

ARGAMASSAS AUTONIVELANTES PARA PISOS: CONTRIBUIÇÃO DOS FINOS RESIDUAIS¹

CARVALHO, H. D. S., Universidade Federal de Santa Catarina, email: hdsc2012@gmail.com;
CHERIAF, M., Universidade Federal de Santa Catarina, email: malik.cheriaf@gmail.com;
ROCHA, J. C., Universidade Federal de Santa Catarina, email: janaide.rocha@ufsc.br

ABSTRACT

Self-levelling mortar are a fluid product that has as a low viscosity and high fluidity. This mortars requires no vibration and levelling, having very low thickness (30 mm). The purpose of this study was to evaluate fresh properties of self-levelling SLU using three by-products: bottom-ashes, fine elements of quarry limestone and fine elements from recycled-concrete-waste. Portland Cement OPC was partially replaced by 0,10%, 15% e 20% of fines. The water/binder was fixed at 0.50 and mix proportion 1:2 cement and sand (by weight) was used. Fresh properties were examined: flow, plastic shrinkage and curling. The curling phenomenon is high (more than 1,70 mm to mortar based on fine from recycled concrete waste). Higher early curling was obtained to mortar with quarry limestone. A good performance could be assured with ternary mixes with bottom ashes (curling less than 1mm).

Keywords: Self-levelling. Shrinkage. Residuals Fines.

1 INTRODUÇÃO

As argamassas autonivelantes para pisos são caracterizadas por sua capacidade de se espalhar rapidamente e autonivelar, sem necessidade de intervenção manual ou mecânica. A homogeneidade dos compostos é necessária para assegurar características de resistência e durabilidade do produto final, sendo imprescindível que a mistura apresente alta estabilidade (MEHDIPOUR et al. 2103). As propriedades mais importantes de uma argamassa autonivelante são: o auto nivelamento, baixa viscosidade, adensamento rápido, tempo de enrijecimento rápido, rápido ganho de resistência, estabilidade dimensional, resistência final elevada, durabilidade da superfície e uma forte adesão com o substrato.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A utilização de argamassa autonivelante produzida com finos residuais oferece vantagens ambientais e econômicas. Dentre essas vantagens, pode-se destacar a utilização de resíduos oriundos de outros processos, como fonte de adições para substituir parte do cimento Portland, e ainda, melhorar as características do produto final, principalmente as propriedades reológicas (ALRIFAI et al. 2013). Em tais argamassas é de fundamental importância o uso de materiais finos para garantir o autoadensamento e atingir a fluidez especificada. A utilização da parcela fina do RCD, pode ser

¹ CARVALHO, H. D. S.; CHERIAF, M.; ROCHA, J. C. Argamassas autonivelantes para pisos: contribuição dos finos residuais. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 17., 2018, Foz do Iguaçu. **Anais...** Porto Alegre: ANTAC, 2018.

uma solução sustentável (LÓPEZ et al. 2015).

O desenvolvimento de argamassas autonivelantes à base de cimento ainda é limitado por causa de problemas como fissuras ou empenamento dos cantos (Georgin et al. 2008). Estas fissuras são ocasionadas pela retração por secagem, influenciada pelo elevado teor de partículas finas necessárias para atingir a fluidez necessária (SEIFERT et al. 2012; ONISHI; BIER, 2010).

Materiais finos são essenciais para a produção dessas argamassas. Na Espanha, os agregados graúdos naturais podem ser substituídos por Resíduos de Construção/Demolição Civil (RCD) para produção de concreto em proporções de 20% a 100% (ACHE, 2015; AENOR, 2018), no entanto a fração fina de RCD não é permitida. A maior dificuldade para utilização dos finos de RCD está relacionada com a sua elevada absorção de água (ZHAO et al. 2015).

Já o emprego de finos minerais oriundos da cinza Pesada (CZP) quando utilizada como substituto do agregado miúdo natural pode melhorar a cura interna, além de reduzir as forças capilares, a temperatura de hidratação e consequentemente a retração em concretos (Andrade et al. 2009).

Nesse contexto, no presente trabalho foram produzidas argamassas autonivelantes utilizando finos de resíduos (RCD e CZP) como substitutos parciais do Cimento Portland.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

Os materiais utilizados na pesquisa foram Cimento Portland CP V - ARI (Alta Resistência Inicial), as adições Filer Calcário (FC), finos de Resíduos de Construção e Demolição (RCD) e finos de Cinza Pesada (CZP). Como agregado foi utilizada a areia natural, com granulometria fina (grãos inferiores a 2 mm) e um aditivo superplastificante (SP) com base química Policarboxilato.

Os finos (RCD, CZP e FC) foram utilizados como substitutos parciais do cimento Portland CP V ARI, em porcentagens de 10%, 15% e 20%. A substituição do cimento pelos finos foi realizada com relação ao volume absoluto dos materiais, em função da diferença entre as massas específicas dos finos. A areia e os finos foram adicionados à seco. O consumo de cimento (Kg/m^3) e os teores de substituição dos finos são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1: Consumo de cimento (Kg/m^3).

Argamassa	Consumo de	Teor de	Teor de finos (%)
-----------	------------	---------	-------------------

Autonivelante	cimento CPV	substituição de cimento	FC	RCD	CZP
FC 10	536,41		10		
FC + RCD 10	534,22	10%	5	5	
FC + CZP 10	530,12		5		5
FC + RCD + CZP 10	529,40		5	2.5	2.5
FC 15	527,97		15		
FC + RCD 15	517,93	15%	7.5	7.5	
FC + CZP 15	528,41		7.5		7.5
FC + RCD + CZP 15	516,30		7.5	3.75	3.75

Inicialmente foram realizados experimentos para avaliar a consistência da argamassa no estado fresco. As misturas foram compostas por uma relação 1:2 (cimento/agregado) e um fator a/c (água/cimento) de 0,5.

Após a realização dos ensaios no estado fresco e escolhas das argamassas com propriedades de fluidez e coesão satisfatórias para argamassas autonivelantes, foram desenvolvidos os ensaios no estado endurecido para avaliar a temperatura de hidratação, a retração por secagem e o empenamento, visando obter indicadores de durabilidade.

Buscou-se um espalhamento entre 24 e 27 cm, obtido com mini tronco de cone, verificados os espalhamentos sobre uma placa de vidro marcada com diâmetros 20 cm, 25 cm e 30 cm (Figura 1). O valor final do espalhamento registrado foi a média entre duas medidas perpendiculares. Os procedimentos para realização dos ensaios foram realizados de acordo com as especificações estabelecidas na EFNARC (2002).

Figura 1: Ensaio de espalhamento em argamassas autonivelantes.



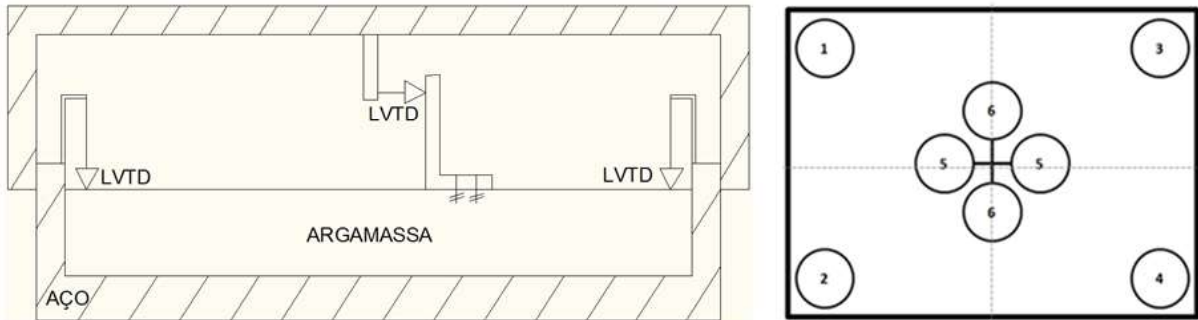
Fonte: Autores.

As argamassas autonivelantes escolhidas foram aquelas que se comportaram coesas sem sinais de segregação ou exsudação.

Para avaliar os deslocamentos dos cantos (*curling*) foi feito experimento em placas. Os valores dos deslocamentos para o efeito *curling* foram verificados por seis LVDTs, sendo quatro posicionados nos cantos e dois no centro. Em

seguida, os deslocamentos foram processados em um equipamento de aquisição de dados (Data Logger) e armazenados em um computador. A disposição dos LVDTs é apresentada na Figura 2.

Figura 2 – Esquema do aparato para ensaio de *curling*.



Fonte: Autores.

A retração linear foi medida utilizando um LVDT, para verificar a deformação em uma direção (horizontal). De maneira similar ao ensaio de empenamento "*curling*", os dados registrados pelo LVDT foram processados em um Data Logger e armazenados em um computador. Após início de endurecimento da argamassa, foram iniciadas as coleta dos dados da retração linear e do empenamento, realizadas continuamente por um período de 5 dias (Figura 3). A temperatura (23 ± 2) °C e umidade ($60\% \pm 5$) foram controladas durante todo o período de ensaio.

Figura 3: Ensaios de retração linear e empenamento "*curling*".



Fonte: Autores.

4 RESULTADOS

4.1 Fluides da argamassa

Os resultados de espalhamento das argamassas escolhidas, com os respectivos teores de aditivos utilizados encontram-se resumidos na Tabela 2.

Tabela 2: Seleção das argamassas autonivelantes.

Identificação	Aditivo (%)	Espalhamento (cm)	Finos (%)
FC 10	0,25	26,0	
FC + RCD 10	0,35	26,5	10%
FC + CZP 10	0,40	26,0	
FC + RCD + CZP 10	0,30	26,0	
FC 15	0,30	25,5	
FC + RCD 15	0,30	25,5	15%
FC + CZP 15	0,40	25,0	
FC + RCD + CZP 15	0,40	25,5	

Fonte: Os Autores.

O teor máximo do aditivo SP utilizado foi 0,40%. Acima desse valor, o espalhamento das argamassas não variou significativamente. Além disso, grande parte das misturas com 0,45% e 0,50% apresentaram sinais de exsudação e/ou segregação.

Foi verificado que o espalhamento diminuiu com o aumento da porcentagem de finos, em todas as misturas analisadas. Tal efeito pode ser explicado pelo aumento da finura e da área superficial específica dos finos, pois com o aumento do teor de finos torna-se necessário mais água para molhar a superfície das partículas e manter a mesma fluides.

Também foram testadas misturas com 20% de substituição de cimento pelos finos, de maneira idêntica às misturas com 10% e 15% de substituição. Entretanto, as amostras compostas com FC + CZP e FC + RCD + CZP apresentaram segregação, além de proporcionarem menores valores de espalhamento. Dessa forma, os resultados de espalhamento para teores de substituição de 20% não foram considerados satisfatórios.

4.2 Variação Dimensional - Retração Linear

Os resultados de retração linear são apresentados na Tabela 3.

Tabela 3: Retração linear

Identificação das argamassas autonivelantes	Deformação máxima (mm) 5 dias
FC 10	0,0087
FC + RCD 10	0,0030
FC + CZP 10	0,0015
FC + RCD + CZP 10	0,0014
FC 15	0,0009
FC + RCD 15	0,0091
FC + CZP 15	0,0015
FC + RCD + CZP 15	0,0006

Para as argamassas com 10% de substituição, todas as misturas com finos reciclados foram mais eficientes que a referência, pois apresentaram menores deslocamentos. Enquanto que para 15% de substituição, a argamassa FC + RCD 15 apresentou o pior resultado de todas as amostras testadas. No entanto, a argamassa FC + RCD + CZP 15 apresentou os menores deslocamentos de retração linear (0,006 mm) das oito misturas analisadas. As misturas FC + CZP não apresentaram grandes variações de deslocamentos com o aumento no teor de finos (10% para 15%). Diante dos resultados foi possível concluir que as misturas FC + CZP e FC + RCD + CZP, apresentaram bons resultados para ambas as porcentagens de substituições (10 e 15%).

4.3 Variação Dimensional – Empenamento de bordas

As médias dos valores dos deslocamentos máximos nos cantos e no centro da placa são apresentadas na Tabela 4.

Tabela 4: Deformações médias nos cantos e no centro das placas.

Identificação das argamassas autonivelantes	Deformação média dos cantos (mm)	Deformação média no centro (mm)
FC 10	1,1083	0,2313
FC + RCD 10	1,7812	0,3241
FC + CZP 10	0,8970	0,2241
FC + RCD + CZP 10	1,0758	0,3068
FC 15	1,5678	0,3315
FC + RCD 15	1,3309	0,3561
FC + CZP 15	0,7400	0,2055
FC + RCD + CZP 15	0,9646	0,0760

Para 10% de substituição, apenas a amostra FC + RCD 10 apresentou valores de deslocamento médio dos cantos, maior do que a referência (FC). Para 15% de substituição, todas as argamassas autonivelantes foram mais eficientes que a referência e a amostra FC + CZP 15 apresentou o melhor resultado de todas as argamassas produzidas. Foi possível observar uma redução nos resultados de deslocamento dos cantos, com o aumento do teor de finos, exceto para a argamassa de referência.

As variações dimensionais devido ao processo de secagem das placas geram como resultados curvas ascendentes, que são mais acentuadas nos cantos (*curling*). A argamassa autonivelante FC + CZP 15, obteve 0,74 mm de deslocamento médio nos cantos (*curling*) para 130 horas de ensaio (Tabela 4).

Os menores valores de retração observados estão relacionados com o efeito de cura interna em função da adição da cinza pesada. As características da porosidade da cinza pesada proporcionam uma maior absorção inicial de água sugerindo-se que teve sua liberação gradativa durante o processo de secagem da argamassa. Portanto, a umidade relativa interna da argamassa sofre menores variações e a retração por secagem pode ser reduzida (WYRZYKOWSKI et. al 2016).

Após inspeção visual, verificou-se que nenhuma das amostras produzidas apresentou fissuras.

5 CONCLUSÕES

No estudo de dosagem de argamassas autonivelantes foi possível verificar que é aceitável o uso dos finos reciclados (RCD e CZP) para 10 e 15% de substituição do cimento e teores de aditivo SP máximos de 0,40% da massa de aglomerante.

Para as argamassas com finos de RCD obteve-se valores de espalhamento próximos aos da argamassa de referência (FC), além de apresentarem uma consistência adequada e um bom aspecto visual.

As argamassas com finos de CZP ativeram menor exsudação, apesar de menor espalhamento em relação à argamassa de referência. Com isso, a utilização de FC + CZP em composições binárias de aglomerantes (CP + FC + CZP) demandou maiores quantidades de aditivo SP.

Tais argamassas inovadoras tem ausência de normatiza técnicas e para elaboração de referenciais tecnológicos aspectos relacionados ao risco de empenamento devem ser incorporados para a avaliação da retração, sendo esse um dos principais problemas gerados em argamassas autonivelantes. A utilização de finos de Cinza Pesada (CZP) reduzem os valores da retração por secagem e as argamassas: FC + CZP 15 e FC + RCD + CZP 15 foram as composições mais eficientes.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à CAPES e CNPq pelo apoio financeiro.

REFERÊNCIAS

ACHE, **Use of recycled aggregates for production of structural concrete**. Asociación Científica del Hormigón Estructural, Madrid, 2005 (in Spanish).

AENOR, EHE-08 **regulation of structural concrete**, Spain, 2008 (in Spanish).

ALRIFAI, A.; AGGOUN, S.; KADRI, A.; KENAI, S.; KADRI, E.H. **Paste and mortar studies on the influence of mix design parameters on autogenous shrinkage of self-compacting concrete**. Construction and Building Materials, v. 47, p. 969-976, 2013.

ANDRADE, L.B.; ROCHA, J.C.; CHERIAF, M. **Influence of coal bottom ash as fine aggregate on fresh properties of concrete**. Construction and Building Materials, v. 23, p. 609-614, 2009.

EFNARC – European Federation for Especialist Construction and Concrete Systems. **Specification and guidelines for self-compacting concrete**. In, EFNARC, 2002.

GEORGIN, J.F.; AMBROISE, J.; PÉRA, J.; REYNOUARD, J.M. **Development of self-leveling screed based on calcium sulfoaluminate cement: modelling of curling due to drying**. Cement & Concrete Composites, v.30, p. 769–778, 2008.

LÓPEZ, D.C.; FONTEBOA B. G.; BRITO J.; ABELLA, F. M.; TABOADA, I.G.; SILVA, S. **Study of the rheology of self-compacting concrete with fine recycled concrete aggregates.** Construction and Building Materials, v. 96, p. 491-501, 2015.

MEHDIPOUR, I.; RAZZAGUI, M.S.; AMINI, K.; SHEKARCHI, M. **Effect of mineral admixtures on fluidity and stability of self-consolidating mortar subjected to prolonged mixing time.** Construction and Building Materials, v. 40, p. 1029-1037, 2013.

ONISHI, K.; BIER, T. **Investigation into relations among technological properties, hydration kinetics and early age hydration of self-leveling underlayments.** Cement and Concrete Research, v.40, p. 1034-1040, 2010.

SEIFERT, S.; NEUBAUER, J.; NEUNHOEFFER, F.G. **Spatially resolved quantitative in-situ phase analysis of a self-leveling compound.** Cement and Concrete Research, v.42, p. 919-927, 2012.

WYRZYKOWSKI, M.; GHOURCHIAN, S.; SINTHUPINYO, S.; CHITVORANUND, N.; CHINTANA, T.; LURA, P. **Internal curing of high performance mortars with bottom ash.** Cement & Concrete Composites, v. 71, p. 1 – 9, 2016.

ZHAO, Z.; REMOND, S.; DAMIDOT, D.; XU, W. **Influence of fine recycled concrete aggregates on the properties of mortars.** Construction and Building Materials, v.81, p.179-186, 2015.