatou-se que 3 matérias-primas das 7 estudadas são constituídas por uma pequena quantidade de argila e um elevado teor de silte e areia (A1, A3 e A6), tendo estas diâmetro médio de partícula superior às demais. Contudo, as matérias-primas A2, A4, A5 e A7 não apresentaram areia na composição.



Figura 3. Jazida Cauaçu em Cruzeta.



Figura 4. Sazonamento de matéria-prima no pátio das indústrias.

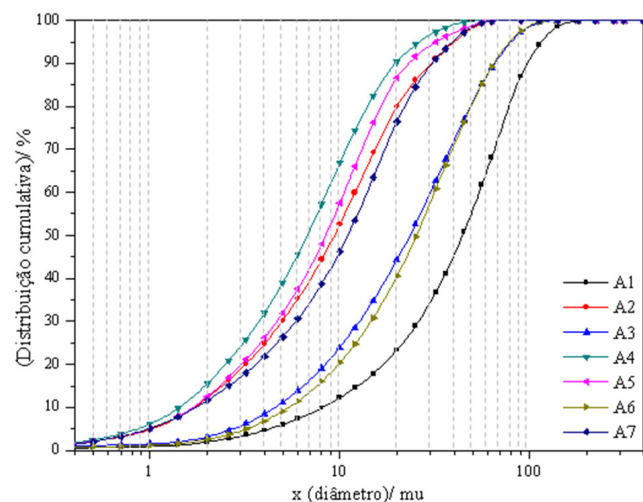
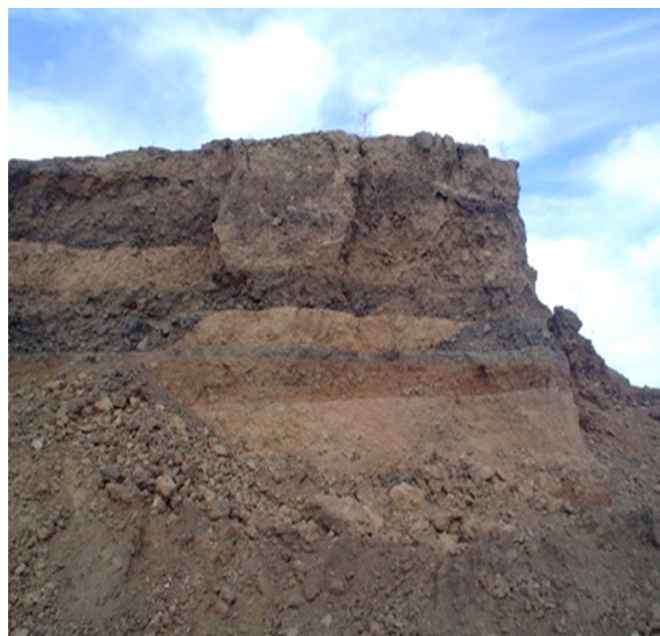


Figura 5. Curvas granulométricas das matérias-primas em estudo.

A Tabela 3 contém os resultados de distribuição de tamanho de partícula das matérias-primas estudadas nas frações acumuladas de 10%, 60% e 90%, assim como o diâmetro médio de partícula (D_M).

Observa-se que a matéria-prima A4 apresenta menor diâmetro médio de partícula, conseqüentemente, distribuição de tamanho de partícula mais fina em relação às demais, evidenciado pelas percentagens retidas nas diferentes frações granulométricas, seguida das amostras A5, A2 e A7. A matéria-prima A1 apresenta granulometria mais grossa com diâmetro médio de partícula maior que $50 \mu\text{m}$ e mais de 70% das partículas com tamanho superior a $20 \mu\text{m}$. As amostras A6 e A3 formam o grupo intermediário com mais de 50% das partículas com granulometria superior a $20 \mu\text{m}$ e diâmetro médio de partículas de $31,10 \mu\text{m}$ e $30,13 \mu\text{m}$, respectivamente.

A Figura 6 representa o diagrama de Winkler para as matérias-primas em estudo. Nota-se que todas as matérias-primas encontram-se fora da região (centro do diagrama) favorável à produção de telha.

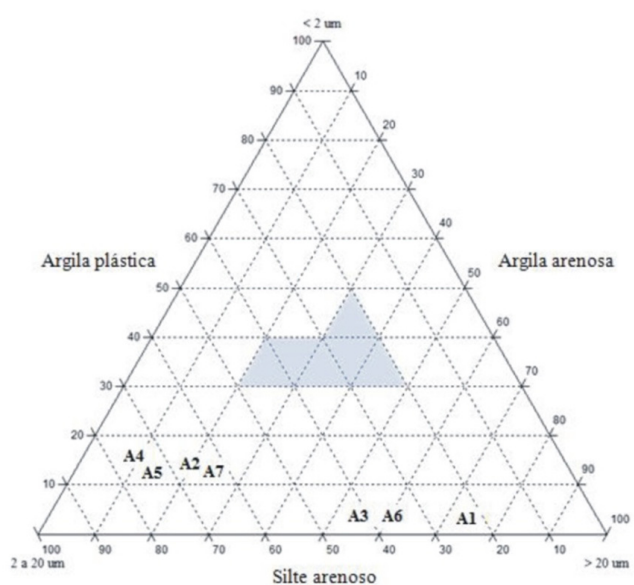


Figura 6. Diagrama granulométrico de Winkler.

Tabela 2. Classificação das matérias-primas¹⁰.

Matérias-primas	< 2 μm	2-63 μm	63-200 μm
	Argila	Silte	Areia
	%		
A1	1,96	66,15	31,89
A2	12,20	87,80	0,00
A3	3,15	85,75	11,1
A4	15,58	84,41	0,00
A5	12,49	87,51	0,00
A6	2,50	86,74	10,76
A7	11,65	88,35	0,00

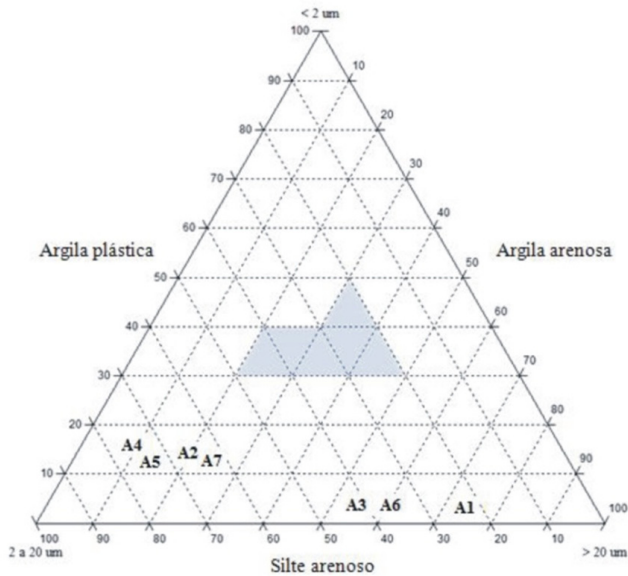


Figura 7. Diagrama ternário do sistema $\text{SiO}_2 - \text{Al}_2\text{O}_3 - \text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{K}_2\text{O} + \text{CaO} + \text{MgO}$.

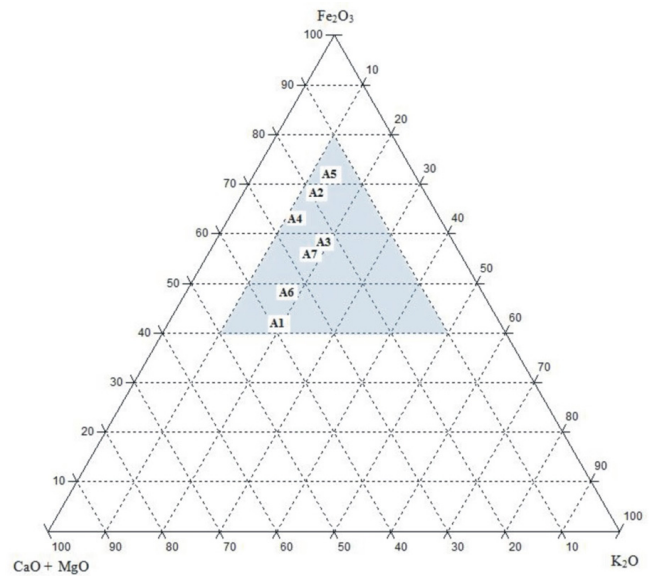


Figura 8. Diagrama ternário do sistema $\text{Fe}_2\text{O}_3 - \text{K}_2\text{O} - \text{CaO} + \text{MgO}$.

Tabela 3. Distribuição de tamanho e diâmetro médio de partículas das matérias-primas.

Matérias-primas	10% (μm)	60% (μm)	90% (μm)	D_M (μm)	%		
					< 2 μm	2-20 μm	>20 μm
A1	8,11	54,09	99,25	50,18	1,96	21,39	76,65
A2	1,68	12,02	30,40	13,04	12,20	67,78	20,02
A3	4,54	29,91	66,05	30,13	3,15	41,13	55,72
A4	1,42	8,53	19,71	9,12	15,58	74,82	9,60
A5	1,65	10,55	23,27	11,13	12,49	74,10	13,41
A6	5,37	31,44	65,10	31,10	2,50	38,01	59,49
A7	1,72	13,88	30,80	14,03	11,65	64,11	23,58

Tabela 4. Limite de liquidez, limite de plasticidade, índice de plasticidade e classificação de matérias-primas.

Matérias-primas	LL	LP	IP	Classificação
		%		
A1	ND*	ND	0,0	Não-plástica
A2	40,87	21,50	19,37	Altamente plástica
A3	ND	ND	0,0	Não-plástica
A4	34,21	23,63	10,58	Mediamente plástica
A5	41,09	22,98	18,11	Altamente plástica
A6	ND	ND	0,0	Não-plástica
A7	34,96	20,41	14,55	Mediamente plástica

*ND – não determinado.

Tabela 5. Análise química das matérias-primas obtida por fluorescência de raios X.

Matérias-primas	Principais elementos (% em peso)									
	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	K_2O	TiO_2	MgO	MnO	ZrO_2	Outros
A1	57,22	24,42	5,52	3,72	2,55	1,78	1,46	0,12	0,12	3,09
A2	44,84	26,66	17,29	1,67	2,95	1,31	3,22	0,23	-	1,83
A3	42,60	29,21	13,87	1,53	4,58	1,66	3,97	0,20	0,09	2,29
A4	46,45	23,43	15,79	3,80	2,63	1,61	2,56	0,19	0,06	3,48
A5	44,60	25,84	17,62	1,98	3,33	1,86	2,03	0,16	0,04	2,54
A6	52,19	26,61	8,31	2,83	2,93	1,96	2,88	0,13	0,06	2,10
A7	52,28	24,60	10,89	4,44	3,60	1,26	-	0,14	0,08	2,71

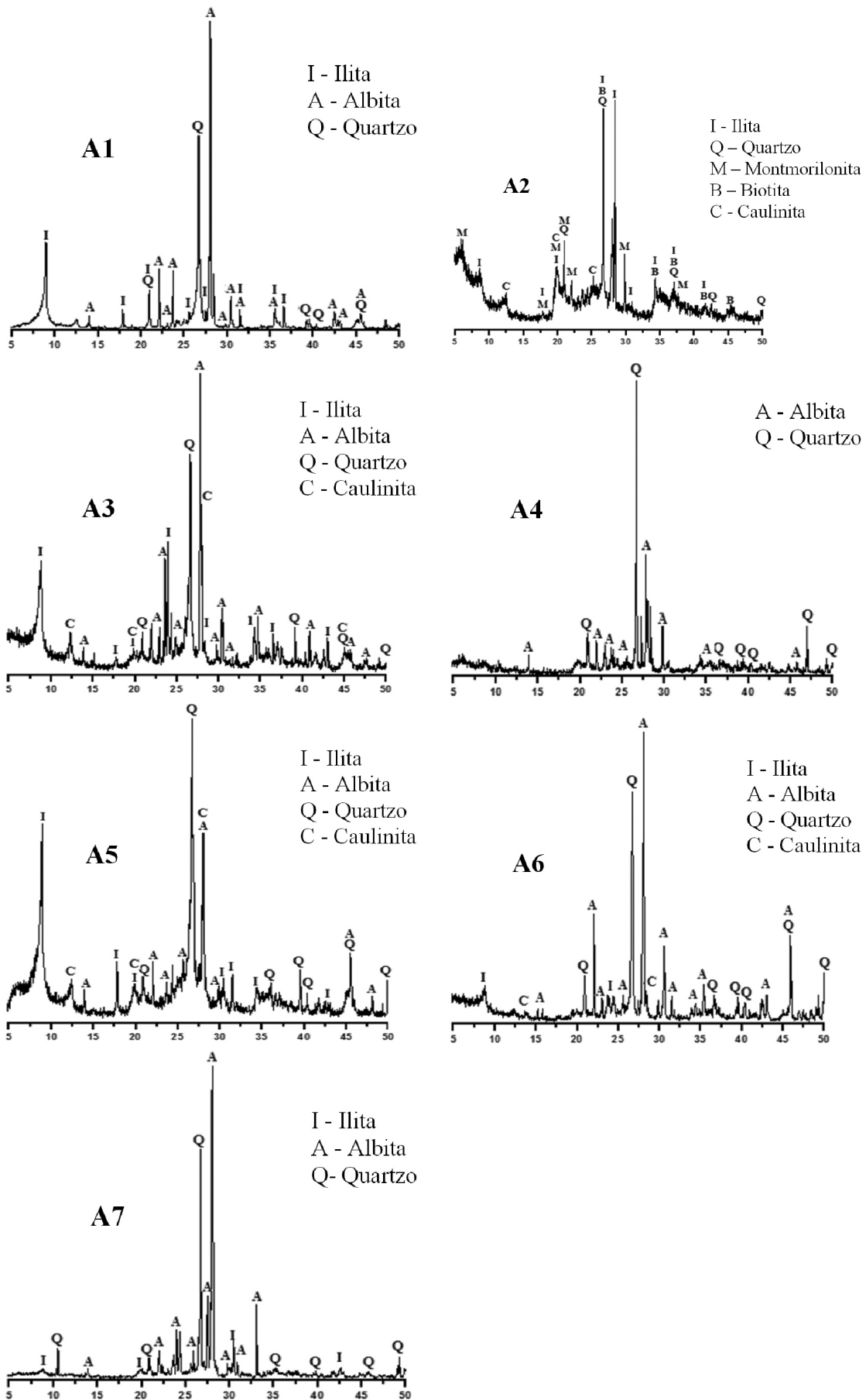


Figura 9. Difratomogramas de raios X das matérias-primas.

Desta forma, é possível concluir que nenhuma das matérias-primas pode ser processada individualmente visando à obtenção de telhas cerâmicas, sendo necessário, portanto, o desenvolvimento de formulações cerâmicas.

A Tabela 4 apresenta os resultados dos limites de Atterberg e a classificação das matérias-primas em estudo.

Conforme a Tabela 4 observa-se que a matéria-prima A2 foi a que apresentou maior índice de plasticidade, seguida da matéria-prima A5. Essa plasticidade não depende somente da presença da fração argilosa, mas também é influenciada pela morfologia das partículas, composição química e mineralógica. As matérias-primas A1, A3 e A6 não apresentaram plasticidade, sendo sua principal aplicação como material desplastificantes ou reguladoras de plasticidade na massa cerâmica. Sabendo-se da notória ligação entre a granulometria e a plasticidade, classificamos as matérias-primas A2 e A5 como altamente plásticas, A4 e A7 como mediamente plástica e em contraponto, as matérias-primas A1, A3 e A6 como não-plásticas.

A Tabela 5 apresenta os resultados das análises químicas das matérias-primas. As amostras A1, A6 e A7 apresentaram um teor de sílica superior a 50%, assim como menores teores de Fe_2O_3 . As demais argilas apresentaram valores semelhantes de teor de SiO_2 e Al_2O_3 , e percentagem de Fe_2O_3 superior a 13%, sendo que as argilas A2 e A5 podem ser consideradas como semelhantes em toda sua composição.

A semelhança na composição das argilas pode ser visualizada através da representação das composições em um diagrama ternário (Figura 7), considerando como vértices o SiO_2 (indicativo de sílica livre), o Al_2O_3 (indicativo da presença de argilominerais) e por último o vértice constituído pela soma de Fe_2O_3 , K_2O , CaO e MgO , considerada a soma de componentes presentes em óxidos livres, carbonatos e feldspatos.

Como alternativa para melhor avaliação das diferenças observadas nas argilas, com base em sua composição química, foi construído um novo diagrama ternário (Figura 8) considerando como vértices o Fe_2O_3 (maior responsável pela coloração após sinterização), o teor de K_2O (indicativo da presença de fundentes) e a soma $CaO + MgO$ (indicativo de carbonatos).

De acordo com a Figura 8, observa-se que em todas as amostras a presença de materiais fundentes é reduzida. Como observado anteriormente, as matérias-primas A2 e A5 devem ser consideradas como maiores fontes de ferro, empregadas para conferir a coloração vermelha às telhas. Quanto às demais, nota-se uma considerável variação em relação às proporções de carbonatos e óxidos livres.

A Figura 9 ilustra os difratogramas de raios X das matérias-primas em estudo. Com base nestes resultados observa-se que todas as argilas têm como características principais a presença de argilominerais como a illita (forma majoritária) e caulinita, que são excelentes formadores de estrutura em uma ampla faixa de temperatura de sinterização. Como previsto anteriormente, o mineral acessório quartzo foi detectado

em todas as matérias-primas. Picos de difração característicos do fundente albita também foram identificados, exceto para a amostra A2 que apresentou o argilomineral montmorilonita e a mica biotita, um silicato de alumínio e ferro que contém manganês e titânio. Os resultados de difratometria de raios X estão em conformidade com as informações obtidas na análise química por fluorescência de raios X.

A combinação dos dados de difração de raios X com os da fluorescência de raios X, além de introduzir uma correção no teor de quartzo presente na amostra, através da curva de quartzo livre, também permitiu realizar a análise mineralógica quantitativa das matérias-primas, mais conhecida como análise racional (Tabela 6). Para tanto se utilizou o programa computacional “MIDS” desenvolvido na UFRN¹¹.

A Figura 10 apresenta as curvas de análise térmica diferencial das matérias-primas.

Todas as amostras apresentaram picos endotérmicos (abaixo de 160 °C) associados à desidratação decorrente da perda de água intercalada entre camadas e de água adsorvida. Os efeitos exotérmicos ocorrem até aproximadamente 650 °C, estando associados com a pirólise e combustão da matéria orgânica, fenômenos mais acentuados nas amostras A2 e A5. Os picos endotérmicos entre 500 e 700 °C são decorrentes da reação de desidroxilação da caulinita, com formação da metacaulinita. O pico exotérmico na amostra A2 a aproximadamente 910 °C é atribuído à decomposição da metacaulinita.

Os resultados obtidos neste trabalho foram empregados como base de pesquisa para o projeto APL (Arranjo Produtivo Local) de

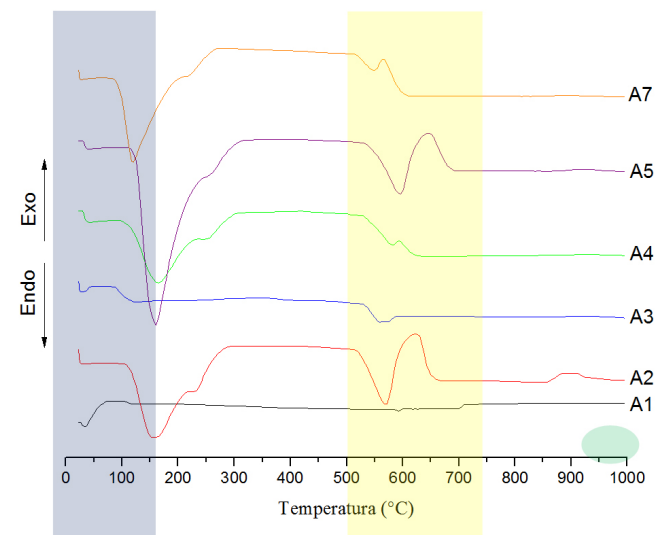


Figura 10. Curvas de análise térmica diferencial das matérias-primas.

Tabela 6. Análise racional das matérias-primas.

Matérias-primas	Minerais argilosos				Minerais não-argilosos				
	I	C	M	Σ	Q	A	B	Outros	Σ
A1	57,11	-	-	57,11	20,75	11,33	-	10,81	42,87
A2	32,08	20,22	35,58	87,88	4,04	-	2,54	5,54	12,12
A3	50,69	27,63	-	78,32	4,25	12,38	-	5,05	21,65
A4	-	-	-	-	21,58	67,93	-	10,49	100,0
A5	30,85	30,74	-	61,59	18,29	13,48	-	6,64	38,41
A6	32,48	37,74	-	70,22	18,26	9,87	-	1,65	29,81
A7	60,58	-	-	60,58	16,25	8,14	-	15,03	39,40

I: Illita; C: Caulinita; M: Montmorilonita; Q: Quartzo; A: Albita; B: Biotita; Σ: Somatório.

Telha Cerâmica do Seridó (RN). Com o objetivo de fortalecer a competitividade da indústria cerâmica da região, o próximo trabalho irá propor diversas combinações de mistura de matérias-primas visando à formulação de massas cerâmicas adequadas aos processos de produção de telhas.

4. Conclusões

O levantamento do panorama sócio-econômico das cerâmicas do Sériado (RN) permitiu concluir que a grande maioria das indústrias é de pequeno porte, com estrutura familiar, equipamentos obsoletos e mão de obra pouco qualificada. Grande parte das olarias opera com baixo conhecimento técnico, precário controle do processo produtivo e tecnológico dos produtos. As matérias-primas estudadas apresentam potencial para aplicação na indústria de cerâmica vermelha, sendo fortemente aconselhado o uso em formulações contendo misturas de material plástico e não-plástico. As argilas apresentam características químicas semelhantes, especialmente as amostras A2 e A5. As matérias-primas A1, A3 e A6 não desenvolveram plasticidade suficiente para o processo de extrusão de telhas cerâmicas. Desta forma, o desenvolvimento de formulações cerâmicas será a proposta principal do próximo trabalho.

5. Referências

1. VIEIRA, C. M. F. et al. Efeito da adição de argila fundente ílitica em cerâmica vermelha de argilas cauliniticas. *Cerâmica*, v. 50, p. 239-246, 2004. <http://dx.doi.org/10.1590/S0366-69132004000300011>
2. VIEIRA, C. M. F. et al. Formulação de massa de revestimento cerâmico com argilas plásticas de campos dos Goytacazes (RJ) e Taguá (SP). *Cerâmica Industrial*, v. 6, n. 6, p. 43-49, 2001.
3. CARVALHO, O. O. et al. Análise do processo produtivo da cerâmica CECIDA – Guarabira/PB. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CERÂMICA, 45., 2001, Florianópolis. *Anais...* Florianópolis, 2001.
4. DUTRA, R. P. S. et al. Avaliação da potencialidade de argilas do Rio Grande do Norte - Brasil. *Cerâmica Industrial*, v. 22, n. 2, p. 42-46, 2006.
5. DUTRA, R. P. S. **Efeito da velocidade de aquecimento nas propriedades de produtos da cerâmica estrutural**. 2007. 138 f. Tese (Doutorado em Ciência e Engenharia de Materiais)-Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2007.
6. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 6459**: Solo: determinação do limite de liquidez. Rio de Janeiro: ABNT, 1984.
7. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 7180**: Solo: determinação do limite de plasticidade. Rio de Janeiro: ABNT, 1984.
8. SOARES, J. M. D. et al. Panorama sócio-econômico das indústrias de cerâmica vermelha da região central do Estado do Rio Grande do Sul. *Cerâmica Industrial*, v. 9, p. 39-46, 2004.
9. SANTOS, P. S. **Ciência e Tecnologia de Argilas**. São Paulo: Editora Edgard Blucher Ltda, 1989. 287 p.
10. ASSOCIACAO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 6502**: Rochas e Solos. Rio de Janeiro: ABNT, 1995.
11. VARELA, M. L. et al. Otimização de uma metodologia para análise mineralógica racional de argilominerais. *Cerâmica*, v. 52, n. 320, p. 388-392, 2005. <http://dx.doi.org/10.1590/S0366-69132005000400013>