



## II CONPESQ Congresso de Pesquisa, Pós-Graduação e Inovação

Os novos rumos da ciência pós-pandemia

12 a 16 de abril de 2021 Universidade Federal do Cariri - UFCA

# CARACTERIZAÇÃO FÍSICA DOS RESÍDUOS DE ISOLADORES DE PORCELANA ELÉTRICA COMO AGREGADO GRAÚDO RECICLADO EM CONCRETO

**Rafaela Amanda Rodrigues dos Santos<sup>1</sup>**

Graduanda em Engenharia de Materiais  
Centro de Ciências e Tecnologia, Universidade Federal do Cariri  
rafaela.amandarodrigues@gmail.com

**Magno de Lima Silva<sup>2</sup>**

Graduando em Engenharia de Materiais  
Centro de Ciências e Tecnologia, Universidade Federal do Cariri  
magnolima9@gmail.com

**Thalia Delmondes de Souza<sup>3</sup>**

Universidade Federal de São Carlos  
thaliadelmondes29@gmail.com

**Francisca Maria Martins Pereira<sup>4</sup>**

Doutora em Química  
Centro de ciências e tecnologia, Universidade Federal do Cariri  
Francisca.martins@ufca.edu.br

**RESUMO:** A busca por materiais alternativos capazes de substituir componentes do concreto tem alavancado pesquisas em diversas áreas, principalmente no que se refere à reciclagem de resíduos. A utilização de materiais como substitutos de agregados convencionais, principalmente em concretos, é prática recorrente nas últimas décadas no Brasil. Neste contexto, a utilização de resíduos de isoladores elétricos de porcelana vem sendo estudada como uma possibilidade eficaz de agregar valor após perderem suas funções e serem descartados. Os IPE, por possuírem semelhanças nas características químicas, quando comparados aos agregados comuns, são passíveis de serem utilizados em substituição e até como adição pozolânica ao cimento Portland. Desta forma, tendo em vista a importância de se utilizar materiais reciclados que estão dispostos na natureza de forma indiscriminada, sem um destino sustentável, e como forma alternativa de reuso desses resíduos, o presente trabalho tem como objetivo analisar fisicamente as características dos resíduos de isoladores de porcelanas elétricas para possível utilização como componente em concreto convencional. As amostras de IPE foram britados e posteriormente realizados os ensaios de caracterização física, com o intuito de avaliar e comparar com

1 Bolsista PIBITI/UFCA no programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica e Tecnológica.

2 Voluntário PIBITI/UFCA no programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica e Tecnológica.

3 Mestranda em Ciências e Engenharia de Materiais, Departamento de Engenharia de Materiais-UFSCar.

4 Professora orientadora.

a brita convencional, levando em consideração tamanho de partícula e número de vazios na massa compactada. Pôde-se verificar que os IPE podem ser reutilizados como componente no concreto convencional na proporção de 15% em massa. Acima ou abaixo deste valor a compactação decresce, sendo assim valores não ideais, uma vez que a compactação é responsável diretamente pelas propriedades do concreto convencional.

**PALAVRAS-CHAVE:** Resíduos; Isoladores de Porcelana Elétrica; Brita; Concreto; Agregado graúdo.

## 1 INTRODUÇÃO

O Setor cerâmico que abrange desde as telhas, passando pelos revestimentos e louças sanitárias atingindo os isoladores de porcelana elétrica, possui um descarte de resíduos materiais indiscutivelmente alto durante a fabricação, transporte e substituição nos períodos de manutenção. A disposição irregular dos resíduos cerâmicos e a inexistência de políticas públicas que disciplinem e ordenem os fluxos da destinação dos resíduos nas pequenas e grandes cidades, ligada ao descompromisso dos geradores tanto no manejo como na destinação, ocasionam danos muitas vezes irreversíveis, como o número significativo de áreas degradadas (CAMPOS, 2009).

Dentre todos os resíduos que merecem nossa atenção no setor cerâmico, o isolador de porcelana elétrico (IPE), utilizado nos postes e instalações elétricas, ainda possui poucos estudos para avaliar seu potencial de reutilização, reaproveitamento e reciclagem. A produção deste insumo no Brasil gira em torno de 30.000 toneladas anualmente e durante o processo produtivo destas cerâmicas pode-se perder aproximadamente 10%. Além da perda inerente ao processo, ainda há a questão do descarte destes materiais depois que elas não servem mais para utilização como isolantes elétricos. O descarte dos isoladores elétricos de porcelana no meio ambiente é fator preocupante tanto para quem fabrica como para a sociedade, pois pode-se observar que sua disposição ocorre em todo e qualquer ambiente (CAMPOS, 2009; CAMPOS, 2011; SOARES, 2016).

Muitas pesquisas vêm recentemente tratando da busca de materiais novos e alternativos para a incorporação em concretos em substituição parcial ou total dos agregados graúdos e miúdos, e do cimento. Entretanto, a implantação de um sistema de reciclagem de qualquer que seja o material da construção e em qualquer parte da cadeia produtiva representam custos elevados se as partes envolvidas não tiverem um sistema eficiente de gestão da qualidade. A reciclagem de um material é viável quando o produto possui um elevado valor agregado, porém, os resíduos industriais são mais fáceis de reciclar, pelo fato de as empresas terem sob seu domínio estes resíduos, não tendo que realizar nenhuma logística para sua coleta (CAMPOS, 2009).

Os IPE, por possuírem semelhanças nas características químicas, quando comparados aos agregados comuns, são passíveis de serem utilizados, sobretudo em substituição aos agregados e até como adição pozolânica ao cimento Portland. Realizando uma simples moagem destes materiais já permite sua utilização, visto que o controle da granulometria é feito durante o próprio processo de moagem com o peneiramento da cerâmica moída (CAMPOS; PAULON, 2015).

Tendo em vista a importância de se utilizar materiais reciclados que estão dispostos na natureza de forma indiscriminada, sem um destino sustentável, e como forma alternativa de reuso desses resíduos, o presente trabalho teve como objetivo analisar fisicamente as características dos isoladores de porcelanas elétricas para possível utilização como componente em concreto convencional.

## 2 METODOLOGIA

### 2.1 COLETA E SEPARAÇÃO DOS IPES E BRITA

Os IPes foram doados pela equipe de manutenção da Universidade Federal do Cariri – UFCA, após a troca desses isoladores de sua rede elétrica. Já a Brita foi comprada numa loja de construção, e possui especificação de brita Tipo 1, sendo rocha do tipo granito.

Após a coleta, foram levados para Laboratório de Cerâmicas – UFCA, onde passaram por uma inspeção visual para verificar a ocorrência de trincas ou de corrosão sofrida pela degradação à exposição ao ambiente. Em seguida, os IPes passíveis de reaproveitamento foram lavados com detergente, sabão neutro, bucha comum e palha de aço.

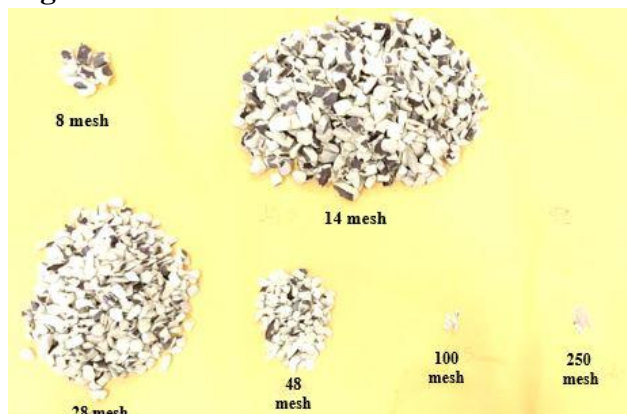
Após lavados e secos, foram separados das partes metálicas que são engatadas junto as peças dos IPE. As partes metálicas foram levadas para descarte final, em uma sucata entre as cidades de Juazeiro do Norte e Barbalha.

### 2.2 BRITAGEM DOS IPES

Os IPes foram britados em equipamento abrasão Los Angeles no Laboratório de Pavimentação – UFCA. No processo de britagem foram utilizadas 12 esferas de ferro fundido de 47,6 mm que em movimentos giratórios quebravam os IPes em pedaços, não se usou uma constância em valores de rotações, devido os IPes serem bastante rígidos. As rotações ficaram entre 150 e 400 rpm, dependendo de como ficavam os fragmentos.

Em seguida o produto britado (Figura 1), foi passado em peneira ABNT de 4, 8, 14, 28, 48, 100, 250 mesh para determinar a granulometria dos IPes, especificamente na faixa de 9,5 mm a 19 mm, uma vez que essa faixa granulométrica é a mais usada na confecção de concreto para aplicações simples.

**Figura 1** - Faixas Granulométricas dos IPes



**Fonte:** Os autores.

### 2.3 CARACTERIZAÇÃO FÍSICA DOS IPES

Para determinação das características dos IPes, foram realizados ensaios de agregados graúdos reciclados, que incluíram determinação de massa unitária no estado solto e no estado compactado, e determinação da massa específica. O ensaio foi conduzido de acordo com a norma NBR NM 45/2006.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 1 apresenta o tamanho de partículas dos IPEs, observou-se que o tamanho de partícula dos IPE está dentro do limite de utilização, conforme NBR NM 248/2003, com distribuição granulométrica similar ao da brita, corroborando com os resultados de Carlete (2016) e de Neto, Oliveira e Ramos (2011) que realizaram ensaios de determinação da granulometria da brita e observaram que os valores de limites aceitáveis para agregado graúdo estão em um intervalo de 4,75 a 19 mm.

**Tabela 1** – Distribuição granulométrica dos IPEs

<i>Peneira</i>	<i>Massa Retida (g)</i>	<i>Massa Retida Acumulada (g)</i>	<i>%Retida</i>	<i>%Acumulada</i>
19	124,82	124,82	2,5	2,5
12,5	3443,96	3568,78	68,88	71,38
9,5	1267,5	4836,28	25,35	96,73
6,3	149,35	4985,63	2,99	99,71
4,75	7,66	4993,29	0,15	99,87
<i>Fundo</i>	1,27	4994,56	0,02	99,89
<i>Diâmetro máximo</i>		19		

**Fonte:** Os autores.

Os resultados da média da massa unitária do agregado seco (IPE) tanto para a mistura solta como compactada de porcelana e brita são de 1355,54 kg/m<sup>3</sup> (Tabela 2) e 1483,50 kg/m<sup>3</sup> (Tabela 3), respectivamente. Estes mostraram que o percentual de porcelana a ser utilizada na preparação do concreto corresponde a 15% em massa. Acima ou abaixo desse percentual, o volume de vazios aumenta e conseqüentemente a compactação do agregado graúdo diminui.

Como pode se inferir a partir da observação das Tabelas 2 e 3, o volume de vazio é menor na massa compactada do que na massa solta, indicando que ela encontrasse mais densamente empacotada com IPEs.

**Tabela 2** – Valores de massa unitária solta da mistura porcelana e brita

<i>Brita + porcelana (15%) massa unitária solta</i>	<i>Massa do recipiente cheio (g)</i>	<i>Massa do recipiente (g)</i>	<i>Média da massa unitária do agregado seco (kg/m<sup>3</sup>)</i>
<i>1ª determinação</i>	12,418	5,226	
<i>2ª determinação</i>	12,428	5,226	1355,54 kg/m <sup>3</sup>
<i>3ª determinação</i>	12,391	5,226	

**Fonte:** Os autores.

**Tabela 3** – Valores de massa unitária compactada da mistura porcelana e brita

<i>Brita + porcelana (15%) massa unitária compactada</i>	<i>Massa do recipiente cheio (g)</i>	<i>Massa do recipiente (g)</i>	<i>Média da massa unitária do agregado seco (kg/m<sup>3</sup>)</i>
<i>1ª determinação</i>	12,975	5,226	
<i>2ª determinação</i>	13,17	5,226	1483,50 kg/m <sup>3</sup>
<i>3ª determinação</i>	13,127	5,226	

**Fonte:** Os autores.

Em comparação com as características dos agregados graúdos reportados por Neto, Oliveira e Ramos (2011), tanto a massa unitária da mistura solta como da compactada entre porcelana e brita, são maiores do que as obtidas para agregados graúdos do tipo Granito; sendo assim a substituição parcial de brita do tipo Granito por IPE diminui o volume de vazios e traz possivelmente melhores propriedades mecânicas.

### 3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os isoladores de porcelanas elétricas mostraram semelhanças na distribuição granulométrica e boa compactação quando comparados com o agregado graúdo (brita) utilizado em concreto convencional.

O percentual adequado para a substituição da brita pelos IPE no concreto convencional é 15%, uma vez que acima ou abaixo deste valor a compactação se torna ineficiente, levando o concreto a sofrer defeitos estruturais, como fissuras ou trincas.

Com isto é possível a utilização da porcelana em substituição ao agregado graúdo comum em concreto convencional, tendo ainda maior compactação em relação a brita comumente usada sozinha; o que conseqüentemente traz menores volumes de vazios e melhores propriedades mecânicas no concreto final.

### AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal do Cariri pelo bolsa concedida.

Aos Laboratórios de Pavimentação e de Materiais de Construção da UFCA, pelo apoio na execução dos ensaios.

### REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 248: Agregados - Determinação da composição granulométrica**. Rio de Janeiro, 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 45: Agregados - Determinação da massa unitária e do volume de vazios**. Rio de Janeiro, 2006.

CAMPOS, Marco Antonio. **Estudo do reaproveitamento de isoladores elétricos de porcelana como agregados em argamassas e concretos**. 2009. 155f. Dissertação (Mestrado) Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas (Unicamp), Campinas, 2009. Disponível em: [http://repositorio.unicamp.br/bitstream/REPOSIP/257861/1/Campos\\_MarcoAntonio\\_M.pdf](http://repositorio.unicamp.br/bitstream/REPOSIP/257861/1/Campos_MarcoAntonio_M.pdf)  
Acesso em: 18 fev. 2021.

CAMPOS, Marco Antonio. **Análise microestrutural e das propriedades mecânicas e de durabilidade de argamassas e concretos com isoladores elétricos de porcelana**. 2011. 216f. Tese (Doutorado), Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas (Unicamp), Campinas, 2011. Disponível em: [http://repositorio.unicamp.br/bitstream/REPOSIP/258505/1/Campos\\_MarcoAntonio\\_D.pdf](http://repositorio.unicamp.br/bitstream/REPOSIP/258505/1/Campos_MarcoAntonio_D.pdf)  
Acesso em: 18 fev. 2021.

CAMPOS, Marco Antonio; PAULON, Vladimir Antonio. Utilização de agregados alternativos de isoladores elétricos de porcelana em concretos. **Concreto y Cemento: Investigación y Desarrollo**, México, v.7, n.1, p. 30-43, jul./dez. 2015. Disponível em: <http://www.scielo.org.mx/pdf/ccid/v7n1/v7n1a2.pdf> Acesso em: 18 fev. 2021.

CARLETE, Bruno Alves; Silva, H.V.D; CASTRO, Nuria Fernández. **CARACTERIZAÇÃO DE AGREGADOS MINERAIS PROVENIENTES DE RESÍDUOS GROSSEIROS DE ROCHAS ORNAMENTAIS**. João Pessoa, abr. 2016. Disponível em: <http://www.cetem.gov.br/images/congressos/2016/SPRO32.pdf>. Acesso em: 23 fev.2021.

P NETO, B. B.; OLIVEIRA, D. R. C.; RAMOS, D. **Efeitos do tipo, tamanho e teor de agregado graúdo no módulo de deformação do concreto de alta resistência.** *Matéria* (Rio de Janeiro), v. 16, n. 2, p. 690-702, 2011. Disponível em: [https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1517-70762011000200005&script=sci\\_arttext&tlng=pt](https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1517-70762011000200005&script=sci_arttext&tlng=pt). Acesso em: 27 fev. 2021.

SOARES, Márcio da Silva. **Argamassa convencional e colante com uso de resíduo de isolador de porcelana.** 2016. 96f. Dissertação (Mestrado), Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas (Unicamp), Campinas, 2016. Disponível em: [http://repositorio.unicamp.br/bitstream/REPOSIP/330949/1/Soares\\_MarcioDaSilva\\_M.pdf](http://repositorio.unicamp.br/bitstream/REPOSIP/330949/1/Soares_MarcioDaSilva_M.pdf). Acesso em: 18 fev. 2021.