

**Economia circular aplicada ao eco-design de mobiliário em cimento
carregado com resíduos de cerâmica e vidro**

**Circular economy applied to eco-design of cement furniture loaded with
ceramic and glass waste**

Daniela Trindade, aluna; ESAD – IPEleiria; Portugal

daniela213trindade@gmail.com

José Manuel C. B. C. Frade; Dr.; ESAD – IPEleiria; Portugal

jose.frade@ipleiria.pt

Resumo

Foram desenvolvidos novos materiais de cimento carregado com resíduos de vidro e cerâmica. Estes novos materiais apresentam-se com alto potencial de concorrerem vantajosamente em termos ecológicos e económicos com pedras ornamentais naturais e pedras sintéticas. Foram projetados novos produtos de mobiliário e seus acessórios que integram ou serão totalmente produzidos nos novos materiais. Este estudo perspetiva a possibilidade de dar resposta positiva aos desafios e às oportunidades para o desenvolvimento da economia circular no setor da cerâmica e do vidro nomeadamente a partir da valorização dos resíduos destas indústrias a partir do seu elevado potencial de cor. O potencial que a cor destes resíduos pode ter ao nível da valorização e diferenciação de produtos de mobiliário e seus acessórios demonstra a possibilidade de simbioses industriais entre os setores da cerâmica e do vidro e da produção de artefactos em cimento.

Palavras-chave: Economia circular, Resíduos, Cerâmica; Vidro; Mobiliário.

Abstract

New cement materials loaded with glass and ceramic waste have been developed. These new materials have a high potential to compete advantageously in ecological and economic terms with natural ornamental stones and synthetic stones. New furniture products and accessories have been designed that integrate or will be produced entirely in the new materials. This study envisages the possibility of giving a positive answer to the challenges and opportunities for the development of the circular economy in the ceramics and glass sector, namely through the valorisation of the residues of these industries based on their high color potential. The potential that the color of these residues can have in terms of the valuation and differentiation of furniture products and their accessories demonstrates the possibility of industrial symbiosis between the sectors of ceramics and glass and the production of cement artefacts.

Keywords: Circular economy, Waste, Ceramics; Glass; Furniture.

Introdução

A população mundial hoje é superior a 7 mil milhões de indivíduos, Estima-se que este valor em 2030 suba para 8,5 mil milhões, Só na união europeia utilizam-se cerca de 8,1 mil milhões de toneladas de materiais por ano, o que dá um consumo per capita de cerca de 16 toneladas de materiais por ano. Apenas 5% do valor original das matérias-primas são recuperados através da reciclagem de materiais e recuperação energética a partir de resíduos na Europa. Perdem-se 95% do valor dos materiais e da energia. No ano de 2014, só em Portugal, cada habitante produziu de lixo mais 2,5% do que em 2013 [1]. Os recursos à nossa

disposição não são infinitos. Todos os dias assistimos ao declínio do modelo de produção e consumo linear. Reduzir os riscos associados com os mercados de matérias-primas primárias, aceitar as limitações ambientais da extração de recursos do planeta, fazer mais com menos através ganhos de produtividade material na produção e consumo, a crescente consciência ambiental dos consumidores e a possível utilização e valorização de resíduos industriais ou materiais em fim de vida como matéria-prima de novos produtos são forças motrizes que em conjunto impulsionam a transição para uma economia mais circular, com menor produção de resíduos e melhor aproveitamento do valor dos bens produzidos.

A Economia circular é um modelo de desenvolvimento sustentável que permite devolver os materiais ao ciclo produtivo através da sua reutilização, recuperação, reparação e reciclagem, assegurando assim maior eficiência na utilização e gestão de recursos, maior sustentabilidade do planeta e maior bem-estar das populações.

De acordo com a Ellen MacArthur Foundation [2], organização criada em 2010 com o objetivo de acelerar a transição para a economia circular, uma forma de escalar a economia circular é através do ciclo reverso, ou seja implementar uma estrutura de materiais que preserve o valor como um requisito essencial na transição para a economia circular. Para criar valor a partir de materiais e produtos usados, é necessário recolhê-los e devolvê-los à sua origem. A logística reversa e os métodos de tratamento possibilitam o retorno desses materiais ao mercado, contrariamente a serem depositados em aterro.

Os desafios e as oportunidades para o desenvolvimento da economia circular no setor do vidro e da cerâmica em Portugal estão bem identificados [3]:

- Pensar de forma Circular e incluir o Eco Design na indústria do vidro e da cerâmica;
- Inovar o processo de fabrico e valorizar resíduos/subprodutos;
- Promover estratégias de economia circular e simbioses industriais;

A simbiose industrial em particular permite aumentar a competitividade das empresas do setor, através da valorização dos materiais que sobram e evitando a importação/utilização de recursos naturais ou promover uma maior eficiência entre os diversos setores e agentes económicos envolvidos, para que os resíduos de uma indústria possa ser utilizado como matéria prima ou recurso noutros setores [3,4].

Desenvolvimento do projeto

Os principais resíduos gerados em fábricas de cerâmica e vidro são os designados cacos e casco, respetivamente e que correspondem à totalidade de produtos que ao longo dos processos de fabricação não são aceites pelo controlo de qualidade. O caco não vidrado, também designado chacota e com comportamento inerte, pode ser reintroduzido no processo em substituição da areia na fase de preparação das diferentes pastas cerâmicas. Já o mesmo não acontece com o caco vidrado, incolor ou corado, porque altera de forma não controlada a cor dos produtos e a fusibilidade das pastas, introduzindo variáveis de difícil controlo ao nível do processo cerâmico ou contaminando de forma irreversível a mobília de enforna e os próprios fornos. O caco de vidro é todo reciclado como fundente das massas vítreas. A importância desta matéria prima para a redução dos custos energéticos da fusão do vidro fazem com que as fábricas procurem produtos de vidro em fim de vida para os reciclarem nos seus processos de fabricação. Tal realidade tem sido apoiada por toda uma logística

pública de recolha seletiva de vidro em termos da gestão dos resíduos urbanos. No entanto, as oportunidades de simbiose industrial colocam novos desafios como a hipótese de valorizar os resíduos de cerâmica e vidro na criação de materiais de base cimentícia de elevado valor acrescentado.

Estudos preliminares

Foram recolhidos produtos em fim de vida de vidros transparentes, coloridos e cacos chacotados e vidrados cozidos, figura 1. Estes materiais foram moídos em moinho de martelos e foi feita uma separação granulométrica com peneiros.



Figura 1 - Resíduos de vidro com diferentes graus de moagem - Casco de vidro transparente, casco vidro de cor, caco chacotado e caco vidrado cozido.

Foram feitas misturas de cimento, resíduos e água com o traço volumétrico: 1:0,5:0,5 que foram colocadas em moldes de plástico cujas paredes foram untadas com óleo alimentar. Após secagem as peças foram extraídas dos moldes e lixadas com lixas e esponjas abrasivas de gramagem de 80 e 150. A gramagem de 80 é própria para acabamentos principalmente para madeiras, gesso e tintas. Como acabamento final as peças foram sujeitas a esponjamento húmido que permitiu eliminar resíduos de pó e criar superfícies macias e seguras ao tato.



Figura 2 - Várias fases do processo de fabricação de amostras cimentícias com resíduos moídos de cerâmica e vidro: moldagem, lixamento e esponjamento.

Na figura 3, apresentam-se as amostras finais obtidas pela mistura de cimento branco e cimento cinza com os resíduos de vidros transparente e colorido. Para cada conjunto binário entre cimento e o mesmo tipo de resíduo apresentam-se duas imagens: uma relativa à utilização de casco mais grosso, outra relativa à utilização de casco mais fino. As amostras onde é usada a carga mais grossa resultam mecânicamente mais resistentes, tal como o efeito estético e visual da presença dos resíduos no material é mais perceptível.

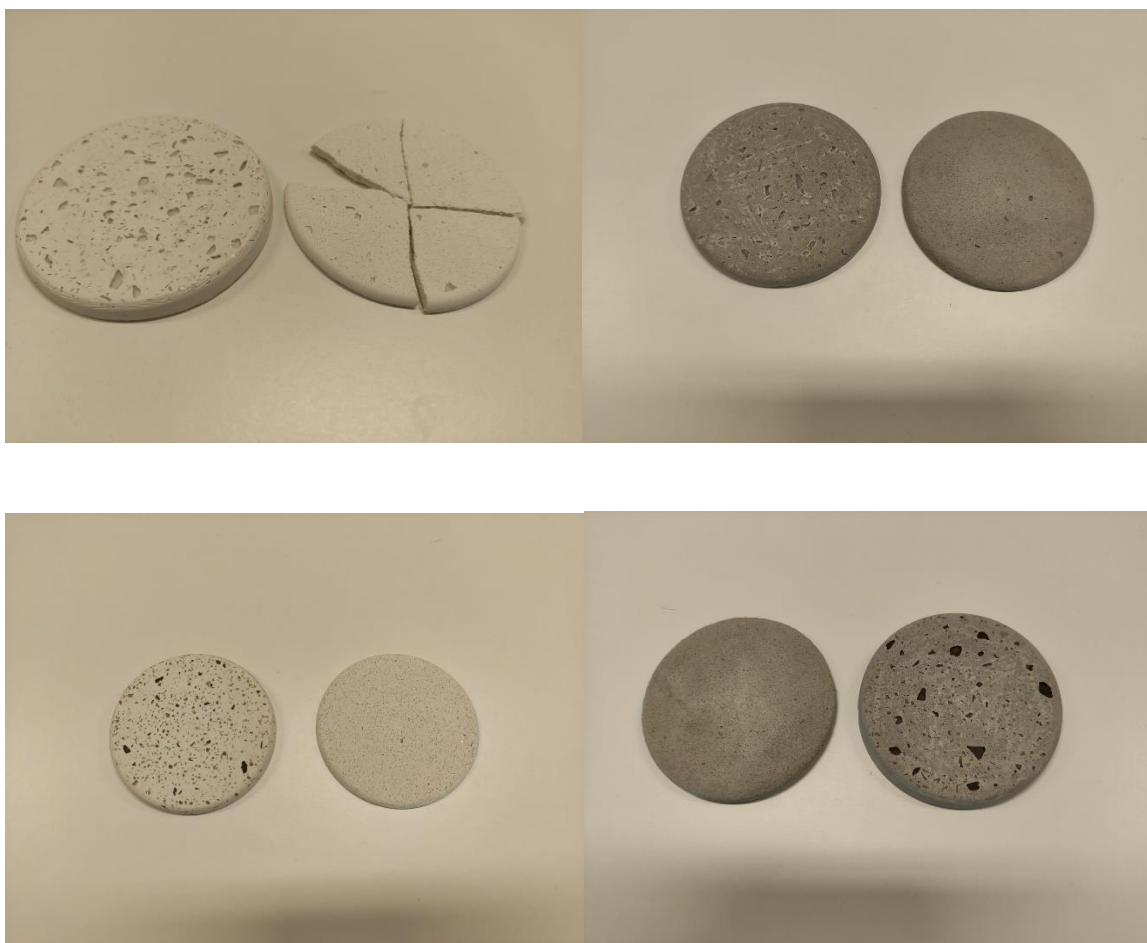


Figura 3 – Fotografias das amostras cimentícias com resíduos moídos de vidro: em cima vidro transparente, lado esquerdo cimento branco, lado direito cimento cinza; em baixo vidro colorido, lado esquerdo cimento branco, lado direito cimento cinza.

Na figura 4, apresentam-se as amostras finais obtidas pela mistura de cimento branco e cimento cinza com os resíduos de caco chacoado e vidrado de diferentes separações granulométricas. Confirmam-se alguns dos resultados obtidos para as amostras com casco de vidro, ou seja as amostras onde é usada a carga mais grossa parecem resultar mecânicamente mais resistentes e evidenciam de modo mais perceptível o efeito estético e visual da presença do resíduo



Figura 4 – Fotografias das amostras cimentícias com resíduos de caco cerâmico moído - em cima, fotografia do lado esquerdo: canto superior esquerdo – cimento cinza + caco fino chacoado (amostra fraturada), canto superior direito – cimento branco + caco grosso chacoado; em baixo – cimento branco + caco fino chacoado (amostra mais pequena); fotografia do lado direito: ampliação da amostra cimento branco + caco grosso chacoado ; em baixo, amostras de cimento branco + caco vidrado mais grosso (lado esquerdo) e cimento branco + caco vidrado mais fino (lado direito).

Na figura 5, apresentam-se fotografias de pormenor das misturas de cimento com os resíduos de maior granulometria que são aqueles que apresentam genericamnte resistência mecânica

adequada. Conclui-se que estes resíduos são valorizados pelas cores que introduzem nestes novos materiais cimentícios. Do ponto de vista material, estes novos materiais apresentam-se com alto potencial de concorrerem com pedras ornamentais naturais, tais como calários, mármore e granitos, e com pedras sintéticas cuja composição é baseada em resinas sintéticas, matérias primas minerais e pigmentos. Durante todo o ciclo de vida, os materiais cimentícios carregados com resíduos de cerâmica e vidro promovem muito menor impacto ambiental do que a exploração e transformação das pedras naturais e o cimento parece ser mais sustentável do que a resina sintética cuja reciclagem é muito difícil ou impossível.

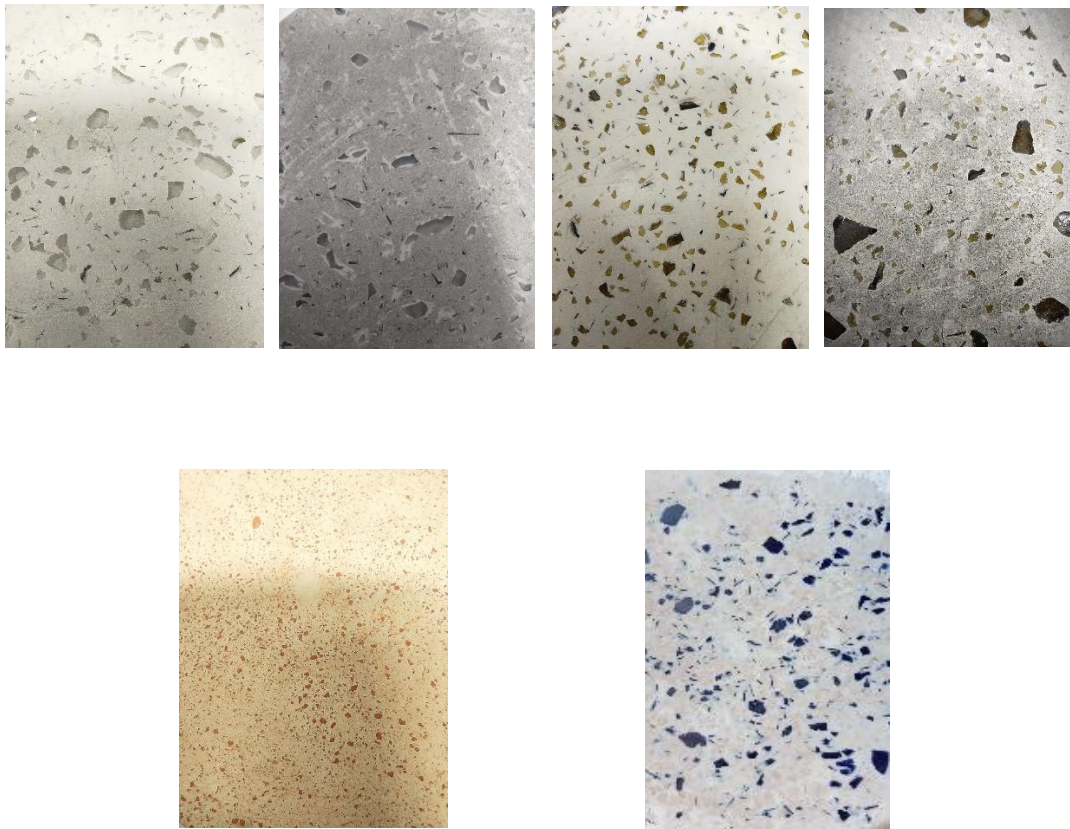


Figura 5 – Fotografias de pormenor das amostras cimentícias com resíduos de cerâmica e vidro de maior granulometria (em cima, da esquerda para a direita: cimento branco + casco transparente; cimento cinza + casco transparente; cimento branco + casco de cor; cimento cinza + casco de cor; em baixo, da esquerda para a direita: cimento branco + caco chacoado; cimento branco + caco vidrado cozido).

Proposta de novos produtos

Através do projeto de design foram criadas quatro propostas de aplicação dos melhores resultados do estudo preliminar nos seguintes produtos: mobiliário doméstico e outros produtos complementares, tais como candeeiro e contentores decorativos. Estes produtos serão conformados por moldação no estado plástico por meio da utilização de moldes. No caso das peças planas de maior dimensão é possível o reforço com vergas de ferro inclusas

no material, ou fibras de vidro. Cada uma das duas peças de mobiliário propriamente dito são construídas com dois materiais. Para além do material desenvolvido neste trabalho considerou-se a madeira de pinho (muito abundante) e o aço galvanizado tubular de secção quadrada (de baixo custo). Outras combinações de materiais, tais como outras madeiras naturais, derivados de madeira com diferentes tipos de acabamentos de superfície, tubos de alumínio ou de aço inoxidável podem facilmente alargar a coleção destes produtos. Os sistemas de união previstos entre estes materiais e o cimento carregado com resíduos de cerâmica e vidro serão nuns casos através de ferragens inseridas (chumbadas) na mistura de cimento durante o processo de conformação e solidificação (cura) das peças e noutros casos por encaixes simples.



Figura 6 - Imagens virtuais dos novos produtos de mobiliário doméstico fabricados com cimento carregado com resíduos de cerâmica e vidro: candeeiro (em cima) e contentores (em baixo).



Figura 7 - Imagens virtuais dos novos produtos fabricados com cimento carregado com resíduos de cerâmica e vidro: candeeiro (em cima) e contentores (em baixo).

A figura 8 pretende evidenciar a diversidade cromática dos produtos cerâmicos cozidos e dos vidros que podem vir a estar disponíveis nos respetivos resíduos. Este potencial cromático, onde todas as cores visíveis do espectro são praticamente possíveis de obter com vidros e com cerâmica vidrada, nomeadamente com vários efeitos ópticos, tais como transparentes, semitransparentes, opacos, reativos, monocromáticos, policromáticos, cristalinos, entre outros alargam o potencial criativo destes resíduos. Então por extrapolação, os resultados cromáticos obtidos neste trabalho podem ser altamente ampliados em função das diferentes cores disponíveis para os cascos de vidros e cacos cerâmicos.



Figura 8 – Fotografias de vidrados cerâmicos de diferentes cores [5] (esquerda) e de vidros planos de diferentes cores [6] (direita).

Conclusões

Este estudo perspetiva a possibilidade de dar resposta positiva aos desafios e às oportunidades para o desenvolvimento da economia circular no setor da cerâmica e do vidro nomeadamente a partir da valorização dos resíduos destas indústrias pelo seu elevado potencial de cor. O potencial que a cor destes resíduos pode ter ao nível da valorização e diferenciação de produtos de mobiliário e seus acessórios decorativos e de iluminação produzidos a partir de cimento, demonstra a possibilidade de simbioses industriais entre os setores da cerâmica e do vidro e da produção de artefactos em cimento.

Esta proposta material parece apresentar vantagens relativamente à comparação com a análise qualitativa dos ciclos de vida dos materiais identificados como concorrentes, como é o caso da exploração e transformação das rochas ornamentais naturais e das pedras sintéticas produzidas com base em resinas carregadas com minerais naturais e pigmentos corantes.

A proposta de novos produtos integrados no mobiliário doméstico tem em vista potenciar a aplicação dos materiais desenvolvidos neste estudo em mercados de maior valor acrescentado associados nomeadamente ao design de ambientes e à arquitetura de interiores potenciando ainda mais a valorização económica dos resíduos de cerâmica e do vidro.

As proposta de novos produtos nomeadamente dos que apresentam forma não plana (candeeiro e contentores) pretendem potenciar uma vantagem da competitividade dos materiais cimentícios carregados com resíduos de cerâmica e vidro relativamente aos materiais identificados neste estudo como seus concorrentes porque a obtenção de formas não planas e ocas a partir dos processos de conformação por via plástica com recurso a moldes (usados comumente nas pastas de cimento) afigura-se muito mais simples, económica e com menor consumo energético e menor impcto ambiental do que a maquinação de sólidos, como seria o caso da transformação das pedras ornamentais naturais nos mesmos produtos. Por outro lado, comercialmente as pedras artificiais apresentam-se nos mercados com formas planas pelo que não se afigura possível conseguir transformá-las nas formas do candeeiro e dos contentores propostos neste trabalho.

O cimento carregado com resíduos de cerâmica e vidro apresenta um custo muito mais baixo do que as pedras comerciais e do que as pedras sintéticas. Em especial para o resíduo de cerâmica vidrada cozida a proposta apresentada neste estudo afigura-se extremamente importante uma vez que estes resíduos não podem ser reciclados nos próprios processos cerâmicos e a sua possível inclusão como carga indiferenciada em misturas de cimentos e betões é economicamente inviável porque o custo da moagem destes resíduos que se distinguem por uma elevada dureza é difícil, tornando-os mais dispendiosos do que a aquisição de areiais ou britas.

Referências

- [1] - [20161122_EC_Booklet_Exposição-1.pdf \(cotecportugal.pt\)](#); acesso em fevereiro de 2021.
- [2] – <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/circular-economy/what-is-the-circular-economy>; acesso em fevereiro de 2020.
- [3] - Economia circular no setor do vidro e da cerâmica; Relatório do estudo realizado durante as jornadas técnicas da cerâmica e do vidro 2019; (2019).
- [4] – Almeida, M; Amado, A. e outros; A economia circular na indústria cerâmica; Conferência Internacional do ambiente em língua portuguesa; XX encontro REALP; Aveiro; (2018).
- [5] – <https://www.marphil.com/oxidos-colorantes-para-todos-los-gustos-y-tecnicas/> ; acesso em fevereiro de 2020.
- [6]- <https://colorglass-shop.com/es/>; acesso em fevereiro de 2020.