

# **APROVEITAMENTO DO REJEITO DE PEGMATITO PARA INDÚSTRIA CERÂMICA**

**Mara TAVARES (1); Keite AVELINO (2); Patrícia MEDEIROS (3); Elione CARLOS (4); Eiji HARIMA (5)**

(1) Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte,  
Av. Salgado Filho, 1159 Morro Branco CEP 59.000-000 Natal-RN  
Departamento de Recursos Naturais – IFRN  
E-mail: maratatianest@gmail.com

(2) Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte,  
Av. Salgado Filho, 1159 Morro Branco CEP 59.000-000 Natal-RN  
Departamento de Recursos Naturais – IFRN  
E-mail: keite.avelino@gmail.com

(3) Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte,  
Av. Salgado Filho, 1159 Morro Branco CEP 59.000-000 Natal-RN  
Departamento de Recursos Naturais – IFRN  
E-mail: patricianmedeiros@gmail.com

(4) Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte,  
Av. Salgado Filho, 1159 Morro Branco CEP 59.000-000 Natal-RN  
Departamento de Recursos Naturais – IFRN  
E-mail: elionemoura@hotmail.com

(5) Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte,  
Av. Salgado Filho, 1159 Morro Branco CEP 59.000-000 Natal-RN  
Departamento de Recursos Naturais – IFRN  
E-mail: eiji.harima@ifrn.edu.br

## **RESUMO**

O objetivo principal desse trabalho foi aproveitar o rejeito de pegmatito para uso na indústria cerâmica. O rejeito de pegmatito é proveniente do município de Currais Novos e a argila é proveniente do município de Arez, ambas localizadas no Rio Grande do Norte. Para caracterização foi feita a análise química e DRX do rejeito de pegmatito e da argila. Os corpos de prova foram preparados por uma prensa uniaxial a 25 MPa e sinterizados em temperaturas de 1100°C, 1150°C e 1200°C, verificando as propriedades físico-mecânicas das amostras. Para obtenção de resultados foram realizados ensaios de absorção de água, retração linear e tensão de ruptura à flexão nas peças sintetizadas, ainda foi analisado o diagrama de gresificação, com o propósito de avaliar a variação de retração em determinada temperatura de acordo com uma certa porcentagem de absorção de água. Assim foi concluído que a utilização do rejeito de pegmatito é de grande importância para uso na indústria cerâmica, pois de acordo com a norma as amostra ficaram na classificação de BIIa (semi-grês).

**Palavras-chave:** Rejeito de pegmatito, revestimento cerâmico, resistência à flexão.

## 1 INTRODUÇÃO

Em todo o mundo milhões de toneladas de resíduos inorgânicos são produzidos a cada dia nas atividades de mineração e beneficiamento mineral. Tradicionalmente esses resíduos são descartados diretamente no meio ambiente, sem qualquer processo de tratamento ou imobilização. Todavia, alternativas de reciclagem devem ser investigadas e, sempre que possível, implementadas. A abordagem ambiental mais recente, objetiva, exatamente, o desenvolvimento sustentável, com a minimização do descarte dos materiais oriundos das atividades industriais (Menezes et al, 2007).

A utilização destes materiais para a obtenção de um produto apresenta, dentre outras, a vantagem de diminuir a quantidade de rejeito a ser descartadas na natureza, além de agregar valor a um resíduo indesejável, gerando novos empregos (Mothé Filho et al, 2005). No sentido de prevenção ao meio ambiente a indústria cerâmica vem demonstrando grande potencial.

O aproveitamento dos rejeitos industriais para uso como materiais alternativos não são novos e tem dado certo em vários países do Primeiro Mundo, sendo três as principais razões que motivam os países a reciclarem seus rejeitos industriais; primeiro, o esgotamento das reservas de materiais-primas confiáveis; segundo, o crescente volume de resíduos sólidos, que põem em risco a saúde pública, ocupa o espaço e degradam os recursos naturais, e terceiro, a necessidade de compensar o desequilíbrio provocado pelas altas do petróleo (Menezes et al, 2002).

A indústria cerâmica é uma das que mais se destacam na reciclagem de resíduos industriais e urbanos, em virtude de possuir elevado volume de produção que possibilita o consumo de grandes quantidades de rejeitos e que aliado às características físico-químicas das materiais-primas cerâmicas, em particularidades do processamento cerâmico, faz da indústria cerâmica como uma das grandes opções para a reciclagem de resíduos sólidos (Menezes et al, 2002).

Produtos cerâmicos tradicionais como telha, blocos e revestimento cerâmico geralmente apresentam grande variação de composição devido ao largo intervalo de composições das argilas utilizadas como matéria-prima para sua fabricação, o que possibilita uma grande tolerância para a incorporação de grandes quantidades de rejeitos inorgânicos. O potencial de incorporação de rejeitos nas formulações de cerâmica tradicionais, aliado às elevadas quantidades de recursos naturais consumíveis a cada dia por esse segmento industrial, ressalta a importância da reutilização de rejeitos como matérias-primas alternativas, racionalizando o uso dos recursos naturais (Menezes et al, 2007).

O Brasil, hoje, é um grande produtor de revestimento cerâmico. A cada dia a qualidade e variedade desse material aumentam. Na mesma medida cresce a utilização da cerâmica no Brasil para revestir pisos e paredes de todos os espaços internos da casa, assim como espaços externos.

Os pegmatitos são rochas ígneas, plutônicas, geralmente associadas com granitos, e que se apresentam predominantemente em forma de diques (veios e lentes) preenchendo fraturas de rochas pré-existentes (Castro e Jatobá, 2004).

Os pegmatitos são rochas de composição basicamente granítica (quartzo-feldspato-moscovita), de granulação geralmente grossa, muitas vezes exibindo cristais gigantes, permitindo fácil separação (Luz et al, 2003). Os pegmatitos do município de Currais Novos, localizado no Rio Grande do Norte, são constituídos basicamente por feldspato sódico (albita) e potássico (microclínio), moscovita e quartzo (Diego et al, 2008).

O objetivo desse trabalho é analisar as propriedades tecnológicas adquiridas pela utilização do rejeito de pegmatito na massa cerâmica para indústria, especificamente fabricação de revestimento cerâmico, visando uma possível produção e a minimização dos impactos ambientais.

## 2 MATERIAS E MÉTODOS

Os materiais utilizados para este estudo foram o rejeito de pegmatito, fornecido pela Mina Ubaira localizada na cidade de Currais Novos, e a argila proveniente do município de Arez, de cor cinza e após a queima apresenta cor clara, ambos os municípios são localizados no Rio Grande do Norte.

Para caracterização das matérias primas foram feito a FRX, para análise da composição química e a DRX, para identificação de minerais existentes no rejeito de pegmatito e na argila.

Na preparação das formulações, foi feita a desaglomeração da argila para diminuir o tamanho de partículas, que posteriormente foi misturada com o rejeito de pegmatito. Na tabela a seguir é mostrado o percentual em cada formulação.

**Tabela 1 – Formulações de massa cerâmica**

Matérias Primas	Formulações (%)			
	A	B	C	D
Argila	80	60	40	20
Rejeito de Pegmatito	20	40	60	80

Em seguida as formulações foram cominuídas, via úmido, em um moinho planetário por 1 hora, depois as misturas foram peneiradas na malha de 200 mesh. Após secar na estufa, as misturas foram novamente passadas na peneira de 80 mesh para diminuir a granulação. Após as amostras foram umidificadas e compactadas numa prensa hidráulica com pressão de 25 MPa para produção dos corpos-de-prova de dimensões 60mmX20mmX5mm.

A seguir os corpos-de-prova foram colocados na estufa durante 24 horas numa temperatura em torno de 110° C, reduzindo a umidade antes de serem levadas ao forno. Na etapa da queima, as peças foram sinterizadas nas temperaturas de 1100°C, 1150°C e 1200°C, com taxa de aquecimento de 10°C por minuto e patamar de 30 minutos.

Os corpos-de-prova foram submetidos aos ensaios de retração linear, absorção de água e resistência à flexão. O ensaio de retração linear total consistiu em medir os corpos-de-prova antes e após a queima, percebendo o quando foi retraído durante a sinterização. Já o ensaio de absorção aparente de água consistiu em pesar as amostras secas após a sinterização e, em seguida, imergi-las em um recipiente com água. Após ter sido retirado o excesso de água da superfície, as mesmas foram pesadas novamente, percebendo-se o quanto de água foi absorvido pelas mesmas. Após obter resultados desses ensaios foi feito o diagrama de gresificação, para verificar a variação da retração em determinada temperatura relacionando com uma certa porcentagem de absorção de água, e consequentemente a avaliação da norma de revestimento cerâmico .

O ensaio de flexão de três pontos foi realizado na máquina universal de ensaio com velocidade de avanço de 0,5 mm/s. A finalidade do ensaio foi observar a tensão máxima das amostras antes de sofrerem ruptura, determinando-se qual o percentual de rejeito de pegmatito que proporcionou à amostra uma melhor resistência.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A seguir são mostrados os resultados da análise química que foram obtidos por fluorescência de raios-X por energia dispersiva (FRX), e DRX do rejeito de pegmatito e da argila, para identificação de minerais e caracterização de fases nas matérias primas.

#### 3.1 Análises Química

O resultado da análise química da argila é mostrado na tabela 2.

**Tabela 2 – Resultado da análise química da argila**

Análise Química da Argila (%)						
SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	MgO
53,41	42,05	1,62	1,46	0,38	0,36	0,31
SO <sub>3</sub>	ZrO <sub>2</sub>	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	MnO	CuO	ZnO
0,10	0,10	0,06	0,05	0,04	0,03	0,03

A argila do município de Arez apresenta um alto teor de óxido de alumínio (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) que pode estar na forma de caulinita e mica, que é um material refratário, aumentando a temperatura de sinterização. Já o óxido de silício (SiO<sub>2</sub>) está na forma de caulinita e de quartzo, que também são materiais refratários.

O óxido de ferro (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) e o óxido de titânio (TiO<sub>2</sub>) são responsáveis pela cor das peças, e o seu baixo teor (~3,07%) confere uma cor clara após a sinterização.

A tabela 3 mostra o resultado da análise química do rejeito de pegmatito.

**Tabela 3 – Resultado da análise química do rejeito de pegmatito**

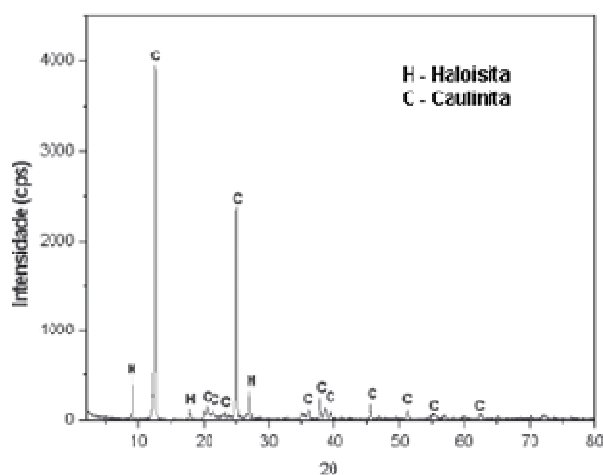
Análise Química do Rejeito de Pegmatito (%)								
SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	TiO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO	TiO <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
66,03	18,64	8,76	2,66	2,62	1,90	0,30	0,27	0,14
SO <sub>3</sub>	MnO	Rb <sub>2</sub> O	Nb <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	CuO	YrO <sub>3</sub>	ZrO <sub>2</sub>	ZnO <sub>2</sub>	SrO
0,09	0,08	0,07	0,03	0,03	0,03	0,03	0,02	0,01

O óxido de silício (SiO<sub>2</sub>) que aparece em grande quantidade está na forma de quartzo e, juntamente com o óxido de alumínio (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) fazem parte da estrutura dos feldspatos (albita e microclínio) e da mica, conforme é mostrado nos resultados de difratograma de raios X.

Já o óxido de titânio e o óxido de ferro, contribuíram no escurecimento das peças em alta temperatura, mais o valor relativamente baixo, confere uma cor clara, contribuindo para facilitar na etapa de esmaltação de peças para revestimentos cerâmicos.

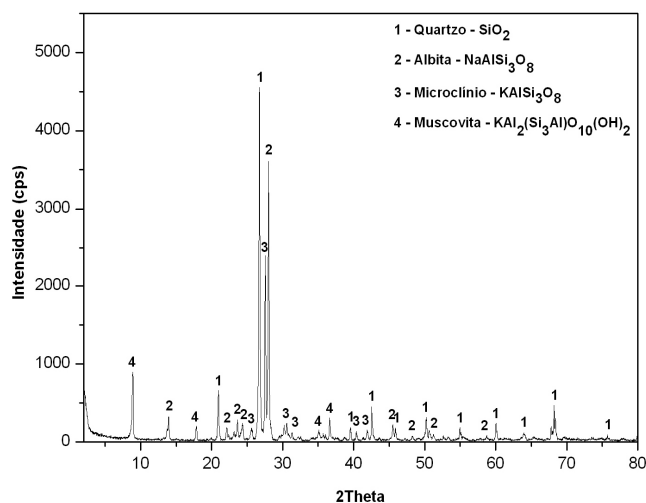
### 3.2 Difração de Raio X

O resultado da difração de raios X da argila é mostrado na figura 1. Essa argila é composta basicamente de caulinita e de quartzo, com pequeno traço de mica moscovita.



**Figura 1 – DRX da argila**

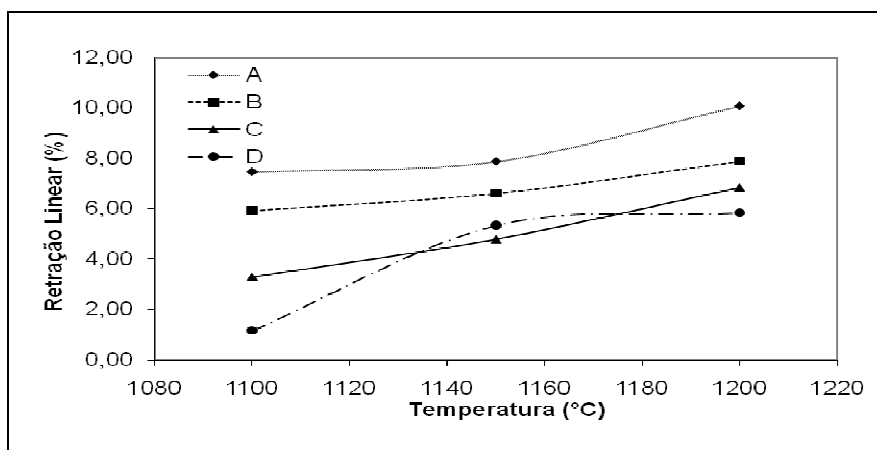
A figura 2 mostra difratograma de raios X do rejeito de pegmatito. A presença de albita e microclínio é um bom indicativo para uso em cerâmica de revestimento porque agem como material fundente, além de aumentar a resistência mecânica da peça sinterizada. O quartzo diminui a retração de queima e ajuda na formação de mulita que é a fase principal de piso cerâmico.



**Figura 2 – DRX do rejeito de pegmatito**

### 3.3 Ensaios físico-mecânicos

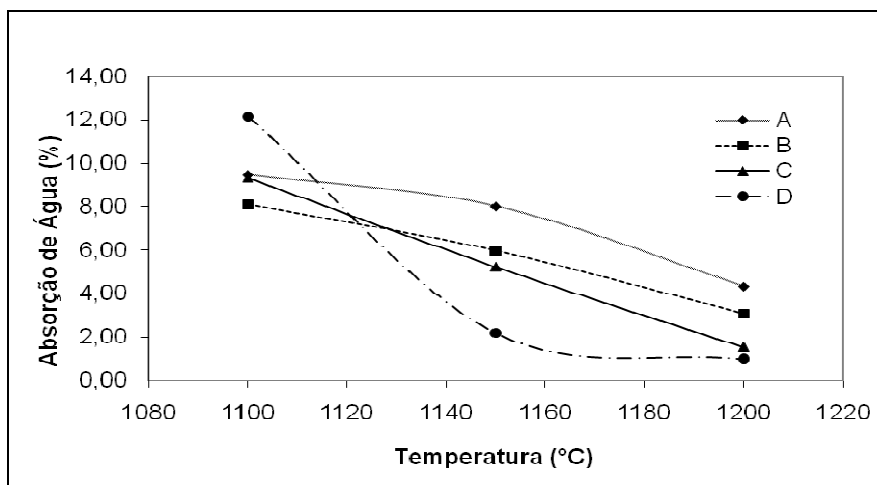
Na figura 3 temos os valores, em percentual de retração linear em cada composição de rejeito de pegmatito das amostras após a queima em 1100°C, 1150°C e 1200°C.



**Figura 3 – Resultado do ensaio de retração linear total**

A figura mostra o resultado do ensaio de retração linear total de queima. Observa-se que com o aumento da temperatura as amostras apresentam maior sensibilidade à retração devido à maior sinterização. As amostras A apresentam uma maior retração, já as outras amostras apresentam uma retração mais constante. É importante ressaltar que a partir da temperatura de 1150°C as amostras D não apresentam variação na retração, isso pode ser causado pela formação de fase vítrea e consequentemente terá uma absorção de água baixa como será comentando a seguir.

Na figura 4 temos os valores, em percentual de absorção de água aparente em cada composição de rejeito de pegmatito das amostras após a queima em 1100°C, 1150°C e 1200°C.

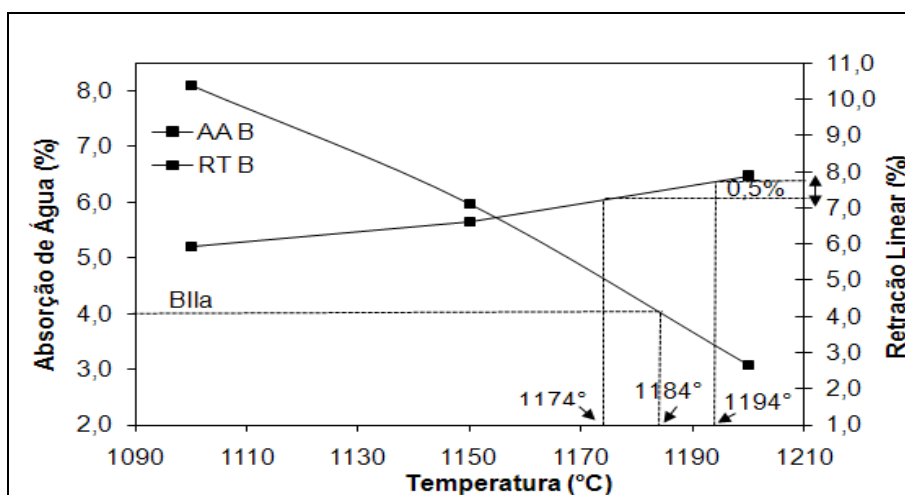


**Figura 4 – Resultado do ensaio de absorção de água aparente**

Quanto à absorção aparente de água, percebe-se que com o aumento da temperatura há uma diminuição da absorção nas amostras em todos os percentuais de rejeito, causado pelo fechamento de poros e formação de fase vítrea. As amostras D apresentam maior sensibilidade com o aumento de temperatura, atingindo menor valor de absorção (1%) a 1200°C. Também se observa a queda brusca da absorção das amostras D, provocada pela formação de grande quantidade de vidro em temperaturas acima de 1150°C. Todas as amostras apresentaram absorção abaixo de 13%.

De acordo com a NBR 13818, para classificação de um revestimento cerâmico levam em consideração algumas características, dentre elas as mais importantes e a absorção de água e a resistência a ruptura que o produto apresentar. Quando as amostras absorvem menos que 6% podem ser classificadas como BIIa (semi-grês). Assim pode ser relacionada à absorção de água e resistência a ruptura das amostras B e C que serão classificadas desse grupo.

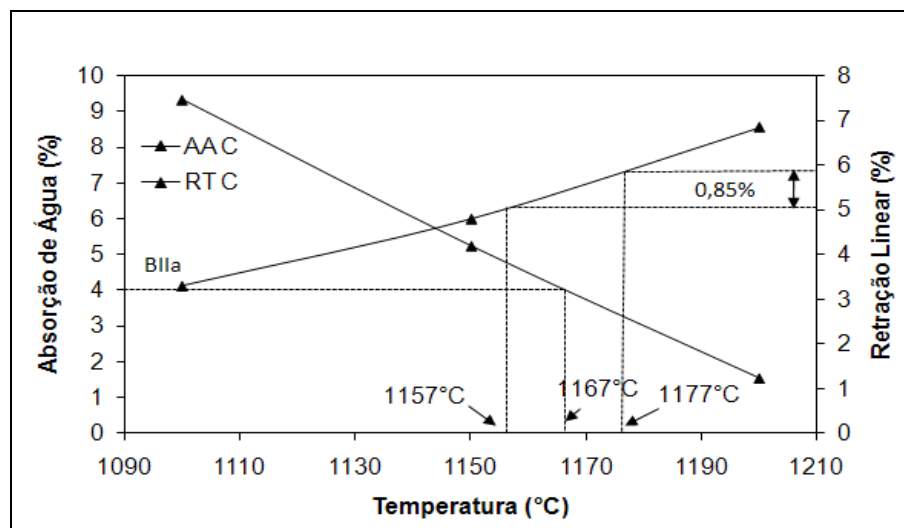
Nas figuras 5 e 6 são mostrados os digramas de gresificação das amostras B e C, onde é relacionado a absorção de água e a retração observando uma variação após a queima em 1100°C, 1150°C e 1200°C.



**Figura 5 – Curva de gresificação das amostras B**

Através da curva de gresificação é possível estimar os limites admissíveis de temperatura de queima de modo que o produto ainda esteja dentro da variação dimensional exigida pela norma para determinado valor de absorção de água.

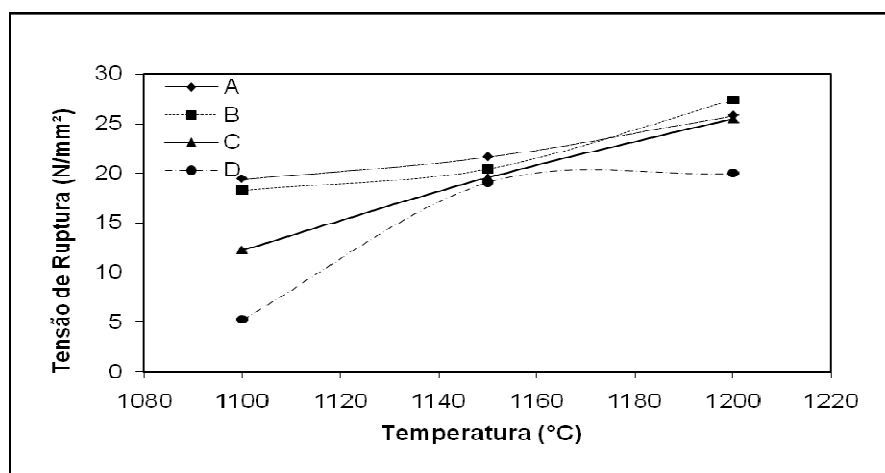
Utilizando a formulação B para obter um produto do grupo BIIa (semi-grês) com 4% de absorção, a massa em questão precisa ser queimada a 1184 °C. A retração de queima para essa temperatura corresponde a 4%. Considerando que ocorre uma variação de temperatura de  $\pm 10$  °C na zona de maior temperatura do forno, verifica-se que a retração sofre variação de 0,5%. Essa variação dimensional está dentro da norma, que é de no máximo 1,0%.



**Figura 6 – Curva de gresificação das amostras C**

Fazendo análise para a formulação C para 4% de absorção, teremos uma temperatura correspondente de 1167 °C. Logo, para  $\pm 10$  °C de variação de temperatura teremos 0,85% de variação dimensional. Dessa forma, é possível fabricar revestimento tipo semi-grês utilizando essa formulação sob essas condições de queima.

A seguir na figura 7 é mostrado o ensaio de flexão em três pontos, para análise da resistência mecânica, nas amostras após queima.



**Figura 7 – Resultado do ensaio de resistência mecânica a flexão**

No resultado de tensão de ruptura pode-se observar que as amostras D na temperatura de 1100°C para 1150°C ocorreu um aumento significativo, e da temperatura de 1150°C para 1200°C a tensão quase não variou, isso pode ter ocorrido devido à formação da fase vítrea nas amostras. A amostra C manteve uma variação significativa na tensão com o aumento da temperatura de 12,3N/mm² na temperatura de 1100°C para 25,5 N/mm² na temperatura 1200°C.

A melhor tensão de ruptura foi nas amostras B na temperatura de 1200°C, chegando a 27,3 N/mm², podendo ser classificada de acordo com a norma grupo BIIa (semi-poroso), utilizada para revestimento cerâmico como já foi citado nas discussões acima.

## 4 CONCLUSÕES

Todas as amostras apresentaram um desempenho bom ao que se esperava para o produto de revestimento cerâmico, sendo que para classificação de um revestimento cerâmico de acordo com a norma, quando as amostras absorvem menos que 6% podem ser classificadas como grupo BIIa (semi-grês). Assim as amostras B e C ficam dentro da devida variação. E de acordo com sua resistência a flexão pode-se classificar também no mesmo grupo. Podendo ser usado tanto para piso quanto para parede de revestimento.

Com isso se conclui que as pesquisas quanto ao uso de rejeito de pegmatito para uso de revestimento cerâmico é possível e de grande importância nas indústrias cerâmicas, pois o Estado do Rio Grande do Norte possui várias reservas desses minérios.

## **5 REFERENCIAS**

R. R. Menezes; R. R. de Almeida; L. N. L. Santana; G. A. Neves; H. L. Lira; H. C. Ferreira. **Análise da co-utilização do resíduo do beneficiamento do caulim e serragem de granito para produção de blocos e telhas cerâmicos**. Cerâmica vol.53 nº326, São Paulo-SP, Apr/June 2007.

H. F. Mothé Filho; H. Polivanov; C. G. Mothé. **Reciclagem dos resíduos sólidos de rochas ornamentais**. Anuário do Instituto de Geociências - UFRJ, vol.28, p. 139-151, Rio de Janeiro, 2005.

ROMUALDO R. M.; GELMIRES A. N. e HEBER C. F. **O estado da arte sobre o uso de resíduos como materiais-primas cerâmicas alternativas**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.6, n.2, p.303-313, 2002.

LUZ, A. B.; LINS, F. A. F.; PIQUET, B.; COSTA, M. J.; COELHO, J. M. **Pegmatitos do Nordeste – Diagnóstico sobre o aproveitamento racional e integrado**. Série Rochas e Minerais Industriais, CETEM. Rio de Janeiro – RJ, 2003.

DIEGO, A. T.; ADÃO, B. L. e MARCELO C. A. **Aproveitamento Integral do Pegmatito de Currais Novos – RN**. XVI Jornada de Iniciação Científica – CETEM, Rio de Janeiro, 2008.

CASTRO, C. e JATOBÁ, L. **Litosfera: Minerais, Rochas, Relevô**. Editora Universitária da UFPE, 109p, 2004.

**ISO 13006**: Definições, classificação, características e marcação de revestimento cerâmico. **International Organization for Standardization. 1989**.