



Futuro da Tecnologia do Ambiente Construído e os Desafios Globais

Porto Alegre, 4 a 6 de novembro de 2020

INFLUÊNCIA DO MÓDULO DE FINURA NAS PROPRIEDADES MECÂNICAS DE ARGAMASSAS COM ADITIVO INCORPORADOR DE AR¹

OLIVEIRA, Pedro M. (1); RIZZATTI, Eduardo (2); MOHAMAD, Gihad (3); LÜBECK, André (4); OTTONI, Tobias P. (5); WEIDE, Heliton (6)

(1) Universidade Federal de Santa Maria, josepedro_mo@yahoo.com.br

(2) Universidade Federal de Santa Maria, edu_rizzatti@yahoo.com.br

(3) Universidade Federal de Santa Maria, gihad.civil@gmail.com

(4) Universidade Federal de Santa Maria, andrelubeck@gmail.com

(5) Universidade Federal do Rio Grande do Sul, engenhariaottoni@gmail.com

(6) Universidade Federal de Santa Maria, helitonweide@gmail.com

RESUMO

As características do agregado miúdo presente na composição de argamassas influenciam significativamente nas suas propriedades, podendo alterar o rendimento de aplicação e desempenho no estado endurecido. Esta pesquisa avalia a influência da variação do módulo de finura de quatro composições granulométricas diferentes, em um traço com a proporção de 1:1:6, de cimento, cal e areia, inicialmente em volume convertido para massa, com utilização de areias padronizadas em argamassa quando combinado com dois teores de aditivos incorporadores de ar. A caracterização dos materiais e os componentes utilizados seguiram as recomendações das normas brasileiras e foram realizados ensaios em argamassa no estado fresco e endurecido. Verificou-se que o aumento do módulo de finura ocasionou aumento no teor de ar incorporado, diminuição na retenção de água, maior índice de consistência e menor energia necessária para o espalhamento. Os efeitos observados com relação à resistência à flexão, compressão axial e aderência foram mais influenciados pela melhor distribuição granulométrica do que pela variação do módulo de finura.

Palavras-chave: Módulo de finura. Aditivo incorporador de ar. Argamassas.

ABSTRACT

The characteristics of the fine aggregate present in the composition of mortars significantly influence its properties, which can change the application yield and performance in the hardened state. This research evaluates the influence of the fineness modulus variation of four different granulometric compositions, in a 1: 1: 6 ratio, of cement, lime and sand, initially in volume converted to mass, using standardized sands in mortar when combined with two levels of air-incorporating additives. The characterization of the materials and components used followed the recommendations of Brazilian standards and tests were made on mortar in the fresh and hardened state. It was found that the increase in the fineness modulus caused an increase in the content of incorporated air, a decrease in water retention, a higher consistency

¹ OLIVEIRA, Pedro M. ; RIZZATTI, Eduardo; MOHAMAD, Gihad; LÜBECK, André; OTTONI, Tobias P. ; WEIDE, Heliton. Influência do módulo de finura nas propriedades mecânicas de argamassas com aditivo incorporador de ar. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 18., 2020, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: ANTAC, 2020.

index and less energy required for spreading. The effects observed in relation to flexural strength, axial compression and adhesion were more influenced by the better granulometric distribution than by the variation in the fineness module.

Keywords: Fineness module. Air incorporating additive. Mortar mixtures.

1 INTRODUÇÃO

Os revestimentos e acabamentos das paredes constituem parte significativa das edificações contribuindo para a proteção das mesmas contra as ações climáticas, mecânicas e/ou ambientais. O tipo e a proporção dos materiais constituintes influenciam as propriedades das argamassas no estado fresco e, conseqüentemente, no estado endurecido.

Assim, se faz importante o papel dos agregados miúdos no comportamento de argamassas. Segundo Carasek (2010), os agregados miúdos que são empregados devem ter suas propriedades avaliadas cuidadosamente, pois eles ocupam de 60 a 80% da massa de uma argamassa pronta. Para Neville (2016), atualmente há uma ressignificação para a funcionalidade dos agregados, sendo estes “um material de construção ligado a um todo coeso por meio da pasta de cimento”, e não mais apenas partículas inertes incorporadas ao cimento por questões econômicas. Ainda, segundo Mehta e Monteiro (2014), “não se deve tratar o agregado com menos respeito do que o cimento”.

O uso do aditivo incorporador de ar é comum na produção de argamassas, pois diminui o consumo de água e melhora propriedades do estado fresco. De acordo com Biava (2017), o uso deste tipo de aditivo em argamassas influencia em diversas propriedades como durabilidade, trabalhabilidade, coesão, resistência à compressão simples, resistência à tração na flexão, plasticidade, retenção de água, segregação, exsudação e desempenho térmico, além de atenuar problemas de distribuição granulométrica inadequada.

As propriedades do agregado miúdo podem influenciar nas propriedades da argamassa fresca e conseqüentemente nas propriedades no estado endurecido, como a retração e a permeabilidade. Segundo Haddad et al. (2016), em uma argamassa com menor módulo de finura, por conta de uma maior superfície específica do agregado, ocorre a necessidade de uma maior demanda de água de amassamento, de forma a envolver todos os grãos e melhorar a consistência. Ainda, Carasek (2007) afirma que a trabalhabilidade pode ser positivamente afetada quando há o decréscimo do módulo de finura do agregado, pois se mantém a continuidade da granulometria, além de decrescer o teor de grãos angulosos.

O estudo da influência de cada componente do traço é importante para que sejam entendidos os efeitos que as alterações destes componentes podem gerar no desempenho das argamassas. Diante disso, este trabalho busca contribuir, avaliando os efeitos que as alterações no módulo de finura do agregado miúdo podem gerar nas propriedades de argamassas mistas de cimento, cal e areia, com adição de incorporador de ar, vista a crescente utilização deste tipo de aditivo na busca de maior produtividade de argamassas industrializadas.

2 MATERIAIS

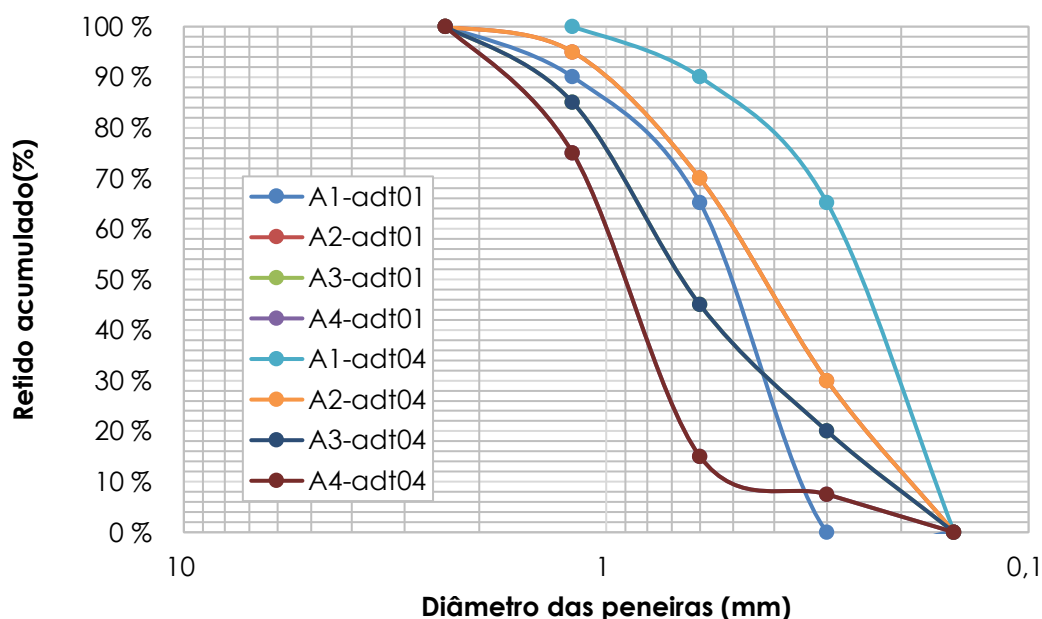
2.1 Argamassas

Foi utilizado o cimento do tipo CP-II F 40, pertencente a um único lote de produção. Na composição deste, há um teor de fíler calcário entre 11 e 25%, conforme a norma NBR 16697 (ABNT, 2018).

A cal utilizada na produção dos traços foi do tipo CH-II, também proveniente de um mesmo lote. O aditivo incorporador de ar é fornecido na forma líquida e tem como recomendação de fábrica o teor de emprego entre 0,1% até 0,5% do peso do cimento. A massa específica do aditivo é de 1,00 g/cm³.

A areia padrão utilizada tem origem natural, de leito de rio, e é fornecida em granulometrias individuais pela distribuidora. As embalagens são de 25 kg, separadas de acordo com as frações granulométricas #16 (grossa), #30 (média grossa), #50 (média fina) e #100 (fina). A definição da distribuição granulométrica da areia padrão seguiu as recomendações da NBR NM 248 (ABNT, 2003). Todas as areias utilizadas pertenciam aos mesmos lotes. A Figura 1 indica a granulometria de todas as areias utilizadas.

Figura 1 – Curvas granulométricas das areias utilizadas



Fonte: Os autores

2.2 Procedimentos de preparo

A mistura dos traços seguiu as diretrizes da NBR 7215 (ABNT, 2019), utilizando-se um misturador mecânico padrão.

O número de misturas foi definido de acordo com os módulos de finura obtidos, sendo dosado também dois teores de aditivos para cada traço. Classificou-se, então, quatro areias com distintos módulos de finura, com duas dosagens de aditivo, totalizando oito traços.

Para a avaliação das propriedades da argamassa, variou-se o módulo de finura em

duas faixas de teor de aditivo incorporador de ar, sendo uma faixa perto do limite máximo e outra perto do limite mínimo do recomendado pelo fabricante. A Tabela 1 apresenta os traços utilizados para este estudo.

Tabela 1 – Traços utilizados

Amostra	Cimento (g)	Cal (g)	Água (g)	Areia (g)				Aditivo (g)
				#16	#30	#50	#100	
A1-adt01				0	212,87	532,17	1393,65	
A2-adt01				106,43	532,17	851,48	638,61	0,24
A3-adt01				319,30	851,48	532,17	425,74	
A4-adt01				532,17	1277,22	159,65	159,65	
A1-adt04	240	143,8	415,08	0	212,87	532,17	1393,65	
A2-adt04				106,43	532,17	851,48	638,61	0,96
A3-adt04				319,30	851,48	532,17	425,74	
A4-adt04				532,17	1277,22	159,65	159,65	

Fonte: Os autores

Para a realização dos ensaios, as areias foram misturadas imediatamente antes da moldagem de cada traço para garantir a homogeneidade do agregado.

2.3 Ensaios no estado fresco

Os ensaios realizados para caracterização das argamassas no estado fresco foram: teor de ar incorporado e densidade no estado fresco NBR 13278 (ABNT, 2005), índice de consistência (NBR 13276 (ABNT, 2016)) e retenção de água (NBR 13277 (ABNT, 2005)).

2.4 Ensaios no estado endurecido

Foram realizados os ensaios laboratoriais de resistência de aderência à tração em substrato padrão e resistência à tração na flexão e compressão para a idade de 28 dias.

Os ensaios de resistência à tração na flexão e compressão seguiram as diretrizes da NBR 13279 (ABNT, 2005). Para o ensaio foram moldados seis corpos de prova prismáticos ensaiados aos 28 dias de idade.

A realização do ensaio de resistência potencial de aderência à tração seguiu as recomendações da NBR 15258 (ABNT, 2005).

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A análise dos resultados obtidos é apresentada a seguir, separada em estado fresco e estado endurecido.

3.1 Estado fresco

Os resultados das propriedades analisadas no estado fresco estão apresentados na Tabela 2. Nesta tabela, os valores entre parênteses representam o desvio padrão obtido nas medidas.

Tabela 2 – Propriedades no estado fresco

Traço	Módulo de finura	Índice de consistência (mm)	Densidade de massa (kg/m ³)	Teor de ar Incorporado (%)	Retenção de água (%)
A1-adt01	1,47	139 (±0,6)	1939,63 (±0,6)	9,7 (±0,5)	99,22
A2-adt01	2,05	174 (±2,5)	1927,43 (±2,5)	10,4 (±0,0)	96,20
A3-adt01	2,46	207 (±3,2)	1907,33 (±3,2)	11,3 (±0,1)	94,20
A4-adt01	2,95	238 (±5,0)	1769,75 (±5,0)	17,6 (±0,3)	92,23
A1-adt04	1,47	160 (±0,6)	1776,71 (±0,6)	17,2 (±0,3)	97,49
A2-adt04	2,05	208 (±1,0)	1735,67 (±1,0)	19,3 (±0,3)	94,80
A3-adt04	2,46	261 (±4,7)	1655,75 (±4,7)	23,0 (±0,1)	92,54
A4-adt04	2,95	303 (±4,0)	1537,72 (±4,0)	28,4 (±0,3)	90,36

Fonte: Autores

Verificou-se que, para as duas dosagens de aditivo, o aumento do módulo de finura contribuiu para o acréscimo no índice de consistência. Também, observou-se que para todos os traços analisados, o teor de ar incorporado aumentou em função do aumento do módulo de finura, assim, provavelmente influenciando uma diminuição na densidade das argamassas.

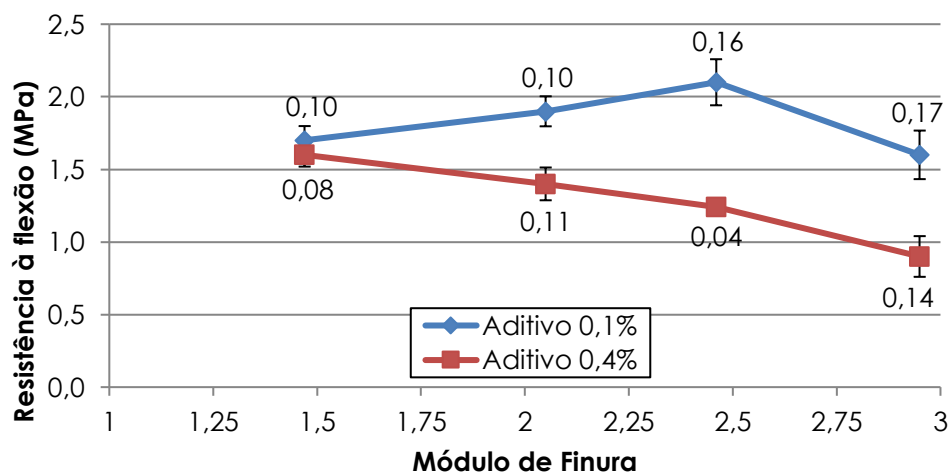
Observou-se que a dosagem com 0,4% de teor de aditivo incorporador de ar teve uma menor retenção de água quando comparado ao traço com dosagem de 0,1%. Além disso, para as duas dosagens analisadas, a medida em que houve o aumento do módulo de finura, houve a diminuição da retenção de água.

3.2 Estado endurecido

Os resultados do ensaio de resistência à tração na flexão, resistência à compressão e resistência à aderência na tração para a idade de 28 dias estão apresentados nas Figura 2, Figura 3 e Figura 4.

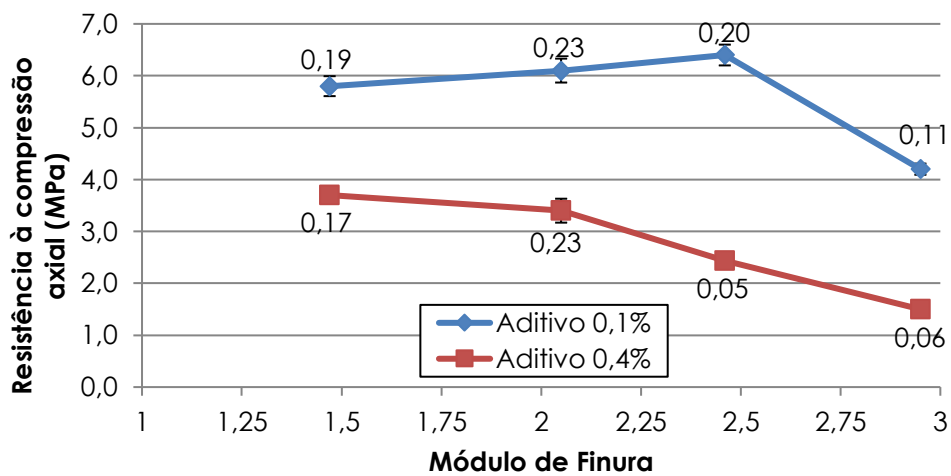
A comparação entre os traços com diferentes dosagens e módulos de finura para os ensaios de resistência à flexão, resistência à compressão e resistência de aderência à tração está apresentada nos gráficos das Figuras 2, 3 e 4, respectivamente, com as barras verticais indicando o desvio padrão encontrado.

Figura 2 – Resultados do ensaio de resistência à tração na flexão



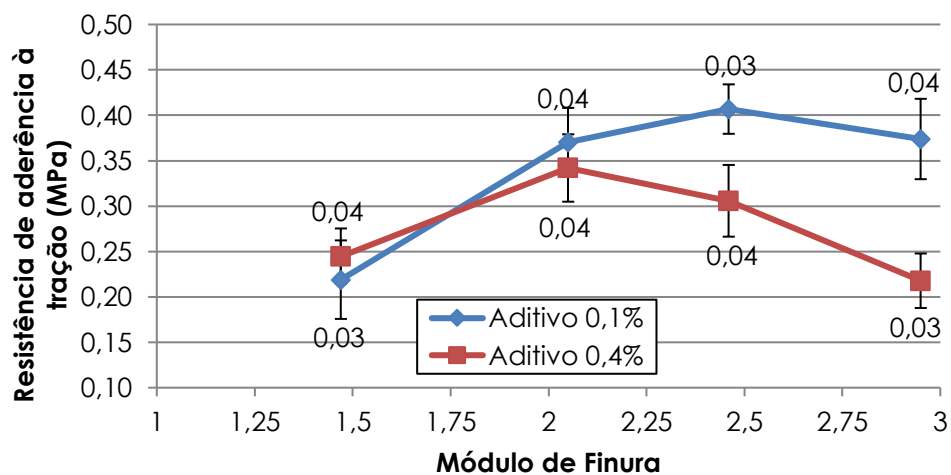
Fonte: Os autores (2020)

Figura 3 – Resultados do ensaio de resistência à compressão axial



Fonte: Os autores (2020)

Figura 4 – Resultados do ensaio de resistência de aderência à tração



Fonte: Os autores (2020)

Observou-se um comportamento distinto entre os traços dosados com maior e menor teor de aditivo incorporador de ar para todos os ensaios no estado endurecido. As argamassas com 0,1% de teor de aditivo apresentaram maior resistência à flexão, compressão e aderência à tração quando comparadas com o traço de 0,4% de teor de aditivo, com exceção da resistência de aderência para módulo de finura de 1,47, possivelmente por conta da granulometria contínua utilizada. Em relação aos traços com o teor de aditivo de 0,4%, verificou-se que conforme aumentava o módulo de finura, observava-se a diminuição dos valores de resistência.

Verificou-se que para a menor dosagem de aditivo, para todos os ensaios no estado endurecido, houve acréscimo de resistência até o módulo de finura de 2,46, sendo que em seguida, para o módulo de 2,95 houve a diminuição de resistência. Para a dosagem com maior teor de aditivo, os ensaios de resistência à flexão e tração

apresentaram a maior resistência no módulo de finura de 1,47, sendo que com o aumento do módulo de finura houve diminuição da resistência. Ainda para a segunda dosagem, no ensaio de potencial de aderência à tração, a maior resistência obtida foi com o módulo de finura de 2,05, havendo a partir desse a diminuição da resistência.

Além disso, ao avaliar o efeito de diferentes teores de aditivo incorporador de ar para uma mesma argamassa, os traços dosados com areias de maior módulo de finura apresentaram maiores variações de resistência.

4 CONCLUSÕES

Observou-se que para as duas dosagens de aditivo, o aumento do módulo de finura propiciou um maior índice de consistência, teor de ar incorporado e diminuição da densidade das argamassas. Ainda, verificou-se que a diminuição da retenção de água foi influenciada pela maior dosagem de aditivo incorporador de ar e pelo aumento do módulo de finura.

Observou-se que os traços com 0,4% teor de aditivo incorporador de ar apresentaram diminuição de resistência para todos os ensaios no estado endurecido quando comparados aos traços com teor de 0,1%. Para as argamassas com menor teor de aditivo, obteve-se aumento da resistência até o módulo de finura de 2,46, havendo decréscimo para o módulo de 2,95. Em relação à segunda dosagem de aditivo, com exceção do ensaio de resistência de aderência à tração, todos os traços apresentaram diminuição da resistência a partir do módulo de finura de 1,47.

Verificou-se que o aditivo incorporador de ar não favorece de forma sistêmica as propriedades das argamassas. Apesar de ganhos relacionados à densidade de massa, por exemplo, constatou-se que houve redução na resistência mecânica. Os resultados reafirmam a necessidade de maiores estudos e controles na produção de argamassas, dado o vasto mercado de aditivos incorporadores de ar e a crescente utilização deste produto para os fins de redução de custos e melhora da trabalhabilidade. Vale ressaltar que estes aditivos ainda podem ser associados a outras adições, como aditivos inibidores de hidratação, utilizados na produção de argamassas estabilizadas.

REFERÊNCIAS

Associação brasileira de normas técnicas - ABNT. **NBR 13276**: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Determinação do índice de consistência. Rio de Janeiro, 2016.

_____. **NBR 13278**: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Determinação da densidade de massa e teor de ar incorporado. Rio de Janeiro, 2005.

_____. **NBR 13279**: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Determinação da resistência à tração na flexão e à compressão. Rio de Janeiro, 2005.

_____. **NBR 15258**: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – determinação da resistência potencial de aderência à tração. Rio de Janeiro, 2005.

_____. **NBR 15261**: Argamassa para revestimento de paredes e tetos – Determinação da variação dimensional (retração ou expansão linear). Rio de Janeiro, 2005.

_____. **NBR 16541**: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Preparo da mistura para a realização de ensaios. Rio de Janeiro, 2016.

_____. **NBR 16697**: Cimento Portland – Requisitos. Rio de Janeiro, 2018.

- _____. **NBR 7211**: Agregados para concreto – Especificação. Rio de Janeiro, 2009.
- _____. **NBR 7215**: Cimento Portland – Determinação da resistência à compressão de corpos de prova cilíndricos. Rio de Janeiro, 2019.
- _____. **NBR 9778**: Argamassa e concretos endurecidos – Determinação da absorção de água, índice de vazios e massa específica. Rio de Janeiro, 2009.
- _____. **NBR NM 248**: Agregados – determinação da composição granulométrica. Rio de Janeiro, 2003.
- BIAVA, Juceane de Fátima. **Contribuição ao estudo de argamassas de emboço com aditivo incorporador de ar**. 2017. 312 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2017.
- CARASEK, H. **Materiais de construção civil e princípios de ciência e engenharia de materiais**. São Paulo: IBRACON, 2007.
- CARASEK, Helena. Argamassas. In: ISAIA, Geraldo Cechella (Ed.). **Materiais de construção civil e princípios de ciência e engenharia de materiais**. 2.ed. atualizada e ampliada. São Paulo: IBRACON, 2010. 2v. 1773p. cap. 28, p. 893-944.
- GAVA, Giovanna Patricia; MANCINI, Paula Simoni; SAKAI, Henrique Haruo. **Influência do aditivo incorporador de ar nas propriedades das argamassas de assentamento**. In: CONGRESSO TÉCNICO CIENTÍFICO DA ENGENHARIA E DA AGRONOMIA. 2015. p. 1-4.
- HADDAD, L. D.; COSTA, C. M.; LOPES, P. H. P.; CARVALHO, A. N.; SANTOS, W. J. **Análise da Influência da granulometria do agregado miúdo nas propriedades mecânicas e de durabilidade das argamassas de revestimento** – UFMG, 2016.
- MEHTA, P. Kumar; MONTEIRO, Paulo J. M. **Concreto: microestrutura, propriedades e materiais**. 2.ed. (4. ed em Inglês). Edição Nicole Pagan Hasparyk. São Paulo: IBRACON, 2014. 751 p.
- NEVILLE, A.M. **Propriedades do concreto**. Tradução de Ruy Alberto Cremonini. 5.ed. Porto Alegre: Bookman, 2016. 888 p.
- SARTORTI, Artur Lenz et al. **Influência do agregado miúdo na resistência à compressão do concreto**. Revista Mackenzie De Engenharia E Computação, v. 19, n. 1, 2019.