

ARGAMASSAS TÉCNICAS MULTIFUNCIONAIS – ARGAMASSAS TÉRMICAS LEVES

Isabel Torres^{1,2}
itorres@dec.uc.pt

Gina Matias²
ginamatias@itecons.uc.pt

Filipe Rei³
fr.primefix@gmail.com

Filipe Gomes³
das@primefix-technik.com

ÁREA: 3.3 SUSTENTABILIDADE NAS EDIFICAÇÕES REVITALIZADAS

Resumo

Considerando o papel fundamental das argamassas no comportamento global dos edifícios, nomeadamente no que respeita à proteção dos elementos construtivos e à sua contribuição significativa para o conforto térmico e acústico no interior dos espaços habitados, é fundamental a seleção de um produto adequado para a reparação ou substituição dos rebocos existentes. Argamassas multifuncionais com desempenho superior, adaptáveis a diversas circunstâncias e produzidas de forma sustentável apresentam-se como uma solução viável na recuperação e revitalização do património edificado. Neste sentido, foram desenvolvidas argamassas com incorporação de agregado reciclado de vidro e incorporação de pigmento comum e pigmento IR amarelo. Pretende-se, com este trabalho, desenvolver argamassas leves, com características térmicas melhoradas face a argamassas cimentícias comuns, e passíveis de aplicação em diferentes tipos de suportes. Avaliou-se o desempenho mecânico e físico das argamassas, através de ensaios de resistência à flexão e compressão, módulo de elasticidade, resistência adesiva em diferentes suportes, permeabilidade ao vapor de água, absorção de água por capilaridade e condutibilidade térmica. Foram obtidos resultados bastante satisfatórios, que permitem enquadrar as argamassas no contexto atual dos requisitos para marcação CE de argamassas de revestimento.

Palavras-chave: Argamassas sustentáveis
multifuncionalidade
Argamassas leves
Argamassas térmicas

¹ Departamento de Engenharia Civil da FCTUC / ADAI/LAETA, Universidade de Coimbra, Portugal

² ITeCons - Institute for Research and Technological Development in Construction, Energy, Environment and Sustainability

³ Primefix - Colas e Argamassas Técnicas, Lda.



ARGAMASAS TÉCNICAS MULTIFUNCIONALES - ARGAMASAS TÉRMICAS

Isabel Torres^{4,2}

itorres@dec.uc.pt

Filipe Rei⁶

fr.primefix@gmail.com

Gina Matias⁵

ginamatias@itecons.uc.pt

Filipe Gomes³

das@primefix-technik.com

AREA:3.3 SUSTENTABILIDADE NAS EDIFICAÇÕES REVITALIZADAS

Resumen

Considerando el papel fundamental de los morteros en el comportamiento global de los edificios, especialmente en lo que se refiere a la protección de los elementos constructivos y su contribución significativa al confort térmico y acústico dentro de los espacios habitados, es fundamental la selección de un producto adecuado para la reparación o sustitución de los revocos existentes. Los morteros multifuncionales con un rendimiento superior, adaptables a diversas circunstancias y producidos de forma sostenible, se presentan como una solución viable en la recuperación y revitalización del patrimonio edificado. En este sentido, se desarrollaron argamasas con incorporación de agregado reciclado de vidrio e incorporación de pigmento común y pigmento IR amarillo. Se pretende, con este trabajo, desarrollar argamasas ligeras, con características térmicas mejoradas frente a morteros cementosos comunes, y pasibles de aplicación en diferentes tipos de soportes. Se evaluó el desempeño mecánico y físico de los morteros, a través de ensayos de resistencia a la flexión y compresión, módulo de elasticidad, resistencia adhesiva en diferentes soportes, permeabilidad al vapor de agua, absorción de agua por capilaridad y conductividad térmica. Se obtuvieron resultados muy satisfactorios, que permiten encuadrar los morteros en el contexto actual de los requisitos para el mercado CE de morteros de revestimiento.

Palabras clave: Morteros sostenibles
Multifuncionalidad
Morteros ligeiros
Morteros térmicos

⁴ Departamento de Engenharia Civil da FCTUC / ADAI/LAETA, Universidade de Coimbra, Portugal

⁵ ITeCons - Institute for Research and Technological Development in Construction, Energy, Environment and Sustainability

⁶ Primefix - Colas e Argamassas Técnicas, Lda.

Introdução

Os revestimentos dos edifícios, sobretudo os revestimentos de parede, desempenham um papel fundamental no comportamento global dos mesmos. Como são os elementos de revestimento mais superficiais, são os mais expostos a agressões externas como as ações climáticas ou ações mecânicas, sendo por esse facto também os primeiros a necessitarem de reabilitação. Estes elementos vão também eles contribuir para o bom desempenho energético e durabilidade de toda a construção. Assim sendo é imprescindível que na escolha dos revestimentos a aplicar se tenha em consideração que os mesmos devem contribuir para a melhoria dos aspetos referidos sem comprometer as condições interiores de salubridade e segurança.

Apesar de já estarem disponíveis no mercado argamassas de cimento com incorporação de resíduos e subprodutos, existe ainda uma enorme disponibilidade para o desenvolvimento de argamassas técnicas multifuncionais que garantam um melhor desempenho energético, uma maior durabilidade, com funções de autolimpeza e de resistência a micro-organismos, personalização arquitetónica, adequadas à reabilitação e a uma construção mais sustentável.

A incorporação de subprodutos poderá permitir, o desenvolvimento, não apenas um produto mais ecológico, mas, simultaneamente, aumentar a resistência térmica da solução, alterar a capacidade de absorção, reflexão e emissão de radiação solar, visível e infravermelha, melhorando o seu desempenho em termos térmicos e a possibilitar a sua personalização em termos arquitetónicos.

O estudo que se apresenta está incluído numa investigação mais alargada de desenvolvimento de diversas argamassas multifuncionais com desempenho superior, o projecto co-financiado “EFTM - Ecological and Functional Technical Mortars”, que permitam minimizar gastos energéticos, aumentar a durabilidade e mitigar algumas das patologias mais frequentes que conduzem à sua degradação precoce. As argamassas a desenvolver pretendem contribuir para:

- a redução do impacto ambiental;
- a redução das necessidades energéticas associadas à climatização de edifícios;
- o aumento do conforto interior dos edifícios (higrotérmico e acústico);
- a redução do consumo de matérias-primas naturais através da incorporação de resíduos/subprodutos.

O que se pretende apresentar neste artigo é a análise do comportamento de argamassas com incorporação de Poraver que é um agregado leve fabricado a partir de vidro reciclado e com introdução de pigmentos. Com a incorporação do vidro reciclado pretende-se, por um lado, contribuir para a redução da deposição em aterro de resíduos e, por outro lado, melhorar o comportamento térmico da argamassa. A introdução de pigmentos com uma refletividade elevada da radiação infravermelha e baixa emissividade térmica irá contribuir também para a melhoria do comportamento térmico da argamassa e ainda permitir a personalização arquitetónica da mesma.

No processo de fabrico do Poraver, o vidro quebrado é finamente esmagado e expandido de forma a obter grânulos esféricos. O material resultante apresenta um peso muito baixo e com alta resistência à compressão, bom isolamento térmico e acústico e boa resistência química.

A argamassa de cimento Portland da classe II 52,5 N com introdução de Poraver foi a argamassa de referência, cujo comportamento se comparou com o comportamento de outras argamassas com introdução de pigmentos normais (óxidos de ferro) e pigmentos IR.

Estes pigmentos ao serem introduzidos nas argamassas podem conferir às mesmas a capacidade de regular a emissão ou a absorção de radiação. Podem ser utilizados em dispersão aquosa ou em microcápsulas (1) e apresentam uma elevada refletividade da luz solar na região próxima da radiação infravermelha (2,3). Já têm sido utilizados, com bons resultados, em coberturas, paredes e vidros, diretamente nas superfícies ou incorporados em elementos como telhas e ladrilhos (4-8).

Nos estudos anteriormente realizados foram registadas reduções significativas da temperatura superficial dos revestimentos, que se refletem, necessariamente, na redução do consumo energético dos edifícios

Gobakis et al. (1) adicionou pigmentos IR em argamassas de cal hidráulica natural e observou uma redução da temperatura superficial de paredes com exposição ambiental exterior, com um contributo para a redução do consumo energético dos edifícios de até 20%. A adição de esferas de vidro permitiu, ainda, o aumento deste valor para cerca de 30%.

A incorporação de pigmentos fluorescentes NIR nas novas argamassas permitirá, não só, o desenvolvimento de produtos com um desempenho térmico elevado, mas também alternativas de coloração que poderão variar em função da radiação incidente. Assim, será possível dispensar as comuns camadas de acabamento para coloração e personalizar a cor apresentada pelas superfícies.

Campanha experimental

Como foi referido anteriormente, com esta investigação, pretendeu-se analisar o comportamento de argamassas com incorporação de Poraver que é um agregado leve fabricado a partir de vidro reciclado e com introdução de pigmentos.

Como argamassa de referência considerou-se a argamassa Primelight R20, constituída por 36% de ligante, um cimento Portland da classe II 52.5 N, 2 64% de agregado leve Poraver, e alguns aditivos.

Seguidamente, a esta formulação foram adicionados pigmentos normais (óxidos de ferro) e pigmentos IR, resultando então mais duas formulações.

As três argamassas referidas foram caracterizadas experimentalmente determinando-se as resistências mecânicas de acordo com a EN1015-11:1999 (9), o módulo de elasticidade de acordo com a NP EN 14146:2006 (10), a permeabilidade ao vapor de água de acordo com a NP EN 1015-19:2008 (11), a massa volúmica de acordo com EN 1015:10: 1999 (12), o coeficiente de absorção de água por capilaridade de acordo com a EN1015-18:2002 (13), a condutibilidade térmica de acordo com a EN 12664: 2001 (14) e ISO 8302: 1991 (15). A argamassa de referência foi ainda aplicada em diversos suportes (tijolo cerâmico, betão, gesso cartonado, contraplacado de bétula, MDF standard, porcelânico, ICB, EPS e bloco de betão) e a sua resistência adesiva foi determinada de acordo com a EN 1015-12: 2000 (16).

Como os objetivos principais são conseguir uma argamassa com comportamento térmico melhorado e personalização arquitetónica, analisaram-se mais 2 composições em que se alterou o tipo de pigmento. No 1º caso o pigmento apresenta uma coloração amarela e no 2ª uma coloração cinza. Para estas últimas formulações apenas se analisou o comportamento térmico.

Na Tabela 1 apresentam-se todas as formulações analisadas.

Tabela 1: Formulações analisadas.

Referência	Descrição
Primelight R20	Argamassa constituída por 36% de cimento Portland (II 52.5 N, 2), 32% de Poraver, 32% de carbonato de cálcio cristalino utilizado como filler e alguns aditivos.
Primelight R20 AM IR	Argamassa semelhante à Primelight R20, com introdução de pigmentos IR, Heucodur GelB 256
Primelight R20 AM 9020	Argamassa semelhante à Primelight R20, com introdução de pigmentos normais, Amarelo 9020
Primelight R20 CZ IR	Argamassa semelhante à Primelight R20, com introdução de pigmentos IR, Heucodur IR Black 945
Primelight R20 CZ P3037	Argamassa semelhante à Primelight R20, com introdução de pigmentos IR, Preto 3037

Resultados obtidos

Na Figura 1 apresentam-se os resultados obtidos, respetivamente, para a resistência à flexão e resistência à compressão, para todas as argamassas. Podemos observar que a introdução dos pigmentos reduziu ambas as resistências. A redução observada foi idêntica para ambos os pigmentos.

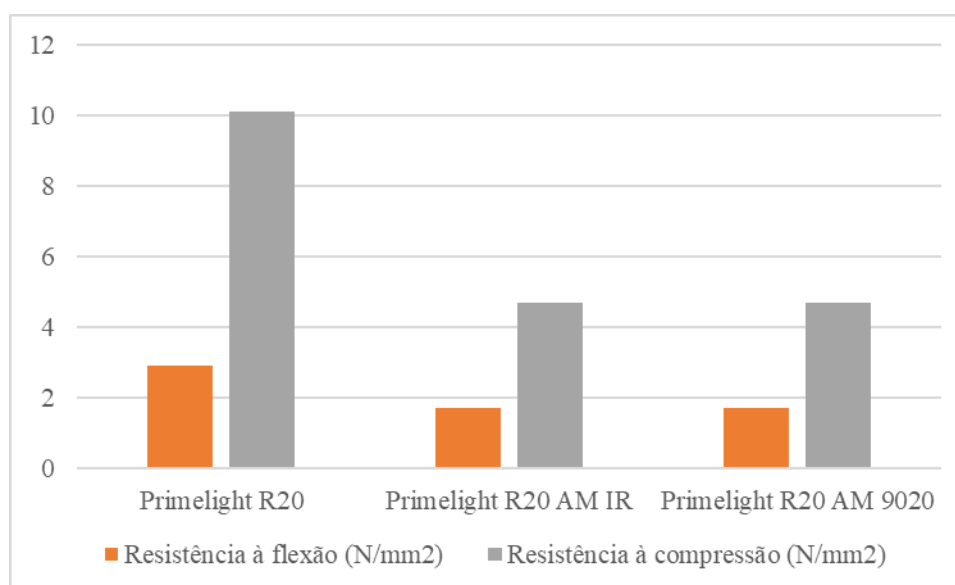


Figura 1: Resistência à flexão e resistência à compressão

Na Figura 2 são apresentados os resultados obtidos para o módulo de elasticidade e novamente aqui se observa que introdução dos pigmentos provocou a redução do módulo de elasticidade de uma forma idêntica para ambos os pigmentos.

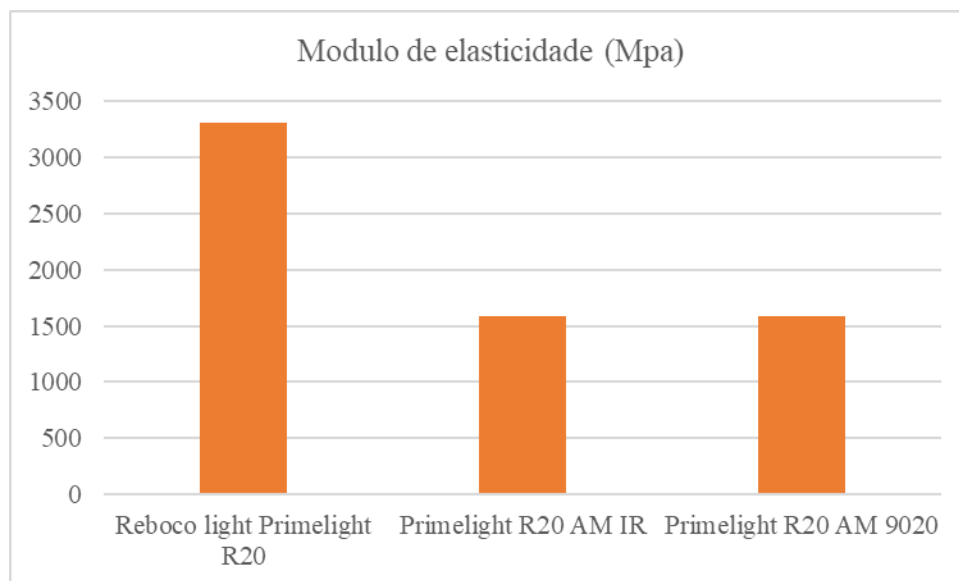


Figura 2: Módulo de elasticidade

Na Figura 3 estão apresentados os resultados obtidos para a massa volúmica e também aqui podemos ver que a introdução dos pigmentos alterou este parâmetro, fazendo com que ele visse o seu valor reduzido. A redução observada foi idêntica para ambos os pigmentos.

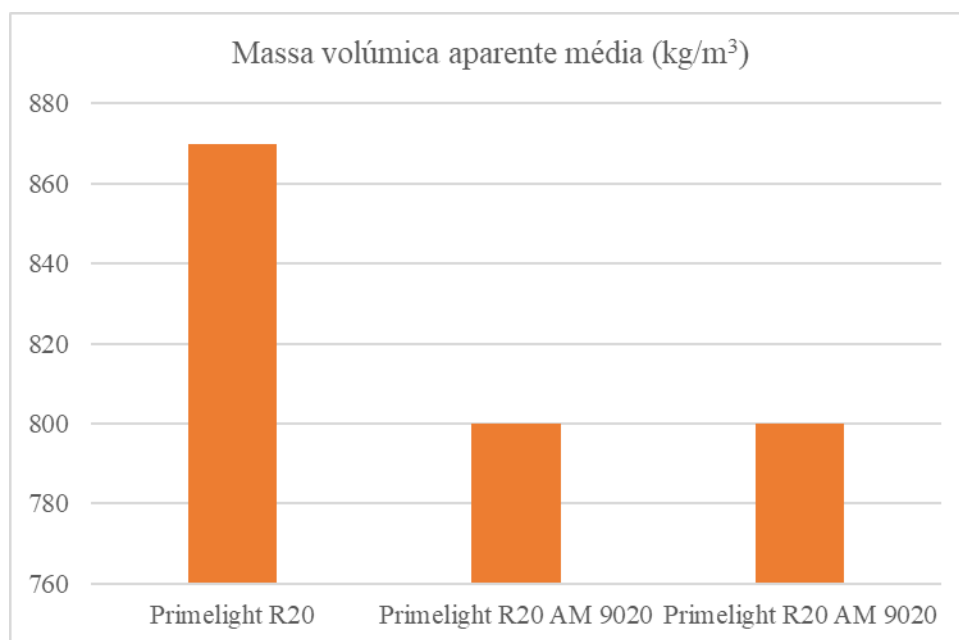


Figura 3: Massa volúmica

Nas Figuras 4 e 5 podemos observar os resultados obtidos para o coeficiente de absorção de água e coeficiente de permeabilidade ao vapor de água, respetivamente, e vemos que a introdução dos pigmentos altera também estes parâmetros, reduzindo-os de forma idêntica para os dois tipos de pigmentos.

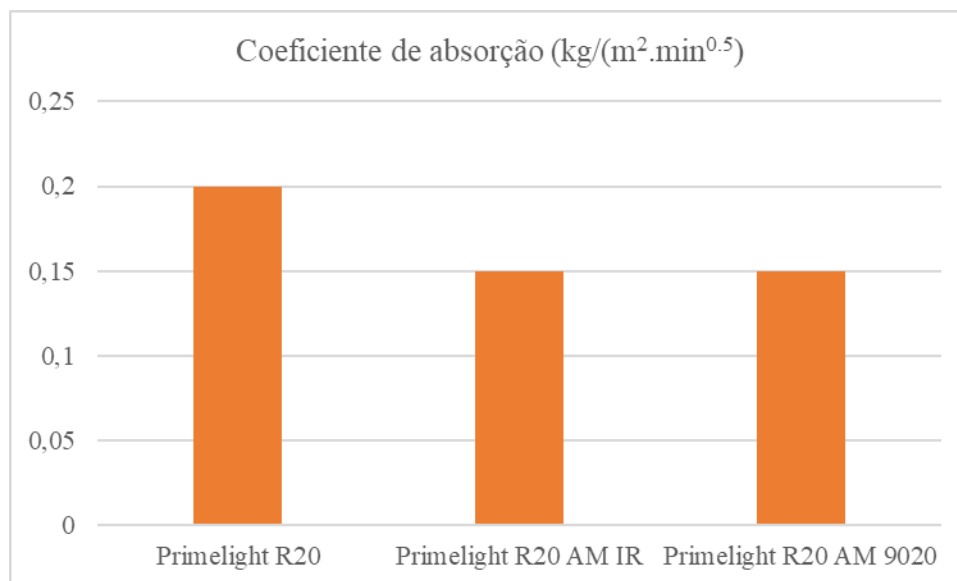


Figura 4: Coeficiente de absorção

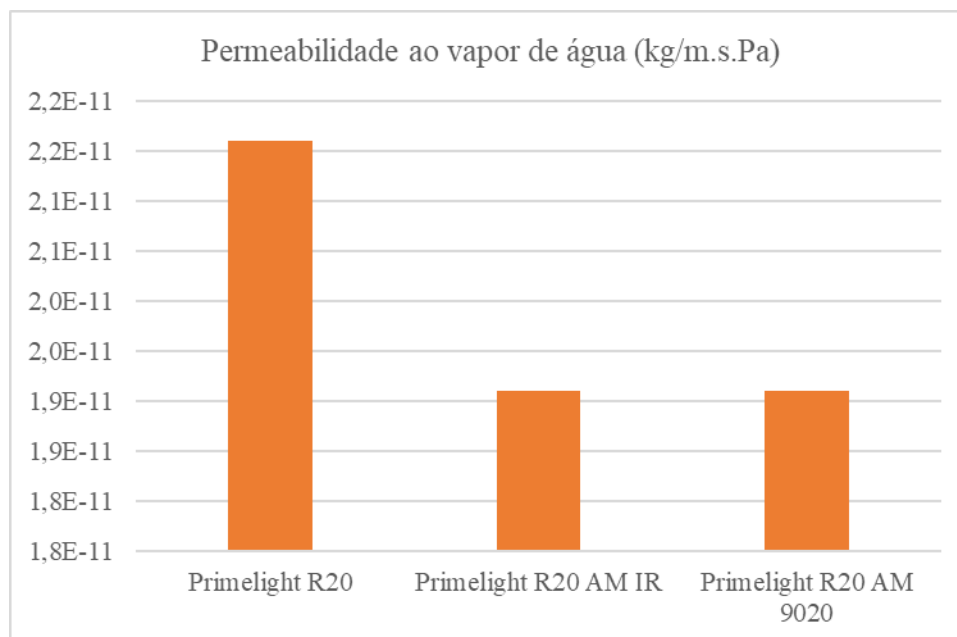


Figura 5: Coeficiente de permeabilidade ao vapor de água

Na Figura 6 apresentam-se os resultados do ensaio de caracterização mais importante para as argamassas em estudo, o coeficiente de condutibilidade térmica, que reflete o comportamento térmico. Podemos observar que, tal como pretendido a introdução de pigmentos reduz a condutibilidade térmica das argamassas. Esta redução é mais significativa quando se introduzem os pigmentos cinzas.

Os valores obtidos, entre os 0,2 e os 0,202 são valores muito interessantes para este tipo de materiais.

Finamente na Tabela 2 podemos ver os resultados do ensaio de arrancamento (pull-off) para a aplicação da argamassa Primelight R20 em diversos suportes, nomeadamente, tijolo cerâmico, betão maciço, gesso cartonado, contraplacado de bétula, MDF standard, mosaico porcelânico, ICB, EPS e bloco betão perfurado. Foram obtidos alguns resultados

interessantes, nomeadamente para o tijolo e os betões. De referir que o tipo de rotura A se refere à fratura na interface entre a argamassa e o suporte e, portanto, o valor do ensaio é igual à resistência adesiva. Já a rotura tipo B refere-se a fratura no seio da argamassa e a rotura tipo C a fratura no suporte. Em qualquer destes casos a resistência adesiva é maior do que o valor do ensaio.

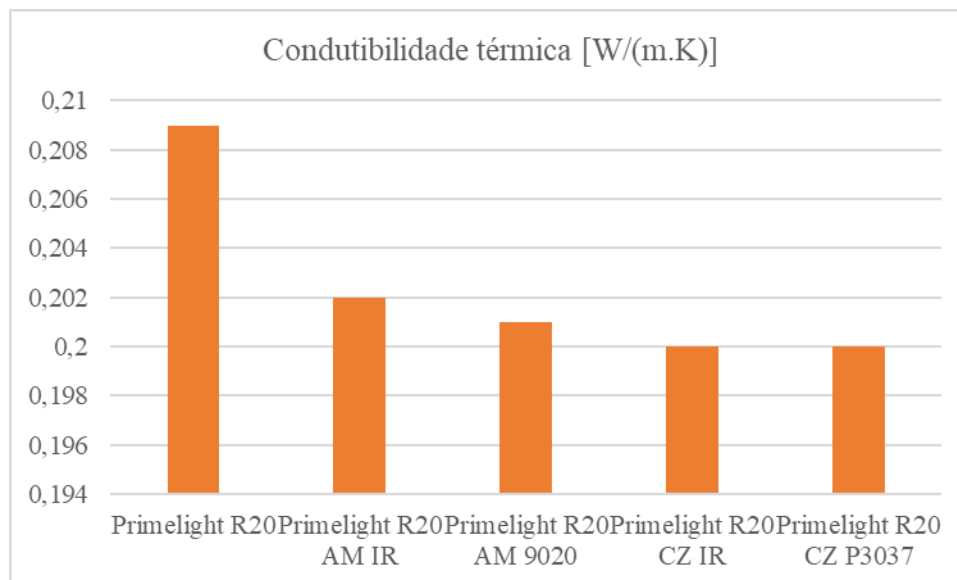


Figura 6: Condutibilidade térmica de todas as argamassas

Tabela 2: Resistência adesiva

Resistência adesiva da argamassa		Fu (N/mm ²)	Tipo de rotura
Primelight R20	Tijolo cerâmico	0,69	Fratura A
	Betão maciço	0,35	Fratura A
	Gesso cartonado	0,16	Fratura A
	Contraplacado de bétula	0,11	Fratura A
	MDF Standard	0,02	Fratura A
	Porcelânico	0,08	Fratura A
	ICB	0,08	Fratura C
	EPS	0,09	Fratura C
	Bloco de betão perfurado	0,71	Fratura B

Síntese e análise crítica dos resultados

Como um dos objetivos era conseguir uma argamassa que pudesse ser considerada com argamassa térmica de acordo com a norma NP EN 998-1 (17), na Tabela 3 apresentam-se os requisitos mínimos exigidos pela referida norma.

Tabela 3: Requisitos para argamassa térmica segundo a norma NP EN 998-1

Parâmetro de ensaio	Requisito
Massa volúmica (kg/m ³)	Valor declarado
Resistência à compressão (MPa)	Categoria CS I (0,4 a 2,5) a CS II (1,5 a 5,0)
Coefficiente de absorção de água ((kg/m ² .min ^{0,5}))	Categoria W1 (≤0,40)
Fator de resistência à difusão de vapor (-)	≤15
Coefficiente de condutibilidade térmica (W/m.°C)	T1 (≤0,1) ou T2 (≤0,2)

Comparando os valores apresentados na tabela e os valores obtidos experimentalmente para as argamassas com pigmentos podemos concluir que: ambas as argamassas Primelight R20 AM IR e Primelight R20 AM 9020 cumprem o requisito da resistência à compressão pois o valor obtido foi de 4,7 MPa para ambas. Quanto ao coeficiente de absorção de água, o valor obtido para ambas as argamassas foi de 0,15 ($\text{kg/m}^2 \cdot \text{min}^{0,5}$), inferior aos 0,4 exigidos pela norma. No que respeita ao fator de resistência à difusão de vapor o valor obtido por ambas as argamassas foi de 10, inferior ao requisito da norma que é 15. Finalmente a condutibilidade térmica, o valor obtido por todas as argamassas foi de 0,2W/m.°C, em oposição ao requisito da norma que é de 0,2.

Podemos então concluir que as argamassas analisadas podem ser consideradas argamassas térmicas T2, e obter marcação CE, de acordo com o preconizado na norma NP EN 998-1.

Conclusões

Como foi referido anteriormente o estudo apresentado está integrado num projeto mais alargado cujo principal objetivo é o desenvolvimento de argamassas multifuncionais com elevado desempenho, que conduzam a uma economia de recursos energéticos, com aumento da sua durabilidade e que possam incorporar resíduos diversos, reduzindo a deposição em aterro e melhorando as características das mesmas.

Este estudo em particular, debruçou-se sobre o desenvolvimento de argamassas de revestimento cimentícias, com incorporação de grânulos de vidro reciclado que, devido à sua leveza e propriedades irão melhorar o seu comportamento térmico e acústico. A incorporação de pigmentos conduzirá também a uma melhoria do comportamento térmico pela elevada refletividade da luz solar.

Após a caracterização experimental realizada podemos concluir que a substituição do agregado por vidro reciclado diminuiu muito a sua massa específica e aumentou bastante a sua resistência térmica. A adição dos pigmentos melhorou ainda mais o comportamento térmico das argamassas.

Concluimos assim que as argamassas obtidas apresentam um comportamento térmico bastante melhorado de tal forma que poderão ser classificadas com argamassas térmica, à luz da NP EN 998-1.

Agradecimentos

O trabalho apresentado está enquadrado no projeto CENTRO-01-0247-FEDER-017657 (EFTM), inserido no programa Portugal 2020, financiado pelo COMPETE 2020.

Bibliografia

(1) Gobakis, K., Kolokotsa, D., Maravelaki-Kalaitzaki, N., Perdikatsis, V., Santamouris, M., **Development and analysis of advanced inorganic coatings for buildings and urban structures**, Energy and Buildings 89 (2015) 196–205.

(2) Karlessi, T., Santamouris, M., Apostolakis, K., Synnefa, A., Livada, I., **Development and testing of thermochromic coatings for buildings and urban structures**, Solar Energy 83 (2009) 538–551.

(3) Soumya, S., Peer Mohamed, A., Kiran Mohan, Ananthakumar, S., **Enhanced near-infrared reflectance and functional characteristics of Al-doped ZnO nano-pigments embedded PMMA coatings**, Solar Energy Materials & Solar Cells 143 (2015) 335–346.



- (4) Viasnoff, E., **Thin films including nanoparticles with solar reflectance properties for building materials**, US Patent 8623499 B2, 2014.
- (5) Ma, Y., Zhu, B., **Research on the preparation of reversibly thermochromic cement based materials at normal temperature**, Cement and Concrete Research 39 (2009) 90–94.
- (6) Synnefa, A., Santamouris, M., Livada, I., **A study of the thermal performance of reflective coatings for the urban environment**, Solar Energy 80 (2006) 968–981.
- (7) Soumya, S., Peer Mohamed, A., Kiran Mohan, Ananthakumar, S., **Enhanced near-infrared reflectance and functional characteristics of Al-doped ZnO nano-pigments embedded PMMA coatings**, Solar Energy Materials & Solar Cells 143 (2015) 335–346.
- (8) Han, A., Ye, M., Liu, L., Feng, W. Zhao, M., **Estimating thermal performance of cool coatings colored with high near-infrared reflective inorganic pigments: Iron doped La₂Mo₂O₇ compounds**, Energy and Buildings 84 (2014) 698–703
- (9) **Methods of test for mortar for masonry Part 11: Determination of flexural and compressive strength of hardened mortar**. EN 1015-11:2006, CEN, Brussels.
- (10) **Métodos de ensaio para pedra natural. Determinação do módulo de elasticidade dinâmico (através da medição da frequência de ressonância fundamental)**. IPQ, 2006. NP EN 14146:2006; Caparica, Portugal.
- (11) **Métodos de ensaio de argamassas para alvenaria. Parte 19: Determinação da permeabilidade ao vapor de água de argamassas de reboco endurecidas**. NP EN 1015-19:2008; Instituto Português da Qualidade, Lisboa
- (12) **Methods of test for mortar masonry - Part 10: Determination of dry bulk density of hardened mortar**. EN 1015:10: 1999 CEN, Brussels
- (13) **Methods of test for mortar for masonry Part 18: Determination of water absorption coefficient due to capillary action of hardened mortar**. EN 1015-18:2002, CEN, Brussels.
- (14) **Thermal performance of building materials and products - Determination of thermal resistance by means of guarded hot plate and heat flow meter methods - Dry and moist products of medium and low thermal resistance**. EN 12664: 2001 CEN, Brussels
- (15) **Thermal insulation: Determination of steady-state thermal resistance and related properties - Guarded hot plate apparatus** ISO 8302: 1991, London: International Organization for Standardization
- (16) **Methods of test for mortar for masonry. Part 12: Determination of adhesive strength of hardened rendering and plastering mortars on substrates**. EN 1015-12:2000 CEN, Brussels
- (17) **Especificação de argamassas para alvenarias. Parte 1: Argamassas para rebocos interiores e exteriores** NP EN 991:2013 Caparica, Portugal: IPQ.