

CONEM 2016
CONGRESSO NACIONAL DE
ENGENHARIA MECÂNICA

21-25
AGOSTO DE 2016
FORTALEZA - CEARÁ

COMPORTAMENTO MECÂNICO DE PEÇAS CERÂMICAS PRODUZIDAS COM REJEITOS DO GRANITO ASA BRANCA E ACRÉSCIMO DOS PRODUTOS DA COMBUSTÃO DO CARVÃO MINERAL

CON – 2016 - 1209

Nome do primeiro autor, e-mail¹

Nome do segundo autor, e-mail¹

Nome do terceiro autor, e-mail¹

Nome do quarto autor, e-mail¹

Nome do quinto autor, e-mail²

Nome do sexto autor, e-mail²

¹Nome da instituição, endereço para correspondência,

²Nome da instituição, endereço para correspondência

Resumo: O surgimento de novos materiais a partir da combinação de rejeitos está sendo alvo de bastante pesquisa atualmente. Os materiais reutilizados além de se apresentarem como uma nova fonte de matéria-prima, contribuindo para minimização do uso de fontes naturais, muitas vezes não-renováveis, colaboram com a preservação do meio ambiente, uma vez que o material que seria jogado na natureza ganha uma nova utilidade. Um exemplo ilustrativo a respeito deste fato é a utilização do rejeito do granito Asa Branca (RGAB) em revestimento cerâmico. Os Produtos da Combustão do Carvão Mineral (PCC's) são obtidos através da queima do carvão mineral em usinas termoelétricas e se reaproveitados podem diminuir a preocupação quanto ao seu contato com a natureza, em função da presença de enxofre e outros elementos danosos. Este trabalho tem como objetivo avaliar o comportamento mecânico de corpos de prova cerâmicos fabricados a partir da união entre os RGAB's e os PCC's através de caracterização química, física e mecânica realizando microscopia eletrônica de varredura (MEV), análises de porosidade e ensaios mecânicos de microdureza. É feita uma variação entre as porcentagens em peso da adição dos Produtos de Combustão do Carvão Mineral, no RGAB de 0%p a 30%p. O esperado para os resultados destes testes são excelentes propriedades mecânicas, associado a grande relevância da reciclagem de resíduos sólidos e a consequente diminuição do impacto ambiental causado pelos mesmos.

Palavras-chave: cerâmicas, reutilização, rejeitos, carvão mineral, propriedades mecânicas.

1. INTRODUÇÃO

No atual contexto social, o meio ambiente e a preservação dos recursos naturais estão entre as principais preocupações da sociedade, fazendo-se necessário que o desenvolvimento de novos materiais ou métodos estejam atrelados ao conceito de sustentabilidade. Dessa forma, a utilização de rejeitos de granito (RGAB) e produtos da combustão de carvão mineral (PCC's) se torna imprescindível, não apenas pela produção de um novo material cerâmico com excelentes propriedades mecânicas, mas também pela sua vertente ambiental, que inclui o reaproveitamento de materiais e a diminuição da poluição gerada pela sua queima.

No que se refere a materiais cerâmicos, eles são caracterizados por serem formados por dois materiais, geralmente um metálico e outro não-metálico, além de que apresentam resistência à altas temperaturas, bem como características de dureza, fragilidade e baixa densidade. Além disso, cerâmicos são, em geral, considerados isolantes de calor e eletricidade. São inúmeras as classificações e as aplicações de materiais cerâmicos existentes atualmente. São exemplos: vidros em geral, materiais refratários utilizados em alto fornos e que suportam temperaturas extremamente altas, algumas cerâmicas avançadas utilizadas em componentes eletrônicos, revestimentos muito usados na construção civil e abrasivos.

O material cerâmico desenvolvido neste trabalho é produzido com rejeitos de granito, um tipo de rocha ígnea e metamórfica, muito utilizada no Brasil para fins ornamentais como pisos e revestimentos. Mello (2006) define granito

como sendo uma rocha silicática composta em grande parte por feldspato e quartzo. O feldspato é responsável pela densificação do material, reduzindo sua absorção de água, enquanto o quartzo auxilia no controle da dilatação e facilita a secagem.

Segundo Félix (2001), o estado do Ceará é o sexto maior produtor de granito, tendo na cidade de Santa Quitéria a produção do granito Asa Branca, que é composto de Albita (31%), Quartzo (58%) e Microlina (11%). Além disso, de acordo com Vidal (1999), O RGAB possui uma resistência a compressão de 66,6 MPa e resistência a flexão de 11,90 MPa.

Quanto aos PCC's, são resultado da combustão do carvão mineral utilizado nas caldeiras de termoeletricas. Dependendo da zona de temperatura dentro da caldeira, as cinzas produzidas podem ser classificadas em secas ou úmidas, bem como a forma pode variar, sendo arredondada para altas temperaturas e com menor grau de arredondamento para baixas. Ainda relacionado aos PCC's, as cinzas podem ser classificadas como escória – apresentam granulometria grosseira e estão geralmente no fundo da fornalha e são apagadas com água; cinzas de fundo – granulometria média, mas também presente no fundo da fornalha, podendo ser secas ou úmidas; e cinzas volantes – que são leves e com partículas finas, geralmente presentes no fluxo das chaminés.

A composição química dos PCC's, bem como as propriedades das cinzas dependem do tipo de carvão utilizado na combustão, da condição de combustão e do tipo de emissões. Sabedot et al (2011) apresenta estudos que indicam que os PCC's apresentam grande potencial para uso em cerâmicas.

Diante do exposto, é objetivo deste trabalho verificar a influência da adição dos PCC's em materiais cerâmicos produzidos com rejeito de granito Asa Branca (RGAB). Para isso, caracterizar a matéria-prima dos corpos de prova para identificar a composição utilizando-se de análises de fluorescência de raios-x e testes de microscopia eletrônica de varredura, avaliar a propriedade física de porosidade a partir de testes específicos e o comportamento mecânico a partir da realização de ensaio de Microdureza Vickers. Para tal, os corpos de prova serão produzidos com concentrações de PCC's que variam de 0 a 30 %p, em intervalos de 5 %p.

2. PRODUÇÃO DOS CORPOS DE PROVA

2.1. Moagem e Peneiramento

A moagem é um processo que utiliza forças mecânicas para diminuir o tamanho de partículas que constituem o pó cerâmico (MORAES, 2004). É durante a moagem que a granulometria do pó é reduzida para melhorar a sua desenvoltura durante a compactação e sinterização. Segundo Ribeiro e Abrantes (2001), algumas características do material influenciam o processo de moagem, são elas: dimensão e forma inicial das partículas, dureza, grau de homogeneidade da estrutura e umidade.

Após a escolha do material e o processo de secagem realizado durante 24h a 110°C, o material foi peneirado para se obter uma granulometria menor que 200 mesh, equivalente a 75µm. Para confecção dos corpos de prova, o PCC foi adicionado em concentrações (0, 5, 10, 15, 20, 25 e 30 %p) ao pó do rejeito de granito. Além disso, para melhorar o processamento e consistência da massa, foi adicionado como ligante a água na proporção de 5% do volume do corpo de prova.

2.2. Análise Química dos Pós Através de Fluorescência de Raio-X

Os pós de rejeito de extração de granito de Asa Branca e os produtos da combustão do carvão mineral devidamente moídos e peneirados com granulometria inferior a 200 mesh foram submetidos à análise de fluorescência de raios-x com o auxílio de um equipamento da Rigaku, modelo ZSX mini II. A tabela 1 mostra as porcentagens em massa dos elementos que compõem o granito Asa Branca.

Tabela 1. Elementos constituintes do RGAB. Valores obtidos por fluorescência de Raios-X.

Componente	Massa (%)
Si	72
Al	13,2
Na	7,9
K	4,9
Outros elementos	2

De acordo com Cabral (2009), os teores de sódio e potássio garantem um ponto de fusão em temperaturas mais baixas. Esta particularidade é bastante relevante, considerando que, quanto menor for a temperatura de processamento cerâmico, menor será o consumo de energia, o que do ponto de vista energético é bastante interessante.

A importância da grande porcentagem de Silício no RGAB se dá pela sua função de reduzir a plasticidade da massa cerâmica, além de aumentar a permeabilidade e o ponto de fusão. A tabela 2 apresenta as porcentagens em massa dos elementos constituintes dos PCC's. Percebe-se também a presença de Si e Al como no RGAB, os quais são elementos adequados à produção de peças cerâmicas.

Tabela 2. Elementos constituintes dos PCC's. Valores obtidos por fluorescência de Raios-X.

Componente	Massa (%)
Si	59,17
Al	13,17
Fe	10,74
K	6,11
Ca	4,97
Ti	2,91
S	0,84
Outros elementos	2,09

2.3. Compactação

Após o peneiramento, o material em forma de pasta foi misturado manualmente até atingir uniformidade. A partir disso, ocorreu a compactação, que é o processo de prensagem para reduzir a porosidade interna e consequentemente aumentar a resistência do material. Nesta etapa, uma pressão é exercida sobre a matéria prima para reduzir seu volume ao mínimo possível, obtendo um maior empacotamento e agregação das partículas.

De acordo com Reed (1988) existem três procedimentos básicos de prensagem de pós: uniaxial, isostático (ou hidrostático) e prensagem a quente, sendo as duas principais modalidades de prensagem: uniaxial e isostática.

O processo de compactação foi por compressão uniaxial de 7 Mpa numa matriz de aço de seção prismática 116 x 25 x 30 mm com pistão superior conforme adotado por Pinheiro (2010). Depois de comprimidos, o material foi posto para secar por 24h numa temperatura de 130°C.

Para realização do ensaio de Microdureza Vickers e MEV, os corpos de prova preparados foram circulares, com diâmetro de 18,90 mm sob as mesmas condições dos corpos de prova anteriores.

2.4. Sinterização

A sinterização é considerada uma das etapas mais importantes do processamento de materiais cerâmicos. Esta etapa consiste de um tratamento térmico de alta temperatura que provoca um conjunto de alterações no material tornando mais forte as ligações entre suas partículas. Durante este processo o material cerâmico obtém as características mecânicas desejáveis a sua aplicação, sofre retração volumétrica, reduz a porosidade e adquire estabilidade adimensional.

Segundo Kingery (1975), geralmente, a sinterização ocorre num intervalo de temperatura que varia de 700°C a 1800°C, sendo esta temperatura menor que a temperatura de fusão do material. Existem dois tipos básicos de sinterização: sinterização por fase líquida e por fase sólida. No caso do material estudado neste trabalho, o processo se dá por fase líquida devido à grande quantidade de fundentes. Félix (2001) aponta que a maior vantagem deste processo é o aumento da cinética de sinterização, e uma grande desvantagem é a distorção no formato.

Para os corpos de prova, o processo de sinterização foi realizado no forno elétrico Linn Elektro Therm do Laboratório de Materiais da Universidade Federal Rural do Semi-Árido. Para tal, foi utilizada uma temperatura de 1170°C durante 60 minutos com uma taxa de aquecimento de 5°C/min, conforme determinado anteriormente em processo experimental realizado por Pinheiro (2010).

Para este trabalho, a nomenclatura dos corpos de prova será formada pela sigla PC seguida do percentual de PCC adicionado ao rejeito de granito. Dessa forma, a sigla CP-5 indica que foi utilizado um corpo de prova cerâmico a 5% de PCC's.

3. CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA

3.1. Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV)

A caracterização química dos corpos de prova foi feita através da eletroscopia de energia dispersiva (EDS) no equipamento EDX modelo SWIFT 3000 – EXTREAM. A visualização das amostras se deu no microscópio eletrônico de varredura PHILIPS XL – 30.

O EDS é um equipamento essencial no estudo da caracterização microscópica de materiais. Quando um feixe de elétrons incide sobre o material há uma excitação dos íons e elétrons, havendo mudança de níveis energéticos. Quando os mesmos retornam para a posição inicial, ocorre uma liberação de energia que é emitida em comprimento de onda no espectro de raios-x. A energia associada a esse elétron é medida por um detector instalado na câmara de vácuo do microscópio eletrônico de varredura. Uma vez que os elétrons possuem energias diferentes, é possível, no ponto de incidência do feixe, identificar quais elementos químicos estão presentes naquele local e consequentemente, o material que está sendo analisado. Dessa forma, é perceptível a importância da caracterização química de um material através de um MEV associado ao EDS, já que enquanto este permite a imediata identificação do material em questão, o primeiro proporciona imagens virtuais do mesmo com alta ampliação e resolução.

Os aumentos utilizados nesta análise foram de 1000x. Vale salientar a relevância do EDS nesse caso, uma vez que foi verificada a diferença entre as composições químicas da superfície e do interior das amostras, evidenciando ainda, a diferença do teor de Óxido de Ferro entre ambas.

A figura 1 exibe a MEV feita nos PCC's a verde com um aumento de 2000x, onde é possível observar uma morfologia predominantemente esférica e de tamanho irregular. Essa morfologia talvez se dê em função da composição da cinza por óxidos de diferentes composições.

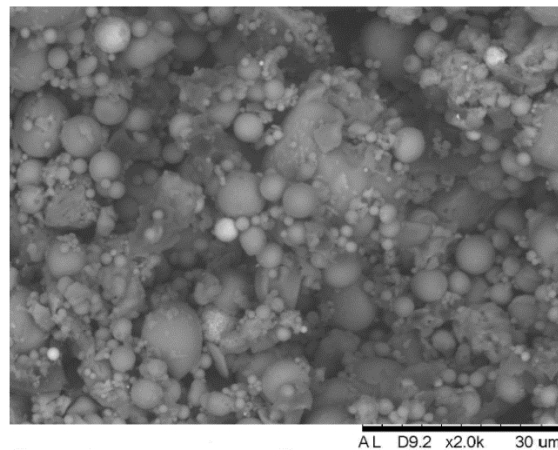


Figura 1. PCC's a verde.

Ao realizar a microscopia eletrônica de varredura nos PCC's já incorporados à matriz cerâmica percebe-se a presença significativa de poros, principalmente nas amostras com 30%p de PCCs, mostrado na figura 2, o que pode resultar na queda expressiva das propriedades mecânicas desejada. Nesse caso, o aumento na ampliação foi de 500x.

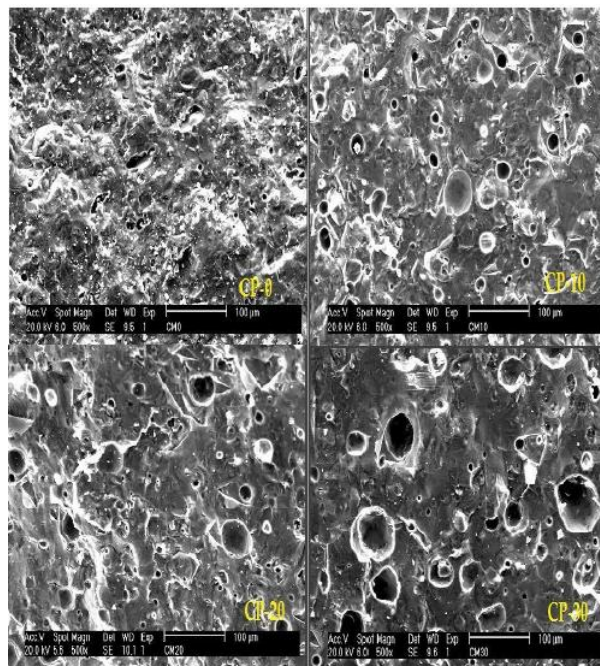
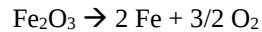


Figura 2. Corpos de prova cerâmicos.

Segundo Rajamannan et al (2013) o aumento do volume dos poros é ocasionado devido à reação de redução do Fe_2O_3 (em elevadas temperaturas), com a produção de oxigênio, a qual é a fase gasosa geradora de bolhas, dando origem aos poros no corpo sinterizado.



4. CARACTERIZAÇÃO FÍSICA

4.1. Porosidade Aparente

Após a compactação de pós na geometria desejada, é certa a presença de espaços vazios entre as partículas. Com a operação posterior à compactação, ou seja, com a operação de sinterização ocorre a eliminação parcial dessas vacâncias, uma vez que não é possível que haja essa eliminação por completo. Por menor que seja a fração de poros, existirá uma influência negativa desta sobre as propriedades elásticas e sobre a resistência do material. Os poros atuam como concentradores de tensão e são a principal causa dos defeitos dos produtos cerâmicos, uma vez que facilitam o início das trincas e com isso, uma possível fratura. A distribuição de tamanhos de poros e a porosidade total alteram as propriedades das cerâmicas.

Os poros podem ou não estar em contato com a superfície do material, ou seja, com o exterior. Tal fato é relevante, uma vez que se existir esse contato, o poro pode conduzir material entre o exterior e o interior, como é o caso da umidade, que se transferida do exterior para o interior pode dissolver a fase sólida. Estes poros conectados com a superfície são os chamados poros abertos e são mais prejudiciais no que se refere à resistência mecânica do material, já que muitas fraturas têm origem em trincas superficiais, as quais podem ser poros. Já os poros que não se conectam com a superfície são chamados poros fechados, mesmo que estejam conectados entre si e estes muitas vezes existem sem que sejam percebidos. Os poros fechados podem existir devido ao fechamento dos poros abertos, ou por gases da fase sólida que não conseguiram sair da estrutura. A figura 3 ilustra poros abertos e fechados.

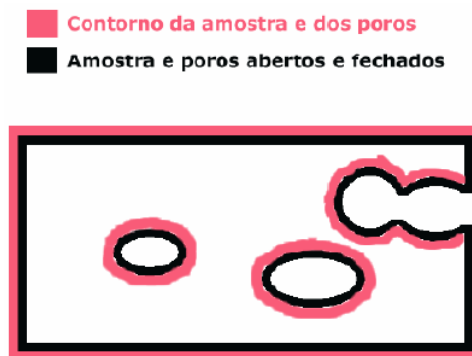


Figura 3. Exemplo de poros presentes numa amostra.

Segundo a norma ABNT 13817/97 as cerâmicas podem ser classificadas de acordo com o valor da absorção de água, o que implica na sua aplicação. Logo, afirma-se que as cerâmicas de baixa absorção de água possuem elevada resistência mecânica.

Inicialmente, os corpos de prova foram secos em uma estufa a 110°C por 24h e em seguida, foram pesados, obtendo-se então, a massa seca do corpo de prova (m_s). Foi realizada a pesagem do corpo de prova também através de um dispositivo onde foi verificada a massa do corpo estando este imerso no recipiente com água destilada, conforme a figura 4. Esta foi a massa do corpo de prova imerso (m_i). O próximo passo foi pesar os corpos de prova após retirá-los do recipiente com água destilada e secá-los com o auxílio de uma flanela obtendo-se assim, a massa do corpo úmido (m_u).



Figura 4. Ensaio de Porosidade Aparente.

A porosidade aparente determina a facilidade com que os fluidos escoam nas cerâmicas porosas e considera apenas os poros abertos. Pode-se então, quantificar a porosidade aparente através da equação 1.

$$PA = \frac{m_v - m_s}{m_v - m_l} \cdot 100\% \quad (1)$$

A figura 5 apresenta o gráfico que relaciona a porcentagem de porosidade apresentada na cerâmica analisada e a adição de PCCs no RGAB também em porcentagem. A tabela 3 apresenta os valores exibidos no gráfico associado ao desvio padrão calculado para cada valor de adição de PCCs.

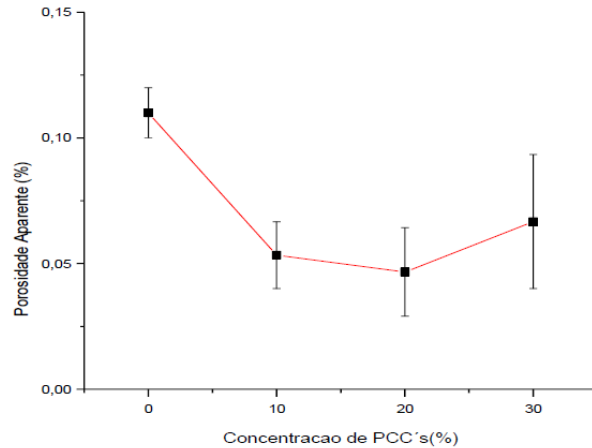


Figura 5. Porosidade Aparente.

Tabela 3. Dados Estatísticos da Porosidade Aparente.

Concentração de PCC's	Média (%)	Desvio Padrão
0	0,11	0,017
10	0,053	0,023
20	0,046	0,030
30	0,066	0,046

A tabela e o gráfico com os resultados exibem uma diminuição da porosidade aparente de acordo com adição dos PCCs. Entretanto, tal fato ocorre até a adição de 20% de PCCs, percebendo-se um ligeiro aumento na adição de 30%. Os valores apresentados são bem próximos. Então, apesar de haver um maior número de poros com a adição de 30% de PCCs, isso não influencia diretamente na porosidade aparente, uma vez que a mesma só considera os poros abertos. Logo, os poros presentes podem estar interconectados ou serem fechados. Vale lembrar que os poros fechados podem ser causados pelo fechamento de poros abertos, devido à evolução na sinterização ou podem ser causados pela evolução de gases na fase sólida, os quais não conseguem sair do material. Os poros tendem a assumir a forma esférica.

5. CARACTERIZAÇÃO MECÂNICA

5.1. Microdureza Vickers

A dureza de um material pode definir-se como a resistência à penetração da sua superfície, ou ainda, a resistência à deformação plástica localizada. Escolheu-se fazer teste de microdureza Vickers a fim de verificar a diferença entre a dureza da superfície e do interior da peça cerâmica.

O endentador Pirâmide de Diamante Vickers tem a forma de uma pirâmide quadrada com 136° entre faces. Para calcular o valor da dureza de Pirâmide de diamante Vickers, ambas as diagonais da indentação são medidas, e a média destes valores é usada na fórmula acima para a determinação do valor HV, como mostra a figura 6.

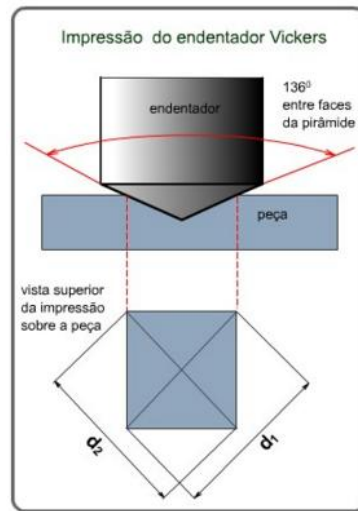


Figura 6. Detalhe da indentação no ensaio de dureza Vickers.

O valor da dureza com a pirâmide de diamante de Vickers é a carga aplicada (em kgf) dividida pela área da superfície da endentação (em mm²), conforme a equação 2.

$$HV = \frac{2F \sin\left(\frac{136}{2}\right)}{d^2} = 1,854 \frac{F}{d^2} \quad (2)$$

Onde F = carga (Kgf)

d = média aritmética das duas diagonais d₁ e d₂ (mm)

Nesse caso, foi aplicada uma tensão de 980,7 mN durante 10 segundos. Os corpos de prova para os ensaios de microdureza foram confeccionados em formato circular com diâmetro de 18,90 mm, conforme a figura 7.



Figura 7. Corpo de prova utilizado no ensaio de microdureza Vickers.

A figura 8 apresenta o corpo de prova anterior fraturado, embutido e polido, a fim de poder determinar a dureza da parte interna do material.



Figura 8. Parte interna do corpo de prova.

Tendo analisado as durezas do material em sua superfície e na parte interna, pôde-se construir o gráfico (figura 9) relacionando a microdureza do material e a adição de PCCs, onde conclui-se que o aumento da concentração de PCCs resulta no aumento da dureza até um valor de 786 HV para 20%p de PCC. A tabela 4 apresenta todos os valores de concentração de PCC e dureza, com seus respectivos desvios padrões.

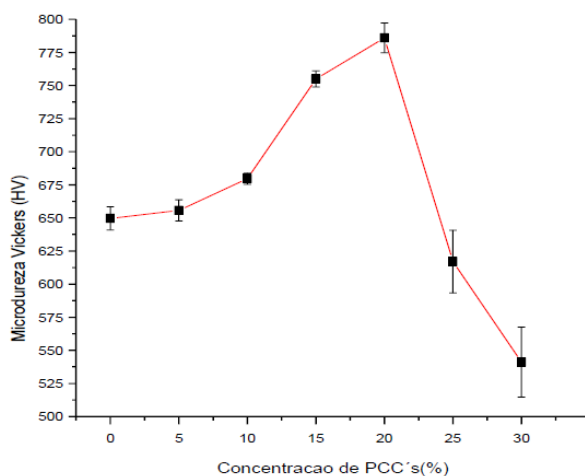


Figura 9. Microdureza Vickers.

Tabela 4. Dados estatísticos da microdureza Vickers.

Concentração de PCC's	Microdureza Vickers (HV)	Desvio Padrão
0	649,66	8,7
5	655,66	8,0
10	679,66	4,1
15	755	6,0
20	786	11,26
25	617	23,64
30	541	26,51

A presença de alguns elementos nas cerâmicas implica em suas características. Nesse caso, a mulita presente nos PCCs pode ter sido a responsável pelo aumento da dureza com o aumento da concentração de PCCs, já que este composto possui características como elevada resistência mecânica, absorção de água em pequena proporção e altos valores de dureza superficial. Além disso, o óxido de ferro também presente nos PCCs pode ter sido outro elemento com contribuição no aumento da dureza, influenciando no processo de sinterização para a formação da mulita. O óxido de alumínio é mais um elemento que quando presente no material contribui para o aumento da dureza. A tabela 5 exhibe os valores das durezas obtidas na superfície e no interior do material, além dos teores de óxido de ferro e óxido de alumínio.

Tabela 5. Valor da microdureza Vickers x composição química.

Corpo de prova	Região analisada	Microdureza Vickers (HV)	Óxido de ferro (%)	Óxido de alumínio (%)
CP-10	Superfície	679,66	0,780	16,3
	Interna	574,3	0,316	9,14
CP-20	Superfície	786	0,580	18,05
	Interna	698	1,190	16,13
CP-30	Superfície	541	1,644	17,71
	Interna	553	1,640	18,22

Com o aumento da concentração de PCC's em relação à matriz cerâmica, houve um aumento do teor de óxido de alumínio e óxido de ferro nas amostras. Com isso, a microdureza Vickers cresce até um valor limite (20 %p de PCC's).

6. CONCLUSÃO

Diante das análises realizadas neste trabalho, fica evidente o potencial do uso dos rejeitos de granito Asa Branca associado aos produtos de combustão do carvão mineral na produção de um novo material cerâmico por apresentar resultados satisfatórios quanto às suas propriedades físicas e mecânicas. O granito Asa Branca é constituído principalmente de Si, Al, Na e K que permitem que o material tenha um ponto de fusão não tão elevado, diminuindo o consumo de energia no seu processamento. Além disso, os PCC's apresentam em sua composição inúmeros elementos como Si, Ca e Al, que são adequados à fabricação de peças cerâmicas.

Observa-se que nas porcentagens em peso de PCC que variam de 10% a 20%, o material além de possuir os menores valores de porosidade entre as amostras analisadas, também apresenta os maiores valores no ensaio de microdureza Vickers, permitindo afirmar que nestes percentuais, apresenta maior resistência mecânica. Quanto ao apelo ecológico, não se pode deixar de destacar que a produção do novo material cerâmico utiliza dois resíduos antes descartados na natureza e permitem que sejam reutilizados, diminuindo consideravelmente os níveis de poluição e aumentando a economia dos recursos naturais.

Sendo assim, de forma geral, o material cerâmico desenvolvido a partir do RGAB e dos PCC's é um material que apresenta propriedades muito boas, e que em um período de tempo e mais alguns estudos para analisar outras importantes propriedades, pode ser inserido na indústria.

7. AGRADECIMENTOS

UFERSA
UFC

8. REFERÊNCIAS

- ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas, 1997. "NBR 13817 - Placas cerâmicas para revestimento – Classificação".
- Cabral, D. H. P., 2009, "Uso de rejeitos do granito rain forest para a produção de revestimentos Cerâmicos com baixa absorção de água", 75f. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Ciência de Materiais) – Curso de Pós-Graduação em Engenharia e Ciência de Materiais, Universidade Federal do Ceará, Ceará.
- Félix, P. C. G., 2001, "Estudo da Viabilidade Técnica da Moldagem por Injeção a Baixas Pressões de Pó Residual de Granito", 72f. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Ciência de Materiais) – Curso de Pós-Graduação em Engenharia e Ciência de Materiais, Universidade Federal do Ceará, Ceará.
- Kingery, W. D., et al, 1975, "Introduction to Ceramics. 2nd Edition", Wiley-Interscience.
- Moraes, M^a. C. C. de S. e B. de, 2004, "Microestrutura e Propriedades Mecânicas de Compósitos Alumina-Zircônia para Próteses Dentárias", 256f. Proposta de Tese (Doutorado em Engenharia). Curso de Doutorado em Ciências dos Materiais. Instituto Militar de Engenharia. Rio de Janeiro.
- Pinheiro, H. S, 2010, "Processamento e caracterização de peças cerâmicas obtidas a partir do resíduo do granito Asa Branca com adição dos produtos da combustão do carvão mineral", 72f. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Ciência dos Materiais) – Curso de Pós-Graduação em Engenharia e Ciência dos Materiais, Universidade Federal do Ceará, Ceará.
- Rajamannan, B., Sundaram, C, K., G. Viruthagiri, G., Shanmugam, N., 2013, "Effects of fly ash addition on the mechanical and other properties of ceramic tiles", International Journal of Latest Research in Science and Technology International Journal of Latest Research. v. 2; n.1.
- Reed, J. S, 1988, "Introduction to the principles of ceramic processing", New York: John Wiley & Sons.
- Ribeiro, M. J. P.M. Abrantes, J. C. C, 2001, "Moagem em Moinho de Bolas: Estudo de algumas Variáveis e Otimização Energética do Processo", Cerâmica Industrial. v.6; n.2.
- Sabedot, S., Sundstron, M. G., Böer, S. C, Sampaio, C. H., Dias, R. G. O., Ramos, C. G., 2011, "Caracterização e aproveitamento de cinzas da combustão de carvão mineral geradas em usinas termelétricas", In: III CONGRESSO BRASILEIRO DE CARVÃO MINERAL, Gramado. Rio Grande do Sul: UFRGS.
- Vidal, F. W. H., Bessa, M. F., Lima, M. A. B., 1999, "Avaliação de rochas ornamentais do Ceará através de suas características tecnológicas", CETEM/MCT, Série Tecnologia Mineral. v. 74.

9. RESPONSABILIDADE AUTURAL

**MECHANICAL BEHAVIOR OF CERAMICS PRODUCED WITH ASA
BRANCA GRANITE WASTE AND ADDITION OF COMBUSTION
PRODUCTS OF MINERAL COAL**

First Author's Name, e-mail¹

Second Author's Name, e-mail¹

Third Author's Name, e-mail¹

Forth Author's Name, e-mail¹

Fifth Author's Name, e-mail²

Sixth Author's Name, e-mail²

¹Institution and address for first author

²Institution and address for second and third author

Abstract. *The appearance of new materials from the combination of waste is, currently, subject of numerous researches. Reused materials in addition of presenting itself as a new raw material resource, contributing to the minimization of the natural resource utilization, most of them, non-renewables, cooperate to the environment preservation, once the material that would be thrown in the nature, acquire a new use. An illustrative example related to this fact is the use of Asa Branca granite waste (RGAB) as a ceramic coating. The Combustion Products of Mineral Coal (PCC's) are obtained through the burning of mineral coal in thermoelectric power plants and its recycling can decrease the worries about its contact to the environment because of the presence of sulfur and other harmful elements. This paper goal is assessing the mechanical behavior of ceramic specimens produced from the coalescence of RGAB's and PCC's by physical and mechanical characterization, porosity analysis and microhardness tests. The specimens have weight percentages of addition of Mineral Coal Combustion Products in RGAB varying from 0%w to 30%w. The possible results for these test are remarkable mechanical properties related to the great relevance of the recycling of solid waste and the consequent decreasing of environment impact that they cause.*

Keywords: *ceramics, reutilization, waste, mineral coal, mechanical properties.*

Os autores são os únicos responsáveis pelo conteúdo deste trabalho.