

## **Análise das Propriedades Físicas e Mineralógicas da Argila Vinculada a Qualidade e Desempenho Mecânico de Blocos Estruturais Cerâmicos Fabricados no Estado de Mato Grosso**

Marciele Pires Cordeiro de Lima<sup>a\*</sup>, Jaqueline Tomiê Fujimoto<sup>b</sup>, Onaldo José Nunes Filho<sup>c</sup>

<sup>a</sup>*Centro Universitário de Várzea Grande, Várzea Grande, MT, Brasil*

<sup>b</sup>*Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, MT, Brasil*

<sup>c</sup>*Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, Brasil*

\*e-mail: marcielelima@hotmail.com

### **Resumo**

A utilização da alvenaria estrutural em diversas construções tem sido cada vez mais empregada principalmente por se tratar de um método mais econômico e ágil. Os blocos para este tipo de procedimento são em geral de concreto ou cerâmicos, visto que este último possui algumas vantagens levando-se em consideração o porte da construção. Perante a necessidade de se estabelecer parâmetros para a fabricação, foram estabelecidas normas, buscando obter o maior nível de excelência do produto final. Infelizmente estudos significativos sobre a matéria-prima e testes do produto final ainda são escassos em diversas empresas no Brasil. No estado de Mato Grosso foram realizadas análises na argila utilizada para fabricação de blocos estruturais cerâmicos, bem como o estudo do desempenho mecânico do produto final, seguindo as normas da ABNT e utilizando a Difração de Raio X para caracterização mineralógica. A argila utilizada é coletada próximo as margens do Rio Cuiabá, sua mineralogia principal é composta por quartzo, caulinita e muscovita, com um Índice de Plasticidade de 11,8% é considerada ideal na indústria da cerâmica vermelha. Os blocos possuem geometria conforme a norma vigente exige, possuindo boa absorção da umidade e resistência mecânica. Os blocos estruturais cerâmicos são produzidos em Várzea Grande, cumprindo as exigências das normas e padrões estabelecidos pela literatura, sendo os resultados satisfatórios.

**Palavras-chave:** propriedades da argila, argila para cerâmica vermelha, qualidade, desempenho dos blocos estruturais cerâmicos.

## **1. Introdução**

A alvenaria estrutural é uma arte milenar, desenvolvida inicialmente pelo empilhamento de diversos blocos de rochas. De acordo com Kalil<sup>13</sup> neste tipo de alvenaria as paredes possuem dupla função, a de vedação e resistência e são inúmeras as vantagens quando comparadas a outros processos convencionais, como por exemplo a diminuição dos custos operacionais, maior isolamento térmico e acústico, redução de desperdícios, redução dos erros de execução e operacionais, maior resistência ao fogo, flexibilidade arquitetônica e outras.

Segundo Kalil<sup>13</sup>, no Brasil os primeiros prédios construídos embasados nesse método construtivo datam de 1966. Sua utilização foi impulsionada durante a década de 80, frente a necessidade de diminuição dos custos nas construções, principalmente em obras destinadas a população de baixa renda, contudo o retrocesso sobre a sua aplicação veio logo em seguida devido à grande quantidade de patologias que surgiram em diversas obras em decorrência da falta de profissionais capacitados que realizassem sua aplicação de forma eficiente e a ausência de normalizações que viabilizassem a qualidade dos blocos utilizados.

A Associação Brasileira de Normas Técnicas publicou em 2005 a NBR 15270-2<sup>3</sup> que busca a estabelecer padrões mínimos com o objetivo de uniformizar a produção do material garantindo a qualidade e o melhor desempenho dos mesmos. Atualmente os blocos estruturais mais utilizados nas construções são os cerâmicos e o de concreto, cada qual com suas vantagens dependendo do porte da obra. Segundo a Associação Nacional da Indústria Cerâmica – ANICER<sup>7</sup>, os blocos cerâmicos reduzem em cerca de 30% o custo operacional da obra, diminui a utilização de concreto, possui menor absorção de água e possui maior isolamento acústico em relação ao bloco estrutural de concreto.

Os estudos referentes a qualidade do bloco estrutural, bem como a caracterização da argila utilizada, são fundamentais para que possíveis patologias possam ser evitadas durante a execução da obra. A qualidade dos blocos estruturais cerâmicos está diretamente ligada a diversos fatores como a temperatura de queima, quantidade de água utilizada na fabricação e principalmente as propriedades da argila. De acordo com Albers<sup>1</sup> a Difração de Raio X é o método mais indicado para a identificação dos argilo-minerais presentes na amostra, visto que a análise química seria

restrita aos elementos químicos e não a composição mineralógica. A realização de testes e análises contribuem para que desperdícios sejam evitados.

No estado de Mato Grosso, há apenas uma empresa que fabrica blocos estruturais cerâmicos. O objetivo deste trabalho visa analisar as propriedades da argila associando a sua composição com a qualidade e o desempenho mecânico do produto final.

## 2. Metodologia

Na elaboração deste estudo a escolha da indústria cerâmica foi limitada pois no estado de Mato Grosso visualiza-se apenas uma empresa que fabrica blocos estruturais cerâmicos, enquadrada inclusive no Programa Setorial da Qualidade –PSQ, conforme pode ser consultado no sítio da Associação Nacional da Indústria Cerâmica – ANICER.

Foram analisadas as seguintes características físicas e mineralógicas da argila;

- Granulometria;
- Limite de liquidez;
- Limite de Plasticidade;
- Índice de Plasticidade;
- Difração de Raio X.

O solo foi coletado nas esteiras e a execução dos ensaios e a utilização da aparelhagem seguiram as padronizações das ABNT NBR 7181:84<sup>2</sup>, NBR 6459:16<sup>5</sup> e NBR 7180:16<sup>6</sup>.

O ensaio da difração de Raio X foi realizado no difratômetro D8-ADVANCE BRUKER do Laboratório Multiusuário de Técnicas Analíticas (LAMUTA) da Faculdade de Geociências da UFMT, utilizando-se uma amostra em pó. O RANGE foi de 5°-80° 2 Theta, com Goniômetro de Cu<sup>2</sup>K, na Fenda de 1.0 mm. A Voltagem era de 40 Kv e Current de 40 mA, em uma velocidade de incidência de 0,2s/step e Lacremento de 0,0238918°. O comprimento de onda era de 1,5418Å e para o tratamento dos dados foi utilizado o Software DIFFRAC.EVA V3.0.

Nos blocos estruturais cerâmicos foram aferidas as características abaixo listadas;

- Geométricas;
  - a) medidas das faces – dimensões efetivas;
  - b) espessura dos septos e paredes externas dos blocos;
  - c) desvio em relação ao esquadro;
  - d) planeza das faces;
  - e) área bruta.
- Físicas;
  - a) massa seca;
  - b) índice de absorção d'água.

➤ Mecânicas;

- a) Resistência a compressão individual ( $f_b$ );
- b) Resistência característica ( $f_{bk}$ ).

Os blocos estruturais cerâmicos foram cedidos dos lotes que estavam destinados ao consumo final e nestes foram conferidas todas as características geométricas, físicas e mecânicas expressa pela ABNT NBR 15270-2:05<sup>3</sup>, os procedimentos foram realizados no laboratório do Centro Universitário de Várzea Grande, com exceção do teste mecânico que foi efetuado no laboratório da CN Engenharia, sendo os métodos de ensaio e utilização da aparelhagem e instrumentação de acordo com ABNT NBR 15270-3:05<sup>4</sup>.

## 3. Resultados

### 3.1. Propriedades físicas e mineralógicas da argila utilizada na fabricação dos blocos estruturais cerâmicos

#### 3.1.1. Resultados físicos

A *granulometria* apresentou 44,6% de solo argiloso, 31,1% de solo siltoso e o restante de solo arenoso. Conforme os padrões de Petrucci<sup>12</sup>, podemos perceber que a granulometria do solo utilizado para a fabricação dos blocos está pouco abaixo dos valores estabelecidos, onde valor deveria ser em torno de 60% de solo argiloso, sendo o restante de solo siltoso, areia fina e média.

Para um melhor desempenho cerâmico seria adequado a menor fração de silte e mais de argila, tendo em vista que a porção de solo arenoso foi suficiente, inclusive 6,2% de areia média, sendo recomendado adicionar a mesma para correções de solos argilosos em certos casos.

Um solo argiloso deve apresentar um índice de plasticidade (IP) mediano para que possa se enquadrar na utilização para a indústria da cerâmica vermelha, pois fora deste IP geralmente já é preciso realizar a correção do solo. O solo argiloso tem sua propriedade compressível proporcional ao IP. Segundo Jenkins, citado por Caputo<sup>8</sup> os solos podem ser classificados em:

- Fracamente plásticos  $1 < IP \leq 7$ ;
- Medianamente plásticos  $7 < IP \leq 15$ ;
- Altamente plásticos  $IP > 15$ .

Para verificarmos o índice de plasticidade da amostra precisamos obter antes os valores de *limite de liquidez* (LL) e *limite de plasticidade* (LP), pois conforme a NBR 7180<sup>6</sup> temos a seguinte expressão para  $IP = LL - LP$ . Podemos encontrar no Figura 1, gerado dentro dos requisitos da NBR 6459<sup>5</sup>, o valor de LL=25,8%.

No ensaio de LP a média das 3 unidades consideradas satisfatórias nos forneceram um valor de LP = 14,0%. Agora podemos ter o valor do índice que é de grande importância para a fabricação das cerâmicas, sendo este igual a IP = 11,8%, estando dentro do intervalo exposto acima que o classifica como medianamente plásticos e sendo assim com boa destinação para a fabricação de cerâmicas.

A argila utilizada para a produção dos blocos cerâmicos estruturais é obtida acerca de 1 km das margens do Rio Cuiabá, onde seu contexto geológico é caracterizado por sedimentos pertencentes a Formação Pantanal, que de acordo com Lacerda Filho<sup>10</sup>, corresponde a planícies aluvionares antigas compostas por material areno-argiloso. A Figura 2 representa as curvas obtidas pela *análise da Difração de Raio X*, a mineralogia principal é simples, composta por quartzo, caulinita e muscovita, sendo as duas últimas argilo-minerais.

A presença de quartzo na massa cerâmica contribui substancialmente para a diminuição da plasticidade, Macedo<sup>11</sup> detalha em seu trabalho que a massa utilizada para fabricação de blocos cerâmicos não deve ser constituída apenas por argila, uma vez que isto acarretaria possíveis patologias nos produtos finais. A caulinita é um material argiloso muito utilizado na indústria cerâmica e segundo Gomes<sup>9</sup> sua plasticidade é inferior a de argilas do tipo bentonita, argilas plásticas ou argilas refratárias.

### 3.2. Propriedades geométricas, físicas e mecânicas dos blocos estruturais cerâmicos

#### 3.2.1. Resultados geométricos

As conferências das precisões dimensionais foram realizadas em 13 corpos de prova, onde as medidas individuais podem variar  $\pm 5$ mm e as médias das aferições com valor inferior de  $\pm 3$ mm de acordo com a NBR 15270-2<sup>3</sup>. Os valores desta conferência estão apresentados na Tabela 1.

A *espessura das paredes* (8mm) e *dos septos* (7mm) não apresentaram variações e atenderam os valores mínimos estabelecidos na NBR 15270-2<sup>3</sup>.

Os blocos não apresentaram significativos *desvios em relação ao esquadro e planeza das faces* (flecha), pois o valor máximo obtido foi de 1,2 mm e 1,5mm respectivamente e o limite para ambos os casos é de 3mm conforme NBR 15270-2<sup>3</sup>.

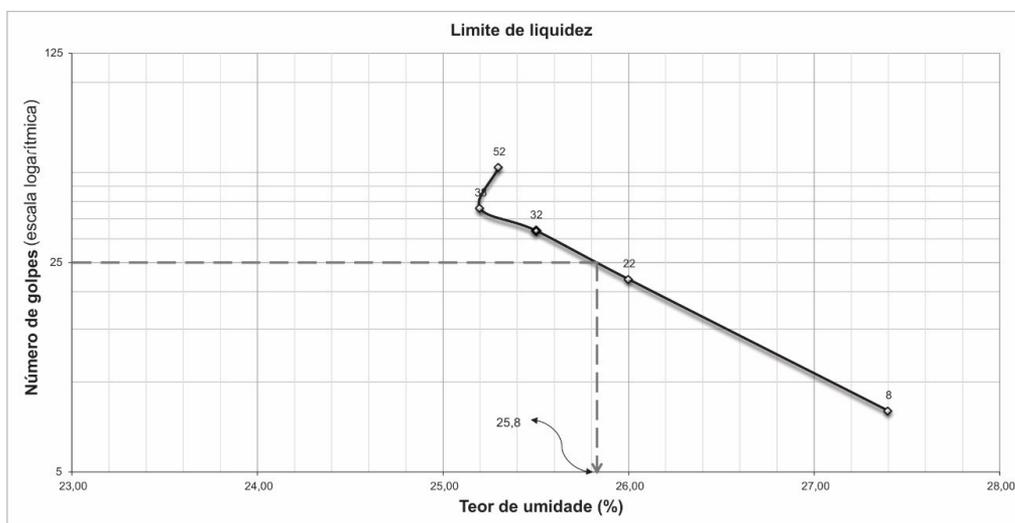


Figura 1. Determinação do Limite de liquidez para 25 golpes.

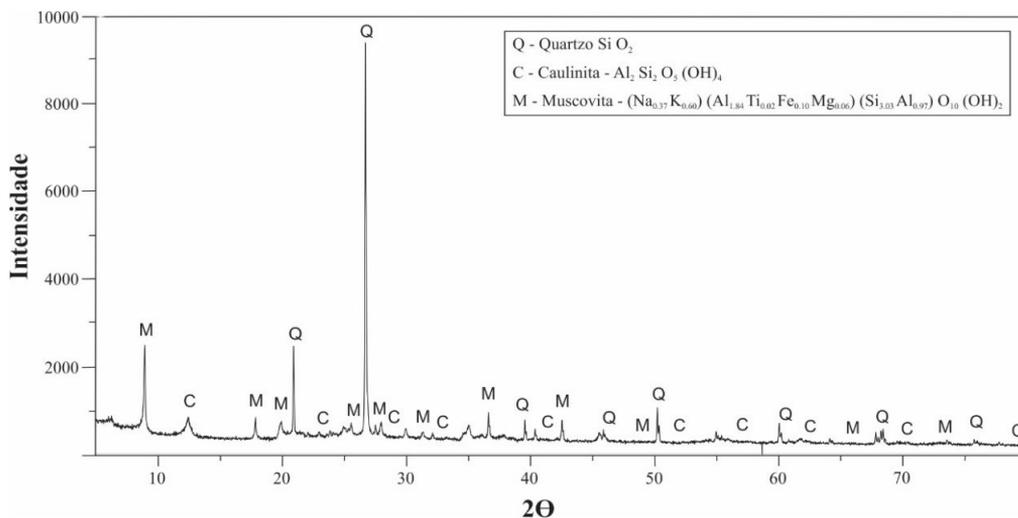


Figura 2. Difratograma da argila em estudo, onde foi possível a identificação de três minerais.

### 3.2.2. Resultados físicos

Na propriedade física temos a verificação dos Índices de absorção d'água de 6 corpos de prova e neste estudo todos apresentaram excelente comportamento pois estão adequados ao intervalo de 8% a 22% de encharcamento exibidos a NBR 15270-2<sup>3</sup>. Todos os dados deste ensaio estão expostos na Tabela 2.

### 3.2.3. Resultados mecânicos

Os blocos estruturais cerâmicos apresentaram elevada resistência a compressão individual, média e característica, tendo em vista que a consideração é a partir de 3MPa em relação a área bruta do bloco, dado este firmado na NBR 15270-2<sup>3</sup>. De posse dos resultados das compressões individuais exibidos na Tabela 3, realizasse a equação para

**Tabela 1.** Medidas das faces e média das dimensões dos blocos estruturais cerâmicos.

Corpo de prova	Dimensões Efetivas (mm)			Área bruta (cm <sup>2</sup> )
	Largura	Altura	Comprimento	
1	139,00	191,00	290,00	403,10
2	139,00	192,00	288,00	400,32
3	139,00	189,00	288,00	400,32
4	139,00	191,00	288,00	400,32
5	139,00	190,00	288,00	400,32
6	140,00	190,00	288,00	403,20
7	140,00	190,00	289,00	404,60
8	139,00	187,00	287,00	398,93
9	138,00	190,00	288,00	397,44
10	139,00	190,00	289,00	401,71
11	140,00	191,00	289,00	404,60
12	139,00	191,00	290,00	403,10
13	139,00	191,00	288,00	400,32
<b>Média</b>	<b>139,15</b>	<b>190,23</b>	<b>288,46</b>	<b>401,41</b>
<b>NBR 15270-2<sup>3</sup></b>	<b>140,00</b>	<b>190,00</b>	<b>290,00</b>	<b>406,00</b>

**Tabela 2.** Valores obtidos de Índice de absorção d'água individual.

Corpo de prova	Massa seca (g)	Massa úmida (g)	Mu - Ms (g)	Índice de absorção d'água (%)
1	5732	6550	818	14,3
2	5720	6415	695	12,2
3	5725	6440	715	12,5
4	5725	6540	815	14,2
5	5729	6530	801	14,0
6	5722	6510	788	13,8

O índice de absorção de água não deve ser inferior a 8% nem superior a 22% conforme ABNT 5270-2<sup>3</sup>.

**Tabela 3.** Resistência a compressão individual dos blocos estruturais cerâmicos.

Corpo de prova	Área bruta (mm <sup>2</sup> )	Carga aplicada (N)	Resistência (MPa)
1	40310,00	325550,00	8,08
2	40032,00	322810,00	8,06
3	40032,00	325040,00	8,12
4	40032,00	334150,00	8,35
5	40032,00	295870,00	7,39
6	40320,00	430560,00	10,68
7	40460,00	250370,00	6,19
8	39893,00	422970,00	10,60
9	39744,00	320150,00	8,06
10	40171,00	330100,00	8,22
11	40460,00	333600,00	8,25
12	40310,00	295950,00	7,34
13	40032,00	320010,00	7,99
<b>Média</b>	<b>40140,62</b>	<b>325040,00</b>	<b>8,26</b>
	<b>Desvio Padrão (MPa)</b>		<b>1,21</b>
	<b>Coef. Variação (%)</b>		<b>14,60</b>

estimar a resistência característica da amostra ( $f_{bk,est}$ ), e neste caso tem-se o seguinte resultado  $f_{bk,est} = 28$  MPa, contudo o valor encontrado da média da resistência de todos os corpos de prova ( $f_{bm}$ ) é inferior a este produto. O procedimento normatizado para o caso de  $f_{bk,est} > f_{bm}$ , é adotar  $f_{bm} = f_{bk,est}$  e então a resistência característica a compressão dos blocos passa a ser  $f_{bk} = 8$  MPa.

#### 4. Conclusões

Nas propriedades físicas especificamente em granulometria foi possível constatar valores pouco inferiores ao citado como adequado pela literatura, porém o produto não apresentou qualquer patologia referente a este item. Os limites de liquidez, plasticidade e o índice de plasticidade apresentaram valores esperados para o solo em estudo, sendo caracterizado como medianamente plástico e assim adequado ao uso voltado para Indústria cerâmica. A mineralogia conforme pode ser apreciada nos resultados apresentou composição ideal para um solo argiloso adequado para produção de produtos cerâmicos.

Nos blocos estruturais cerâmicos quanto as suas características geométricas e físicas foram constatados plena conformidade com as normas vigentes, e na resistência mecânica o resultado bem acima do valor normatizado, porém nos casos de utilização para edificações de médio e grande porte o engenheiro estrutural deve verificar se esta resistência atende as exigências do projeto estrutural e sempre retirar corpos de prova dos lotes entregues em seu canteiro para certificar o desempenho dos blocos.

A análise de todos os resultados que tiveram como princípio os estudos do solo continuando até os valores de desempenho dos blocos estruturais cerâmicos, nos permite afirmar que os mesmos que são fornecidos no estado de Mato Grosso, possuem qualidade e desempenho condizentes com os exigidos nas normatizações e na literatura.

#### Referências

1. Albers, A.P.F.; Melchhiades, F.G.; Machado, R.; Baldo, J.B.; Boshi, A.O. **Um método simples de caracterização de argilo-minerais por difração de raios x**. Cerâmica 48 (305) Jan/Fev/Mar 2002.
2. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT) **NBR 7181**: Solo-Análise granulométrica: Métodos de ensaio. Rio de Janeiro, 1984.
3. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT) **NBR 15270-2**: Blocos cerâmicos para alvenaria estrutural: Terminologia e requisitos. Rio de Janeiro, 2005.
4. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT) **NBR 15270-3**: Blocos cerâmicos para alvenaria estrutural e de vedação: Métodos de ensaio. Rio de Janeiro, 2005.
5. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT) **NBR 6459**: Solo-Determinação do limite de liquidez: Métodos de ensaio. Rio de Janeiro, 2016.
6. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT) **NBR 7180**: Solo-Determinação do limite de plasticidade: Métodos de ensaio. Rio de Janeiro, 2016.
7. Associação Nacional da Indústria Cerâmica (ANICER). **Solução Cerâmica Minha Casa Minha Vida. Vantagens**. Disponível em: <http://www.anicer.com.br/solucao-vantagens.htm>. Acesso em: agosto de 2016.
8. Caputo, H.P. **Mecânica dos solos e suas aplicações**. 6. ed. Rio de Janeiro, Livro Técnico, v.1. 244p. 1988.
9. Gomes, C.F. **Argilas - O que são e para que servem**. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 1988. 457 p.
10. Lacerda Filho J.V., Abreu Filho W., Valente C.R., Oliveira C.C., Albuquerque M.C. **Geologia e recursos minerais do estado de Mato Grosso**. Programa Geologia do Brasil, CPRM/MME/SICME. Relatório final, 200p, 2004.
11. Macedo, R.S.; Menezes, R.R.; Neves, G.A.; Ferreira, H.C. **Estudo de argilas usadas em cerâmica vermelha**. Cerâmica 54 (411-417) 2008.
12. Petrucci, E.G.R. **Materiais de construção**. 11. ed. São Paulo: Globo, 1998. 435p.
13. Kalil, S. B.; Leggerini, M. R. Alvenaria Estrutural. Curso de Graduação. Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul. Porto Alegre. Disponível em: [http://www.feng.pucrs.br/professores/soares/Topicos\\_Especiais\\_Estruturas\\_de\\_Madeira/Alvenaria.pdf](http://www.feng.pucrs.br/professores/soares/Topicos_Especiais_Estruturas_de_Madeira/Alvenaria.pdf). Acesso em: agosto de 2016.