



## ANÁLISE CRÍTICA DO ENSAIO DE DETERMINAÇÃO DA RESISTÊNCIA À ABRASÃO SUPERFICIAL - PEI

L.L. Dias, E. Quinteiro, A.P.M. Menegazzo, J.O.A. Paschoal, T.A. Deyuri, R.C.  
Buissa Netto, E.A.G. Machado

*Centro de Inovação Tecnológica em Cerâmica do Centro Cerâmico do Brasil  
(CITEC/CCB) - Rua Nossa Senhora do Carmo, 96 – CEP: 13510-000- Santa  
Gertrudes (S.P. ) - Fone/fax: (19) 3545 1614 – <http://www.ccb.org.br> - E-mail:  
[citec\\_ccb@terra.com.br](mailto:citec_ccb@terra.com.br)*

### RESUMO

O PEI é uma importante informação que deve ser levada em consideração na hora da especificação de um revestimento esmaltado. O objetivo deste estudo é exatamente verificar a relevância de algumas etapas específicas do procedimento de ensaio para determinação da resistência à abrasão superficial sobre o resultado da classe de abrasão. Foram feitos estudos variando-se a procedência da carga abrasiva (esferas de aço e alumina eletrofundida), os equipamentos (ensaios realizados em 4 laboratórios diferentes) e o avaliador/classificador. Os resultados mostram que uma simples padronização dos fornecedores de carga abrasiva, entre os laboratórios que realizam este ensaio da NBR 13818/1997 (Anexo D), é capaz de eliminar diferenças de classificação de estágio de abrasão para produtos de tonalidades claras. Entretanto, para produtos de tonalidade escura a padronização da carga abrasiva não é suficiente para fazer desaparecer as diferenças que ocorrem de classificação entre os laboratórios.

**Palavras-chave:** vidrados e engobes, revestimentos, aluminas calcinadas



## INTRODUÇÃO

O PEI é uma importante informação que deve ser levada em consideração na hora da especificação de um revestimento esmaltado, em função da natureza e intensidade do tráfego e possibilidade da presença de partículas abrasivas na região de uso do produto. Essa noção nem sempre é clara ao consumidor final e mesmo para a maior parte dos profissionais especificadores e vendedores. Muitas vezes ambos consideram, equivocadamente, a classe PEI como a única característica técnica relevante para especificação de uma placa cerâmica esmaltada, deixando de atender para outros fatores tais como as solicitações químicas e solicitações de cargas estáticas no ambiente de assentamento, a ocorrência de agentes manchantes, situações onde haja maior risco de escorregamento, entre outros. Este cenário atual que atribui relevância excessiva à classe PEI em detrimento a outras características, igualmente importantes na especificação, contribui para acentuar as discussões em torno da metodologia deste ensaio.

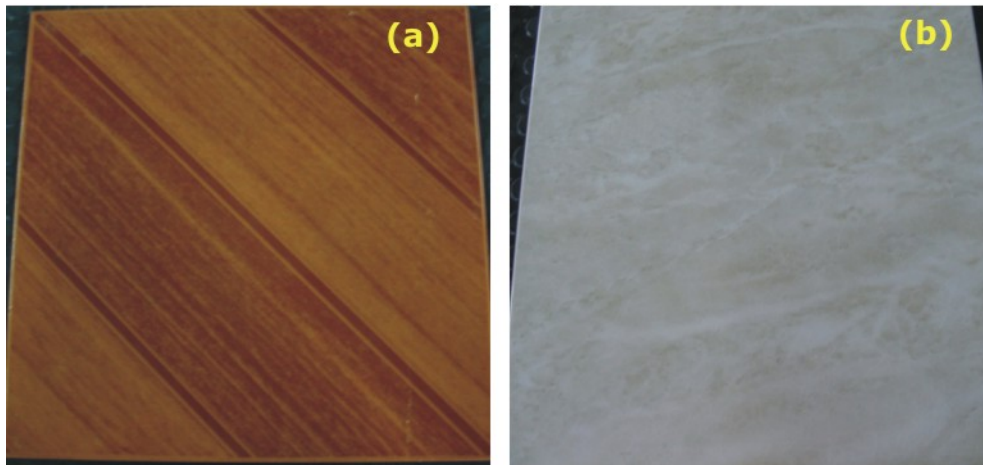
É amplamente difundido entre os ceramistas o conhecimento de que a resistência à abrasão superficial, conforme descrita pelo procedimento da NBR 13.818/97 (Anexo D), na verdade é uma medida puramente da alteração de aspecto superficial, uma vez que não inclui uma medida quantitativa de perda de massa no produto, como é o caso, por exemplo, do ensaio de determinação da resistência à abrasão profunda para placas cerâmicas não esmaltadas. E a classificação final segundo as 6 classes de abrasão superficial (de PEI 0 até PEI 5) é realizada através de um procedimento de análise visual, o que implica em uma parcela de subjetividade, tornando este ensaio ainda mais passível de questionamentos quanto aos resultados finais obtidos.

O objetivo deste artigo é exatamente verificar a influência de algumas etapas específicas do procedimento de ensaio para determinação da resistência à abrasão superficial sobre o resultado da classe de abrasão.

Os resultados aqui apresentados são parte integrante dos estudos desenvolvidos pelo CITEC, com apoio das empresas participantes do Comitê Técnico do CCB e dos laboratórios acreditados pela CGCRE/INMETRO de acordo com a NBR ISO/IEC 17025 para a realização de ensaios conforme norma NBR 13818/1997.

## MATERIAIS E MÉTODOS

Dois produtos esmaltados foram escolhidos para realização dos estudos. O primeiro deles, denominado Amostra 1 (Figura 1a) tem superfície brilhante, predominantemente de tonalidade marrom e com aspecto de madeira. O outro, denominado Amostra 2 (Figura 1b) tem superfície esmaltada brilhante contendo esmalte de protetiva, predominantemente em tons pastéis claros e com aspecto marmorizado. A prática laboratorial tem mostrado que produtos claros normalmente enquadram-se em uma classe PEI destinadas a áreas de tráfego mais intenso, comparativamente a produtos similares, mas de tonalidade escura.



**Figura 1** - Produtos utilizados no estudo **(a)** Amostra 1 e **(b)** Amostra 2.

Os produtos escolhidos (Amostras 1 e 2) foram ensaiados quanto a determinação da resistência à abrasão superficial segundo a NBR 13818/1997 (Anexo D) em quatro laboratórios (denominados L1, L2, L3 e L4) sendo os resultados comparados entre si. Deve-se salientar que diferenças de classificação não deveriam ocorrer para um mesmo produto, uma vez que os laboratórios seguem procedimentos similares e têm abrasímetro, carga abrasiva (Óxido de Alumínio branco fundido e esferas de aço) e aparato de avaliação visual especificados e calibrados segundo descrições contidas na norma.

A metodologia do trabalho priorizou a análise da influência de diferentes etapas no procedimento de ensaio, medindo como resposta a classe PEI resultante. As etapas analisadas foram:



1) A composição da carga abrasiva. As possíveis variações na carga abrasiva podem ter origem principalmente na composição química e mineralógica do Óxido de Alumínio branco fundido e das esferas de aço, além das diferentes distribuições de tamanhos destes materiais que possam ocorrer dentro dos desvios especificados pela norma.

Na Tabela 1 são apresentadas esferas de aço (E1 e E2) com diferentes características químico-minerológicas e físicas. É importante ressaltar que a norma não remete a uma especificação para o material de constituição das esferas, apenas se referindo, genericamente, que elas devam ser de aço. As esferas de aço E1 ou E2 são utilizadas na composição da carga abrasiva pelos laboratórios de ensaio que participaram deste estudo.

**Tabela 1** - Esferas de aço inox utilizadas nos experimentos.

Esfera	Tipo de aço	Composição química	Dureza (HD)
E1	AISI 304 Austenítico	18% Cr, máx. 0,08% C, 8% Ni	máx. 180
E2	Série 400 Martensítico	14% Cr, 0,25% C, máx. 0,75% Ni	máx. 230

O Óxido de Alumínio branco fundido (Alumina eletrofundida), utilizados no dia-a-dia pelos laboratórios de ensaio (LAB1, LAB2, LAB3 e LAB1), também são procedente de diferentes fornecedores, sendo materiais que, apesar de enquadrarem-se dentro das especificações para compor a carga abrasiva segundo a NBR 13818/1997 (Anexo D), apresentam características diferenciadas (comparação entre AL1 e AL2 na Tabela 2).

Neste trabalho, denominou-se carga abrasiva padronizada àquela composta por Alumina AL2 (Tabela 2) e esferas de aço E2 (Tabela 1).

2) O avaliador. Os corpos abrasionados neste estudo, além de avaliados nos próprios laboratórios onde foram realizados os ensaios (avaliadores diferentes), foram também reenviados ao CITEC/CCB para realização de avaliação em um mesmo aparato de análise visual e por um mesmo avaliador.

**Tabela 2** – Óxidos de Alumínio utilizados nos experimentos.

Alumina	Tipo	Composição química (% em massa de óxidos)				Distribuição granulométrica retida em malha (%)				
		Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	Na <sub>2</sub> O	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	#50	#70	#80	#80+ #100	#120
AL1	Eletrofundida #80	99,5	0,04	0,33	0,08	máx. 0	máx. 0	mín. 40	mín. 65	máx. 3
AL2	Eletrofundida #80	99,4	0,09	0,38	0,06	0	19,8	50	73	3,6

3) O abrasímetro. Tendo-se, mesmo dentre os quatro laboratórios onde foram realizados os ensaios, equipamentos de diferentes fabricantes e com diferentes números de caçapas para ensaios simultâneos, foi possível analisar a influência do equipamento uma vez utilizada a carga abrasiva padronizada e o mesmo avaliador.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados, mostrados na Figura 2a e 2b para as amostras 1 e 2, respectivamente, apontam grandes variações possíveis de classificação de estágio de abrasão entre os diferentes laboratórios.

A amostra 2 (Figura 2b), de tonalidade clara, resultou em classificações que variam desde PEI (6000 ciclos) até PEI 5 (> 12000 ciclos). Entretanto, uma vez que foi padronizada a carga abrasiva entre os laboratórios, estas variações de classificação para a Amostra 2 foram eliminadas.

Já a Amostra 1 (Figura 2a), de tonalidade escura, resultou em uma variação ainda maior na classificação quando cargas abrasivas com esferas e Alumina eletrofundida de diferentes fornecedores foram utilizadas, mesmo estando todos estes materiais dentro do especificado pela NBR 13818/1997 (Anexo D). Esta variação foi desde PEI 1 (150 ciclos) no LAB3 até PEI 4 (2100 ciclos) no LAB1. A Figura 3 mostra os corpos abrasionados no LAB1 e LAB3. Uma vez utilizada a carga abrasiva padronizada por todos os laboratórios (Figura 2a), as diferenças de classificação para a Amostra 2 apresentaram-se ainda bastante significativas, variando desde PEI 0 (100 ciclos) até PEI 3 (750 ciclos).

Pode-se observar para a Amostra 2 (Figura 2d) que a simples padronização

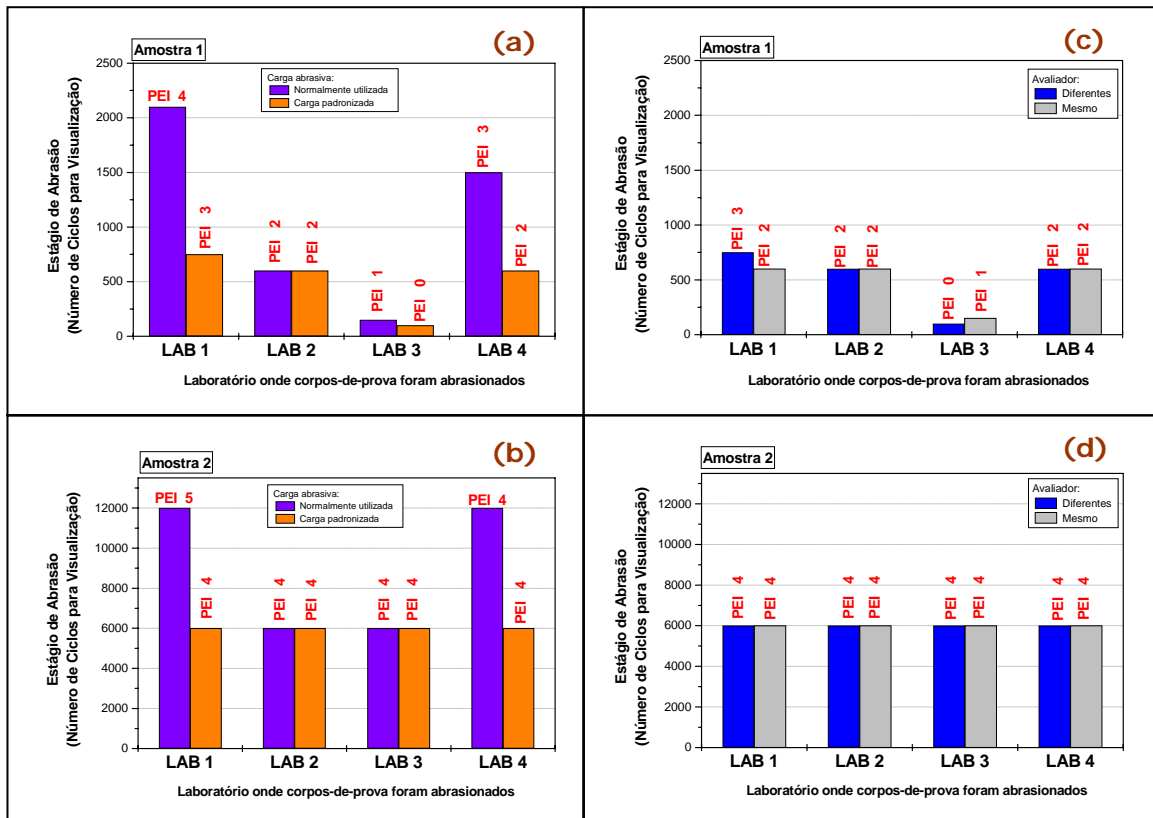


da carga abrasiva resulta nas mesma classificação de estágio de abrasão pelos diferentes laboratórios, independentemente do avaliador ser o mesmo ou não.

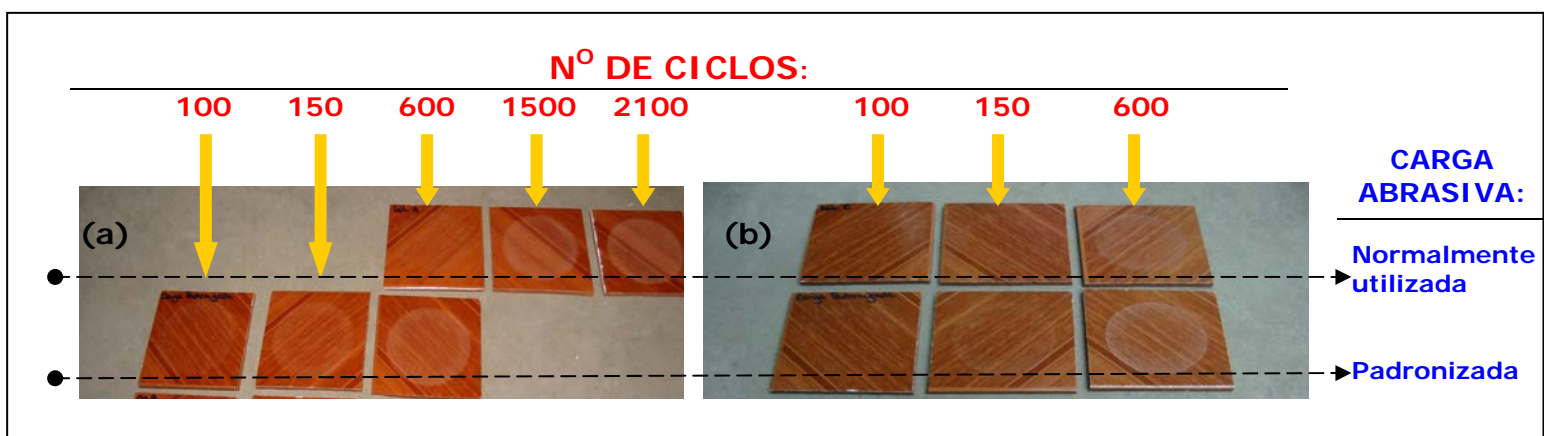
Entretanto, o mesmo comportamento não é observado para a Amostra 1 (Figura 2c). A simples utilização de uma carga abrasiva similar pelos laboratórios não é suficiente para igualar a classificação obtida para o estágio de abrasão, como ocorre no produto de superfície clara, embora já seja suficiente para gerar uma redução das diferenças de classificação. No caso do produto de tonalidade escura, eliminando-se a subjetividade inerente ao critério de avaliação visual, através da fixação de um mesmo avaliador para os ensaios realizados em diferentes laboratórios, pode-se observar que os corpos-de-prova ensaiados nos abrasímetros dos laboratórios LAB1, LAB2 e LAB4, resultaram em classe PEI 2 (750 ciclos). Somente o ensaio realizado no LAB3 resultou em PEI 1 (150 ciclos).

A Figura 4 mostra que para ambos os produtos utilizados neste estudo, de tonalidade escura e clara, os resultados de classe de abrasão praticamente se igualam quando é fixada a carga de abrasão e o avaliador, independente do equipamento utilizado. Apenas o ensaio com a Amostra 1 no laboratório LAB3 resultou em uma classe de abrasão inferior àquela obtidas nos outros laboratórios. Isto indica que há, provavelmente, uma diferença no equipamento utilizado neste laboratório em relação aos outros três equipamentos utilizados neste estudo.

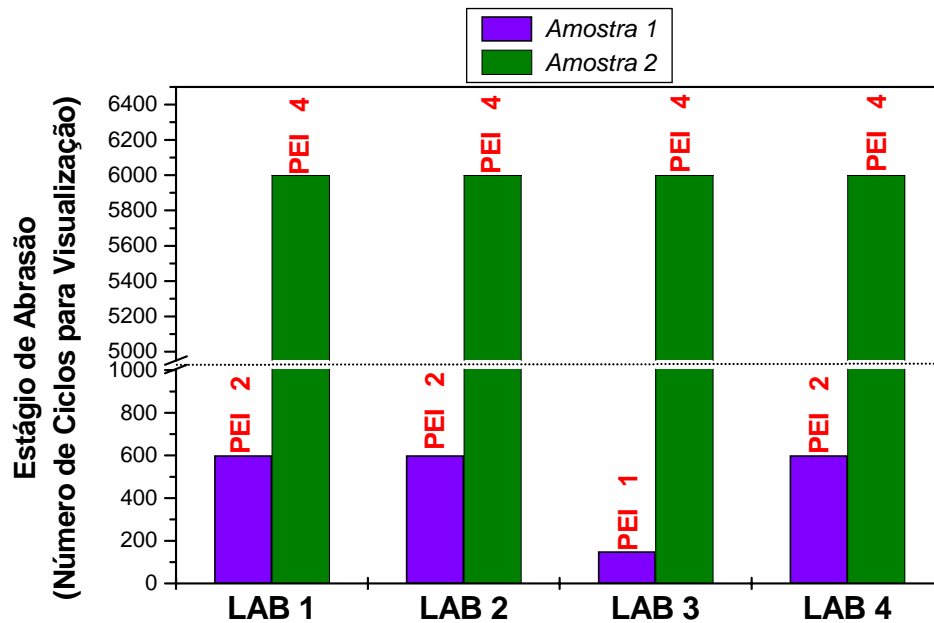




**Figura 2** – Estágio (em ciclos) e classe de abrasão (PEI) avaliados em 4 diferentes laboratórios. **(a)** e **(b)** comparação entre cargas abrasiva própria e padronizada (avaliadores diferentes) para *Amostra 1* e *2*, respectivamente; **(c)** e **(d)** avaliadores diferentes e mesmo avaliador (carga abrasiva padronizada), para *Amostra 1* e *2*, respectivamente.



**Figura 3** – Amostra 1, de tonalidade escura, ensaiada no laboratório: **(a)** LAB1 e **(b)** LAB 3.



**Figura 4** – Amostras 1 e 2, ensaiadas em diferentes abrasímetros PEI, utilizando-se a mesma carga abrasiva e classificadas quanto ao estágio de abrasão pelo mesmo avaliador.

## CONCLUSÕES

- Amostras claras apresentam menos variação nos resultados que as amostras escuras.
- As variáveis que mais interferem nos resultados são: avaliador e composição da carga abrasiva.
- Quando as cargas são padronizadas há uma equiparação de resultados para as amostras claras. Para as amostras escuras ainda ocorre uma grande variação nos resultados.
- Ainda quando padronizamos a carga, há uma diminuição de classe de abrasão para todas as amostras escuras.





- Quando a variável equipamento é fixada, observa-se que sua influência é pequena nos resultados para ambas as amostras testadas.

- Quando o observador é fixado conjuntamente com uma carga padronizada, há uma quase equiparação de resultados para as amostras escuras ensaiadas em diferentes equipamentos.

Os resultados indicam a necessidade de padronização das especificações e dos fornecedores das esferas de aço e da Alumina eletrofundida, bem como encontrar alternativas para diminuir as diferenças devido à avaliação visual.

Para minimizar estas discrepâncias de resultados entre os laboratórios acreditados pelo CGCRE/INMETRO, o CITEC/CCB, coordenador do Programa de Proficiência de Placas Cerâmicas para Revestimento, já propôs ao CTLE (Comissão Técnica de Laboratórios de Ensaio em Construção Civil) a inclusão do ensaio de PEI no Programa Interlaboratorial realizado anualmente.

## **AGRADECIMENTOS**

Os autores agradecem à FAPESP (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo), à FINEP (Financiadora de Estudos e Projetos do Ministério da Ciência e Tecnologia) e ao CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico), pelo apoio e recursos financeiros para realização deste estudo.

Especial agradecimento aos demais laboratórios brasileiros acreditados pela CGCRE/INMETRO (SENAI MARIO AMATO – São Bernardo do Campo/SP, CTCMat – Criciúma/SC, CCDM – São Carlos/SP), de acordo com a NBR ISO/IEC 17025 para a realização de ensaios da norma NBR 13818/1997 que participaram deste trabalho.



## DETERMINATION OF THE RESISTANCE OF SUPERFICIAL ABRASION (PEI): A CRITICAL EVALUATION OF THE TEST FOR GLAZED CERAMIC TILES

### ABSTRACT

*The PEI is an important information that must be considered when a glazed ceramic tile is specified. The objective of this study is verify the relevance of some specific stages of the procedure for determination of the resistance to the surface abrasion on the result of classification of abrasion. Studies had been made varying the origin of the abrasive load (stell balls and white fused aluminium oxid), the equipment (tests realized in 4 different laboratories) and the observer. The results show that a simple standardization of the abrasive load suppliers, among the laboratories that realized this kind of the test based on NBR 13818/1997 (Annex D), are able to eliminate differences of classification of abrasion stage for clear products. However, for dark products the standardization of the abrasive load is not enough to disappear the differences that occur in the classification among the laboratories.*

Key-words: glazed tiles, PEI, test standardization