

NR-246

tecno metal

INOVAÇÃO NAS EMPRESAS DE
METALURGIA E METALOMECÂNICA

Bimestral Janeiro|Fevereiro 2020 7,50€



**Geopolímero aplicado ao desenvolvimento
de mobiliário urbano**

**Estratégia de marketing
para empresas B2B**

**TecnoMetal entrevista João Neves,
Secretário de Estado Adjunto
e da Economia**



Geopolímero aplicado ao desenvolvimento de mobiliário urbano

RESUMO

As cinzas de fundo (escórias), um subproduto proveniente da incineração dos resíduos urbanos, tem vindo a ser estudada pelos Departamentos de Engenharia Civil da FEUP e da UTAD com a Lipor – Serviço Intermunicipalizado de Gestão de Resíduos do Grande Porto como constituinte de um material geopolimérico alternativo aos materiais cimentícios, com propriedades mais benéficas em termos ambientais.

Para estudar a viabilidade de utilização deste material em artefactos, foi proposto ao Design Studio FEUP e a um grupo de estudantes do Mestrado em Design Industrial e de Produto (MDIP), o desenvolvimento de uma peça de mobiliário urbano: um banco de uso público para o Parque de Aventura da LIPOR. Neste artigo apresentam-se as fases principais de desenvolvimento deste projeto.

Autores: Ana Rita Silva, Catarina Oliveira Rocha [Mestrado em Design Industrial e de Produto da Universidade do Porto],
Bárbara Rangel, Jorge Lino Alves [Mestrado em Design Industrial e de Produto da Universidade do Porto, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto],
Lurdes Lopes [Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto],
Nuno Cristelo [Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro (UTAD)]

1. INTRODUÇÃO

Na última década tem-se vindo a procurar alternativas à utilização de cimento, decorrente da sua elevada pegada ecológica e ambiental.

A produção tradicional de cimento é uma fonte de libertação diária de dióxido de carbono, atingindo 8% das emissões mundiais. Em Portugal, as centrais a carvão de Sines e do Pego são as únicas a superar as cimenteiras em termos de libertação de dióxido de carbono para a atmosfera. Os dados do Comércio Europeu

de Licenças de Emissão (CELE) mostram que as maiores centrais elétricas do país e as refinarias petrolíferas de Sines e Matosinhos emitiram em 2018 mais de 17 milhões de toneladas de CO₂, o equivalente a 25% de todas as emissões em território nacional [1, 2].

Em 2018, a central a carvão de Sines (EDP) foi a maior fonte de CO₂, apesar de ter baixado as emissões em 11,5% face ao ano anterior. A central a carvão do Pego (Tejo Energia), ficou em segundo lugar, mesmo com um corte de 25%, seguida da refinaria de Sines (Galp), não obstante ter reduzido as emissões em 9%. O top 10 inclui ainda várias termoelétricas alimentadas a gás natural, a refinaria de Matosinhos e as cimenteiras da Cimpor e Secil [2].

Apesar dos esforços que estão a ser realizados a nível nacional e mundial, este tipo de poluição tende a aumentar com o crescimento global da população, pois terá de acompanhar a necessidade de

expansão do ambiente construído consequente do constante aumento da população. A produção de cimento deverá aumentar para mais de cinco bilhões de toneladas por ano nos próximos trinta anos. A urbanização e o desenvolvimento económico em regiões como o Sudeste Asiático e África Subsaariana aumentará a necessidade de novos edifícios e, portanto, do uso do betão e cimento. Com cerca de 3 bilhões de pessoas a viver potencialmente em favelas até 2050, são urgentes novas soluções habitacionais [3].

Desde a década de 1940, que muitos países têm vindo a estudar e aplicar a geopolimerização. As primeiras investigações para a elaboração de ligantes por ativação alcalina, com o objetivo da sua introdução na área de construção remonta à década de 1950 [4]. Na década de 70, os geopolímeros foram usados por Joseph Davidovits. Desde então, têm-se explorado vários materiais reciclados como constituinte do geopolímero [5, 6], sendo atualmente um material com características finais semelhantes à argamassa com cimento Portland.

2. O MATERIAL

O trabalho de investigação desenvolvido nos últimos anos nos Departamentos de Engenharia Civil da FEUP e da UTAD [6], tem como objetivo utilizar as escórias resultantes do processo de incineração dos resíduos sólidos urbanos produzida na LIPOR.

O processo de geopolimerização envolve uma reação química sob condições muito alcalinas, produzindo uma ligação polimérica da composição mineral das escórias. Para tal é utilizado uma solução líquida alcalina baseada no silicato de sódio [7-9].

A escória é um dos conjuntos dos resíduos sobrantes após a queima dos resíduos indiferenciados. São compostas por óxidos de ferro e alumínio, cálcio, e sílica nas percentagens indicadas no gráfico da (Figura 1).

Após a sua secagem foi realizada a moagem numa máquina de abrasão Los Angeles, onde existe impacto de esferas metálicas de forma a reduzir a sua granulometria e aumentar a área de contacto com o ativador. Após esta fase poderão ainda estar presentes resíduos de maior dimensão (Figura 2) que deverão ser novamente moídos para obter um material fino mais homogéneo.

Após moagem, o material é peneirado. A este material, doseado de acordo com as propriedades finais que se pretende obter, é adicionado silicato de sódio, para ligar as partículas e formar o geopolímero.

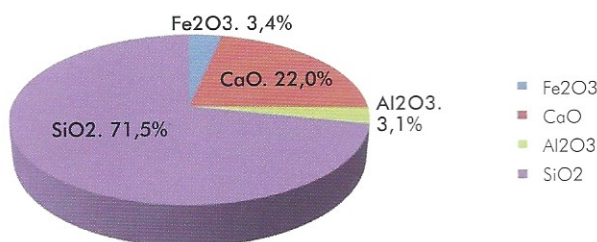


Figura 1 – Composição química típica das escórias



Figura 2 – Aspecto geral da escória após a primeira moagem

3. DESENVOLVIMENTO DO PRODUTO

O processo experimental para obtenção do geopolímero foi apontando alguns caminhos a seguir no desenvolvimento do produto, em particular na escolha da cofragem. Após algumas experiências realizadas com procedimentos correntes de cofragem para materiais cimentícios, percebeu-se que o processo de descofragem deste material poderia ser simplificado, pois em todos os casos considerados a superfície do material era homogénea e quase sempre sem porosidade, o que contribuiu para uma resistência adequada do composto. A textura obtida revelou ser bastante suave, adquirindo com fidelidade as formas, texturas e detalhes da cofragem.

Os bons resultados obtidos com as cofragens para materiais cimentícios levou a experimentar soluções alternativas de cofragem para o geopolímero. Testaram-se então vários produtos em plástico, como garrafas de PET, embalagens em PEAD e PEBD ou câmaras de ar de pneu de bicicleta.

Com as garrafas PET e embalagens de polietileno, a descofragem das amostras foi realizada sem qualquer tipo de aderência, não havendo a necessidade de descofrante.

A transmissão de texturas na superfície do geopolímero ocorreu com a obtenção dos seus detalhes, tal como pode ser observado nas imagens da Tabela 1.

De todos os materiais testados na cofragem, optou-se por utilizar lonas publicitárias descartadas das gráficas da cidade do Porto, pois era o único

TABELA 1 – Experiências de vazamento do geopolímero em diferentes tipos de cofragens

	Descrição	Cor	Textura	Composição	Cofragem	Resultado
	Geopolímero	Cinzento	Textura de câmara de ar, leves ricos	Água, escória, silicato de sódio	Câmara de pneu	Superfície lisa com textura da borracha, fosco, aparência maleável
	Geopolímero	Cinzento	Textura de garrafa PET	Água, escória, silicato de sódio	Garrafa PET	Superfície lisa com textura da garrafa, pouco brilhante
	Geopolímero	Cinzento	Textura de borracha de balão	Água, escória, silicato de sódio	Balão	Superfície lisa, fosco, aparência maleável

material que permitiria obter uma peça única com as dimensões pretendidas para um banco em cubo com 45cm.

O processo construtivo da peça passa também por um desenvolvimento criativo, este é inteiramente ligado ao *Material Driven Design*, onde as propriedades do material definem os valores criativos. As experiências com possibilidades de cofragem definem as propriedades estéticas e possibilidades de construção de forma e volume.

No caso do banco para o parque da LIPOR a textura e o material da cofragem são os principais responsáveis para o seu design, pois transmitem os valores de leveza e mímica do movimento e texturas do tecido e almofadas, transpostos para a rigidez do material.

A textura da superfície obtida com a lona é suave ao toque do utilizador, é homogênea, não é porosa e permite uma fácil desmoldação. Permite obter formas orgânicas semelhantes a uma almofada de tecido em contraste com a rigidez do material.

O molde foi realizado com uma caixa de MDF reciclado que serviu de base para acomodar a lona na forma pretendida. Esta caixa permitia ser desmontada, facilitando assim o processo de descofragem, que passou por abrir as diferentes faces do molde.

Foram realizados diferentes testes de vazamento e redução de peso da peça, através da utilização de vazios

no seu interior, tal como se representa na figura 3. A figura 4 mostra a peça a ser testada em termos de usabilidade.

De modo a corrigir os defeitos apresentados nas figuras 3 e 4, foi criado um segundo banco com as dimensões de 665 x 480 mm, com um peso estimado de 120 kg. A nova forma horizontal, apresenta contornos mais suaves, com menos arestas, e áreas curvas mais acentuadas. Ao compactar e suavizar a geometria do banco foi possível evitar o aparecimento de fissuras estruturais ou áreas quebradas na descofragem.

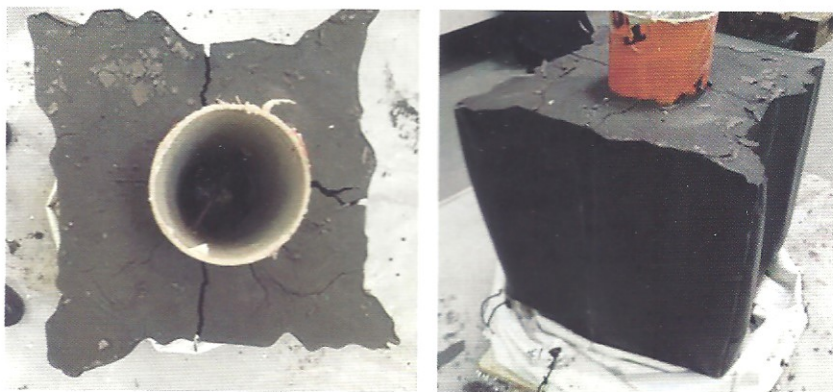


Figura 3 – Resultado da descofragem sendo visível o aparecimento de fissuras e rachaduras superficiais



Figura 4 – Ensaio de usabilidade no banco fissurado, onde se destaca a textura da lona



Figura 5 – Banco em geopolímero



Figura 6 – Avaliação da usabilidade do banco

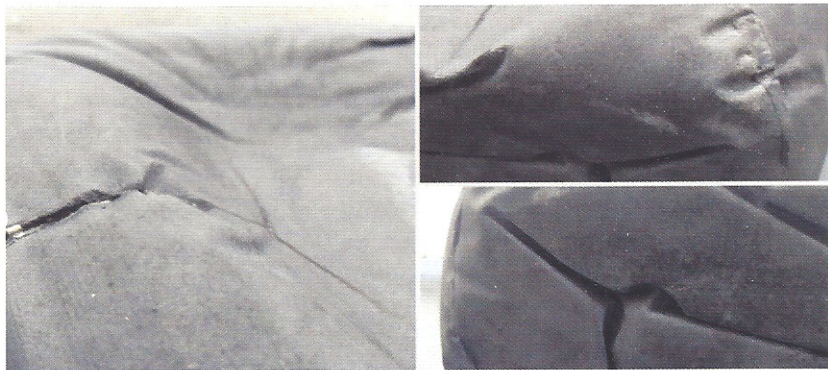


Figura 7 – Detalhe das texturas do banco

Após validação do design da peça e de todas as etapas experimentais, foi preparada a mistura final e o geopolímero vazado na moldação em tela. Após endurecimento, foi desmoldado, tendo ficado a secar à temperatura ambiente até à sua completa consolidação (Figura 5).

A peça foi então transportada e colocada no jardim do Parque de Aventura da LIPOR, em Baguim do Monte. As figuras 6 e 7 mostram alguns detalhes do banco.

4. CONCLUSÃO

Este trabalho descreve a utilização das escórias de incineração no desenvolvimento de um produto que regressou ao local onde foram produzidas as escórias, para ser usufruído por todos os utilizadores do parque aventura da Lipor.

Desta experiência, conclui-se que a escória tem capacidades para ser utilizada em materiais geopoliméricos para equipamento urbano. Estão agora a ser exploradas novas composições do geopolímero, nomeadamente a adição de fibras naturais para reforço do material e a introdução de pigmentos naturais para a exploração de outras cores.

AGRADECIMENTOS

À Lipor pela colaboração e financiamento deste trabalho; aos estudantes que colaboraram neste trabalho – Inês Rodrigues, Erika Bona, José Pisa e João Teixeira – e ao Luís Segadães da UTAD por todo o apoio ao longo do desenvolvimento do trabalho.

Referências

- [1] BBC – “Climate change: The massive CO₂ emitter you may not know about”, em <https://www.bbc.com/news/science-environment-46455844>, acesso em 13 de janeiro de 2020.
- [2] Quem-sao-os-maiores-poluidores-em-Portugal, em <https://expresso.pt/sociedade/2019-12-08-Quem-sao-os-maiores-poluidores-em-Portugal->, acesso em 24 de janeiro de 2020.
- [3] “Fazendo mudanças concretas: inovação em cimento e betão de baixo carbono”, In Chatham House, 13 de junho de 2018, acesso em 13 de janeiro de 2020.
- [4] J. Davidovits, “Geopolymers Inorganic polymeric new materials”, *Journal of thermal analysis*, vol. 37 (8), pp 1633–1656. 1991.
- [5] D. Queirós, “Geodesign – valorização de resíduos industriais pelo design de produtos de valor acrescentado”, tese de doutoramento em Design, Universidade de Aveiro, 2019.
- [6] O. Tiago, “Influência da adição de fibras naturais no comportamento à fratura de resíduos ativados alcalinamente”, dissertação de mestrado em Engenharia Civil, UTAD, Vila Real, Portugal, 2018.
- [7] A. Fernandez-Jimenez, A. Palomo, and C. Lopez-Hombrados, “Engineering properties of alkali-activated fly ash concrete”, in *ACI Materials Journal* 103(2), pp. 106-112, 2006.
- [8] J.T. Gourley, “Geopolymers: Opportunities for Environmentally Friendly Construction Materials”, *Materials 2003 Conference: Adaptive Materials for Modern Society*, Sydney, Australia: Institute of Materials Engineering, 2003.
- [9] A. Palomo, M.W. Grutzeck, M.T. Blanco, “Alkali-activated fly ashes – A cement for the future”, *Cement and Concrete Research* 29 (8), pp.1323–1329, 1999.