

CARACTERIZAÇÃO DE ARGILA CAULÍNITICA DA REGIÃO METROPOLITANA DE NATAL-RN – PARTE 1*

*Flánelson Maciel Monteiro¹
Franciné Alves Costa²
Tércio Graciano Machado³
Raimison Bezerra de Assis⁴*

Resumo

Os materiais cerâmicos são essenciais para o desenvolvimento da humanidade. O homem os utiliza para os mais variados fins, desde a confecção de utensílios domésticos até a produção de peças de alto desempenho tecnológico. Neste sentido, são extremamente necessárias à produção de pesquisas científicas para prospectar novos materiais para a indústria cerâmica. As argilas são consideradas o principal componente para fabricação de massas cerâmicas. Para produção de peças de cerâmica branca, revestimentos e outras categorias cerâmicas onde a coloração clara é prioridade, usam-se argilas cauliníticas. Todavia, esse tipo de argila possui pouca ocorrência na esfera terrestre, em comparação com outros tipos, tais como as argilas de coloração vermelha. Por tal motivo, encontrar novas jazidas de argila caulinítica para abastecer à indústria ceramista é extremamente imprescindível. Nesse sentido, objetiva-se com esse trabalho caracterizar uma argila caulinítica proveniente de uma jazida localizada no município de São Gonçalo do Amarante, região metropolitana de Natal-RN. O referido trabalho configura-se como a primeira parte de uma caracterização do material estudado. Sendo reservado para esse artigo os ensaios físicoquímicos e na segunda parte os ensaios tecnológicos. A caracterização físicoquímica foi realizada através das seguintes análises: DRX, FRX, Análise Granulométrica (AG), Dilatometria e ATG/DTG. Os resultados obtidos demonstram a viabilidade técnica da utilização do material para fabricação de produtos cerâmicos, tais como: telhas, lajotas, revestimentos e outros materiais cerâmicos.

Palavras-chave: Argila caulinítica; Rio Grande do Norte; caracterização; cerâmica.

CHARACTERIZATION OF CAULÍNITIC CLAY OF THE METROPOLITAN REGION OF NATAL-RN – PART 1

Abstract

Ceramic materials are essential for the development of humanity. The man uses them for the most varied purposes, from the manufacture of domestic utensils to the production of high technological performance parts. In this sense, they are extremely necessary to produce scientific research to prospect new materials for the ceramics industry. Clays are considered the main component for the manufacture of ceramic masses. For the production of white ceramics, coatings and other ceramic categories where light color is a priority, kaolinite clays are used. However, this type of clay has little occurrence in the terrestrial sphere, in comparison with other types, such as the clays of red coloration. For this reason to find new deposits of kaolinite clay to supply the ceramist industry is extremely essential. In this sense, the objective of this work is to characterize a kaolinite clay from a deposit located in the municipality of São Gonçalo do Amarante, metropolitan region of the great Natal-RN. This work is configured with the first part of a characterization of the studied material. Being reserved for this article the physicochemical tests and in the second the technological tests. The physicochemical characterization was performed through the following

* Contribuição técnica ao 72º Congresso Anual da ABM – Internacional e ao 17º ENEMET - Encontro Nacional de Estudantes de Engenharia Metalúrgica, de Materiais e de Minas, parte integrante da ABM Week, realizada de 02 a 06 de outubro de 2017, São Paulo, SP, Brasil.

analyses: DRX, FRX, Particle size analysis (AG), Dilatometry and ATG / DTG. The results obtained demonstrate the technical feasibility of the use of material for the manufacture of ceramic products, such as tiles, tiles, coatings and other ceramic materials.

Keywords: Kaolinite clay; Rio Grande do Norte; characterization; Ceramics.

- ¹ *Tecnólogo em Fabricação Mecânica, Mestre, Doutorando no PPGEM/UFRN, Professor, IFBA (Campus Irecê) em Cooperação Técnica no IFRN (Campus Natal-Central), Natal, Rio Grande do Norte, Brasil.*
- ² *Engenheiro Mecânico, Doutor, Professor, UFRN – PPGEM, Natal, Rio Grande do Norte, Brasil.*
- ³ *Engenheiro Mecânico, Doutor, Professor, IFBA (Campus Jacobina), Jacobina, Bahia, Brasil.*
- ⁴ *Tecnólogo em Fabricação Mecânica, Mestre, Doutorando no PPGCEM/UFRN, Professor, IFBA (Campus Jacobina), Jacobina, Bahia, Brasil..*

1 INTRODUÇÃO

Os materiais cerâmicos são classificados da seguinte maneira: cerâmica estrutural, cerâmica branca (revestimento, louça de mesa e sanitária, isolantes elétricos, cerâmica artística e cerâmica técnica), isolantes térmicos, fritas e corantes, refratários, abrasivos, cal, cimento e vidros, cerâmica de alta tecnologia/avançada.

[1]

A argila é considerada o principal componente de grande parte das massas cerâmicas que possuem como objetivo a produção dos mais variados tipos de produtos, como também, para outros fins industriais. De acordo com Motta et al. [2], “o termo argila *sensu lato* é empregado para designar um material inorgânico natural, de granulometria fina, com partículas de poucos micrômetros, que apresenta comportamento plástico quando adicionada uma determinada quantidade de água.” Uma das principais características que faz com que as argilas se diferenciem entre si é sua composição química. Por exemplo, têm argilas que possuem uma quantidade razoável de F_2O_3 , sendo este material destinado a fabricação de blocos/tijolos de cor vermelha (cerâmica estrutural). Por outro lado, uma argila apresentando uma baixa quantidade de F_2O_3 e uma razoável porcentagem de Al_2O_3 na sua estrutura química torna preferível seu uso para fabricação de peças da categoria cerâmica branca.

Nesse sentido, a expressão “cerâmica branca” é proveniente do fato de que, no passado, devido à transparência dos vidrados, procurava-se produzir corpos brancos e isentos de manchas.” [3] Como dito anteriormente, esse setor agrupa alguns subsetores, sendo a característica básica que os unifica, a coloração branca, proporcionada pela argila caulínica e os demais componentes da massa cerâmica (caulins, filitos, quartzo e feldspatos). Por outro lado, esse tipo de argila não é encontrada com facilidade, o que demanda pesquisas de prospecção de novas jazidas.

O Estado do Rio Grande do Norte possui uma população com três milhões de pessoas. A região da metropolitana de Natal tem cerca de 1,2 milhões de habitantes. Portanto, nota-se que existe uma demanda para a construção civil nessa região, o que engloba essencialmente os produtos cerâmicos, inclusive revestimentos e outros que se enquadram na categoria da cerâmica branca. Atualmente, não existem no Estado indústrias produtoras de revestimento. Por outro lado, existem uma lacuna que deve ser resolvida nesse sentido, ou seja, trazer para a região um maior protagonismo na produção de cerâmica branca. Evidentemente, são necessárias jazidas de matéria-prima, especialmente argilas, para viabilizar tecnicamente e economicamente esse problema. Frisa-se que o Rio Grande do Norte não possui registros de ocorrências de argilas caulínicas em todas as regiões do seu território. Ao pesquisar na literatura acadêmica, encontra-se informações de ocorrência de jazidas na região agreste e também do Seridó Potiguar (região geológica da borborema). Não há informações científicas sobre jazidas desse tipo de argila na região metropolitana de Natal. Percebe-se, portanto, que existe uma carência de informações que ajudem o desenvolvimento do setor ceramista no Rio Grande do Norte, especialmente sobre possíveis jazidas de argilas caulínicas provenientes da região metropolitana do Estado.

Para tanto, este trabalho configura-se com a primeira parte de uma caracterização do material estudado. Sendo reservado para essa primeira parte os ensaios físico-químicos e na segunda os ensaios tecnológicos.

Nesse sentido, objetiva-se com esse trabalho caracterizar uma argila caulínica proveniente de uma jazida localizada no município de São Gonçalo do Amarante,

região metropolitana de Natal-RN. Tal caracterização físicoquímica foi realizada através das seguintes análises: DRX, FRX, Análise Granulométrica, Dilatometria e ATG/DTG. Os resultados obtidos demonstram a viabilidade técnica da utilização do material para fabricação de produtos cerâmicos, tais como: telhas, lajotas, revestimentos e até cerâmica de alto desempenho.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

Para produção deste trabalho seguiu-se o procedimento experimental descrito no fluxograma (figura 01).

Figura 01 – Fluxograma do procedimento experimental.



Fonte: Elaborado pelo autor.

A coleta do material foi realizada no distrito de Ôlho d'gua do chapéu, município de São Gonçalo do Amarante, região metropolitana de Natal. Na figura 02 encontra-se a localização da jazida. O material foi recolhido em *in loco* na jazida, porém não utilizou-se o método de quarteamento, pois ainda não existe uma limitação territorial da jazida. Em seguida o material foi colocado em recipientes e exposto à secagem natural. Após o material foi levado ao Laboratório de Processamento Mineral e Resíduos do IFRN para preparação da matéria-prima. Foi usado inicialmente um martelo para destorar os pedaços maiores da argila. Em seguida, o material foi levado ao moinho de bolas e, o qual passou pelo processo de cominuição por um período de 24 horas. Posteriormente ao processo de cominuição, o material já em uma granulometria fina foi passado em uma peneirada de 200 mesh (74 μ m).

Nesta etapa levou-se o material particulado para ser ensaiado com o objetivo de intensificação das propriedades físicoquímicas, sendo: difração de raios X (DRX), fluorescência de raios-X (FRX), análise granulométrica (AG), análises térmicas (ATG/DTG e dilatometria) e índice de plasticidade da argila – IP.

Figura 02 – Localização da Jazida de Argila.

Fonte: <https://www.google.com.br/maps> (2017).

Realizou-se a difração de raios-X (DRX) no material através de difratômetro de marca Rigaku, modelo Miniflex II desktop x-ray diffractometer. O ângulo inicial de $2,0^\circ$, ângulo final de $120,0^\circ$, passo de $0,01^\circ$ e velocidade $10,0^\circ/\text{min}$. O outro ensaio realizado para detecção dos óxidos e outros elementos encontrados no material, fluorescência de raios-X, equipamento utilizado foi um Espectrômetro de Energia Dispersiva por raios X (EDX) da marca shimadzu, modelo EDX-720.

O ensaio de análise granulométrica (AG) foi realizado utilizando granulômetro a laser (CILAS 920L). O processo de análise foi feito com detergente neutro como dispersante, sendo utilizado dois gramas do material para obtenção da curva granulométrica.

Usou-se três tipos de análises térmicas na produção deste trabalho, cada uma com suas finalidades, sendo: análise termogravimétrica (TG), Análise termogravimétrica derivada (DTG) e Análise térmica Dilatométrica. TGA/DTG simultâneo, modelo: SDTQ600, fabricado pela TA INSTRUMENTS. Por seguinte, as amostras foram ensaiadas sob fluxo de gás nitrogênio até a temperatura de 1200°C com taxa de aquecimento de $10^\circ\text{C}/\text{min}$ e usou-se um cadinho de alumina para ensaiar as amostras.

Para realização do ensaio de dilatometria confeccionou-se um corpo de prova com 30 mm de comprimento e 8,5mm de largura com cada formulação estudada, e a argila caulinítica. O dilatômetro usado foi o DIL 402 PC – Netzsch. A temperatura do ensaio chegou ao máximo de 1200°C .

A plasticidade das argilas (IP) é importante, influenciando de forma direta o comportamento físico-mecânico dos corpos cerâmicos. Para realização da análise utilizou-se como parâmetro às normas NBR 6457, 6459 e 7180, ambas da ABNT. Na figura 03 encontra-se a classificação das argilas conforme o índice de plasticidade.

Figura 03 – Índice de Plasticidade das Argilas.

Fonte: Adaptado de Lodi (2000) *apud* Machado (2012).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados dos ensaios e suas respectivas discussões da caracterização do material estudado encontram-se neste tópico.

3.1 – Ensaio de Índice de Plasticidade (IP)

O ensaio de índice de plasticidade (IP) é um dos mais importantes na caracterização dos materiais cerâmicos. É através desse ensaio que compreende-se qual o melhor processo de fabricação que deve ser utilizado na produção de um determinado produto (telha, tijolos, lajotas, revestimentos, cerâmica artísticas, etc).

Para tanto, as tabelas 01 e 02 mostram, respectivamente, os resultados dos ensaios de liquidez (LL) e do limite de plasticidade (LP) da argila utilizada neste trabalho. Usou-se os parâmetros determinados pelas Normas da ABNT - NBR 6459-84 e NBR 7180-84. A preparação do material foi realizada através do procedimento experimental disposto na norma ABNT 6457-86.

Tabela 01 – Ensaio de Limite de Liquidez.

LIMITE DE LIQUIDEZ

Nº da cápsula	Nº de golpes	Massa da cápsula (M ₃) (g)	Massa da cápsula + solo úmido (M ₁) (g)	Massa da cápsula + solo seco (M ₂) (g)	Massa de água (M ₁ -M ₂) (g)	Massa de solo seco (M ₂ -M ₃) (g)	Teor de umidade (h) (%)
23	35	16,2	29,56	26,19	3,37	9,99	33,73
26	30	19,44	36,24	32,02	4,22	12,58	33,55
16	25	14,71	26,16	23,3	2,86	8,59	33,29
15	20	20,27	28,32	26,35	1,97	6,08	32,40
12	13	21,96	26,6	25,39	1,21	3,43	35,28

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 02 – Ensaio de Limite de Plasticidade**LIMITE DE PLASTICIDADE**

Ensaio nº	Nº da cápsula	Massa da cápsula (M ₃) (g)	Massa da cápsula + solo úmido (M ₁) (g)	Massa da cápsula + solo seco (M ₂) (g)	Massa de água (M ₁ -M ₂) (g)	Massa de solo seco (M ₂ -M ₃) (g)	Teor de umidade (h) (%)
1	2	6,83	8,16	7,94	0,22	1,11	19,82
1	5	6,6	7,99	7,76	0,23	1,16	19,83
1	8	6,45	7,68	7,45	0,23	1,00	23,00

Fonte: Elaborado pelo autor.

Através dos valores dos limites de consistência procedeu-se ao cálculo do índice de plasticidade (IP), conforme Equação 1.

$$IP (\%) = LL (\%) - LP (\%) \quad (1)$$

Na tabela 03 tem-se o valor obtido para este Índice, que, em conjunto com LL e o LP; constituem os Limites de Atterberg.

Tabela 03 – Resultado do Limite de Atterberg da Argila Caulinítica.

Limite de Liquidez (LL)	Limite de Plasticidade (LP)	Índice de Plasticidade (IP)
28	21	7

Fonte: Elaborado pelo Autor.

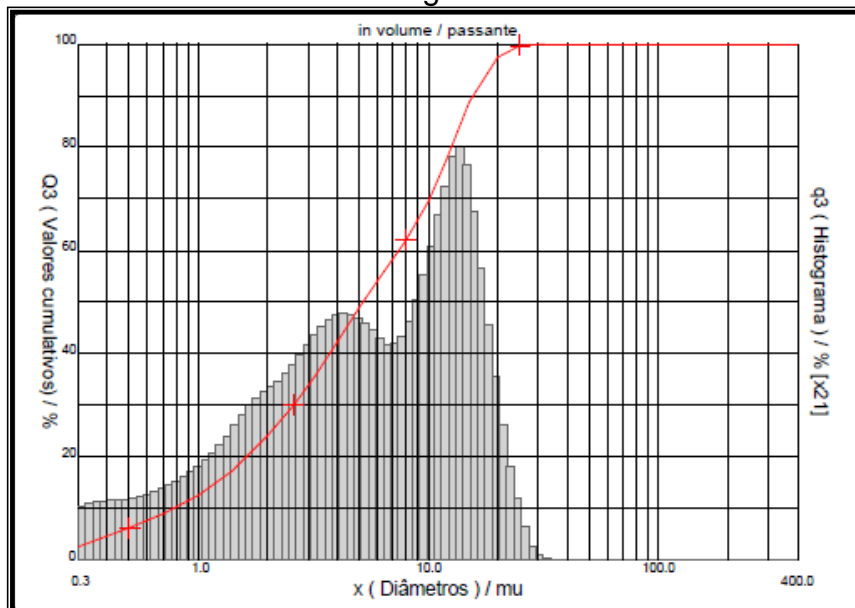
Conforme dados apresentados, percebe-se que a argila apresenta pouca plasticidade, pois apresentou IP igual a 7. Como o LL foi inferior a 50%, segundo a normativa (ABNT NBR 6459), a mesma é considerada pouco compressível. A argila estudada, apesar de apresentar em sua composição química aluminossilicatos, que são responsáveis pela plasticidade do material, possui baixa plasticidade pela presença acentuada de óxido de silício, na forma de quartzo. No geral, esse tipo de argila necessita de outro material argiloso para melhorar suas propriedades plásticas e assim desempenhar seu papel na composição da massa cerâmica. Por outro lado, para fabricação de produtos da cerâmica estrutural, tais como tijolos, telhas e lajotas, esse tipo de argila pode ser utilizado, pois sua plasticidade é suficiente para conformação à argila. Nesse caso, salienta-se que é preferível que as peças sejam fabricadas pelo processo de conformação por prensagem.

3.2 – Análise Granulométrica (AG) da Argila

Outro ensaio importante para caracterização é à análise granulométrica (AG). O estudo da granulometria de uma argila traz importantes informações sobre sua possível utilização dentro da indústria cerâmica e o comportamento mecânico dos seus produtos. O ensaio granulométrico da argila caulínica estudada encontra-se representado na figura 04. Ao analisar o gráfico (figura 04) e a tabela 04, onde têm-se os diâmetros das partículas do material, observa-se a formação de uma curva bimodal. De acordo com Silva (2012), esse comportamento da curva demonstra que

ao lado esquerdo existem partículas de uma argila mais plástica, quanto ao lado direito têm-se o material não-plástico (arenoso).

Figura 04 - Análise Granulométrica da Argila Caulinítica



Fonte: Elaborado pelo Autor.

Tabela 04 – Diâmetros das partículas da Argila Caulinítica.

Diâmetro a 10%	0.77 μm
Diâmetro a 50%	5.19 μm
Diâmetro a 90%	15.62 μm
Diâmetro médio	7.09 μm

Fonte: Elaborado pelo Autor.

Conforme tabela 04, nota-se que a argila possui D50 na ordem de 5.19 μm . Conforme NBR 6502/95, esse material caracteriza-se por possuir uma granulometria fina. Para Moraes (2007), um material deve possuir granulometria inferior a 20 μm no D50 para produção de revestimento cerâmico. Sendo uma alternativa para o uso dessa argila.

Ainda sobre o ensaio de AG, percebe-se que apenas 10% do material possui granulometria inferior a 0,77 μm e o diâmetro médio corresponde a 7,09 μm . Dessa forma, o material tem características de materiais argilosos. O resultado da análise granulométrica é coerente com o IP da argila, pois mostra que o material possui pouca quantidade de partículas com 0,02 μm , tamanho dos argilominerais que são um dos elementos responsáveis pela plasticidade do material.

3.3 – Fluorescência de Raios-X (FRX)

Na tabela 05 encontra-se o resultado da análise química (FRX) realizada na argila caulinitica. Através dessa análise é possível determinar quais óxidos encontram-se presentes no material e assim projetar sua influência nas peças fabricadas.

Tabela 05 – Fluorescência de Raios-X da Argila Caulinítica.

Argila Caulinítica	
Óxidos	Percentuais (%)
SiO ₂	76,60
Al ₂ O ₃	14,86
K ₂ O	1,62
Fe ₂ O ₃	3,97
SO ₃	0,44
TiO ₂	1,93
MnO	0,04
ZrO ₂	0,05
Rb ₂ O	0,01
CaO	0,34
V ₂ O ₅	0,08
Cr ₂ O ₃	0,03
ZnO	0,01
Outros	0,03

Fonte: Elaborado pelo Autor.

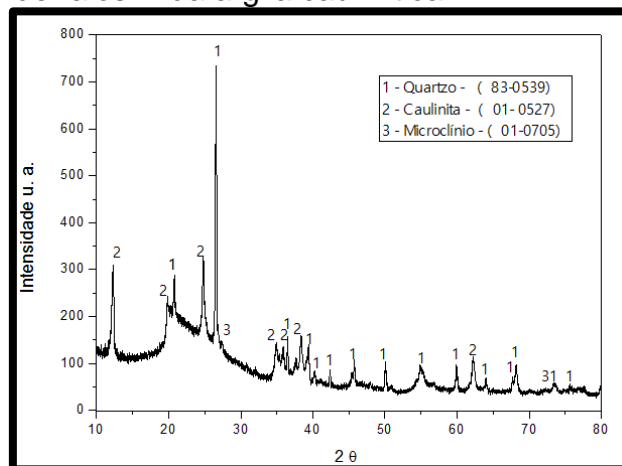
Pode-se observar no FRX da argila que o principal óxido presente é o SiO₂ (sílica), com concentração 76,60%. Essa composição indica a presença de silicatos e sílica livre. Os silicatos constituem-se de argilominerais, feldspatos e micas. A sílica livre corresponde à formação do quartzo, que proporciona uma redução da plasticidade da argila. Este resultado corrobora com o ensaio de plasticidade (MÁS, 2002). O outro óxido em maior proporção na argila caulinitica é o Al₂O₃ com um teor de 14,86%. Observa-se, também, um teor baixo de óxido de ferro (Fe₂O₃), 3,97%, e que em função disso, a argila apresenta coloração clara após a queima, visto que, este óxido confere tonalidade aos corpos cerâmicos e atua na plasticidade das massas cerâmicas, assim como o TiO₂, que apresentou um teor de 1,93%. O óxido de potássio (K₂O), com teor de 1,62%, encontra-se geralmente na forma de feldspatos, sendo considerado um fundente para massas, no qual, confere resistência mecânica quando sinterizado entre 950°C e 1000°C. Os demais óxidos com teor abaixo de 1,0% são considerados impurezas. Dessa forma, o material estudado é viável tecnicamente para produção de produtos da cerâmica branca.

3.4 – Ensaio de Difração de Raios-X (DRX)

A difração de raios-X da argila caulinitica estudada encontra-se na figura 05. Observa-se na argila caulinitica a presença de quartzo (SiO₂), caulinita [Al₂Si₂O₅(OH)₄], microclínio (KAlSi₃O₈) estando em conformidade com os resultados obtidos na análise por Fluorescência de Raios-X. A caulinita caracteriza-se como um mineral formador de estrutura em uma ampla faixa de temperaturas de queima. Nas temperaturas entre 500°C e 600°C a caulinita perde água e modifica a estrutura para metacaulinita, na qual, a estrutura amorfa vai eliminando SiO₂ amorfa, com aquecimento até 950°C, inicia-se a formação da estrutura de espinélio Al-Si com composição 2Al₂O₃.3SiO₂. Na sequência, o Al₂O₃ e SiO₂ da metacaulinita, forma a mulita primária com cristais lamelares muito pequenos que aparecem reunidos em agregados onde antes existia a caulinita. O quartzo diminui a retração da massa, já que durante a formação de fase líquida se comporta como o esqueleto dos corpos cerâmicos. Apesar de estar presente em pequena quantidade, o microclínio na massa cerâmica atua como fundente em temperaturas mais baixas, e em temperaturas mais elevadas pode gerar reações de desprendimento de gás,

causando variação dimensional em excesso, além de formar bolhas no corpo sinterizado.

Figura 05– Difração de raios-X da argila caulínica.

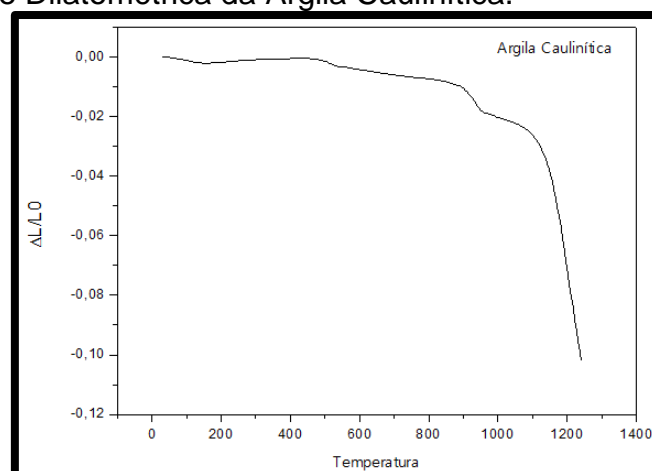


Fonte: Elaborado pelo Autor.

3.5 – Análise Térmica Dilatométrica da Argila

Na figura 06 tem-se o resultado da análise dilatométrica da argila caulínica. Inicialmente a argila tem uma retração a partir de 110°C, demonstrando perda de água. Logo em seguida a amostra inicia uma etapa de expansão térmica linear até 450°C. Nessa temperatura o material sofre uma retração linear acentuada até 540°C – faixa onde acontecem as mudanças de fases do quartzo. A amostra tem uma insignificante expansão linear na temperatura de 560°C e retorna ao processo de retração. Na temperatura de 880°C, o material é acometido por mais uma forte retração, mostrando que os argilominerais se estabilizaram dentro da estrutura da argila. O material sofre mais uma mudança negativa, demonstrando que iniciou-se o processo final de densificação na temperatura de 1085°C. O ensaio dilatométrico da argila comprova que o material possui o comportamento técnico das argilas caulínicas.

Figura 06 – Análise Dilatométrica da Argila Caulínica.

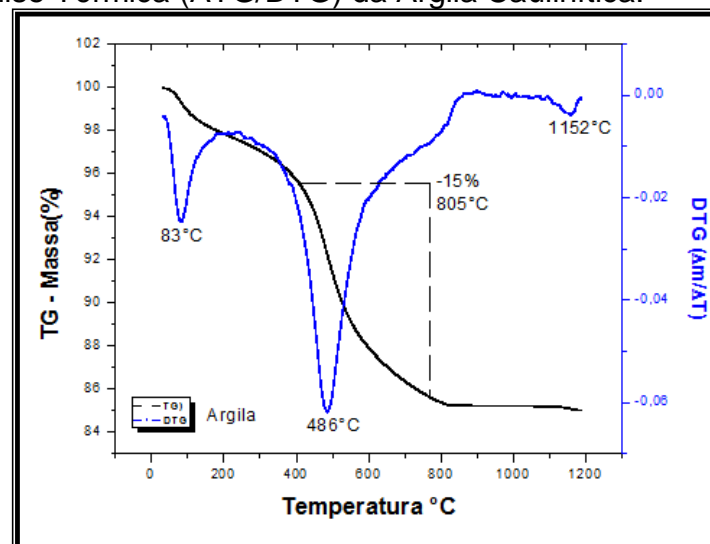


Fonte: Elaborado pelo Autor.

3.6 – Análise Térmica de ATG/DTG da Argila

Na figura 07 mostra a análise térmica (ATG/DTG) da argila caulinitica utilizada neste trabalho. Percebe-se que a argila caulinitica apresenta comportamento térmico compatível com a literatura científica e os demais ensaios técnicos. Percebe-se, ao analisar a curva da ATG, que o material inicia o processo sutil de perda de massa (curva endotérmica), causado pela retirada de água da estrutura do material (interlamelar) até 397°C. No intervalo das temperaturas de 397°C e 805°C acontece um pico endotérmico aonde a perda de massa do material chega aos 15%. Explica-se esse fato pela mudança de fases do quartzo (transformação do quartzo beta em alfa) que ocorre nesse intervalo térmico, além do desprendimento de hidroxilas e desidroxilação da caulinita. Iniciam-se, também, as primeiras fusões dos componentes internos no material para formação da fase líquida. (MENEZES et al., 2007) Ao relacionarmos o ATG/DTG do material com a dilatometria da argila (figura 06), nota-se uma sintonia entre os resultados. O processo de densificação do material se mantém instável até 1200°C. O DTG (termogravimétrica derivada) é condizente com o resultado da ATG.

Figura 07 – Análise Térmica (ATG/DTG) da Argila Caulinitica.



Fonte: Elaborado pelo autor

4 CONCLUSÃO

Conclui-se ao término deste trabalho que, através dos resultados dos ensaios físico-químicos, a argila caulinitica estudada possui características que permitem seu uso tecnicamente para fabricação de produtos cerâmicos de coloração clara, especialmente, tijolos, telhas e lajotas (cerâmica estrutural branca) e, como também, para revestimentos cerâmicos. Isso é possível pois a argila apresentou propriedades condizentes com os materiais encontrados na literatura acadêmica pesquisada. Nota-se, também, que apesar do índice de plasticidade (IP) da argila não ter mostrado que o material é plástico ou altamente plástico, o que seria bem mais interessante, essa característica não afetará drasticamente as peças (dependendo de como será fabricado o produto e do uso de outras matérias-primas adicionadas à massa cerâmica). Sendo assim, com base nos estudos realizados e apresentados nesse trabalho, os objetivos iniciais estabelecidos foram atingidos, sendo viável o

uso do material na produção ceramista, sobretudo se o processo de conformação for por prensagem.

Agradecimentos

Agradecemos ao IFRN, especificamente ao responsável pelo laboratório de processo mineral e de resíduos da DIAREN, pela essencial ajuda para viabilização do trabalho. A UFRN, especificamente aos responsáveis pelos laboratórios onde foram realizados os ensaios de caracterização.

REFERÊNCIAS

- 1 ABCERAM. **Informações Técnicas - Definição e Classificação**. Disponível em: <<http://abceram.org.br/definicao-e-classificacao/>>. Acesso em: 01 jun. 2017.
- 2 MOTTA, José Francisco Marciano et al. **As Matérias-Primas Plásticas para a Cerâmica Tradicional: Argilas e Caulins**. Revista Cerâmica Industrial, São Paulo, v. 9, n. 2, p.33-46, mar/abr. 2004
- 3 MOTTA, José Francisco Marciano; ZANARDO, Antenor; CABRAL JUNIOR, Marsis. **As Matérias-Primas Cerâmicas. Parte I: O Perfil das Principais Indústrias Cerâmicas e Seus Produtos**. Revista Cerâmica Industrial, São Paulo, v. 2, n. 6, p.28-39, mar. 2001.
- 4 MACHADO, Tércio Graciano. **Estudo da adição de resíduo de scheelita em massa cerâmica: formulação, propriedades físicas e microestrutura**. 2012. 144 f. Tese (Doutorado) - Curso de Programa de Pós-graduação em Ciência e Engenharia de Materiais, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2012.
- 5 SILVA, Moacir Guilherminio da. **Avaliação da incorporação combinada dos resíduos dos cascalhos de perfuração de petrolífero e de polimento de porcelanato em cerâmica vermelha**. 2012. 158 f. Tese (Doutorado) - Curso de Pós-graduação em Engenharia e Ciência dos Materiais, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2012
- 6 MORAES, Marcio Luiz Varela Nogueira de. **Aproveitamento de beneficiamento de caulim na produção de porcelanato cerâmico**. 2007. 153 f. Tese (Doutorado) - Curso de Pós-graduação em Engenharia e Ciência dos Materiais, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2007.
- 7 MÁ, E. **Qualidade e Tecnologia em Cerâmica Vermelha**. Editora Pólo Produções Ltda, São Paulo, 2002.
- 8 MENEZES, R. R. et al. **Utilização do resíduo do beneficiamento do caulim para a produção de corpos mulíticos**. Revista Cerâmica, São Paulo, v. 53, n. 328, p.388-395, out./dez. 2007.