AVALIAÇÃO DA ADIÇÃO DE RESÍDUO DE POLIMENTO DE PORCELANATO (RPP) EM ARGAMASSA AUTOADENSÁVEL

Tema: Inovação em argamassas e revestimentos
Grupo: 2

MORGANA FORTUNATO[1], BEN-HUR RAÍRA MARTINS[2], GIOVANA COLLODETTI[3], ANDREA MURILLO BETIOLI[4]

[1]Estudante de Engenharia Civil, Instituto Federal de Santa Catarina /IFSC, morgana.fortunato.reinert@gmail.com
[2]Estudante de Engenharia Civil, Instituto Federal de Santa Catarina /IFSC, benhur.r.martins@gmail.com
[3]Profª Drª, Engenharia Civil, Instituto Federal de Santa Catarina /IFSC, giovana.collodetti@ifsc.edu.br
[4]Profª Drª, Engenharia Civil, Instituto Federal de Santa Catarina /IFSC, andrea.betioli@ifsc.edu.br

RESUMO

A industrialização da construção civil necessita de processos mais eficientes, justificando o uso de argamassa autoadensável. Ela possui alto consumo de cimento para garantir sua fluidez. Com intuito de reduzir o consumo de cimento e utilizar um resíduo industrial, avaliou-se a adição do resíduo do polimento do porcelanato (RPP). Foram analisados resultados no estado fresco e endurecido. Observou-se que a argamassa com adição de 30% de RPP apresentou um aumento de 26% na resistência à compressão, 8% na tração na flexão e redução de 13 kg de cimento por m^3 de argamassa, consumindo um resíduo problemático para empresas de cerâmica.

Palavras-chave: argamassa autoadensável, cimento, resíduo de polimento de porcelanato (RPP).

EVALUATION OF PORCELAIN POLISHING RESIDUE (PPR) ADDITION IN SELF-COMPACTING MORTAR

ABSTRACT

The building industrialization demand more efficient processes and so the use of self-compacting mortars are justified. It normally uses quite cement to achieve the specific flow needed. The addition of porcelain tile polishing residue (PPR) was evaluated in order to reduce the cement consumption and use a ceramic industries trouble residue. Hard and fresh state analysis were performed and results showed an increasing about 26% on compressive strength and 8% on flexural tensile strength, including 13 kg/m³ of cement reduction.

Key-words: Self-compacting mortar, cement, porcelain tile polishing residue (PPR).

1. INTRODUÇÃO

A industrialização da construção civil vem crescendo mundialmente nos últimos anos. Com isso, houve um aumento na procura por tecnologias que tornem o canteiro de obras mais limpo, com materiais sustentáveis, com prazos de execução mais rápidos e o custo final de obra reduzido. A argamassa autoadensável chegou ao mercado trazendo essa praticidade para os contrapisos, uma vez que ela possui menor espessura, com isso menor consumo de cimento e menor peso próprio aplicado na estrutura, redução da mão de obra para sua execução, pois ela é fluída e não necessita de uma força de compactação para se nivelar.

Essa argamassa consiste em um material com alta fluidez e que, como o próprio nome diz, se autoadensa quando projetada em uma superfície para a execução do contrapiso. Segundo Martins (2009)[(1)], esse material é novo no Brasil e em 2008 começou a ser estudado por pesquisadores e empresas da Construção Civil. Através dessas pesquisas, alguns autores acreditam que para se chegar a uma mistura satisfatória para essa argamassa é necessária a utilização de cimento Portland de alta resistência inicial (25 a 50% da massa total) juntamente com areia fina quartzosa (40 a 60%) e o restante adições minerais e aditivos (NAKAKURA e BUCHER, 1997)[(2)]. Porém, esse alto consumo de cimento acarreta em problemas ambientais, uma vez que, segundo WBCS (2015)[(3)], o cimento é responsável por 5% de todas as emissões de CO_2. Além disso, ele é responsável por, em grandes quantidades, acarretar fissuração e retração no contrapiso.

Para a redução no consumo de cimento e, com o intuito de utilizar resíduos de diversas origens, pesquisas empregam adições minerais dentre elas: cinza volante; escória de alto forno; sílica ativa; resíduo de construção e demolição – RCD; resíduos do corte e polimento de rochas ornamentais; finos de pedreiras; resíduo de polimento de porcelanato (RPP), entre outros.

Especificamente com relação ao RPP, o mesmo é proveniente do processo de polimento do porcelanato, que segundo Kummer (2007)[(4)], gera em torno de 250 g de resíduo para cada m² de porcelanato produzido. Contudo, atualmente não ocorre um grande aproveitamento desse resíduo pelas próprias empresas cerâmicas. O RPP tem sido utilizado recentemente em algumas pesquisas de materiais cimentícios, em pastas Steiner (2014)[(5)], argamassas (PELISSER *et al.* (2012)[(6)]; Steiner (2014)[(5)] e ROJAS *et al.* (2017)[(7)], concreto (SILVA, 2005)[(8)] e concretos autoadensáveis (MATOS *et al.*, 2018)[(9)].

Segundo Jacoby e Pelisser (2011)[(10)], o uso de RPP em adições de 0, 5, 10 e 20% apresentou uma melhoria nas propriedades de argamassas ensaiadas que tinham como traço 1:3 (massa) e uma relação água/cimento de 0,60. Os resultados demonstraram melhorias na trabalhabilidade e consistência das argamassas, indicando aumento da resistência em virtude do efeito fíler e pozolânico provocado por este fino.

Portanto, com o intuito de reaproveitar esse resíduo e reduzir o consumo de cimento em argamassas autoadensáveis, a presente pesquisa tem por objetivo avaliar a adição de 30% de RPP em uma argamassa autoadensável.

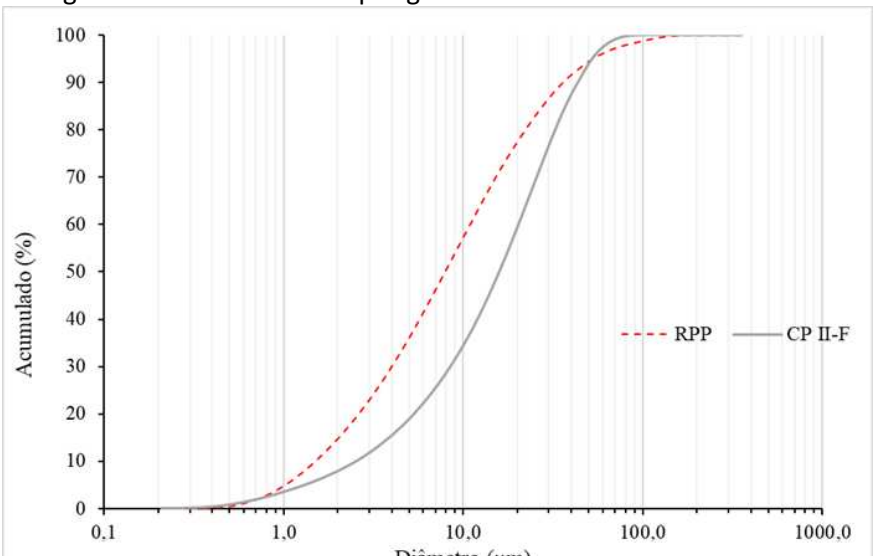
2. PROGRAMA EXPERIMENTAL: MATERIAIS E MÉTODOS

As argamassas foram produzidas com cimento Portland CP II F 32, areia natural, fíler calcário, aditivo dispersante (SP) MC-PowerFlow 4000, aditivo promotor de viscosidade (VMA) Centrament Stabi 520 e resíduo do polimento de porcelanato (RPP) oriundo de uma empresa de cerâmica do sul de Santa Catarina. Na Tabela 1 e na Figura 1, podem ser observadas as características dos materiais.

Tabela 1 – Caracterização dos materiais utilizados

Material	Propriedades	Resultado
Areia	Massa específica (g/cm³) - NBR NM 52:2009[11]	2,6
	Dimensão máxima característica (mm) - NBR NM 248:2003[12]	2,36
	Módulo de finura - NBR NM 248:2003[12]	1,49
Fíler calcário	Massa específica (g/cm³) - NBR NM 52:2009[11]	2,7
Cimento CP II F 32	Massa específica (g/cm³) - NBR NM 52:2009[11]	3,07
	Área específica (m^2/g)	0,98
RPP	Massa específica (g/cm³) - NBR NM 52:2009[11]	2,31
	Área específica (m^2/g)	8,77

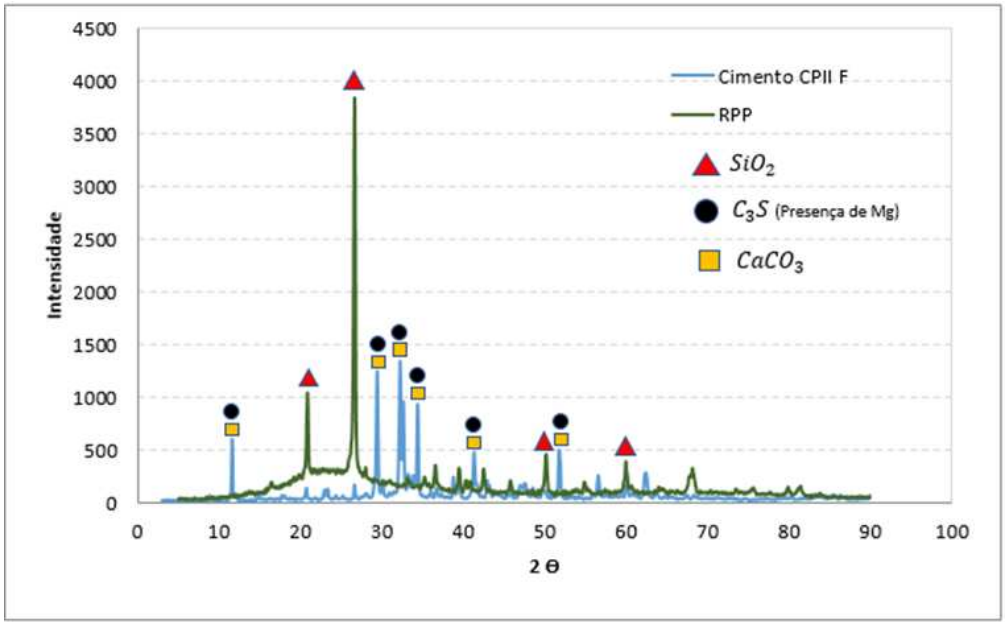
Figura 1 – Curvas granulométricas obtidas por granulometria a laser do cimento CP II F e do RPP



Fonte: Autores

O cimento e o RPP foram caracterizados através de análises por difração de raio X (DRX) e de fluorescência de raio X (FRX), Figura 2 e Tabela 2. Com a análise dos resultados de FRX observou-se que o cimento CP II F apresenta uma maior concentração de Ca e Si, já o RPP possui maiores concentrações de Si e Al (característica de materiais cerâmicos).

Figura 2 – Análise DRX do cimento CP II F e do RPP



Fonte: Autores

Tabela2 – Análise FRX do cimento CP II F e do RPP

CP II F 32		RPP	
CaO	43,62%	CaO	1,33%
SiO_2	33,24%	SiO2	74,00%
Al_2O_3	6,94%	Al2O3	16,34%
Fe_2O_3	4,00%	Fe2O3	1,45%
SO_3	3,81%	SO3	0,13%
K_2O	2,21%	K2O	2,53%
CO_2	5,01%	CO2	3,15%

Fonte: Autores

O processo de mistura foi executado em argamassadeira planetária e a sequência foi: mistura por 60 segundos dos materiais secos, adicionado 50% da água e mistura por mais 60 segundos, adicionado o restante da água e mistura por 60 segundo. Após a mistura completa da água foi parada a argamassadeira e colocado o aditivo dispersante (SP), ligou-se a

argamassadeirapor mais 60 segundos. Por último é acrescentado o aditivo promotor de viscosidade e mistura por 120 segundos.

A composição da argamassa referência e da argamassa com adição de 30% de RPP (em relação à massa de cimento) foi feita segundo pesquisas realizadas por Betioli et al. (2018)[13] e Martins et al. (2018)[14]. Com isso, o traço utilizado foi de 1:3 (cimento:areia, em massa), com uma relação água/cimento de 0,85 (em massa) e com 50% de fíler calcário (em relação à massa de cimento). Para a argamassa referência foram utilizados 0,7% de SP e 0,7% de VMA, porém, para a argamassa com adição de RPP foi feito um ajuste na quantidade de aditivo, passando para 1,1% de SP e permanecendo 0,7% de VMA. Esse ajuste foi realizado visando uma abertura na mesa de espalhamento maior ou igual a 220 mm, parâmetro recomendado pela norma europeia EFNARC (2001) [15].

Portanto, para o estado fresco foram analisadas aparência de borda, fluidez e trabalhabilidade no ensaio de espalhamento na mesa, que é baseado no mini cone, porém não são aplicados golpes, de acordo com a NBR 13276 (2016)[16]. Já no estado endurecido, foram avaliadas: densidade de massa aparente (ABNT, NBR 13280:2005)[17], teor de ar incorporado (ABNT, NBR 13278:2005[18]) e resistências à compressão e à tração na flexão (ABNT, NBR 13279:2005)[19], respeitando os parâmetros estabelecidos pela EFNARC (2001)[15], que sugere para resistência à tração na flexão valores maiores ou iguais a 5 MPa, e para resistência à compressão valores maiores ou iguais a 20 MPa.

Foi avaliada a eficiência da argamassa com adição de 30% de RPP por meio do Índice de Ligante proposto por Damineli et al. (2010)[20]. Seu valor é encontrado através da divisão do resultado de consumo de cimento da argamassa em Kg/m³ pelo valor encontrado de resistência à compressão no estado endurecido, em MPa.

3. APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DE RESULTADOS

Na Figura 3 são apresentados os valores de espalhamento encontrados tanto para a argamassa referência como para a argamassa com adição de 30% de RPP. É possível observar que as argamassas avaliadas obtiveram valores de espalhamento maiores do que o mínimo estabelecido pela norma (≥ 220 mm). Porém, isso foi possível graças ao ajuste feito na quantidade de aditivo superplastificante (SP) quando produzida a argamassa com adição de 30% de RPP. Esse ajuste foi necessário, pois, uma argamassa com quantidade maior de finos tem como resultado uma maior viscosidade e menor fluidez, diminuindo assim seu diâmetro de abertura. Segundo Carvalho (2015)[21], quando é adicionado na mistura da argamassa um fino de grande área específica, esse fino terá uma maior absorção de água, reduzindo assim a fluidez da mistura.

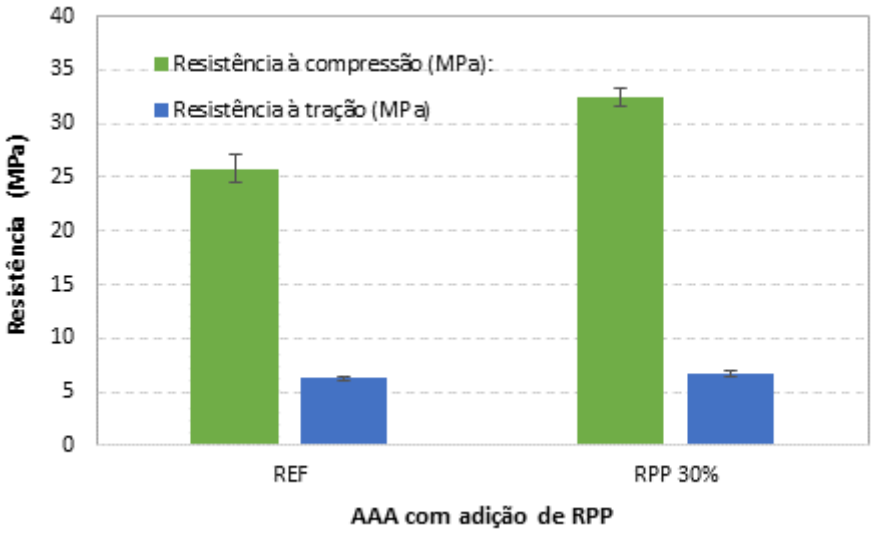
Figura 3 – Resultados do ensaio de mini cone no estado fresco das argamassas

MINI CONE	cm	Imagens	MINI CONE	cm	Imagens
REFERÊNCIA	27,90		RPP 30%	32,50	

Fonte: Autores

Na Figura 4 estão representados os valores de resistências à compressão e à tração na flexão das argamassas. Os valores de resistência encontrados são maiores que os valores exigidos pela norma europeia EFNARC (2001)[15]. Na resistência à compressão ocorreu um aumento de aproximadamente 26% na argamassa com adição de 30% em relação à referência. Já na resistência à tração na flexão não houve diferença significativa pela comparação múltipla de médias.

Figura 4 – Resistências mecânicas das argamassas



Fonte: Autores

O aumento na resistência à compressão pode ser explicado devido à adição do RPP à argamassa, resultado do seu efeito efeito fíler (empacotamento) e, em idades mais avançadas, do efeito pozolânico (STEINER, 2014)[5]. Segundo Silva (2005)[8], o RPP tem como característica sua alta finura, com isso, ele atua como fíler nos poros e na interfase

matriz/agregado, comportando-se como agente densificador no processo de hidratação, promovendo assim, uma elevada resistência à compressão.

Esse ganho na resistência é comprovado também por Jacoby e Pelisser (2012)[10], que determinam o RPP como um potencializador do efeito do cimento Portland durante o processo de hidratação, através de suas propriedades físico-químicas, uma vez que o RPP apresenta elevados teores de sílica e alumina (conforme mostra o FRX da Tabela 2), e esses compostos contribuem para o aumento da resistência durante a hidratação por causa da sua finura, melhorando assim a permeabilidade e durabilidade dos materiais produzidos.

O efeito fíler é comprovado pelo aumento da densidade de massa aparente de 1,91 g/cm³ para 1,96 g/cm³ na argamassa com adição de 30%, e redução do teor de ar incorporado de 9,8% para 7,0%, com relação à referência. Os resultados comprovam que a adição de RPP na mistura preenche os vazios existentes, uma vez que o resíduo de polimento de porcelanato possui grãos finos, mais finos que o cimento (Figura 1) e maior área específica (Tabela 1), diminuindo assim o índice de vazios existente.

A eficiência da argamassa com adição de 30% de RPP foi analisada e encontrou-se um valor de 23% de eficiência com uma redução de 13 Kg/m³ de cimento. Isso explica-se pelo fato de que quanto maior o percentual RPP adicionado em 1 m³ de argamassa, menor será a quantidade necessária de outros materiais na mistura, e para uma mesma resistência uma redução ainda maior de cimento.

4. CONCLUSÕES

Esta pesquisa mostra que a adição de 30% de resíduo de polimento de porcelanato (RPP) em argamassa autoadensável é viável do ponto de vista econômico e ambiental. Apesar da necessidade de ajuste na quantidade de aditivo dispersante (SP) com a adição do fino, o mesmo foi compensado com o aumento da resistência, devido ao efeito fíler e, em idades mais avançadas, possivelmente ao efeito pozolânico, com possibilidade de redução de cimento para uma mesma resistência.

Com isso, conclui-se que a continuidade do estudo com argamassas autoadensáveis com diferentes adições de RPP em sua formulação é relevante para a aplicação na construção civil, uma vez que há indícios de que possa gerar argamassas autoadensáveis com menor impacto ambiental, com custo reduzido e benefícios técnicos como redução na retração e liberação de calor pela hidratação.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPq e ao Instituto Federal de Santa Catarina (IFSC) - Campus Florianópolis, os quais concederam as bolsas de Iniciação Científica (IC) e ao Instituto Nacional Tecnologias Cimentícias Eco-eficientes Avançadas (FAPESP INCT 201450948-3; 465593/2014-3). Agradecem também à MC-Bauchemie, à empresa Eliane e à Itambé pelas doações dos materiais utilizados nesta pesquisa.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. MARTINS, E. J. **Procedimento para dosagem de pastas para argamassa autonivelante.** Dissertação (Mestrado em Construção Civil) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba. 2009.

2. NAKAKURA, E. H.; BUCHER, H. R. E. **Pisos Autonivelantes. Propriedades e Instalações.** In: II SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DAS ARGAMASSAS. Salvador. *Anais...* Salvador, 1997. p. 305-316.

3. WBCS. Cement industry calls for long-term policy certainty as it aspires to reduce CO2emissionsby 20-25%by 2030. WBCSD.ORG, 2015. Disponível em: <http://www.wbcsdcement.org/pdf/20151208_press %20release_LCTPi%20Cement.pdf>. Acesso em: 09 abr. 2017.

4. KUMMER, L. et al. **Reutilização dos resíduos de polimento de porcelanato e feldspato na fabricação de novos produtos cerâmicos**. Cerâmica Industrial, v. 12, n.3, p. 34-38, 2007.

5. STEINER, L. R. **Efeito do resíduo de polimento de porcelanato como material cimentício suplementar**. Dissertação de mestrado. Universidade do Extremo Sul Catarinense, Criciúma, 2014.

6. PELISSER, F; STEINER, L. R; BERNARDIN, A. N. Recycling of Porcelain Tile Polishing Residue in Portland Cement: Hydration Efficiency. **Environmental Science & Technology**, v 46, n 4, p 2368–2374, fev. 2012.

7. ROJAS, M.I.S; FRÍAS, M; SABADOR, E; ASENSIO, E; RIVERA, J; MEDINA, C. Use of ceramic industry milling and glazing waste as an active addition in cement. **Journal of the American Ceramic Society**, v 101, n 5, p 2028–2037, 2017.

8. SILVA, G. J. B. **Estudo do comportamento do concreto de cimento Portlando produzido com a adição do resíduo de polimento do porcelanato**. Dissertação (Engenharia Metalúrgica e de Minas) – Universidade Federal de Minas gerais, Belo Horizonte, 2005.

9. MATOS, P.R.; PRUDÊNCIO, L.R.; OLIVEIRA, A.L.; PELISSER, F., GLEIZE, P.J. Use of porcelain polishing residue as a supplementary cimentitious material in self-compacting concrete. **Construction and Building Materials**, v 193, n 30, p 623-630, dez. 2018.

10. JACOBY, P. C.; PELISSER, F. **Utilização do resíduo do polimento de porcelanato na produção de materiais cimentícios.** Prêmio Odebrecht – Compilação dos melhores projetos. 2011, p. 8-23.

11. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 52**. Agregado miúdo – Determinação de massa específica e massa específica aparente. 2009.

12. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 248**. Agregados – Determinação da composição granulométrica. 2003.

13. BETIOLI, A. M.; FORTUNATO, M.; MARTINS, B.R.; COLLODETTI, G. Formulação de argamassas autoadensáveis com uso de agregado natural proveniente da região da grande Florianópolis. *In:* 7º Simpósio de Integração Científica e Tecnológica do Sul Catarinense, SICT-Sul, 2018, Araranguá. **Anais**[...].Araranguá, 2018.

14. MARTINS, B.R.; FORTUNATO, M.; COLLODETTI, G.; BETIOLI, A. M. Avaliação das propriedades de argamassas autoadensáveis no estado fresco e endurecido com diferentes teores de cimento. *In:* 7º Simpósio de Integração Científica e Tecnológica do Sul Catarinense, SICT-Sul, 2018, Araranguá. **Anais**[...].Araranguá, 2018.

15. **EFNARC** - EUROPEAN FEDERATION FOR SPECIALIST CONSTRUCTION CHEMICALS AND CONCRETE SYSTEMS. Specification for Synthetic Resin and Polymer-modifiedCementitiousFloorings as wearing surfaces for industrial and commercial use. United Kingdom, 2001.

16. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13276**. Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Determinação do índice de consistência. 2016.

17. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13280**. Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Determinação da densidade de massa aparente no estado endurecido. 2005.

18. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13278**. Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Determinação da densidade de massa e do teor de ar incorporado. 2005.

19. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13279**. Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Determinação da resistência à tração na flexão e à compressão. 2005.

20. DAMINELI, B. L.; KEMEID, F. M.; AGUIAR, P. S.; JOHN, V. M. Measuring the eco-efficiency of cement use. **Cement and Concrete Composites**, v. 32, n. 8, p 555-562, set. 2010.

21. CARVALHO, Henrique Duarte Sales. **Análise de Retração por Secagem em Argamassas Autonivelantes Utilizando Adições Minerais Como Substitutos Parciais do Cimento Portland.** Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2015. 138 f.