

AGENTES ABRASIVOS PARA POLIMENTO DE PORCELANATO

R. N. E. Vidigal¹ (IC) *, C. R. Calado²(PQ), I. P. Pinheiro¹(PQ).

(1) Departamento de Engenharia de Materiais e (2) Departamento de Química,
Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais – CEFET-MG, Avenida
Amazonas, 5253. Belo Horizonte MG. E-mail: rafinhavidigal@hotmail.com

RESUMO

O resíduo gerado no processo de polimento dos materiais cerâmicos é um desafio para as empresas do ramo, ao conciliar a proteção ambiental com os gastos para descarte. O estudo do reaproveitamento desse material no ciclo produtivo torna-se uma alternativa interessante para solucionar o problema industrial. A substituição do agente abrasivo é uma possibilidade de se evitar a presença do carbeto de silício no resíduo e, portanto possibilitando a incorporação direta do resíduo no processo de produção do porcelanato, uma vez que o mesmo não apresentará carbeto que gera trincas na peça. O objetivo deste trabalho é estudar novas alternativas de agentes abrasivos. Para comprovar a eficiência do polimento gerado pelas novas ferramentas, foram realizados testes de simulação da etapa de polimento. O estudo é baseado no tratamento computacional da imagem gerada por micrografia óptica. A partir deste, será possível constatar os melhores abrasivos para polimento do material cerâmico.

Palavras-chave: Polimento, agente abrasivo, reaproveitamento, materiais cerâmicos.

INTRODUÇÃO

Para a produção do porcelanato polido, o mais comercializado dentre os tipos de porcelanato existentes no mercado, é necessário uma etapa de polimento que tem como objetivo retirar os riscos e defeitos e dar brilho a superfície do produto final. No entanto, essa etapa de processamento gera uma quantidade elevada de resíduo, que além de aumentar os custos de produção, pois é necessário gerenciar e descartar adequadamente esse rejeito gera um problema ambiental⁽¹⁾. Há uma crescente necessidade de se buscar alternativas de reciclagem e/ou reaproveitamento desses materiais, motivado principalmente pela eliminação dos resíduos, redução dos custos de produção e preservação dos recursos naturais.

Na empresa pesquisada, o material abrasivo utilizado durante o polimento é composto por partículas de carbeto de silício aglomerados por cimento de base magnesiânica, composto principalmente por óxido de magnésio e cloreto de magnésio⁽²⁾.

O resíduo do polimento do porcelanato é formado por uma mistura do material cerâmico da peça e do material abrasivo do polidor, ambos desprendidos durante o procedimento de desgaste. O que evidencia que o resíduo é constituído basicamente por material cerâmico e assim, possui alto potencial como matéria-prima cerâmica alternativa.

A princípio, o resíduo não poderia ser reutilizado diretamente no processo de produção do porcelanato, pois, de acordo com a literatura^(2,3), a partir de 1.000°C o carbeto de silício decompõe-se em óxido de silício e gás carbônico, que ao ser liberado provoca a formação de trincas e deformação na peça.

O objetivo deste trabalho é estudar o polidor utilizado na etapa de polimento do porcelanato e o resíduo gerado neste processo através de análises químicas, visando verificar a viabilidade da substituição do carbeto de silício como agente abrasivo. A substituição do carbeto de silício por outro abrasivo irá facilitar o reaproveitamento do resíduo gerado no processo de polimento para a produção de porcelanato. Como forma de comprovar a eficiência do polimento gerado pelos novos agentes abrasivos, foram realizados testes que simulam esta etapa e o grau de polimento será avaliado por meio de um tratamento computacional das imagens geradas pela técnica de micrografia óptica.

MATERIAIS E MÉTODOS

Amostras do resíduo do processo de polimento e do polidor foram coletadas no setor de polimento das peças de porcelanato da empresa de revestimentos cerâmicos pesquisada.

O polidor e o resíduo foram caracterizados pelas técnicas de difração de raios X e fluorescência de raios X, estas análises foram realizadas no Laboratório de Análises de Engenharia de Materiais, do CEFET-MG. Após esta etapa, foi realizada a secagem do material, usou-se uma estufa a aproximadamente 115 °C durante uma hora para secá-lo.

A próxima etapa do trabalho foi substituir o carvão de silício da massa polidora por outro agente abrasivo. A escolha deste material teve como principal diretriz a sua dureza, que deverá ser semelhante ou superior à do carvão de silício, de forma que o processo de polimento não perca em qualidade. Nesta etapa do trabalho foram testados como agentes abrasivos: trípoli (óxido de silício) – Am2, óxido de cromo – Am3, óxido de alumínio azul – Am4, Luminox – Am5, sílica *fume* – Am6, carvão de silício – Am7 e óxido cério – Am8. Os corpos de prova identificados como Am0 e Am1 são respectivamente o porcelanato sem o polimento e o de referência, que é o porcelanato polido na empresa.

A avaliação do grau de polimento das amostras foi realizada por meio da avaliação do histograma contagem de bordas das imagens obtidas pela técnica de microscopia óptica com aumento de 10X, empregando o programa MATLAB versão 2012. Foram avaliados filtros adaptativos de limiarização binária, filtros de detecção de borda e de região. Os filtros de borda testados foram os operadores de Sobel e Canny. O filtro de região testado foi a técnica watershed. Os desempenhos das diferentes estratégias foram quantitativamente comparados em termos de contraste e da relação Sinal-Ruído (SNR).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1 são apresentadas a composição química do porcelanato, do polidor usado no processo de polimento e do resíduo gerado no polimento de porcelanato.

Tab. 1. Composição química (% em massa) do porcelanato, polidor e resíduo.

Amostra	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	MgO	MnO	ZrO_2	K_2O	Cl
Porcelanato	68,18	25,44	1,03	1,53	-	0,03	0,40	2,30	-
Polidor	22,83	-	4,93	2,31	44,71	1,71	-	0,18	22,84
Resíduo	66,12	18,60	0,50	2,29	3,81	0,11	1,27	3,40	-

É importante ressaltar que o teor de óxido de ferro varia de acordo com a coloração avermelhada da massa cerâmica.

De acordo com os dados contidos na Tab. 1, pode-se observar que o resíduo apresenta elevada quantidade de sílica, alumina e óxido de magnésio e baixa quantidade de óxidos fundentes. Comparando os valores obtidos da composição química do porcelanato e abrasivo com a do resíduo, foi possível verificar que a alumina tem como provável origem o porcelanato, o óxido de magnésio está associado à base magnesia presente no polidor e a sílica é oriunda do porcelanato e do abrasivo advindo do polidor. Dessa forma, pode-se afirmar que o resíduo é composto pela própria massa do porcelanato e pelo resíduo gerado pelo polidor, ambos na etapa de polimento^(4 e 6). Esta semelhança química possibilita a incorporação ou o reaproveitamento, mesmo que teórica, do resíduo gerado no processo de produção do porcelanato.

Na figura 1 está ilustrado o difratograma da torta ou do resíduo obtido pelo polimento do porcelanato.

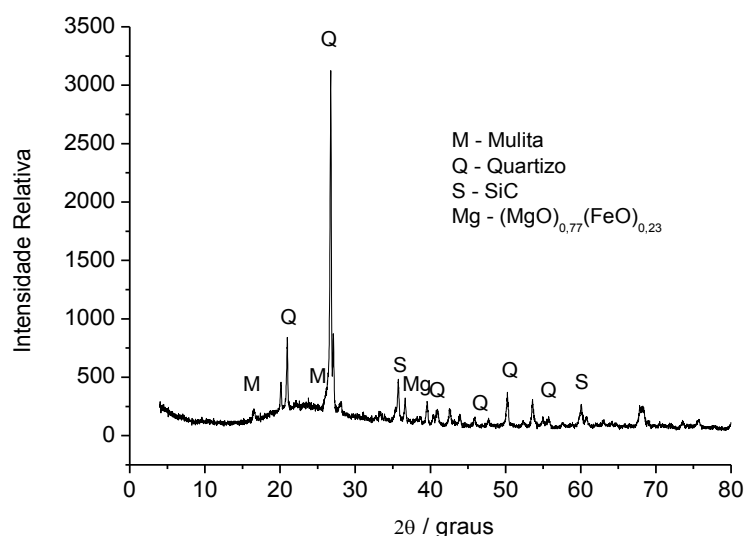


Fig. 1: Difratograma da torta (resíduo do polimento de porcelanato)

A análise da figura 1 revela que a linha base pronunciada na amostra, em ângulos baixos, se deve a quantidade de material insuficiente para cobrir totalmente a superfície da lâmina de vidro exposta à radiação.

Analizando o difratograma acima, observa-se que o resíduo é formado por uma fase vítrea (amorfa), evidenciada pela existência de um alargamento na linha base entre os ângulos 15° e 35° em 2Θ , e fases cristalinas que foram identificadas como sendo a mulita, quartzo, carbetto de silício e uma mistura entre os óxidos de magnésio e ferro. O porcelanato é um material constituído por grande quantidade de fase vítrea, esta fase advém dos fundentes utilizado em sua produção como do rápido ciclo de queima, e fases cristalinas que podem ser detectadas por meio da técnica de difração de raios X. A fase vítrea conterá os óxidos fundentes presentes no porcelanato (Fe_2O_3 , Na_2O e K_2O) que em geral se concentram na fase vítrea após o processamento, o que justifica a presença de fundentes no resíduo ^(2,7).

Como o resíduo apresenta as mesmas fases do porcelanato, fase vítrea e fundentes, ele poderá ser usado como matéria prima na produção do porcelanato. Confirmando então o potencial de utilização do resíduo na própria formulação de porcelanatos.

Para a avaliação do grau e homogenidade do polimento do porcelanato foram obtidas imagens pela técnica de microscopia óptica no Laboratórios de Materiais, Departamento de Química do CEFET-MG.

Para o polimento de corpos de prova de dimensão 40x40mm, foi desenvolvida e construída uma politriz para trabalhos em pequena escala que simula a etapa de polimento do porcelanato. As condições experimentais empregadas neste trabalho foram: pressão aplicada de 0,7 MPa, rotação de polimento 1.400rpm, tempo de polimento sete minutos e diâmetro da área de polimento de 22mm.

Os abrasivos empregados foram dispersos em uma massa com a consistência de uma pasta no teor de 14% em peso. Esta massa foi desenvolvida exclusivamente para este trabalho e tem como objetivo aumentar a lubricidade da cabeça de polimento, reduzindo a formação de trincas, fraturas e rugosidade; bem como para auxiliar na refrigeração da peça durante o processo de polimento.

A avaliação do grau de polimento das amostras foi realizada por meio da avaliação do histograma, contagem de bordas das imagens obtidas pela técnica de microscopia óptica com aumento de 10X, empregando o programa MATLAB versão 2012. A curva do histograma forneceu o grau de polimento das amostras, onde o

mesmo foi associado ao valor máximo da curva obtida e a homogeneidade do polimento obtido. Os agentes abrasivos selecionados para análise dos histogramas foram: trípoli (óxido de silício) – Am2, óxido de cromo – Am3, ,óxido de alumínio azul – Am4, Luminox – Am5, sílica *fume* – Am6, carbetto de silício – Am7 e óxido cério – Am8. As Fig.1 e 2 mostram as imagens das superfícies polidas, obtidas por microscopia óptica por um aumento de 10X, seguidas do histograma, este procedimento foi realizado como forma de permitir a comparação da topografia da superfície de cada peça após a etapa de polimento, imagens (c), (d), (e), (f), (g), (h), (i) e a peça sem polimento foi identificada com a letra (a) e a polida de fábrica com a letra (b).

Ao analisar as imagens das figuras 1 e 2 é possível perceber que todos os abrasivos usados poliram a superfície da porcelanato.

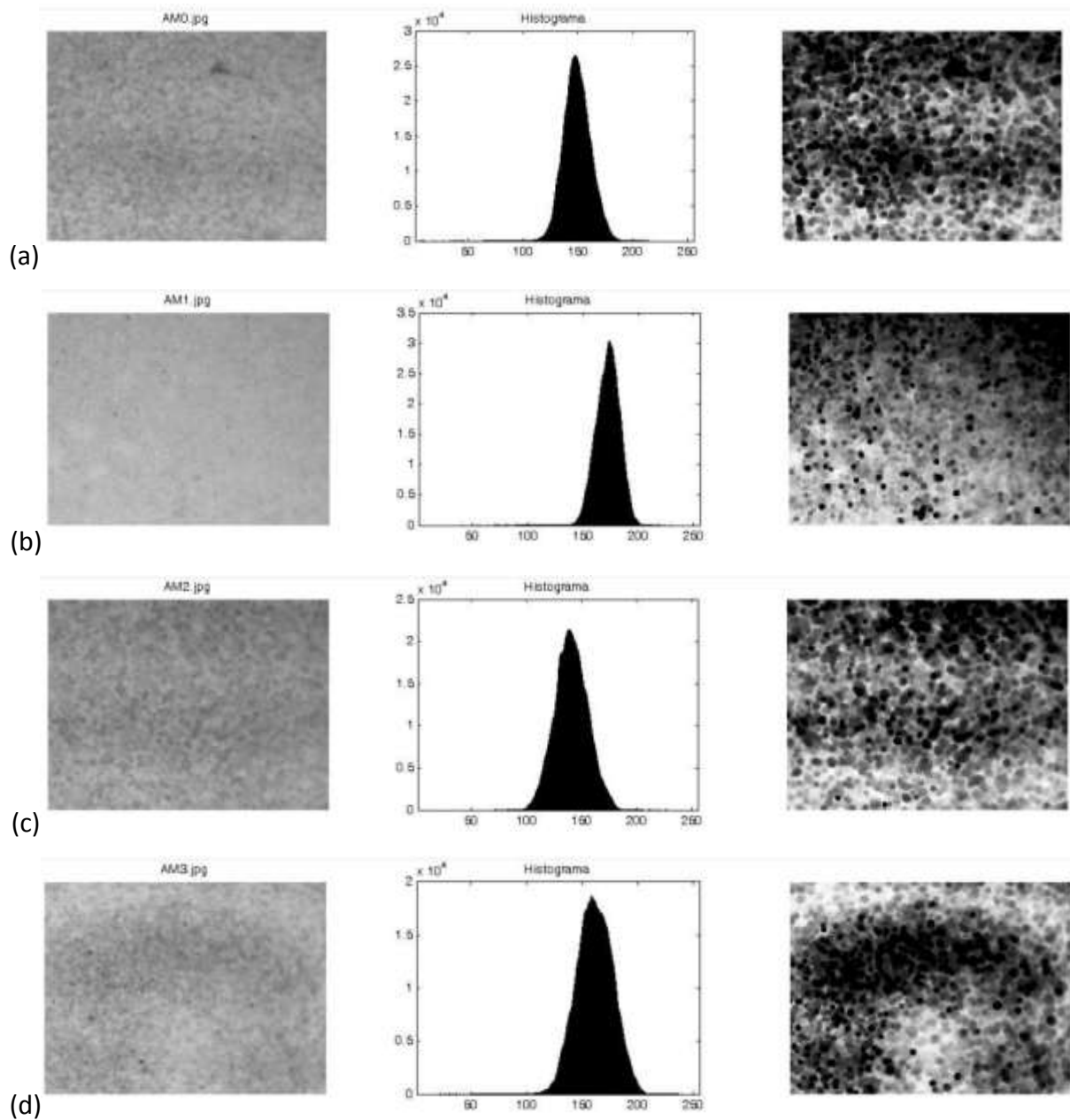


Fig. 1 - Imagens e histogramas das superfícies polidas, obtidas através da microscopia óptica: (a) superfície sem polimento. (b) polimento de fábrica, (c) tripoli, (d) óxido de cromo. Aumento de 10X.

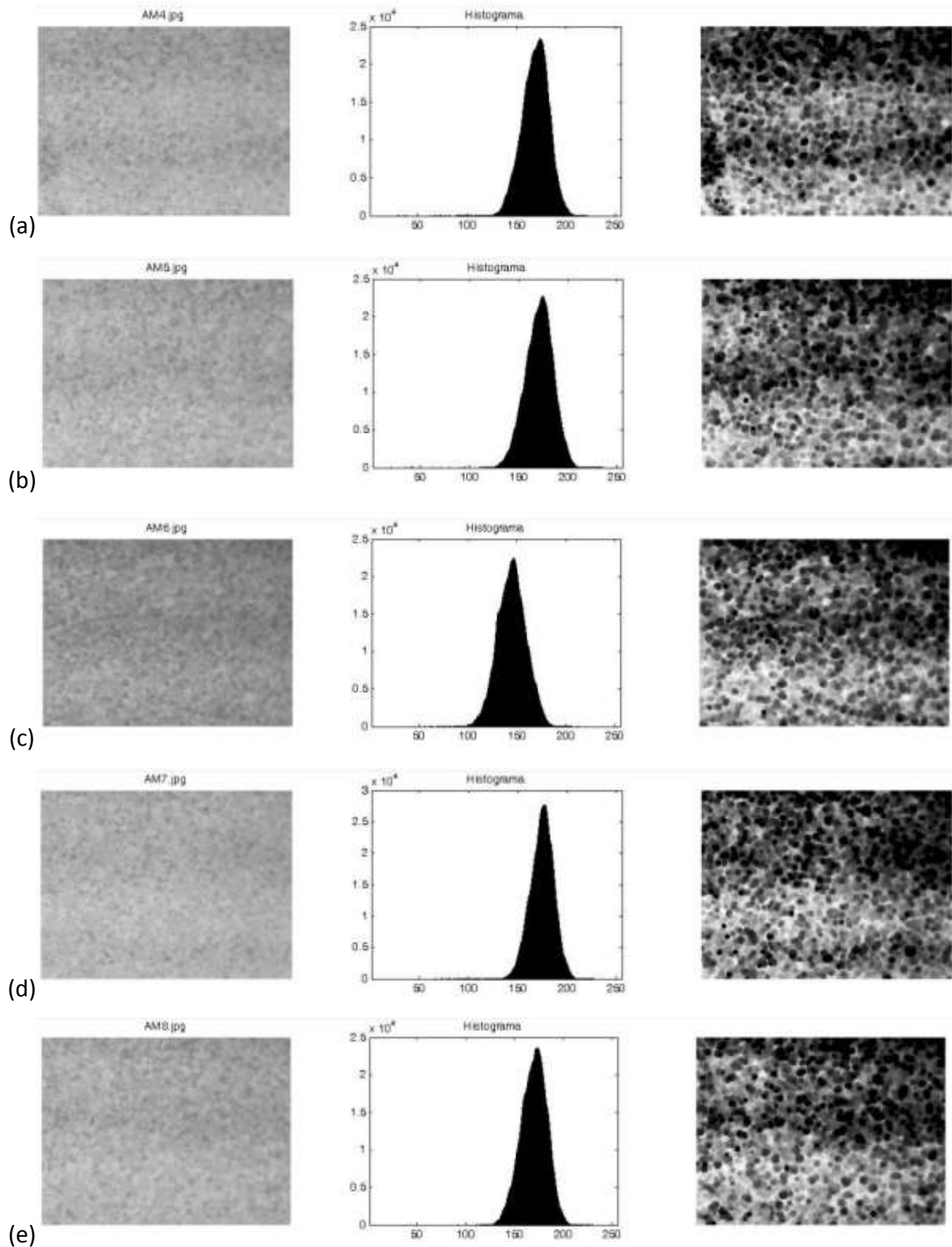


Fig. 2 - Imagens e histogramas das superfícies polidas, obtidas através da microscopia ótica. (a) óxido de alumínio branco (LUMINOX) (b) sílica *fume* (c) carbeto de silício, (d) óxido de cério e (e) óxido de cério. Aumento de 10X.

O valor do deslocamento máximo observado nos histogramas das as fig. 1 e 2 apresentam-se na Tab. 2.

Tab. 2: Deslocamento máximo observado nas curvas dos histogramas para cada corpo de prova polido.

Corpo de prova	Deslocamento / u.a	Corpo de prova	Deslocamento / u.a
Am0	147	Am5	175
Am1	174	Am6	146
Am2	138	Am7	178
Am3	159	Am8	173
Am4	174	-	-

Ao analisar a tabela 2, dos abrasivos testados o que apresentou o melhor grau e homogeneidade de polimento foi o carbetto de silício, sendo que o pico máximo obtido pelo histograma foi observado em 178 u.a.. O segundo abrasivo que apresentou o melhor desempenho, de acordo com a curva do histograma, foi o Luminos, com 175 u.a, seguido pelo óxido de alumínio azul, com 174 u.a., e por último o óxido de cério com 173 u.a. A representação gráfica de todas as curvas de histograma obtidas para os corpos de prova, pode ser observada na figura 3, sendo assim possível uma melhor avaliação do grau de desempenho.

Quando se compara o desempenho do polimento obtido pela politriz de bancada, usando uma massa específica para este trabalho, as amostras polidas com os abrasivos que apresentaram melhor desempenho são semelhante à amostra polida (Am1) dentro da respectiva empresa. O algoritmo atual, usado no tratamento das imagens de microscopia óptica, ainda não consegue determinar qual das imagens obtidas apresenta a melhor homogeneidade de polimento. O melhor abrasivo será aquele que apresentar os maiores grau e homogeneidade de polimento.

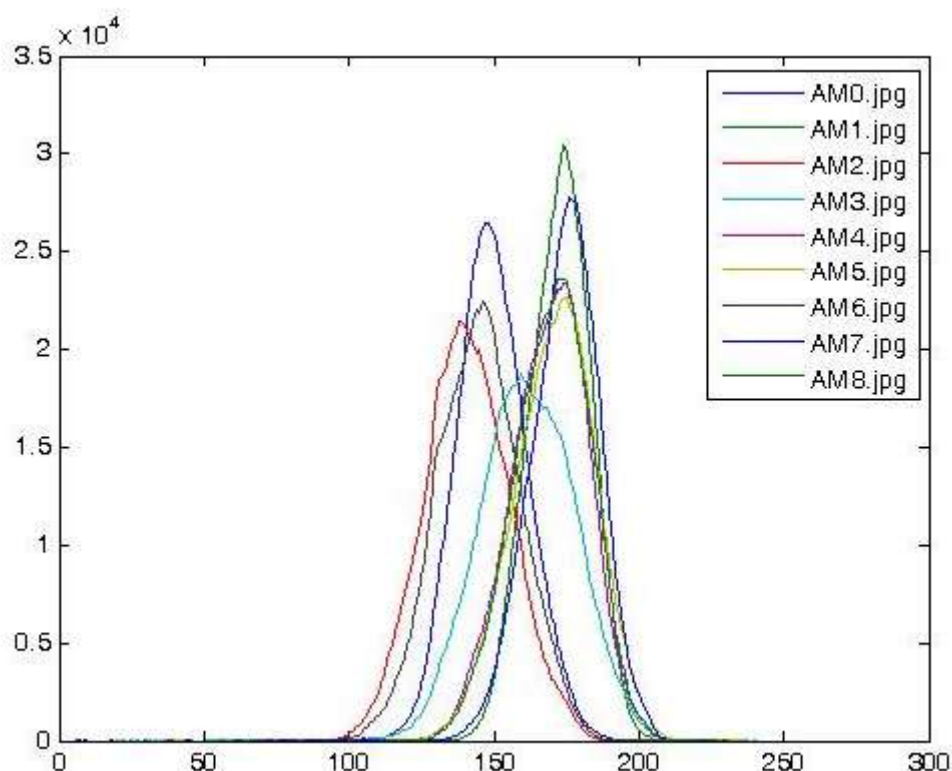


Fig.3 – Representação de todos os histogramas obtidos para os respectivos corpos de prova.

A análise da figura 3 mostra que existem dois grupos de abrasivos com desempenho distinto, o de melhor desempenho formado pelos carbeto de silício, o Luminos, óxido de alumínio azul e o óxido de cério, um abrasivo que apresentou desempenho intermediário, o óxido de cromo, e os abrasivos de piores desempenho o Trípoli e sílica *fume*.

CONCLUSÕES

O resíduo é constituído predominantemente por sílica, alumina e óxido de magnésio, sendo a sílica o principal constituinte ocupa em torno de 65% de massa. Por apresentar composição semelhante ao porcelanato é confirmado, então, o potencial de utilização do resíduo na própria formulação de porcelanatos. Entretanto, o uso direto do resíduo na formulação de porcelanato é desaconselhado, pois tratamento térmico recebido pela peça em torno de 1.000°C degrada o carbeto de silício havendo liberação de gás carbônico, que pode gerar trincas e poros na superfície do produto. Assim a substituição do carbeto de silício como abrasivo é um

caminho alternativo para viabilizar tecnicamente a incorporação direta do resíduo à massa atomizada de porcelanato.

Por meio do tratamento das imagens obtidas pela técnica de microscopia óptica, é possível avaliar os abrasivos que apresentaram melhor grau de polimento. Nas condições experimentais descritas neste trabalho os abrasivos que apresentaram melhor desempenho foram o carbetto de silício, o Luminex, óxido de alumínio azul e o óxido de cério.

As próximas etapas do trabalho consistem na realização de novos testes com variação no tempo de polimento, velocidade de rotação da máquina e no uso de mais três tipos de abrasivos: pó de diamante, carbetto de silício verde e carbetto de silício preto.

AGRADECIMENTOS

A empresa pesquisada pelo apoio e atenção em sanar dúvidas e por ceder amostras do processo. Ao CNPq/FAPEMIG e CEFET-MG, pela bolsa concedida.

REFERÊNCIAS

1. MARQUES, L. N., et al. **Re-aproveitamento do resíduo do polimento de porcelanato para utilização em massa cerâmica**. Revista Eletrônica de Materiais e Processos. v.2, p. 34-42. 2007. ISSN 1809-8797.
2. ROSSO, J.; Cunha, E. S. Rojas-Ramírez, R. A. **Características técnicas e polimento de porcelanatos**. Cerâmica Industrial, v. 10, n. 4, p. 11-14, 2005.
3. SILVA, J. R. R. **Caracterização físico-química de massas cerâmicas e suas influências nas propriedades finais dos revestimentos cerâmicos**. 2005. 66f. Dissertação (Mestrado) – Engenharia e Ciência dos Materiais, Universidade Federal do Paraná, Curitiba.
4. SILVA, G. J. B. **Estudo do comportamento do concreto de cimento Portland produzido com adição do resíduo de polimento do porcelanato**. 2005. 107f. Dissertação (Mestrado) – Engenharia Metalúrgica e de Minas, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.
5. BIANCHI, Eduardo Carlos; AGUIAR, Paulo Roberto de; PIUBELI, Bruno Amaral (Org.). **Aplicação e utilização dos fluidos de corte nos processos de retificação**. São Paulo: Artliber, 2004. 110 p., il. ISBN 85-88098-15-6.

6. STEMMER, Caspar Erich. **Ferramentas de corte II: brocas, alargadores, ferramentas de roscar, fresas, brochas, rebolos, abrasivos**. 4. ed. Florianópolis: Ed. da UFSC, v. 2., 314 p., 2008. (Série didática). ISBN 978-85-328-0451-8 (broch.).
7. ALVES, H. J., et al. **Polimento de peças de porcelanato: avaliação da porosidade final e da resistência ao manchamento**. Cerâmica Industrial, São Paulo, v. 15, n.02, p. 23-29, mar/abr 2010.
8. SOUZA, P. A. B. F. **Estudo do comportamento plástico, mecânico, microestrutural e térmico do concreto produzido com resíduo de porcelanato**. 2007. 208 f. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Ciência e Engenharia de Materiais, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal.

ABRASIVES AGENTS FOR POLISHING OF PORCELAIN

ABSTRACT

The waste generated in the process of polishing of ceramic materials is a challenge for companies in the sector, to reconcile environmental protection with the costs for disposal. The study of the reuse of this material in the production cycle becomes an interesting alternative to solve this industrial problem. The replacement of the abrasive agent is a possibility to avoid the presence of silicon carbide and the residue therefore enabling the direct incorporation of the residue in the production of porcelain, since it does not present cracks in the carbide generating part. The objective of this work is to study new alternative abrasive agents. To prove the efficiency of polishing generated by new tools, tests were performed simulating the polishing step. The study is based on the computational treatment of the image generated by optical micrography. From this, it will be possible find the best abrasives for polishing ceramic material.

Keywords: Polishing, abrasive, reuse, ceramic materials.