

**Atas das Comunicações das 6as Jornadas de Segurança aos Incêndios Urbanos  
e das 1as Jornadas de Proteção Civil**

**Editores: João Paulo Correia Rodrigues  
António Moura Correia  
Cristina Calmeiro dos Santos**

**Primeira edição  
novembro, 2018**

Copyright © 2018 João Paulo C. Rodrigues

Nenhuma parte desta obra pode ser reproduzida sem autorização escrita do editor.

**ISBN: 978-989-96461-9-3**

**Edição:**

**ACIV – Associação para o Desenvolvimento da Engenharia Civil**

## **COMPORTAMENTO AO FOGO DE BLOCOS ECOLÓGICOS DE SOLO-CIMENTO COM INCORPORAÇÃO DE RESÍDUOS ORGÂNICOS**

**Débora Macanjo Ferreira**<sup>1</sup>  
Professora  
IPB - Bragança

**Eduarda Pires Luso**  
Professora  
IPB - Bragança

**Maria Lurdes Cruz**  
Bolsista Investigação  
IPB - Bragança

**Eduarda Nepomuceno**  
Aluna MEC  
IPB - Bragança

### **SUMÁRIO**

O projeto VALORCOMP pretende caracterizar blocos ecológicos resultantes de uma mistura homogênea e compactada de solo, cimento, água e resíduos em proporções adequadas, curados e sem qualquer tipo de cozedura com o objetivo de avaliar o potencial de recuperação de resíduos orgânicos. A finalidade deste trabalho é avaliar a resistência à compressão de provetes cilíndricos sob o efeito do aumento de temperatura em regime estacionário. São analisadas três composições distintas, em relação a diferentes patamares de temperaturas, para poder comparar o seu comportamento e aferir qual a mistura com melhor desempenho. Tendo em conta os resultados obtidos a segurança em caso de exposição a temperaturas elevadas não se afigura como um problema, sendo importante continuar a investigação para tentar encontrar alternativas para colmatação dos efeitos prejudiciais da matéria orgânica.

**PALAVRAS-CHAVE:** Solo-cimento; resíduos orgânicos; resistência ao fogo.

### **1. INTRODUÇÃO**

O solo é um dos elementos mais importantes no setor da construção, quer no seu estado natural, em fundações ou escavações, quer quando utilizado como material de construção. A estabilização química de solos é feita com a introdução de componentes (ligantes) nos solos que resulta na melhoria da sua resistência e diminuição da sua suscetibilidade às variações de humidade. Dos diversos produtos químicos utilizados para a estabilização, o cimento é o de utilização mais generalizada, devido à sua maior disponibilidade e adequabilidade a uma maior variedade de solos.

Uma das aplicações do solo estabilizado é no fabrico de blocos, que embora tenham um campo de aplicação mais limitado que os elementos de construção em betão ou cerâmica, podem permitir uma utilização mais vasta que a atual. Os blocos são um dos elementos mais importantes para a indústria da construção civil, por isso, são várias as tentativas para conseguir soluções alternativas sustentáveis para a sua fabricação, mantendo os requisitos dos elementos em causa. Este é o objetivo da técnica de produção de blocos ecológicos de solo-cimento, que resulta em menores danos para o meio ambiente, por evitar a queima das matérias-primas e geração de poluentes na atmosfera [1]. Uma vantagem dos blocos de solo-cimento é a possibilidade de adição de outros materiais à mistura, em especial material descartável, o que é um fator importante para a construção sustentável.

O acumular de resíduos transformou-se num problema para a sociedade atual, acarretando enormes prejuízos ambientais. O problema levou à escassez de zonas para depósito dos resíduos causada pela ocupação e valorização de áreas urbanas, problemas de saneamento público e contaminação ambiental [2]. Uma das

---

<sup>1</sup>Instituto Politécnico Bragança, Escola Superior Tecnologia e Gestão, Departamento de Mecânica Aplicada, Campus de Santa Apolónia, 5300-253 Bragança, Portugal  
email: debora@ipb.pt

possibilidades para a diminuição do impacto ambiental passa pela reutilização de resíduos em novos materiais. Ferreira *et al* [3] fizeram uma síntese dos trabalhos já realizados com o objetivo referido. Os resíduos são classificados de acordo com a composição que apresentam. O resíduo orgânico é aquele que apresenta origem biológica produzido a partir de origem vegetal ou animal, ou seja, fez parte de um ser vivo como é o caso dos galhos, das folhas das árvores e das plantas, das cascas de frutas e de resíduos alimentares. Uma das atividades do projeto VALORCOMP visa a incorporação de resíduos orgânicos na composição de blocos à base de solo-cimento. As propriedades destes blocos ficam alteradas com esta adição sendo fundamental estudar as suas propriedades termomecânicas.

## **2. MATERIAIS UTILIZADOS**

As características do solo podem conduzir ao sucesso ou insucesso do processo de estabilização com cimento, pelo que se torna importante conhecer a sua composição. O solo utilizado foi fabricado em laboratório através da mistura de 70% de areia (Figura 1-a) e 30% de caulino (Figura 1-b), o que permitiu obter uma Areia Argilosa (SC), segundo a classificação unificada proposta pela norma ASTM D2487 (2017) [4]. A fabricação dos blocos é inadequada com solos de elevada percentagem de argila (>30%), devido à grande absorção de água por parte destas partículas, o que causa retrações elevadas em processo de secagem conduzindo ao aparecimento de fissuras. Contudo pequenas percentagens de argila são benéficas para assegurar coesão nos blocos frescos moldados [5]. O caulino usado foi o Mibal, de Barqueiros, que é um produto resultante da alteração das rochas feldspáticas ricas em sílica e alumina, como por exemplo, os granitos, os gneisses, os pórfiros e os pegmatitos. Tem como componente essencial a caulinite, um dos minerais que aparecem em maior percentagem nas partículas de argila dos solos residuais graníticos, sendo este mineral que confere ao caulino as propriedades mais relevantes. A opção por um solo artificial (Figura 1-c) em vez de um solo natural deveu-se ao facto de tentar minimizar os fatores que podem influenciar os resultados finais, dada a heterogeneidade dos solos naturais.

Pinto [6] refere que a bibliografia normalmente indica que teores de 4% a 10% de cimento são suficientes para bons resultados de resistência dos blocos. Segundo Moriarty *et al* [7], a quantidade de cimento mínima em blocos para paredes internas, é de cerca de 5%, para assegurar o manuseamento e o suporte dos elementos superiores, enquanto para paredes externas, os requerimentos de durabilidade sugerem percentagens de 7% e para fundações, uma adequada resistência em imersões prolongadas requer valores de 8%. O cimento utilizado foi o cimento Portland de Calcário II/B-L 32.5 N, tendo sido escolhida a percentagem de 10% da massa de solo seco.

Outro componente é a água, elemento essencial para a hidratação do cimento, tendo sido utilizada água da rede pública.

O composto orgânico utilizado foi fornecido pela empresa Resíduos do Nordeste (Figura 1-d) a partir dos resíduos recolhidos. Trata-se de um corretivo orgânico resultante do tratamento biológico de resíduos urbanos, provenientes da recolha indiferenciada dos treze concelhos da área de abrangência da empresa citada, parceira do projeto. É um composto fresco, da classe de qualidade II A (Diário da República, 1.ª série - N.º 114 de 15 de junho de 2015) [8] destinado a culturas agrícolas arbóreas e arbustivas. Pelo facto de o composto ser orgânico existe o problema do cheiro. Quando utilizado nos provetes e como a quantidade é pequena o odor é menos perceptível que no composto isolado, diminuindo com o tempo de cura e reavivando em contacto com água ou para determinadas temperaturas.

O carvão ativado (Figura 1-e) está a ser usado para tentar eliminar o odor do resíduo. É um material poroso de origem natural e um poderoso adsorvente, usado para filtração e purificação de vários materiais. Devido às suas qualidades de adsorção das moléculas poluentes, estas concentram-se sobre a superfície do carvão ativado e são removidas. É utilizado em processos de filtração em que se pretende purificar, descolorir e remover odores. O carvão ativado pode ser misturado ao material a ser tratado e posteriormente removido após um tempo de contacto [9]. Foram feitas várias experiências para aferir a dosagem e condições de atuação do carvão ativado que permitiam uma melhor eficácia no objetivo pretendido. Verificou-se o melhor desempenho na mistura de 20g de composto orgânico com 10g de carvão ativado (proporção 2:1), após colocação em estufa durante 12h a 50°C,

sendo o carvão posteriormente removido por peneiração e lavagem até se obter o composto tratado (Figura 1-f). Durante este processo de tratamento perde-se cerca de metade da quantidade de resíduo inicial.

Como era previsível que o composto prejudicasse a resistência mecânica decidiu-se utilizar a sílica ativa para contrariar este efeito. A sílica ativa (Figura 1-g), também conhecida como “sílica fumo” ou “microsílica”, é o resultado da fabricação do ferro silício, quando é libertado monóxido de silício (SiO), que rapidamente é oxidado até se transformar num dióxido de silício (SiO<sub>2</sub>). É considerada uma substância importante para a construção civil, em especial pela sua capacidade de dar resistência, fluidez e durabilidade ao betão, para além de ser uma utilização sustentável, por ser um produto que seria descartado para o meio ambiente. A condição de “silício oxidado” confere-lhe uma aparência não cristalina, com aspecto de um pó finíssimo e, por isso, capaz de preencher “vazios”. Na reação química do cimento com a água são formados os silicatos de cálcio hidratados, responsáveis pela resistência mecânica, e os hidróxidos de cálcio, os quais não contribuem para a resistência. A sílica ativa potencializa a resistência do betão, reagindo com os hidróxidos de cálcio que existem em excesso formando os silicatos de cálcio hidratados [10].

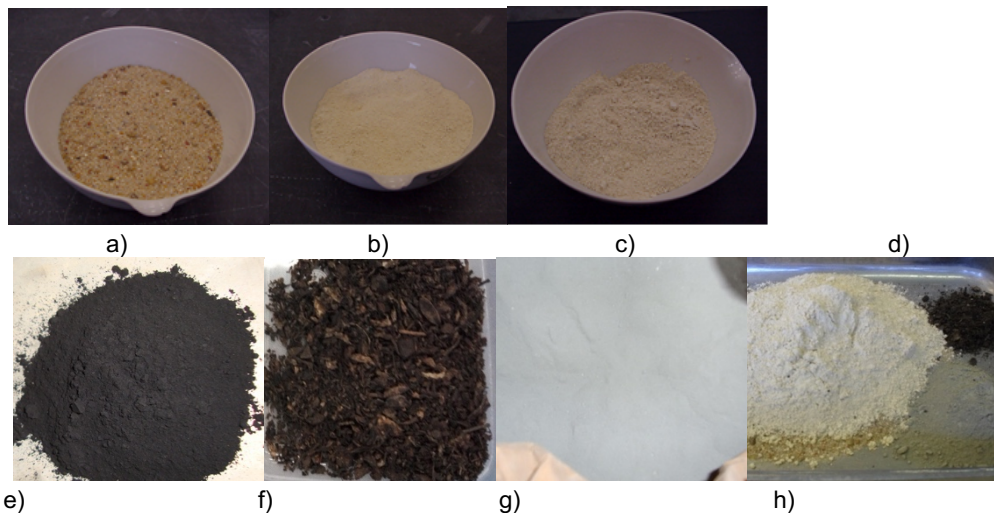


Figura 1: Materiais utilizados: a) areia; b) caulino; c) solo artificial; d) composto orgânico; e) carvão ativado; f) composto tratado; g) sílica ativa; h) mistura a + b + cimento + d

Para avaliar o efeito do cimento e do composto orgânico foram adotadas três composições de misturas, de modo a averiguar quais as alterações em termos termomecânicos. A constituição destas composições está esquematizada no Quadro 1. Por exemplo, para a composição SCRSi, S designa o solo, C refere-se ao cimento, R é referente ao resíduo e Si significa que se utilizou sílica. Identificado o solo, para verificação da sua adequabilidade à estabilização com cimento, foram realizados ensaios de compactação. A baridade seca máxima e o teor em água ótimo permitiram estabelecer as quantidades de materiais necessárias para cada provete (Quadro 1). De referir que a massa de cimento equivale a uma percentagem de 10% em relação à massa seca de solo, enquanto a de resíduo é em substituição de 20% do volume de areia e a de sílica é 10% da massa de cimento (substituição).

Quadro 1: Quantidades dos elementos das composições

Composição	Areia (g)	Caulino (g)	Cimento (g)	Resíduo (g)	Sílica (g)	Água (g)
SC	676,47	289,91	96,64	----	----	108,43
SCR	579,95	310,69	91,59	25,29	----	97,73
SCRSi	579,95	310,69	82,43	25,29	9,16	97,73

Para a elaboração dos provetes seguiu-se genericamente a norma ASTM D1632 (2017) [11], tendo sido fabricados provetes cilíndricos por compactação estática, com 70 mm de diâmetro e 140 mm de altura obedecendo à relação

altura/diâmetro de 2. Os provetes foram elaborados um a um, iniciando-se o processo com a mistura a seco das quantidades de areia, caulino, cimento e resíduo previamente determinadas. Depois de misturados os elementos secos de cada composição, procedeu-se à junção da água, sendo tudo misturado manualmente até se verificar que a mistura apresentava homogeneidade. Seguiu-se a moldagem dos provetes utilizando o equipamento disponível sendo a compactação realizada com compactador manual em três camadas. Estas condições de fabrico mantiveram-se para todos os provetes. Após a moldagem dos provetes, seguiu-se o período de cura, em câmara húmida, em que estes foram mantidos a uma humidade sensivelmente constante de 95% e a uma temperatura de  $\pm 20^{\circ}\text{C}$  até ao dia dos ensaios.

### 3. ENSAIOS REALIZADOS

#### 3.1 Ensaio prévios

Para averiguar a adequabilidade do solo à sua estabilização com cimento são necessários ensaios de análise granulométrica e determinação dos limites de consistência. Escolhido o solo foram realizados ensaios de compactação para as composições a estudar, para aferir os valores de controle da compactação (Quadro 2), já que o solo-cimento é o produto resultante da mistura de solo, cimento e água que compactados na humidade ótima e sob a máxima densidade, adquirem resistência e durabilidade através das reações de hidratação do cimento.

Quadro 2: Valores ensaios compactação

Composição	Baridade seca máxima (g/cm <sup>3</sup> )	Teor em água ótimo (%)
SC	1,974	10,20
SCR	1,870	9,70
SCRSi	1,870	9,70

#### 3.2 Resistência termomecânica

A resistência de um elemento exposto ao fogo é avaliada pelo tempo que decorre desde o início do processo térmico normalizado a que este é submetido, até ao instante em que ele deixa de satisfazer as suas funções, por exemplo, perda de resistência. Na prática, consiste em colocar o elemento num forno e fazer variar a temperatura ao longo do tempo, de acordo com uma função normalizada - curva de incêndio padrão. A curva ISO 834 [12] é a mais usada para avaliar a capacidade resistente de estruturas de edifícios, representando um incêndio num edifício onde a temperatura cresce infinitamente, apesar de num incêndio real esta diminuir quando a maioria dos materiais combustíveis tiver ardido. A temperatura aumenta rapidamente dos 20°C até aos 842°C após os primeiros 30 minutos, atingindo posteriormente os 1000°C ao fim de 87 minutos. A temperaturas elevadas ocorrem mudanças físicas nos elementos ensaiados o que provoca alterações nas suas propriedades mecânicas.

O Laboratório de Estruturas e Resistência dos Materiais do Instituto Politécnico de Bragança possui um forno adequado à avaliação da resistência à compressão de elementos de construção sujeitos a diferentes temperaturas e equipamentos capazes de medir e regular a temperatura no interior do forno e na face exposta do provete.

O sistema para aquisição dos dados da temperatura é constituído por aparelhos para regulação e medição desta variável (PID, MGC Plus e PC com software CalmanEasy DAQ Project). O PID responsável por controlar o aquecimento do forno, permite a fixação, a verde, do valor da temperatura a ser alcançada na superfície exposta do provete, a azul aparece a temperatura no provete e a vermelho o valor da temperatura no forno (Figura 2-a).



a)



b)

Figura 2: a) PID; b) MGC Plus;

O sistema de aquisição multicanal MGC Plus (Figura 2-b), com 23 canais de leitura disponíveis, dos quais foram utilizados 2, tendo o canal 1.2 sido usado para monitorizar a temperatura do provete, e o canal 1.3 para a temperatura interna do forno. Os dados da temperatura do forno e da amostra após leitura pelo sistema MGC Plus eram registados pelo software, que apresenta os valores em forma de gráfico tempo *versus* temperatura, estando a vermelho a representação da temperatura dentro de forno e a azul a temperatura do provete (Figura 3).

O sistema de aquisição de dados da temperatura está ligado ao forno que está acoplado na máquina de ensaios universal da Instron® série 4485. Os provetes eram colocados na máquina de ensaios, tendo o cuidado de alinhar o centro do provete com a célula de carga e de manter uma distância de cerca de 5mm entre a parte superior da prensa e a amostra para precaver a possibilidade de dilatação do material ensaiado a altas temperaturas. Também eram fixados os termopares que são sensores utilizados com a função de medir a temperatura, e neste trabalho foram usados dentro do forno e na superfície do provete. Cobrem um intervalo de temperaturas extenso, que vai de -200 a 2300 °C aproximadamente, com boa precisão. São compostos por dois filamentos de metais de natureza diferente, unidos numa extremidade, denominada por junta de medição, e na outra, onde fecha o circuito, por junta de referência. O primeiro termopar era fixado no provete com a ajuda de um fio, para controlo e monitorização da temperatura no provete enquanto o segundo termopar era colocado na envolvente da amostra, sem estar em contacto com nenhuma superfície, com o objetivo de medir a temperatura do ar interior do forno (Figura 4-a). No fim desta sequência de procedimentos o forno foi fechado (Figura 4-b).

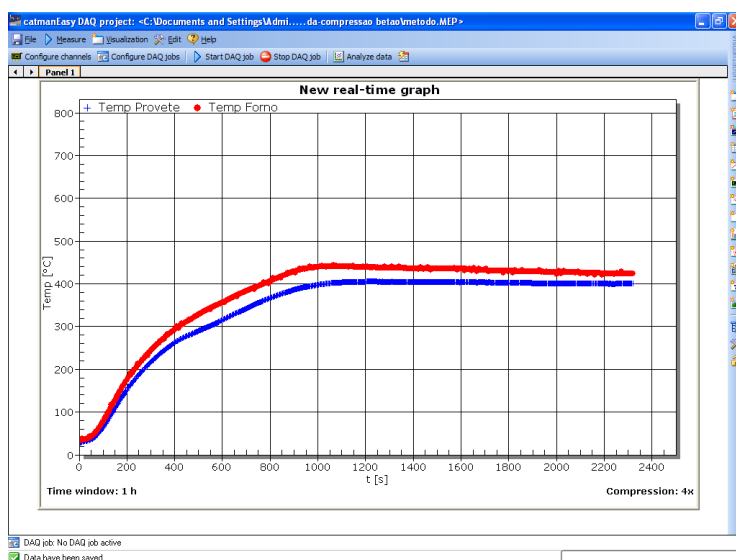


Figura 3: Interface software CalmanEasy DAQ Project

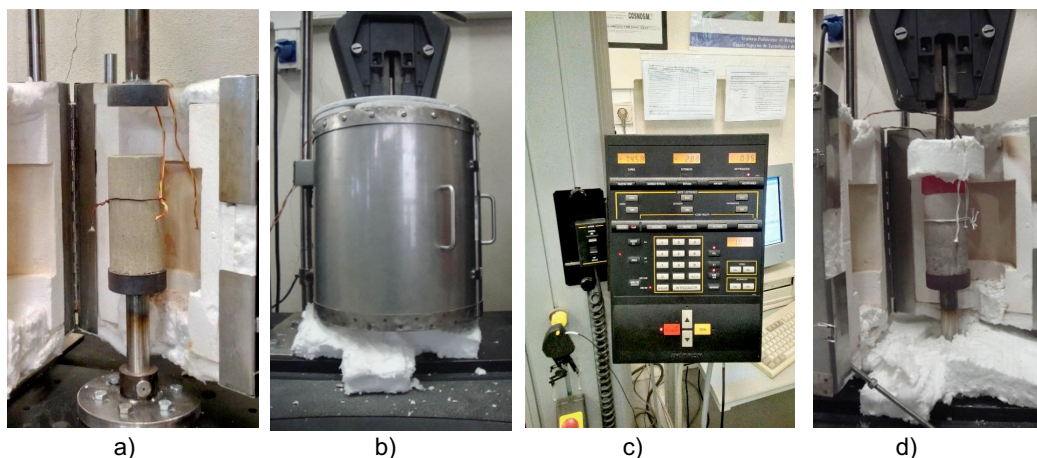


Figura 4: a) Termopares; b) forno acoplado Instron; c) controle Instron; d) final ensaio

Os ensaios foram realizados para cinco patamares de temperatura distintos, o primeiro patamar é referente à temperatura ambiente, 20°C, seguiu-se o patamar de 100°C, 200°C, 400°C e 600°C. Depois de alcançada a temperatura desejada no provete, houve um tempo de espera de 15 minutos para garantir que a parte interna do provete também tivesse a temperatura pretendida, para então dar início ao ensaio de compressão. A temperatura do forno e do provete eram controladas até o final do ensaio. Com a velocidade do ensaio fixada em 0.6 mm/s (Figura 4-c), foi possível observar o comportamento do provete assim como a tensão máxima, dando-se o ensaio por terminado quando o provete atingia a rotura (Figura 4-d). Após o ensaio, os provetes eram colocados numa base para arrefecimento, só tendo início o ensaio seguinte quando o forno e a base da máquina chegassem à temperatura ambiente.

#### 4. ANÁLISE DOS RESULTADOS

Em seguida, serão apresentados os resultados da resistência à compressão por patamar de temperatura e por composição, para poder comparar os seus comportamentos e compreender a influência dos elementos das composições e da temperatura na resistência à compressão.

No Quadro 3 é possível observar o valor médio da tensão de rotura obtido nos ensaios de resistência termomecânica em regime estacionário. De uma forma geral a tensão máxima aumenta à medida que as temperaturas são mais elevadas, sendo as diferenças entre 20 e 600°C de aproximadamente 12, 7 e 6 MPa, para as composições SC, SCR SCRSi, respetivamente.

Composição	Quadro 3: Tensão média de rotura (MPa)				
	Patamar de Temperatura				
	20°C	100°C	200°C	400°C	600°C
SC	7,58	7,60	11,82	17,89	19,75
SCR	4,52	3,50	6,14	6,00	11,90
SCRSi	3,86	2,82	6,90	7,74	9,13

##### 4.1 Apresentação dos resultados por temperatura

As composições ensaiadas serão analisadas por patamar de temperatura sendo possível compreender e observar qual a composição com melhor comportamento. Pode-se verificar que qualquer que seja o patamar de temperatura (Figuras 5, 6, 7), a composição com melhor desempenho é a que não contém resíduo, o que comprova o efeito estabilizante do cimento. Do lado contrário está a mistura com resíduo e sílica, com valores muito próximos e normalmente inferiores (exceção para 400°C) aos das composições com composto.

Para 100°C obtiveram-se resultados próximos aos registados para a temperatura ambiente, demonstrando que os materiais não sofreram grandes alterações. A partir de 200°C verifica-se, para todas as composições, que à medida que se aumenta a temperatura regista-se um aumento nos valores da resistência. De salientar que as maiores diferenças na resistência à compressão para as composições estudadas se registam para valores mais próximos da tensão de rotura, qualquer que seja o patamar de temperatura.

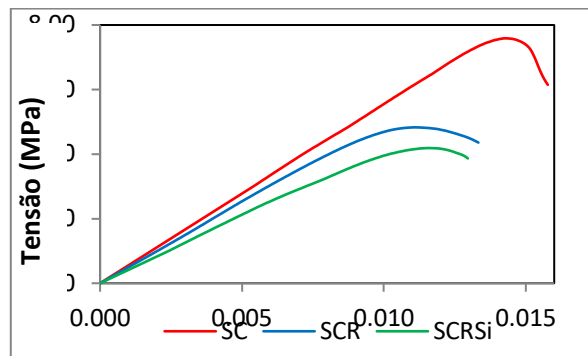


Figura 5: Relação tensão (MPa) versus extensão êmbolo (mm/mm) – 20°C

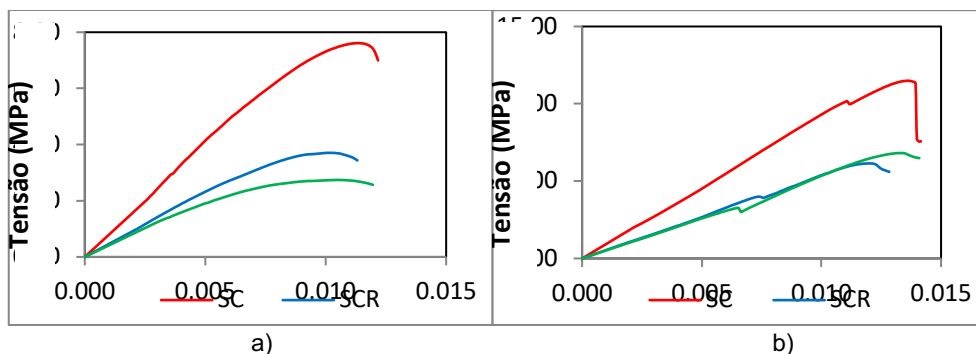


Figura 6: Relação tensão (MPa) versus extensão êmbolo (mm/mm): a) 100°C; b) 200°C

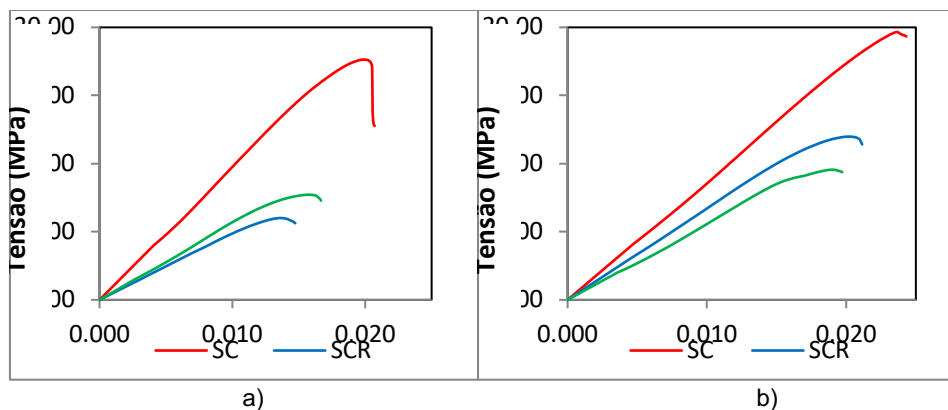


Figura 7: Relação tensão (MPa) versus extensão êmbolo (mm/mm): a) 400°C; b) 600°C

As composições com menor resistência, qualquer que seja a temperatura, foram as que contêm resíduo, demonstrando que o composto influencia a resistência dos provetes, neste caso de forma negativa, porque prejudica as reações de hidratação do cimento. A utilização da sílica não consegue colmatar este efeito negativo, pelo que tendo em conta a economia e a sustentabilidade não se afigura como viável a sua utilização.

#### 4.2 Apresentação dos resultados por composição

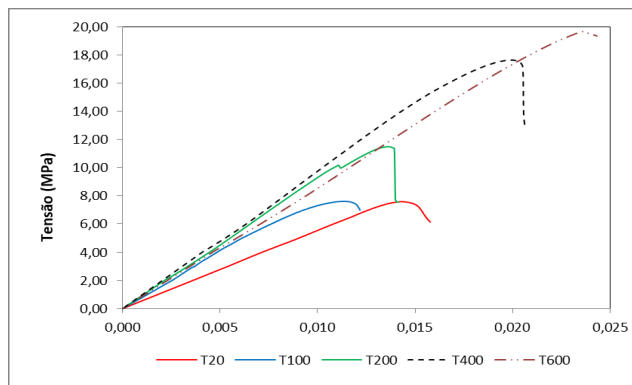


Figura 8: Relação tensão (MPa) versus extensão êmbolo (mm/mm) – SC

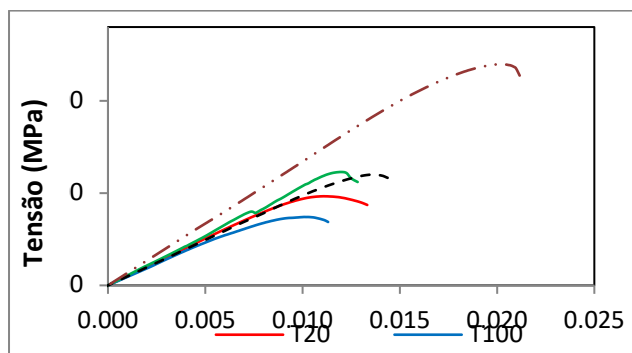


Figura 9: Relação tensão (MPa) versus extensão êmbolo (mm/mm) – SCR

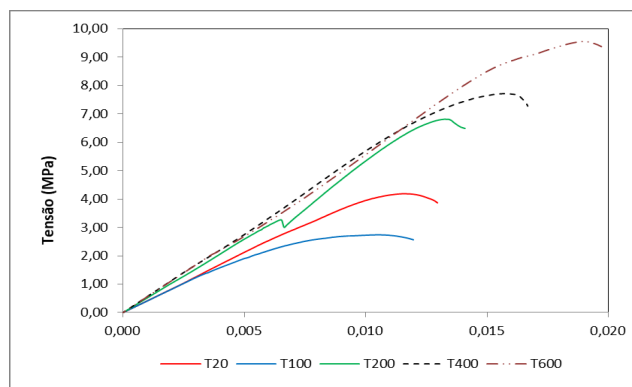


Figura 10: Relação tensão (MPa) versus extensão êmbolo (mm/mm) – SCRSi

Verifica-se que qualquer que seja a composição (Figuras 8, 9, 10), o patamar de temperatura a 600°C é o que apresenta globalmente maiores resistências. As resistências mais baixas registam-se para os patamares de temperatura a 20 e a 100°C, qualquer que seja a composição.

Até 200°C o aspeto visual não tem alterações significativas (cor semelhante) para todas as composições, quando em comparação com a aparência à temperatura ambiente. A partir dos 400°C todas as composições depois de ensaiadas apresentaram mudança de tonalidade (efeito de cozedura), ver Figura 11. Para 200°C os provetes com resíduo apresentaram um cheiro desagradável (superior ao existente antes do ensaio), que vai diminuindo de forma lenta com o decorrer do tempo, sendo que a partir de 400°C este problema deixa de existir. A partir de 400°C

aparecem zonas mais escuras na parte exterior dos provetes com composto (contacto com os elementos da Instron, pontos com resíduo) a que acrescem as alterações no aspeto visual interior da mistura (Figura 12).

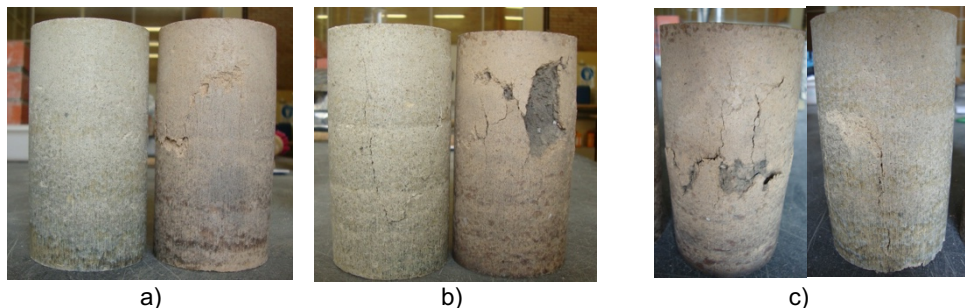


Figura 11: Composições  $\leq 200^{\circ}\text{C}$  e  $\geq 400^{\circ}\text{C}$ : a) SC; b) SCR; c) SCRSi



Figura 12: Aspeto visual das composições sem e com resíduo, após ensaio a  $400^{\circ}\text{C}$  e  $600^{\circ}\text{C}$

## 5. CONCLUSÕES

O projeto ValorComp ainda se encontra em curso, sensivelmente a meio do tempo de execução, pelo que existem situações ainda não experimentadas ou analisadas (evolução do odor com o tempo, composições com as cinzas do composto e com o resíduo tratado, por exemplo). O recurso ao uso de cimento para a estabilização de solos a utilizar no fabrico de blocos é um método viável que permite bons resultados do ponto de vista mecânico. A incorporação de resíduos nas misturas de solo-cimento permite outra utilização para o composto, ao mesmo tempo que permite economizar na quantidade de solo a utilizar. Apesar dos resultados promissores registados nas misturas de solo-cimento com resíduo, em termos mecânicos, verifica-se uma pequena perda de resistência relativamente às misturas sem resíduo. Este decréscimo supõe-se que é devido ao efeito prejudicial da matéria orgânica nas reações de hidratação do cimento. A utilização de sílica mostrou-se como alternativa não exequível para a melhoria da resistência mecânica, pois globalmente o desempenho foi muito próximo e normalmente inferior ao comportamento das composições semelhantes sem sílica, a que acresce como fator negativo o preço deste material. O escurecimento das composições com resíduo pode estar relacionado com a volatilização que existirá no composto a partir dos  $400^{\circ}\text{C}$ . Resumindo, pode-se afirmar que todas as composições tiveram um aumento da resistência quando submetidas a temperaturas de  $200^{\circ}\text{C}$ ,  $400^{\circ}\text{C}$  e  $600^{\circ}\text{C}$ , pelo que a segurança em caso de exposição a temperaturas elevadas não se afigura como um problema.

## AGRADECIMENTOS

Ao projeto VALORCOMP, financiado pelo FEDER através do Programa INTERREG V-A Espanha – Portugal (POCTEP) 2014-2020.

## REFERÊNCIAS

- [1] Wisbiski, E. A. B. - *Utilização de cinza de caldeira na fabricação de tijolo sustentável*, VII Seminário de extensão e inovação, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2017.

*6as Jornadas de Segurança aos Incêndios Urbanos  
1as Jornadas de Proteção Civil  
Universidade de Coimbra- Portugal – 29 e 30 de novembro de 2018*

- [2] John, V.M. - *Reciclagem de resíduos na construção civil – contribuição à metodologia de pesquisa e desenvolvimento*, Tese-Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, Brasil, 2000.
- [3] Ferreira D., Luso E., Cruz M. - *Blocos ecológicos com incorporação de resíduos municipais*. Congresso Euro-Americano REHABEND 2018, Cáceres, Espanha, 2018.
- [4] ASTM D2487-17 - *Standard Practice for Classifications of Soils for Engineering Purposes (Unified Soil Classification System)*, American Society for Testing Materials, 2017.
- [5] Bush, Alfred - *Understanding stabilized earth construction*, Technical Paper, Published by Volunteers in Technical Assistance, 1984.
- [6] Pinto, L. M. - *Estudo de tijolos de solo cimento com adição de resíduo de construção civil*. Trabalho de conclusão de curso, Universidade Federal de Santa Maria, 2015.
- [7] Moriarty, J. P., Svare, T. I., Therkildsen, O. K. - *Soil-cement for low-cost housing*. Norges Byggforskings Institutt, 1975.
- [8] Diário da República, 1.<sup>a</sup> série - N.º 114, 15 de junho de 2015 - *Decreto-Lei n.º 103/2015*, Ministério da Economia, República Portuguesa, 2015.
- [9] Freitas, L. C. S., Bueno, S. M. - *Carvão ativo: breve histórico e estudo de sua eficiência na retenção de fármacos*. União das Faculdades dos Grandes Lagos, São Paulo, 2014.
- [10] Tezuca, Y. - *Guia de utilização de cimentos hidráulicos*. Associação Brasileira de Cimento Portland, São Paulo, 1988.
- [11] ASTM D1632-17 - *Standard Practice for Making and Curing Soil-Cement Compression and Flexure Test Specimens in Laboratory*. American Society for Testing Materials, 2017.
- [12] ISO 834/1-99 - *Fire-resistance tests - Elements of building construction*. International Organization for Standardization, 1999.