

Ponencia 66- C1 -- nueva versión 01/10/07
**ESTUDIO DE LA ABSORCIÓN DE AGUA MEDIANTE
PREPARACIÓN DE PASTAS CERÁMICAS CON
DIFERENTES ARCILLAS PARA LA FABRICACIÓN
DE GRES PORCELÁNICO**

**R.P.S. DUTRA^{1*}; L.M. PEREIRA¹; P.D.P SOUZA¹; R.M. NASCIMENTO¹;
A.E. MARTINELLI¹; C.A. PASKOCIMAS¹**

¹Laboratório de Engenharia de Materiais - LEM - DEMa
Universidade Federal do Rio Grande do Norte - UFRN
Campus Universitário, CEP 59072-970, Natal, RN - Brasil
*rpsd@ccet.ufrn.br

Las pastas cerámicas para obtención de gres porcelánico son formuladas con elevados contenidos en arcillas (normalmente mezclas de arcillas fundentes y arcillas refractarias) y poco contenido en feldspatos. Sumado las arcillas, la elaboración de la pasta para este tipo de material, es compuesta básicamente por cuarzo, caolín, filito, y, en algunos casos, cuando necesario, por aditivos. Todas las materias primas que componen la pasta, poseen algunas función específica, la ejemplo del caolín que tiene la función principal de formar mullita después de la sinterización y conferir la pieza cerámica, elevada resistencia mecánica, blancura y menor coeficiente de dilatación. Las arcillas, a su vez, tienen como principal función proporcionar plasticidad y facilitar la conformación de piezas. De esta manera, varios tipos de arcillas pueden hacer parte de la formulación de las pastas para obtención de gres porcelánico. Este trabajo tiene como objetivo principal verificar la influencia de diferentes arcillas, originadas de la región nordeste do Brasil, en las propiedades finales, con énfasis en la absorción de agua, visando la obtención de materiales usados en pavimentos y revestimientos cerámico de la clase BIIb. Las muestras fueron producidas en escala laboratorial, utilizando una metodología de producción de gres porcelánico tradicional. Fueron empleadas arcillas de composiciones química y mineralógica diferentes en adición la una pasta para gres porcelánico compuesta de filito, caolín, talco y calcita. Resultados apuntan que las exigencias de la norma NBR 13818:1997 de la Asociación Brasileña de Normas Técnicas (ABNT) para materiales de la clase BIIb fueron obtenidas para algunas de las pastas, en ciertas condiciones de cocción, proporcionando en algunas de las formulaciones, materiales con baja absorción de agua, alta resistencia mecánica y buenas características estéticas.

Palabras clave: arcillas, absorción de agua, baldosas cerámicas y gres porcelánico.

1. INTRODUCCIÓN

Las arcillas cerámicas, también denominadas de arcillas comerciales, son aquellas que sirven como materia prima industrial para la fabricación de materiales de construcción. Estas arcillas figuran entre los recursos minerales más importantes para la fabricación de pavimentos y revestimientos cerámicos, tanto por el volumen explotado como por el valor de los costos de producción.

Entre los materiales cerámicos de pavimento y revestimiento, el gres porcelánico es uno de los más importantes, en que la cantidad y la calidad de la arcilla que contiene la pasta tiene papel fundamental en las propiedades finales de los materiales.

Las pastas cerámicas para obtención de gres porcelánico normalmente son formuladas con elevados contenido en arcillas (mezclas de arcillas fundentes y arcillas refractarias; arcillas de color rojo y arcillas de color blanco en cocido) y poco o ningún contenido en feldspatos. Sumando las arcillas, la elaboración de la pasta para este tipo de material, es compuesta básicamente por cuarzo, caolín, filito, y, en algunos casos, cuando necesario, por aditivos, como por ejemplo, el talco.

Todas las materias primas que componen la pasta cerámica, poseen algunas función específica, a ejemplo del caolín que tiene la función principal de formar mullita después de la sinterización y conferir a la pieza cerámica, elevada resistencia mecánica, blancura y menor coeficiente de dilatación [1]. El talco tiene la función similar al de los feldspatos, utilizándose principalmente para favorecer la fusión de las pastas cerámicas,

debido a su capacidad para formar mezclas eutécticas con el resto de materias primas empleadas [2]. Las arcillas, a su vez, tienen como principal función proporcionar plasticidad y facilitar la conformación de piezas. De esta manera, varios tipos de arcillas cerámicas, las cuales son compuestas por dos o más minerales de la arcilla, generalmente illita y caolinita, con importantes cantidades de otros minerales que no son filosilicatos (carbonatos, cuarzo...), pueden hacer parte de la formulación de las pastas para obtención de gres porcelánico. Sin embargo, la composición mineralógica de la pasta cerámica debe tener una adecuada relación de materias primas plásticas y no plásticas, moderado contenido en óxidos fundentes ($\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} + \text{CaO} + \text{MgO}$), baja pérdida de masa y contracción lineal [3,4,5], resistencia mecánica superior a la 30 MPa y absorción en agua entre 0,5 % e 3 % (clase B1b, NBR13818:1997) de acuerdo con la Asociación Brasileña de Normas Técnicas (ABNT) [6].

El presente estudio tiene por objeto evaluar la influencia de diferentes tipos de arcillas, originadas de la región nordeste de Brasil, en las propiedades finales, con énfasis en la absorción de agua, visando la obtención de materiales usados en pavimentos y revestimientos cerámico de la clase B1b.

2. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

Los materiales utilizados para esta investigación han sido arcillas cerámicas (arcilla 1, 2, 3, 4, y 5) originadas de la región nordeste de Brasil, entre los Estados de Paraíba y Rio Grande do Norte y una pasta industrial para gres porcelánico compuesta de filito, caolín, talco y calcita.

En una primera fase, todas las materias primas arcillosas fueron sometidas a los correspondientes ensayos de la distribución granulométrica, análisis mineralógicas y análisis químicas. La distribución granulométrica se realizó mediante un equipo granulométrico de medición por láser (Cilas, 930). El estudio mineralógico se llevó a cabo por difracción de rayos X, empleando un equipo Shimadzu, modelo XDR-6000. El barrido analítico se realizó entre $2 - 65^\circ$ (2θ), con el objeto de caracterizar perfectamente tanto los minerales arcillosos como los no arcillosos. Las muestras fueron analizadas químicamente por espectrometría de fluorescencia de rayos X en un equipo Shimadzu, modelo EDX-720.

Las formulaciones de las pastas fueron desarrolladas de acuerdo con la Tabla I, en que 36 % en peso de las diferentes arcillas fueron mezcladas en cinco formulaciones (M1-M5) a una pasta para gres porcelánico, denominada de PGP.

Tabla I: Formulaciones de los materiales utilizados para esta investigación.

Formulación Materia prima	M1	M2	M3	M4	M5
	(%)				
Arcilla 1	36	-	-	-	-
Arcilla 2	-	36	-	-	-
Arcilla 3	-	-	36	-	-
Arcilla 4	-	-	-	36	-
Arcilla 5	-	-	-	-	36
PGP*	64	64	64	64	64

*Filito, caolín, talco y calcita.

Se prepararon probetas de 60x20x6 mm por prensado en seco a partir de un polvo de las formulaciones. Al polvo fue agregado aproximadamente 7,0 % de humedad (en peso, base seca) y se empleó una presión de prensado de 50 MPa. Después del secado en estufa a 110 °C, las probetas fueron cocidas en horno eléctrico. Para todas las cocciones la velocidad de calentamiento fue de 10 °C/min, entre 35-600 °C, y 20 °C/min, entre 600-1150 °C o 600-1160 °C. El tiempo de permanencia a la temperatura máxima de cocción fue de 3 min. Las propiedades analizadas fueron: contracción de secado y resistencia mecánica a la flexión del secado, y densidad aparente, resistencia mecánica a la flexión, contracción lineal y absorción en agua.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La distribución granulométrica de las arcillas es un parámetro de importancia fundamental para obtener propiedades estructurales y dimensionales satisfactorias de las baldosas cerámicas en crudo y en cocido, en que la combinación de la distribución granulométrica y del contenido de la humedad del polvo determina el ajuste óptimo de los parámetros de prensado. La Tabla II recoge todos los resultados obtenidos incluyendo el diámetro medio de distribución (D_M) del análisis granulométrico. En primer lugar puede observarse que todas las muestras analizadas son en su mayoría de naturaleza limolítica y limolítica arcillosa. Entre las arcillas, la arcilla 2 y la arcilla 4 son las materias primas que poseen mayor diámetro medio de la distribución, con D_M de 19,1 μm y 21,5 μm , respectivamente. Estas arcillas, son también las que poseen algún tenor de arena. Con relación al tenor de

arcillas ($d < 2 \mu\text{m}$) la arcilla 3 y la arcilla 1 son las que poseen mayor cantidad de arcillas, o sea, son materiales de menor distribución granulométrica.

Tabla II: Análisis granulométrica de las arcillas.

Materias primas	Parámetros	D_M	$d < 2 \mu\text{m}$ (arcilla)	$2 \mu\text{m} < d < 63 \mu\text{m}$ (limo)	$d > 63 \mu\text{m}$ (arena)
		μm	%		
Arcilla 1		5,4	29	71	0
Arcilla 2		19,1	12	86	2
Arcilla 3		6,2	31	69	0
Arcilla 4		21,5	10	80	10
Arcilla 5		8,0	16	84	0

La Tabla III muestra los resultados obtenidos para los análisis químicos de las arcillas. Como se puede observar el contenido en SiO_2 y Al_2O_3 predominan (con valores entre 73,29 % (arcilla 4) y 94,81 % (arcilla 3) en peso). Los óxidos de hierro (Fe_2O_3) se presentan en una proporción significativamente baja, en que la mayor cantidad de ese óxido fue cuantificada en las arcillas 4 y 5 con valores de 8,62 % y 3,42 %, respectivamente, siendo este óxido el principal responsable de la coloración roja de los productos cocidos junto con la atmósfera oxidante de cocción. El contenido en óxido de potasio (K_2O) y otros óxidos fundentes también fue mayor en las arcillas 4 y 5.

Tabla III: Análisis químicos de las arcillas.

	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	K_2O	MgO	BaO	TiO_2	Outros
	%, en peso								
Arcilla 1	54,32	36,61	2,51	-	4,05	-	0,51	1,08	0,92
Arcilla 2	64,84	25,75	1,85	-	4,09	-	-	1,42	2,05
Arcilla 3	67,28	27,53	1,03	-	1,52	-	0,21	0,73	1,70
Arcilla 4	48,42	24,87	8,62	3,59	8,98	1,14	0,51	2,38	1,49
Arcilla 5	50,52	33,69	3,42	0,02	6,12	1,18	0,57	1,36	3,12

Los resultados de los estudios mineralógicos efectuados se pueden contemplar en la Figura 1. Los difractogramas obtenidos muestran en todos los casos que las fases cristalinas características de las arcillas son cuarzo y los minerales arcillosos caolinita, illita y montmorillonita. En general, el cuarzo es el mineral dentro de los minerales no arcillosos presente en todas las arcillas, existiendo también la hematite en la arcilla 4. Cuanto a los minerales arcillosos, predominan la asociación caolinita-mica (tipo illita) en las arcillas 1 y 2, y la asociación caolinita-mica-montmorillonitas en las arcillas 4 y 5. La arcilla 3 es la única que presenta apenas un mineral arcilloso, tipo caolinita.

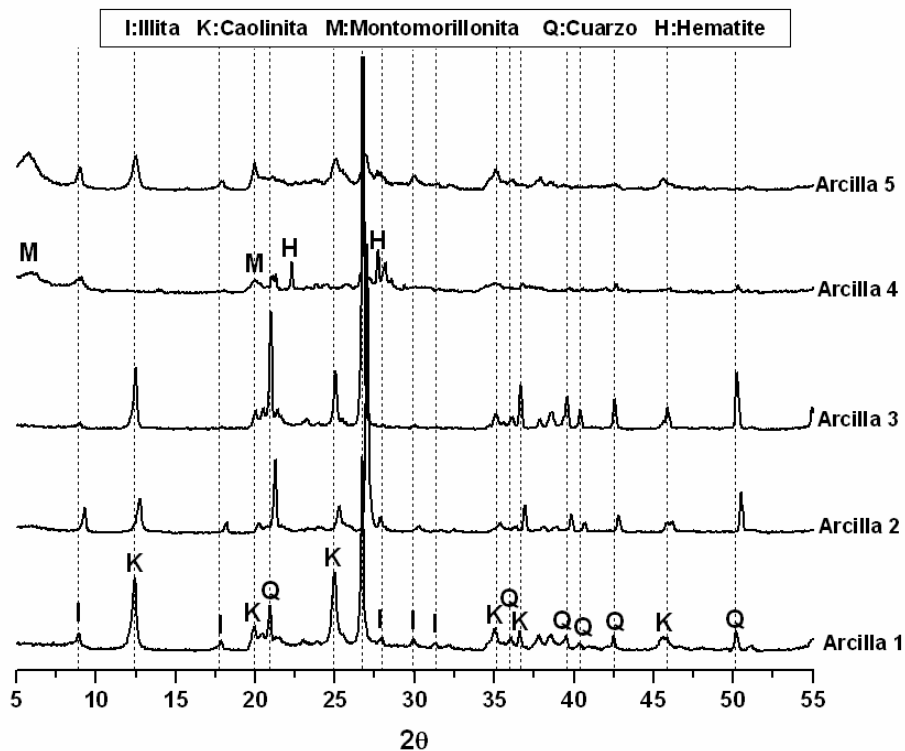


Figura 1: Difractogramas de las arcillas.

La Tabla IV recoge todos los resultados obtenidos después de la etapa de secado de las probetas. Puede comprobarse que la densidad aparente de secado son iguales para todas las pastas. Este hecho debe las características de las arcillas, bien como de la interacción con las de más materias primas que hacen parte de la pasta cerámica. Las más baja contracción de secado de las pastas **M4** e **M5** es debido la presencia de la montmorillonita, el uno que possui la capacidad para absorber moléculas de agua entre as capas, produciendo una marcada dilatación de su estructura. A pesar de ello, otros factores, como el tamaño de las partículas, pueden influenciar en la contracción de secado y en las de más propiedades de secado. Finalmente, la resistencia mecánica a la flexión de secado es menor para la formulación con mayor contenido de lo mineral arcilloso caolinita, presente en mayor cantidad en la arcilla 3.

Tabla IV: Propiedades de secado.

	Densidad aparente	Contracción de secado	Resistencia Mecánica a la Flexión
	(g/cm ³)	(%)	(MPa)
M1	2,1 ± 0,0	0,1 ± 0,1	3,8 ± 0,6
M2	2,2 ± 0,1	0,1 ± 0,1	4,3 ± 0,3
M3	2,1 ± 0,0	0,2 ± 0,1	2,0 ± 0,4
M4	2,1 ± 0,0	- 0,2 ± 0,1	5,4 ± 1,1
M5	2,1 ± 0,0	- 0,2 ± 0,0	6,3 ± 0,2

En la tabla V se detallan los valores de absorción de agua y contracción lineal de las formulaciones estudiada a 1150 °C y 1160 °C. Junto a estos valores se incluyen la densidad aparente en cocción y la resistencia mecánica a la flexión. Puede observarse que la densidad aparente de cocción presentó valores próximos, independientemente de la arcilla utilizada. Por otro lado, la absorción en agua apresntó una variación significativa entre las formulaciones (1,5 % - 8,8 %). Puede apreciarse el comportamiento más refractrio de la formulación **M3**, debido a su mineral arcilloso más caolínítico (Arcilla 3 - Figura 1). En la formulación **M5** por contener minerales arcillosos, illita y montmorillonita, y la formulación **M4** por contener elevada proporción de óxido de potasio (tabla III), la absorción en agua con la temperatura fue mucho menor que en la formulación anterior. La contracción lineal presenta valores moderados, en que los más bajos valores de las formulaciones **M2** e **M3** debido en ambos casos a mayor presencia de sílice livre contenida en las arcillas 2 y 3, respectivamente. Finalmente, la mayor resistencia mecánica de la formulación **M3** (1150 °C) esta asociada, posiblemente, a la mayor cantidad de mullita formada debido al más alto tenor de Al₂O₃ de entre las arcillas.

Como puede comprobarse, en la cocción la 1150 °C, en ninguna de las formulaciones estudiadas, fueron obtenidos resultados dentro de la norma NBR 13818:1997 de la Asociación Brasileña de Normas Técnicas (ABNT) para materiales de la clase B1b (gres pocalánico). Solamente la formulación **M1** alcanzó propiedades para fabricación de materiais cerámicos tipo semi-gres. Por otro lado, os resultados obtidos en la coción la 1160 °C, las formulações M1, M4 y M5, pueden ser considerados materiales de la clase B1b, tipo gres pocalánico, pues presentan absorción en agua y resistencia mecánica dentro de los valores de la norma NBR 13818:1997. Posiblemente, en temperaturas superiores a 1160 °C, la formulación **M3**, está con mayor cantidad de arcilla caolinitica, tedría valores dentro de las especificações para gres pocalánico.

Tabla V: Propiedades de cocción a la 1150 °C.

	Densidad aparente	Resistencia Mecánica a la Flexión	Contracción lineal	Absorción en Agua
	(g/cm ³)	(MPa)	(%)	(%)
1150 °C				
M1	2,1 ± 0,0	26,2 ± 2,4	4,4 ± 0,4	5,3 ± 0,6
M2	2,0 ± 0,0	17,6 ± 1,9	2,6 ± 0,6	7,5 ± 1,2
M3	1,9 ± 0,0	24,1 ± 2,4	2,8 ± 0,4	8,8 ± 1,4
M4	2,1 ± 0,1	21,8 ± 3,0	4,1 ± 0,7	3,7 ± 1,5
M5	2,1 ± 0,0	21,7 ± 2,5	4,6 ± 0,4	3,5 ± 0,5
1160 °C				
M1	2,2 ± 0,0	32,8 ± 2,2	6,1 ± 0,1	3,0 ± 0,1
M2	2,0 ± 0,1	23,8 ± 3,5	3,6 ± 0,1	5,3 ± 0,6
M3	2,0 ± 0,0	27,5 ± 3,2	3,8 ± 0,3	7,3 ± 1,4
M4	2,2 ± 0,0	30,7 ± 3,3	5,0 ± 0,1	1,5 ± 0,1
M5	2,2 ± 0,0	30,2 ± 2,2	5,7 ± 0,2	2,0 ± 0,2
B1b*	-	> 30	-	< 3
B1a**	-	> 22	-	< 6

4. CONCLUSIONES

Los resultados presentados permiten concluir que las diferentes arcillas influyeron en las exigencias de la norma NBR 13818:1997 de la Asociación Brasileña de Normas Técnicas (ABNT). Materiales de la clase B1b fueron obtenidos para algunas de las pastas (**M1**, **M4** y **M5**), en ciertas condiciones de cocción (1160 °C), proporcionando en algunas de las formulaciones, materiales con baja absorción de agua, alta resistencia mecánica y buenas características estéticas.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al “Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico” - CNPq y la “Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior” - CAPES, Brasil.

BIBLIOGRAFÍA

- 1- Santos, P.S. - “Ciência e Tecnologia de Argilas” - Edgard Blucher, 2^a ed, 289 (1992).
- 2- Barba, A.; Beltrán, V.; et. al. - “Materias primas para la fabricación de soportes de baldosas cerámicas”- Instituto de Tecnología Cerámica _AICE, 1^a ed, 291p (1997).
- 3 - Sánchez, E.; Garcia, J.; Sanz, V.; Ochandio, E. - “Raw Material Selection Criteria for the Production of Floor and Wall Tiles”- Tile & Brick Int. vol.6, n°4, 15-21, (1990).
- 4 - Beltrán, V.; Bagan, V.; Sanchez, E.; Negre, F. - “Características técnicas de las arcillas utilizadas para la fabricación de pavimentos y revestimientos cerámicos en pasta roja” - Técnica Cerámica, n° 164, 280-287, (1988).
- 5 - Navarro, J.E.E.; Albaro, A. - “Materias Primas para la Fabricacion de Pavimentos y Revestimientos Ceramicos” - Técnica Cerâmica, n° 91, 119-130, (1981).
- 6 - Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT, NBR 13818: Placas Cerâmicas para Revestimento - Especificação e Métodos de Ensaio 78p (1997).