

Resíduo de Cerâmica Vermelha (RCV): Uma Alternativa como Material Pozolânico

**Eduardo Garcia^{a*}, Marsis Cabral Junior^a, Valdecir Ângelo Quarcioni^b,
Fabiano Ferreira Chotoli^b**

^aSeção de Recursos Minerais e Tecnologia Cerâmica - CT-Obras – SRM, Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo – IPT, São Paulo, SP, Brasil

^bLaboratório de Materiais de Construção Civil - CT-Obras – LMCC, Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo – IPT, Av. Prof. Almeida Prado, 532,

Cidade Universitária, São Paulo, SP, Brasil

**e-mail: edugarcia@ipt.br*

Resumo: Este trabalho focalizou as propriedades pozolânicas de resíduos de cerâmica vermelha (RCV), suas relações com a composição das matérias-primas utilizadas nas indústrias (massas cerâmicas) e a temperatura de queima, com vistas ao aproveitamento dos RCV como produto cimentício. A reatividade pozolânica obtida pelo Ensaio Chapelle e a composição química de amostras representativas do polo cerâmico paulista de Panorama mostraram resultados promissores para o aproveitamento desses resíduos como adição mineral em cimentos e concretos. Constatou-se que o RCV poderá constituir uma nova fonte de material pozolânico para a indústria do cimento, que apresenta demanda emergente por adições minerais que agreguem, além de benefícios técnicos nos seus produtos, maior sustentabilidade à sua cadeia produtiva.

Palavras-chave: *resíduo, cerâmica vermelha, pozolana, cimento.*

1. Introdução

A incorporação de adições minerais na produção de cimentos ou concretos com o objetivo de melhorar o desempenho e a durabilidade desses materiais tem aumentado significativamente nos últimos anos, sendo que fatores econômicos e ambientais exercem um papel importante nesse crescimento. Além de vantagens com a diminuição de custos, as adições minerais conferem maior sustentabilidade na cadeia produtiva do cimento, pois possibilitam a reciclagem de subprodutos ou resíduos industriais, reduz as emissões perigosas lançadas na atmosfera durante a sua fabricação, bem como minimiza o gasto de energia e, por vezes, o consumo de recursos naturais não renováveis.

As adições minerais correspondem, basicamente, a materiais silicosos finamente cominuídos, que uma vez adicionados ao cimento e ao concreto, interagem química e fisicamente com os produtos da hidratação do clínquer ou do cimento, modificando a microestrutura do material. O efeito químico está associado à capacidade de reação da adição mineral com o hidróxido de cálcio $[\text{Ca}(\text{OH})_2]$, gerado durante a hidratação do cimento, para formar silicato de cálcio hidratado (C-S-H) adicional. A reação entre a adição mineral e o $\text{Ca}(\text{OH})_2$ é denominada reação pozolânica.

Uma das mais comuns adições minerais e que vem ganhando espaço no mercado brasileiro corresponde à argila calcinada, especialmente de composição caulínica (metacaulinita). Nesse contexto, um material com propriedades potencialmente similares e ainda não aproveitado como pozolana no país refere-se aos resíduos da cerâmica vermelha.

As indústrias de cerâmica vermelha queimam seus produtos, usualmente na faixa de temperatura entre 700°C a 900°C. Nesse intervalo de queima, os processos de sinterização são incipientes, com alguma geração de fase vítrea e sem praticamente a formação de novas fases minerais. Em termos de transformações químicas, ocorre, em especial, a desidroxilação e amorfismo dos argilominerais, o que deve conferir a esses materiais cerâmicos, quando devidamente cominuídos, reatividade química de natureza pozolânica.

Buscando-se aprofundar o conhecimento sobre as propriedades cimentícias dos resíduos da indústria de cerâmica vermelha (RCV) e contribuir para agregar valor a esses materiais, este trabalho avaliou as propriedades pozolânicas de quatro amostras de RCV coletadas no polo cerâmico de Panorama (SP) e suas relações com as composições das matérias-primas utilizadas nas indústrias (massas cerâmicas), e com a temperatura de queima.

2. Materias e Método

O estudo envolveu a caracterização de dois tipos de materiais: o RCV, constituído essencialmente por produtos cerâmicos defeituosos ou quebrados (cacos) durante a fabricação; e suas respectivas matérias-primas argilosas (massas cerâmicas), a partir das quais resultaram os resíduos avaliados.

Foi efetuado um conjunto de determinações laboratoriais que visaram, basicamente, caracterizar a composição química e mineralógica desses materiais e a reatividade pozolânica do RCV. A seguir são descritos de forma sucinta os procedimentos e instrumentos adotados:

- **Preparação das amostras:** a massa cerâmica foi seca em estufa e moída até totalmente passante na peneira #200 mesh (75µm). Os cacos cerâmicos foram submetidos a dois processos distintos de moagem: primeiramente até moagem de todo o material passante em peneira #20 mesh (0,8mm) em britador de mandíbula; em seguida uma alíquota de 10 kg obtida após homogeneização e quarteamo, foi cominuída em moinho de bola até passante na peneira #200 mesh (75µm). A avaliação do grau de moagem foi realizada por meio de retirada de alíquotas e peneiramento a seco, com uso de trincha para facilitar o peneiramento. Adotou-se teor de retido menor que 3% como satisfatório, considerando-se como 100% passante na respectiva peneira #200 mesh.
- **Determinação mineralógica por Difração de raios-X (DRX)** – efetuado com equipamento Rigaku Windmax

1000 operando com radiação CuK α (40kV/30mA), calibração com fendas 1° divergente e 1° espalhamento, passo 0,02° 2 θ de 8° a 70°, sendo aplicado o software Panalytical X'Pert HighScore Plus v. 2.2 para análise e interpretação de dados. Também foi realizada contraprova em equipamento da Panalytical, X'Pert³ Powder com o software X'Pert HighScore Plus v.4.0. Para realização do refinamento pelo método de Rietveld, as estruturas cristalinas utilizadas foram obtidas no banco de dados do COD (Crystallography Open Database).

- **Análise química de elementos maiores** - realizada por fluorescência de raios-X (FRX) no equipamento Panalytical Minipal Cement fazendo-se uso do fundente comercial Maxxiflux à base de tetraborato de lítio e metaborato de lítio e calibração por Curva Omnian e também por caracterização química via úmida clássica.
- **Microscopia Eletrônica por Varredura (MEV)** - imagens foram obtidas utilizando-se elétrons secundários e elétrons retro-espalhados. Nos espectros obtidos com o espectrômetro por dispersão de energia de raios-X (EDS) a quantificação de todos os elementos presentes foi feita na condição "Standardless". Equipamento empregado marca FEI, modelo QUANTA 3D FEG, com Espectrômetro por Dispersão de Energia de Raios-X (EDS), EDAX.
- **Ensaio Chapelle** – utilizado para a determinação da potencial pozolânico dos materiais, foi realizado de acordo com a norma ABNT NBR 15895:2012¹, por meio de banho-maria com agitação, tipo Dubnoff, durante 16 horas a 90°C \pm 5°C. Este ensaio fornece a reatividade em função do teor de cálcio fixado pelo material.

3. Polo Cerâmico de Panorama: Características Estruturais, Geração de RCV e Coletas Realizadas

A aglomeração industrial selecionada para o desenvolvimento dos estudos corresponde ao polo de cerâmica vermelha de Panorama (Figura 1). Localizado na região oeste do Estado de São Paulo, essa aglomeração produtiva abrange além de Panorama e Paulicéia, onde se concentra o parque fabril, outros municípios circundantes como Presidente Epitácio, Ouro Verde, Teodoro Sampaio e Regente Feijó*.

O número de empreendimentos é muito significativo, contando com mais de 100 unidades cerâmicas (micro e pequenas empresas). A produção anual do APL é da ordem de 720 milhões de peças, em sua maioria constituída de blocos de vedação, seguidos por lajotas e telhas, o que deve corresponder a cerca de 1,7 milhão de toneladas de cerâmica queimada.

Estima-se que as perdas em produtos acabados situam-se na faixa de 3 a 5%, valores similares à média do padrão tido para as empresas no país, representando um descarte de cacos cerâmicos entre 50 e 85 mil toneladas por ano no APL. A Tabela 1 apresenta as informações de produção cerâmica e geração de resíduos (cacos) da indústria de cerâmica vermelha no Polo de Panorama, contextualizada em estimativas para o Estado de São Paulo e Brasil.

* O Estado de São Paulo abriga o maior parque industrial do setor no país, que se concentra em cerca de 10 aglomerações produtivas, parte delas reconhecida pelas instâncias governamentais como arranjos produtivos locais - APLs de Itu, Tatuí, Tambaú, Vargem Grande do Sul e Panorama (conhecido também como APL de cerâmica vermelha do Oeste Paulista).

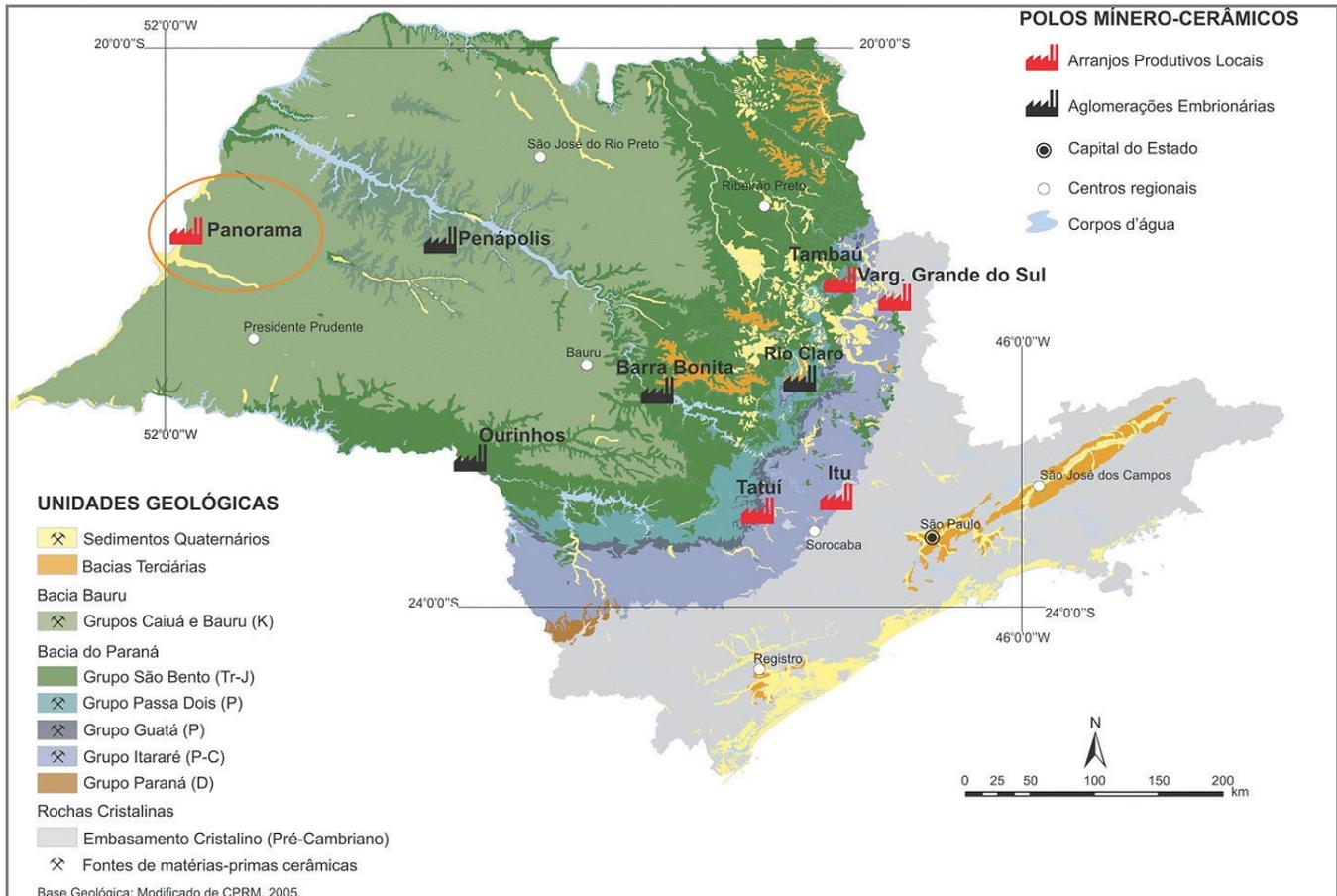


Figura 1. Principais polos cerâmicos no Estado de São Paulo: em destaque o Polo de Panorama. Fonte: Modificado de Cabral Junior et al.².

Tabela 1. Estimativas de produção e geração de RCV na indústria de cerâmica vermelha.

	PRODUÇÃO CERÂMICA		GERAÇÃO DE RCV
	Peças	Toneladas	
BRASIL*	65 bilhões	130 milhões t	3,9 a 6,5 milhões t
ESTADO DE SÃO PAULO*	13 bilhões	26 milhões t	0,780 a 1,3 milhões t
Polo de Panorama	720 milhões	1,7 milhão t	50 a 80 mil t
Obs.: perdas estimadas – 3 a 5%			

*Fonte: estimativas baseadas em informações da Anicer³ sobre a produção cerâmica brasileira em número de peças.

A amostragem de RCV foi realizada em quatro cerâmicas representativas do parque industrial do APL (Tabela 2). Em cada unidade fabril foram coletados cerca de 80 kg de RCV e uma amostra da massa cerâmica de aproximadamente 40 kg. Os resíduos cerâmicos foram coletados nos locais de descartes, em áreas dentro dos pátios das fábricas. As massas foram obtidas na linha de produção das cerâmicas, logo após a passagem pelo misturador e antes da adição de óleo combustível (procedimento por vezes empregado para facilitar a conformação das peças) e carvão moído (insumo empregado em algumas cerâmicas para melhoria da queima das peças).

As fontes geológicas de matérias-primas na região correspondem a depósitos sedimentares quaternários associados ao preenchimento do vale do rio Paraná e de seus principais afluentes, rios do Peixe e Aguapeí⁴.

Quanto ao suprimento de matérias-primas para as cerâmicas, as jazidas de argilas tradicionalmente lavradas na região foram alagadas pelo enchimento do reservatório de Porto Primavera (UHE Eng. Sérgio Motta), em meados da década de 1990. Desde então, o abastecimento de matérias-primas minerais foi feito por meio de estoques edificados anteriormente à formação do lago. Nos últimos cinco anos entraram em operação novas minas, sendo que atualmente o APL conta com quatro jazidas em exploração.

As argilas lavradas anteriormente ao preenchimento do reservatório da UHE Eng. Sérgio Motta ocorriam associadas aos baixos da planície aluvial, muitas vezes às margens do rio Paraná. O posicionamento baixo desses depósitos (cotas inferiores a 255 m de altitude) tornou-os vulneráveis à inundação, sendo que grande parte dessas jazidas foi afetado pelo lago. Os depósitos de argila atualmente em lavra estão inseridos em terraços aluvionares alçados, compondo patamares nivelados em torno da cota 270 m, os quais correspondem a antigas planícies de inundação que se formaram em níveis de base superiores aos atuais.

A preparação das matérias-primas para o consumo nas cerâmicas é feita predominantemente de forma empírica e rudimentar. Com auxílio de pá carregadeira, a composição das massas é realizada nos pátios das fábricas, envolvendo, basicamente, a mistura de dois tipos de argila: uma argila “gorda” plástica, combinada com menores proporções de argilas “magras”, mais quartzosas, que atuam como desplastificante, facilitando a conformação e secagem das peças.

4. Resultados e Discussão

Pelo ensaio Chapelle, verificou-se que as quatro amostras de RCV apresentaram alta reatividade, o que permite classificá-las como materiais pozolânicos (Tabela 3)**.

A média dos valores de reatividade das quatro amostras de RCV é de 612 mg de Ca(OH)₂/grama de amostra, superando em 40% o

** O ensaio Chapelle baseia-se na fixação ou reação química do Ca (OH)₂ com o material analisado. De acordo com a norma NBR 15895:2012¹, para o material ser considerado com característica pozolânica o valor mínimo de fixação de Ca (OH)₂/grama de amostra é de 436 mg, o que corresponde ao valor indicativo mínimo de 330 mg de CaO/grama de amostra estabelecido em estudo de Raverdy et al.⁵.

valor mínimo recomendado, sugerindo que os resíduos cerâmicos possuem alto potencial de serem utilizados como adição mineral em substituição ao cimento Portland comum.

Os resultados de DRX (Figura 2) das massas cerâmicas indicam que os constituintes preponderantes correspondem aos minerais caulinita, mica e quartzo, com participações acessórias de outras fases, como gibsita e rutilo/anatásio (Tabela 4). Também foi possível identificar nas quatro amostras a existência de expressivo halo de amorfismo.

Observa-se relativa similaridade composicional das massas cerâmicas. As principais diferenças correspondem a variações no conteúdo dos dois principais componentes, quartzo e a fase amorfa.

Quanto à caracterização dos cacos cerâmicos pela técnica de DRX, ficou evidenciado o desaparecimento dos picos cristalinos do argilomineral caulinita (Figura 3). Isto significa que a calcinação das peças cerâmicas foi suficiente para desestruturar este argilomineral, tornando-o apto à atividade pozolânica. No entanto, a permanência dos picos das micas (provavelmente ilita) deve estar relacionada às temperaturas de queima praticadas nas cerâmicas, que promoveram a desidroxilação da caulinita e não foram suficientes para a desestruturação do conteúdo micáceo.

Considerando-se a transformação praticamente total da caulinita, já que não apresenta sinal de cristalinidade pelo DRX, têm-se um acréscimo em torno de 7 a 9% de material amorfo ao já existente na matéria-prima *in natura* (antes da queima), gerando, conseqüentemente, quantidades acima de 60% de material reativo nos resíduos cerâmicos.

Na comparação entre os resultados de reatividade pozolânica dos resíduos das quatro cerâmicas, bem como com as composições químicas e mineralógicas das respectivas massas amostradas, há limitações que devem ser consideradas, como, por exemplo, a falta de homogeneidade na preparação das massas, o que faz com que as amostras das matérias-primas coletadas não correspondam exatamente à mesma alíquota que produziu o resíduo cerâmico. Outro fator limitante refere-se às deficiências no controle dos fornos, com diferenças de ciclos e patamares de queima dentro de uma mesma cerâmica.

Para eliminar os desvios amostrais, efetuou-se nas matérias-primas de duas cerâmicas (Modelo e Corte) uma queima controlada em forno mufla. Esse ensaio experimental envolveu queimas sucessivas entre as temperaturas de 400°C e 950°C, mantendo-se por duas horas as amostras nos patamares selecionados e com resfriamento natural. A caracterização da atividade pozolânica por meio do ensaio Chapelle das amostras queimadas em intervalos de 50°C permitiu a elaboração de uma curva de reatividade em função da temperatura de queima (Figura 4).

Verificou-se que o máximo de reatividade pozolânica em ambas as amostras ocorre na faixa de queima entre 500°C e 750°C. Temperaturas acima de 750°C indicam tendência de perda significativa de reatividade, provavelmente em função do início de recristalização das fases amorfas alumino-silicosas.

A diferença da curva de reatividade entre as cerâmicas está relacionada aos seus conteúdos de componentes reativos (amorfo)

Tabela 2. Perfil produtivo das cerâmicas visitadas.

Fabricantes	Gradiente Usual de Temperatura de Queima*	Principais Produtos	Produção* Mensal - toneladas -	Índice de Perdas Mensal*	
				%	toneladas
Cerâmica Corte	550 °C a 850 °C	bloco de vedação	1.400	2	28
Cerâmica S. Domingos	560 °C a 860 °C	lajota	2.000	4 a 5	80-100
Cerâmica Modelo	640 °C a 830°C	telha, bloco estrutural e lajota	1.050	5 a 6	52,5
Cerâmica Costa	600°C a 900°C	bloco de vedação, canaleta	2.000	5	100

*Obs.: informações fornecidas pelas empresas visitadas; as temperaturas de queima correspondem aos patamares atingidos na base e no topo das câmaras dos fornos intermitentes das cerâmicas.

Tabela 3. Resultados do ensaio Chappelle para as amostras de RCV.

Cerâmica	Atividade Pozolânica mg de Ca(OH) ₂ /g de amostra	% em Relação ao Valor Mínimo de 436 mg Ca(OH) ₂
Modelo	646	148
São Domingos	626	144
Costa	604	139
Corte	572	132

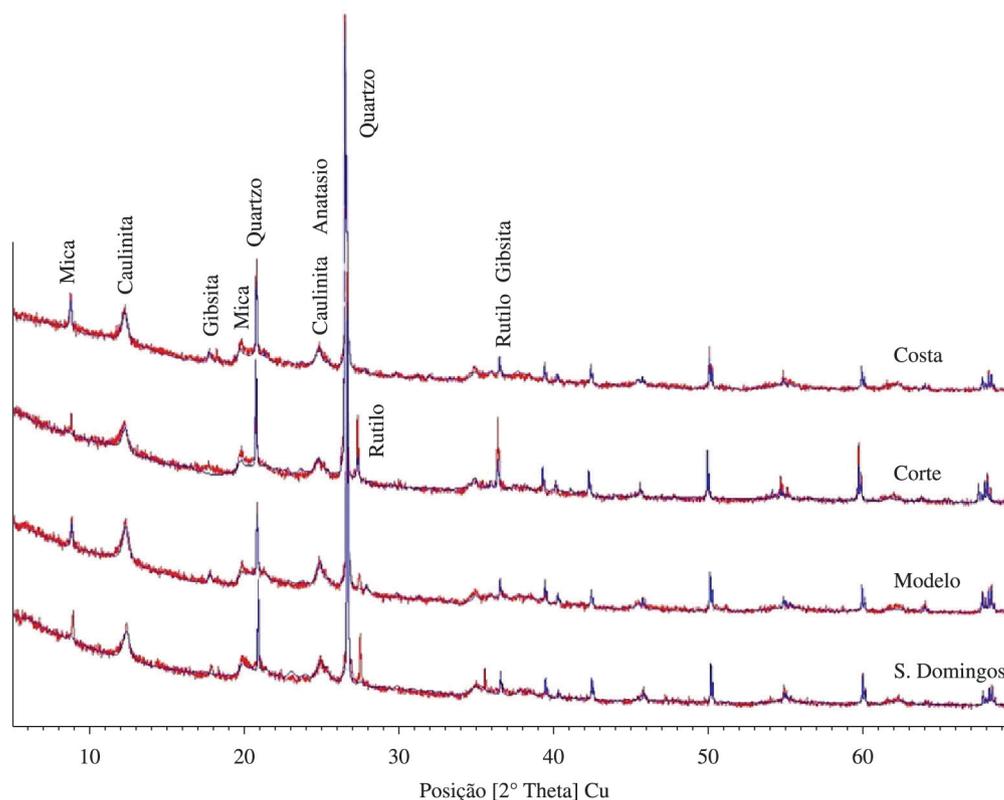


Figura 2. Difratograma de raios X das massas cerâmicas.

Tabela 4. Fases minerais identificadas nos materiais *in natura* (massas cerâmicas) por DRX e quantificação por Rietveld.

Minerais Identificados %	Modelo	Cerâmicas		Corte
		São Domingos	Costa	
Caulinita	9,3	7,4	9,0	7,8
Mica (Ilita)	9,0	10,8	7,8	9,0
Quartzo	23,8	26,9	19,7	33,9
Gibsita	-	0,8	0,7	-
Anatásio	0,7	0,5	0,4	-
Amorfos	57,3	53,6	62,4	49,3

e caulinita) e proporcionalmente inversa ao teor de quartzo (ver Tabela 4).

Outra importante observação a ser destacada refere-se à reatividade das massas cerâmicas queimadas em temperaturas inferiores a 500°C, que apresentam valores acima do patamar mínimo de referência do ensaio Chapelle para materiais pozolânicos. Esses resultados são compatíveis com o elevado conteúdo da fase amorfa identificado pelo DRX.

A Figura 5 ilustram micrografias obtidas por microscopia eletrônica de varredura (MEV), de argilas *in natura* e materiais calcinados (cacos cerâmicos).

As duas primeiras micrografias (A e B) correspondem a amostras de massa cerâmica, nas quais se verifica a presença constante de componentes amorfizados, oriundos, possivelmente, de alteração de caulinitas detríticas. Em especial, na imagem A, observa-se a presença de fragmento de carapaça silicosa de alga diatomácea, o que deve contribuir com a reatividade pozolânica das argilas. Nas micrografias de caco cerâmico (C e D) evidencia-se o processo de calcinação, com presença de fragmento reliquiar de caulinita arqueada (C) e material silicoso vítreo (D), circundados por massa de material amorfizado.

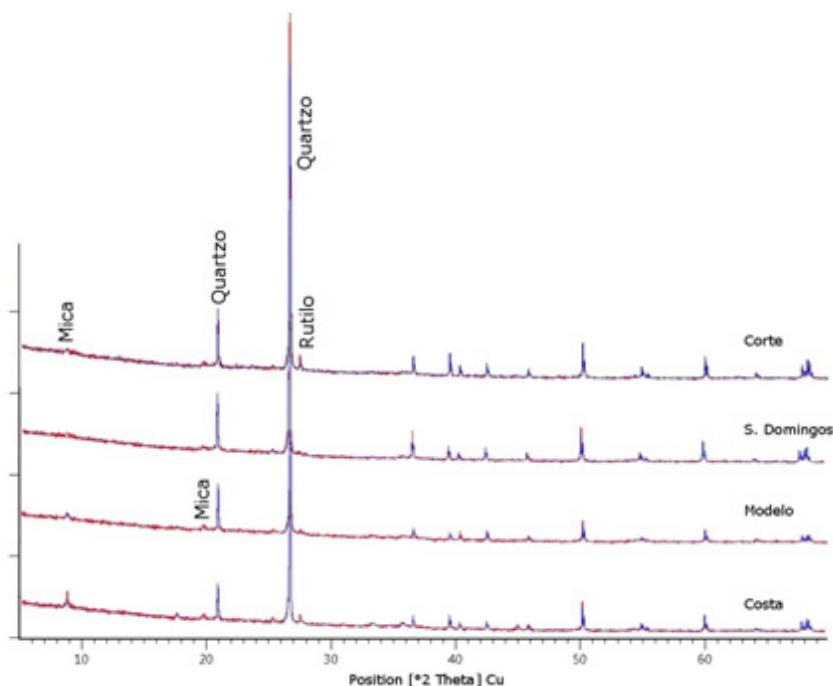


Figura 3. Difratograma de raios X das amostras de cacos cerâmicos.

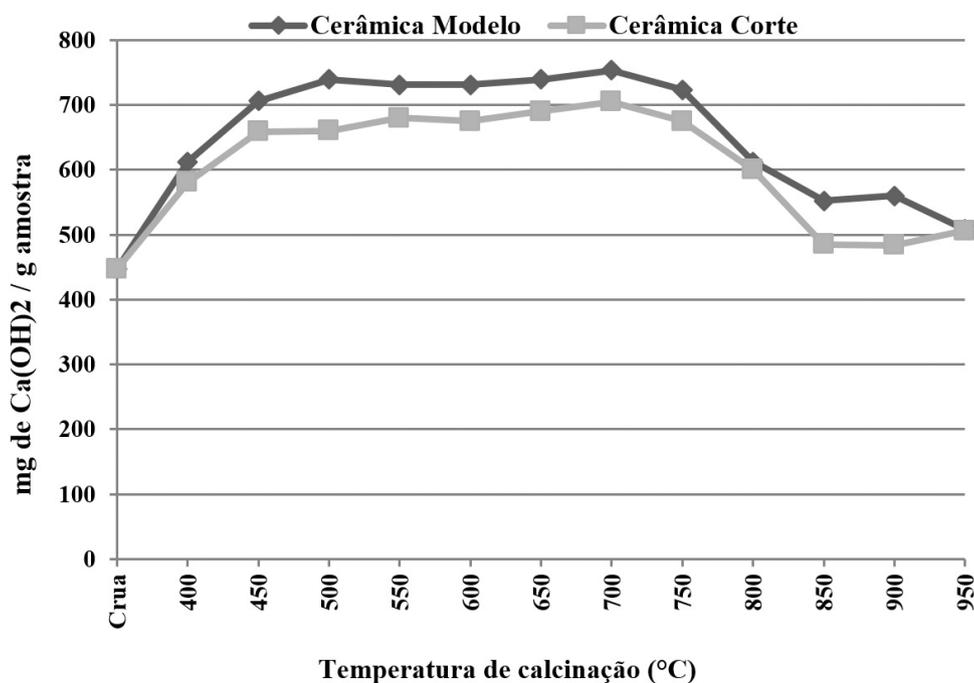


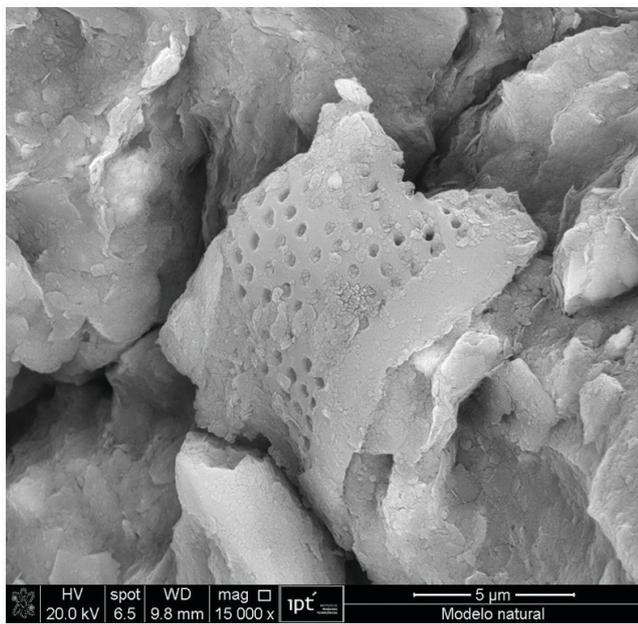
Figura 4. Curva de reatividade pozolânica em matérias-primas calcinadas em temperaturas selecionadas.

Os resultados da análise química para elementos maiores das massas cerâmicas e dos RCV estão apresentados na Tabela 5.

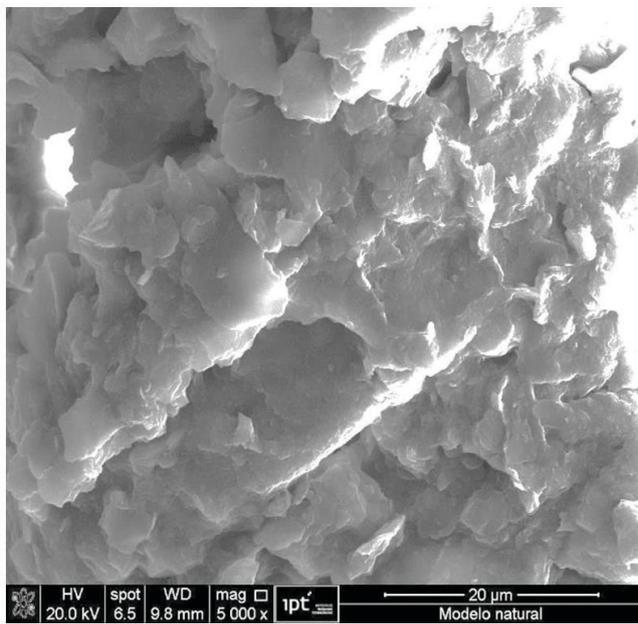
Para que um material possa ser utilizado como adição mineral pozolânica, uma determinação importante imposta pela norma NBR 12653:2012⁶, diz respeito a parâmetros químicos mínimos e máximos, respectivamente, para componentes que promovem a reatividade e deletérios.

A Tabela 6 apresenta os valores químicos dos resíduos cerâmicos para as determinações exigidas na produção do material pozolânico, com os limites estabelecidos pela NBR 12653:2012⁶.

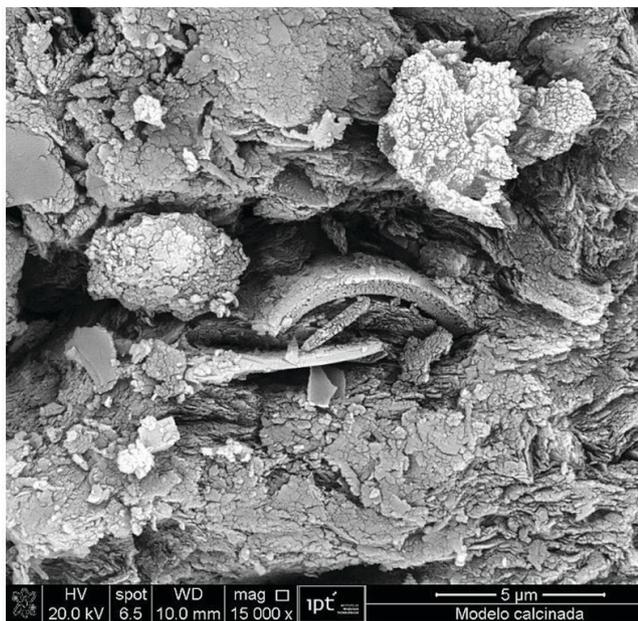
Constatou-se que os parâmetros exigidos pela norma são atendidos por todos os materiais, o que corrobora potencialmente com o uso dos resíduos cerâmicos amostrados como adição pozolânica.



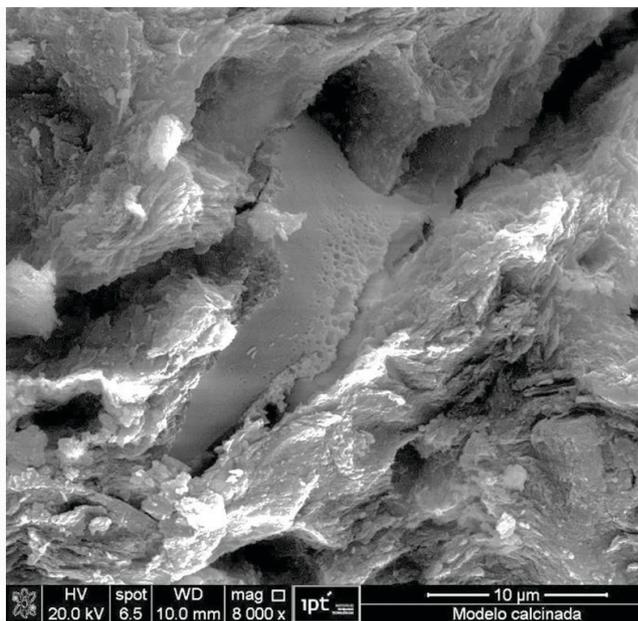
A - Massa da Cerâmica Modelo (micrografia gerada por varredura de elétrons retroespalhados): fragmento de carapaça de alga diatomácea (centro) envolto por material amorfo.



B - Massa da Cerâmica Modelo (micrografia gerada por varredura de elétrons retroespalhados): remanescentes de argilominerais detriticos, onde é possível notar a escamação e xenomorfismo, típicos de fases em processo de decomposição (amorfismo).



C - Fragmento de caco cerâmico – Cerâmica Modelo (micrografia gerada por varredura de elétrons secundários): notar resquício de placa de metacaulinita arqueada (centro), secundado por material amorpho calcinado.



D - Fragmento de caco cerâmico – Cerâmica Modelo (micrografia gerada por varredura de elétrons secundários): observar fragmento de material silicoso vítreo (centro), imerso em material amorpho calcinado.

Figura 5. Micrografias obtidas por MEV, de argilas *in natura* e materiais calcinados (cacos cerâmicos).

Tabela 5. Resultados da análise química das amostras de RCV e respectivas massas cerâmicas.

Determinações	Conteúdo em %							
	RCV				Massa			
	Modelo	Corte	Costa	S. Domingos	Modelo	Corte	Costa	S. Domingos
SiO ₂	60,4	67,1	59,6	66,4	54,9	58,8	50,2	55,7
Al ₂ O ₃	21,8	17,2	22,1	18,7	20,3	16,1	20,7	19,8
Fe ₂ O ₃	8,17	6,64	8,39	6,07	7,46	6,51	7,88	6,50
SO ₃	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
CaO	0,29	0,31	0,24	0,36	0,27	0,30	0,21	0,30
MgO	0,29	0,3	0,3	0,4	0,30	0,26	0,34	0,44
Na ₂ O	0,14	0,10	0,15	0,10	0,12	0,12	0,16	0,13
K ₂ O	1,60	1,31	1,90	1,38	1,42	1,24	1,79	1,48
TiO ₂	1,88	1,57	1,73	1,63	1,70	1,52	1,61	1,59
P ₂ O ₅	0,07	0,05	0,09	0,05	0,06	0,04	0,08	0,05
Mn ₂ O ₃	0,08	0,10	0,16	0,13	0,07	0,09	0,14	0,08
PF	2,37	2,04	1,59	2,12	11,5	11,6	13,9	12,2
Total	97,0	96,6	96,1	97,3	98,0	96,5	96,8	98,2

Tabela 6. Composições químicas das amostras de resíduos cerâmicos e valores exigidos para a produção de pozolana.

Determinações %	Limites da NBR 12653:2012 ⁶ Classe N	Modelo	Corte	Costa	S. Domingos
SiO ₂ +Al ₂ O ₃ +Fe ₂ O ₃	> 70	90,4	90,9	90,1	91,2
SO ₃	< 4	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Perda ao fogo	< 10	2,4	2,0	1,6	2,1
Álcalis disponíveis (em eq. de Na ₂ O)	< 1,5	1,00	0,82	1,10	0,85
Teor de umidade	< 3	1,0	0,6	1,1	2,1

Equivalente alcalino em Na₂O = %K₂O x 0,658 + Na₂O.

5. Conclusões

Os cacos moídos provenientes do polo cerâmico paulista de Panorama mostraram-se adequados para utilização como aditivo pozolânico em cimento Portland. As quatro amostras ensaiadas apresentaram um consumo médio de Ca(OH)₂ de 612 mg de Ca(OH)₂/g no Ensaio Chapelle, suplantando em 40 %, o valor mínimo normatizado. Validando também o potencial aproveitamento dos resíduos como adição mineral em cimentos e concretos, a composição química desses materiais se mostrou compatível com os valores de referência normatizados⁶ (NBR 12653:2012).

As matérias-primas utilizadas apresentaram similaridade composicional, contando com importante participação de fase amorfa (50 a 60%), além dos minerais quartzo, caulinita e mica (provavelmente ilita). Constatou-se que a calcinação das peças cerâmicas foi suficiente para desestruturar a caulinita, tornando-a, juntamente com os materiais amortizados *in natura*, apta à reatividade pozolânica. A permanência dos picos das micas no DRX dos cacos cerâmicos está relacionada às temperaturas de queima praticadas nas cerâmicas, que apesar de promoverem a desidroxilação da caulinita, não foram suficientes para a desestruturação do conteúdo micáceo.

A relativa homogeneidade da estrutura produtiva do APL de Panorama, em termos de similaridades quanto às fontes geológicas e composição das matérias-primas consumidas, processo industrial e, conseqüentemente, características química e mineralógica dos resíduos, potencializa o aproveitamento desses materiais. Portanto, o RCV pode vir a constituir uma nova fonte de material pozolânico

para a indústria do cimento, que apresenta demanda emergente por adições minerais que agreguem, além de benefícios técnicos nos seus produtos, maior sustentabilidade à sua cadeia produtiva.

Ressalta-se que a presença significativa de fase amorfa nas massas cerâmicas das cerâmicas da região de Panorama constitui uma característica incomum em argilas oriundas de um contexto sedimentar detrítico. A identificação de gibsita em parte das amostras sugere que o amorfismo possa estar relacionado à alteração intempérica dos argilominerais presentes, em especial da caulinita, gerando uma fase de transição amorfa entre esse argilomineral e a gibsita.

Essa constatação abre perspectivas para o aproveitamento dessas argilas sem a necessidade de calcinação, pois se tratam de pozolanas naturais. Este fato pode também respaldar investigações prospectivas de outras áreas do país em contexto geológico similar, que devem estar apoiadas em levantamentos exploratórios criteriosamente conduzidos por modelagem geológica e caracterizações laboratoriais dos materiais (mineralogia e ensaios de reatividade pozolânica).

Agradecimentos

Os autores são gratos ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq pelo apoio material e financeiro a este estudo, e ao Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo – IPT pelo suporte na elaboração desta publicação. Os agradecimentos são estendidos à Panalytical (Dr. Luciano Gobbo) que fez a contraprova dos resultados encontrados em DRX, a GRACE do Brasil (Daniel Aleixo) pelo fornecimento de aditivo de moagem, a geóloga Priscila Melo Leal Menezes (IPT) pelo auxílio na

interpretação das imagens de MEV, e ao geólogo Luiz Carlos Tanno (IPT) pela leitura criteriosa do texto final.

Referências

1. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 15895**: Materiais pozolânicos: Determinação do teor de hidróxido de cálcio fixado – Método Chapelle modificado, Rio de Janeiro, 2012; 6 p.
2. CABRAL JUNIOR, M. et al. Proposta metodológica para identificação e caracterização de fontes de suprimento de matérias-primas minerais: aplicação na indústria de cerâmica vermelha do Médio Rio Tietê - SP. **Geociências**, v. 31, p. 287-307, 2012.
3. ASSOCIAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA CERÂMICA – ANICER. **Dados do Setor**. Disponível em: <<http://www.anicer.com.br>>. Acesso em: 17 out. 2014.
4. CABRAL JUNIOR, M. et al. **Avaliação da disponibilidade de matérias-primas para o APL de cerâmica vermelha do Oeste Paulista**. São Paulo: IPT, 2007. (Relatório Técnico, n. 95749-205).
5. RAVERDY, M. et al. *Appréciation de l'activité puozzolanique des constituants secondaries*. In: Congrès international de la chimie des ciments,, 7., 1980, Paris. **Anais...** Paris. 1980. v. III, IV.
6. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 12653**: Materiais pozolânicos: requisitos. Rio de Janeiro, 2012. 5p.