

## ARGAMASSA ESTABILIZADA CONTENDO METACAULIM

Iranilza Costa da Silva<sup>1</sup>  
Aline Figueirêdo Nóbrega de Azerêdo<sup>2</sup>

### RESUMO

O setor da indústria da construção civil está em uma constante busca por soluções que proporcionem agilizar e otimizar os processos construtivos sem que haja perda de qualidade. Com o passar dos anos, iniciou uma tendência de substituição das argamassas convencionais por argamassas dosadas e misturadas em central, dentre essas argamassas merece destaque a do tipo estabilizadas, que se mantém trabalhável por até 72 horas com o objetivo de agilizar o processo produtivo e garantir a qualidade do produto. Com o uso cada vez maior desse tipo de argamassa na construção, novos estudos têm surgido tentando buscar melhorias das características delas, tais como as suas propriedades nos estados fresco e endurecido. Uma das opções para isso é o uso das adições pozolânicas nessas argamassas. Como destaque dentre as diversas pozolanas disponíveis no mercado, tem-se o metacaulim. Com isso em vista, essa pesquisa buscou estudar a influência do metacaulim na mistura de argamassas estabilizadas como substituição parcial do cimento Portland por 10 e 20% metacaulim (MC) (em massa), tomando como base o traço empregado pela concreteira local de 1:5,804 (aglomerante:agregado), em massa. O teor de água foi definido por espalhamento padrão na mesa de consistência. As propriedades avaliadas no estado fresco consistiram em trabalhabilidade, teor de ar incorporado e densidade de massa fresca. Para a análise no estado endurecido foram verificadas as seguintes propriedades: densidade de massa aparente e resistência à compressão axial. Todas as misturas ficaram em cura úmida por 28 dias e analisadas para 2 tempos de estabilização (0 e 48h). As misturas com substituição parcial do cimento Portland por 10% e 20% de MC apresentaram uma diminuição de 13,4% e 20,75%, respectivamente, do seu teor de ar incorporado em 48 horas em relação ao teor de ar incorporado da mistura de referência para o mesmo tempo de estabilização.

**Palavras-chave:** Argamassa, Estabilização, Metacaulim.

### INTRODUÇÃO

A necessidade de melhorias no processo executivo de sistemas de revestimentos em argamassa intensificou o desenvolvimento de novos materiais de construção e de técnicas aprimoradas de execução. Essa motivação se deu principalmente pela busca da redução de custos que o setor passou a enfatizar (ZUCCHETTI et al., 2017). Iniciando assim, nos canteiros de obras, a tendência de substituição das argamassas convencionais por argamassas dosadas em central, denominadas como argamassas estabilizadas que proporcionam às obras uma mistura pronta para o uso e com durabilidade de manuseio de até 72 horas. Assim, as argamassas

---

<sup>1</sup> Graduanda do Curso de Engenharia Civil da Universidade Federal de Campina Grande - UFCG, [yanilzaa@gmail.com](mailto:yanilzaa@gmail.com);

<sup>2</sup> Professora orientadora: doutora, Universidade Federal de Campina Grande - UFCG, [aline.figueiredo@professor.ufcg.edu.br](mailto:aline.figueiredo@professor.ufcg.edu.br).

estabilizadas vieram para agilizar o processo construtivo e aumentar a produtividade nos canteiros de obras (ANTONIAZZI, 2019).

De acordo com Carasek (2010), Bauer et al. (2015) e Oliveira (2017) as argamassas estabilizadas têm em sua composição cimento e areia de granulometria muito fina, além do emprego de aditivos incorporadores de ar (AIA) e aditivos estabilizadores de hidratação (AEH). Esses autores explicam que a função dos incorporadores de ar se relaciona com a plasticidade e trabalhabilidade do material, enquanto os estabilizadores atuam no controle de hidratação do cimento, inibindo sua reação enquanto a argamassa estiver saturada de água.

Estudos acerca das propriedades das argamassas estabilizadas são poucos difundidos principalmente sobre os fatores que podem afetar o desempenho e as propriedades dessas argamassas, como o tempo de estabilização. Destacando-se também há ausência de norma brasileira para regulamentar suas características ou seu desempenho, originando incertezas sobre a qualidade desse tipo de argamassas.

Estudos envolvendo materiais pozolânicos em argamassas estabilizadas são poucos difundidos. Logo, diante desse cenário, este trabalho pretende avaliar as propriedades dessas argamassas com o uso de metacaulim, verificando o seu comportamento no estado fresco e suas propriedades endurecidas.

## **METODOLOGIA**

### **MATERIAIS**

As misturas produzidas são compostas por cimento Portland (CP-V), areia natural (AN), metacaulim (MC), água e os aditivos Incorporador de ar (AIA) e estabilizador de hidratação (AEH). Os materiais foram caracterizados quanto aos aspectos físicos e químicos. As características físicas dos materiais utilizados são apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1: Características físicas dos materiais.

<b>Material</b>	<b>Massa Unitária (g/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>Massa Específica (g/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>Área Específica (cm<sup>2</sup>/g)</b>
<b>Areia Natural (AN)</b>	1,670	2,62	-
<b>Cimento Portland (CP-V)</b>	0,890	2,92	24.800

**Aditivo Incorporador  
de Ar (AIA)**

- 1,1 -

**Aditivo Estabilizador de  
Hidratação (AEH)**

- 1,140 -

**Metacaulim (MC)**

0,491 2,59 183.000

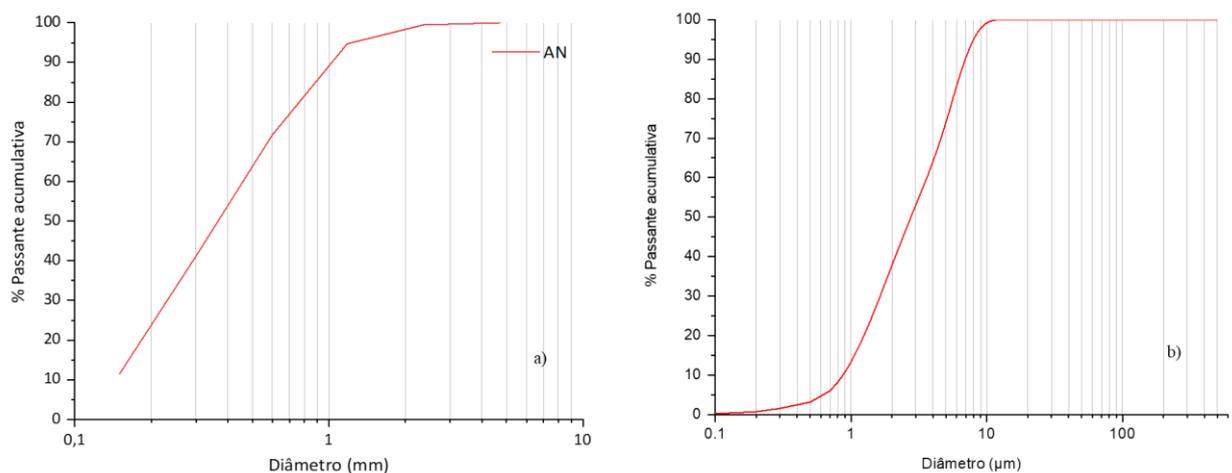
Fonte: Adaptado de Araújo (2019) e Oliveira (2019).

A massa unitária da areia natural foi determinada conforme a NBR NM 45 (ABNT, 2006). As massas unitárias do cimento Portland e Metacaulim foram determinadas através da adaptação da norma NBR NM 45 (ABNT, 2006), com a utilização de um recipiente de menor volume do que preconiza a norma. Todas as áreas específicas determinadas pelo método BET.

A massa específica da Areia Natural foi determinada conforme a NBR NM 52 (ABNT, 2003). Já os ensaios de massa específica do Cimento Portland e do Metacaulim foram realizados com base na NBR NM 23 (ABNT, 2000), por meio do frasco volumétrico de Le Chatelier, no qual o volume de um corpo é medido através do deslocamento da água.

A distribuição granulométrica do agregado miúdo pode ser visualizada na Figura 2 (a), ainda é possível verificar a distribuição granulométrica do MC, obtida pelo método de difração de raios laser, através de um granulômetro a laser, na Figura 2 (b).

Figura 1: Curva granulométrica de AN e MC



Fonte: Araújo (2019) e Oliveira (2019).

O agregado miúdo está dentro dos limites da zona utilizável e possui maior quantidade de grãos entre 0,15 e 0,3mm (figura 2(a)). Na figura 2(b) observa-se que cerca de 80% das partículas estão compreendidas entre 22,66μm e 0,84 μm.

A análise química do CP-V e o MC foram realizadas através do ensaio de fluorescência de raios-X (FRX), apresentada na tabela 2.

Tabela 2: Composição química por fluorescência de raios-x (% em massa) do CP-V e MC.

	<i>SiO<sub>2</sub></i>	<i>Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub></i>	<i>Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub></i>	<i>CaO</i>	<i>MgO</i>	<i>K<sub>2</sub>O</i>	<i>MnO</i>	<i>TiO<sub>2</sub></i>	<i>SO<sub>3</sub></i>	<i>SrO</i>	Outros
<b>CP-V</b>	16,38	5,58	3,38	66,94	1,50	1,68	0,03	0,25	4,08	0,07	0,10
<b>MC</b>	65,03	31,37	0,69	-	-	1,41	-	-	0,21	0,06	0,019

Fonte: Araújo (2019) e Oliveira (2019).

Ao observar os resultados da análise química (Tabela 2), percebe-se que CP-V está dentro do previsto em norma NBR 5733 (1991). Em relação ao MC, de acordo com a NBR 12.653 (2014), é classificado como material pozolânico de classe N por ter percentuais de  $SiO_2 + Al_2O_3 + Fe_2O_3 = 97,09\% \geq 70\%$ .

## MÉTODOS

A preparação das amostras de argamassas incluiu uma mistura de referência (sem adição pozolânica) e outras contendo as adições de metacaulim-MC com adições de até 20% em relação a massa do aglomerante. O traço de referência utilizado nesse estudo foi de 1:5,804 (aglomerante:areia), com os teores de 0,044% de aditivo incorporador de ar e 0,916% de aditivo estabilizador de hidratação, em massa. O traço foi fornecido pela concreteira local Supermix Concreto SA, que comercializa esse produto na cidade de Campina Grande-PB. O procedimento de misturas de argamassas foi realizado conforme a NBR 16.541 (ABNT, 2016). As misturas foram armazenadas em recipientes de PVC, em local protegido do sol e vento, com uma lâmina de água de 2,5cm. A tabela 3 apresenta as misturas analisadas no presente artigo.

Tabela 3: Identificação das misturas analisadas

Argamassa	CP-V (g)	Areia (g)	MC (g)	AIA (g)	AEH (g)	Água (g)
<b>REF</b>	1,312,47	7617,58	0	0,577	12,022	1273,1
<b>10%MC</b>	1,312,47	7617,58	131,25	0,577	12,022	1443,7
<b>20%MC</b>	1,312,47	7617,58	262,50	0,577	12,022	1456,8

Fonte: Autoria própria (2022).

Todas as misturas de argamassa foram moldadas em recipientes prismáticos (4 x 4 x 16)cm conforme normas vigentes. Essa moldagem ocorreu para diferentes tempos de estabilização (0h e 48h) e as amostras após endurecidas foram desmoldadas e colocadas em cura úmida até a idade de 28 dias prosseguindo-se então com as análises no estado endurecido.

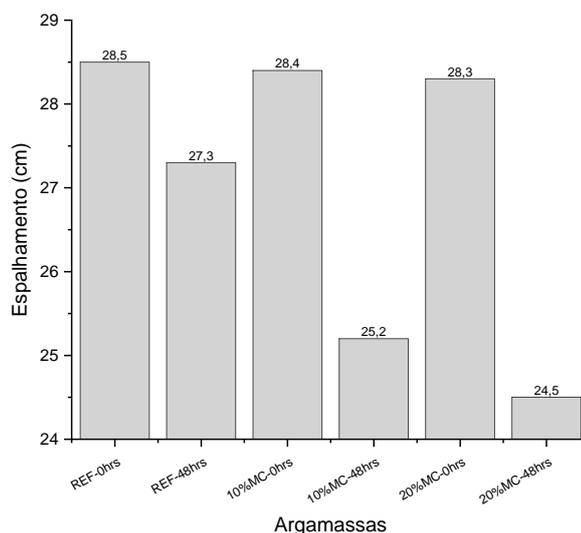
Foram realizadas a avaliação de todas as misturas tanto no seu estado fresco como no endurecido. As propriedades avaliadas no estado fresco são: trabalhabilidade, teor de ar incorporado e densidade de massa fresca. A trabalhabilidade consistiu segundo o ensaio da mesa de consistência ou “Flow Table”, conforme a NBR 13.276 (ABNT, 2016). A determinação da massa fresca e teor de ar incorporado foi realizado de acordo com os procedimentos da NBR 13.278 (ABNT, 2005).

Para o estudo das características das argamassas no estado endurecido foram realizados os seguintes ensaios: resistência à compressão axial e densidade de massa aparente, conforme as normas NBR 13.279 (ABNT, 2005) e NBR 13.280 (ABNT, 2005), respectivamente.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para a análise da consistência das argamassas, conforme a NBR 13276 (ABNT, 2016), foi fixado um índice de espalhamento de  $280 \pm 5$ mm, determinando-se a quantidade de água por meio de tentativas até obter um valor contido nesse intervalo. A figura 2 apresenta os espalhamentos das misturas preparadas.

Figura 2: Espalhamento das argamassas.



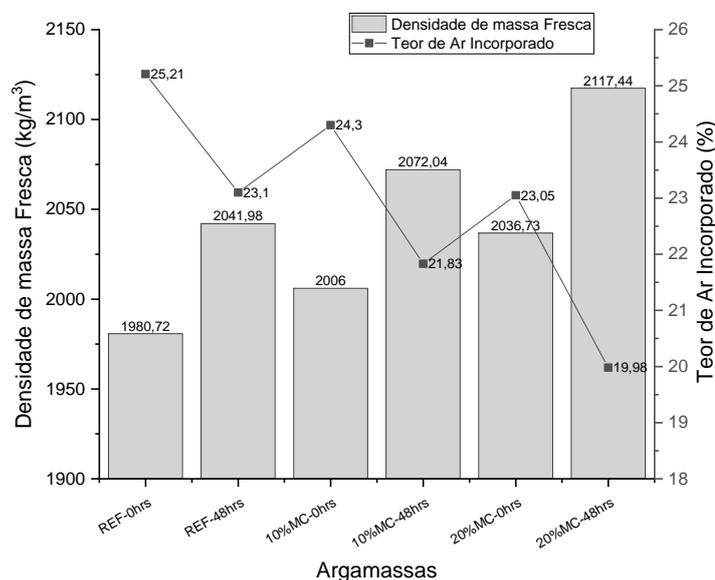
Fonte: Autoria própria (2022).

Ao analisar a figura 2, é possível notar a diminuição do índice de consistência das misturas com o aumento do tempo de estabilização, diminuindo sua trabalhabilidade, ocasionado por um melhor arranjo das partículas, reduzindo o ar incorporado na argamassa.

As misturas com Metacaulim apresentaram reduções dos espalhamentos superiores em relação a mistura de referência no tempo de estabilização de 48h. Assim, a argamassa de referência teve uma redução de 4,21% do seu espalhamento em 48h em relação ao seu espalhamento em 0h, já as argamassas com 10% e 20% de metacaulim apresentaram uma diminuição de 11,27% e 13,43%, respectivamente, do seu espalhamento em 48h em relação ao seu espalhamento em 0h, isto pode ser explicado devido ao fato do metacaulim apresentar uma granulometria mais fina, facilitando a redução do ar incorporado.

A densidade de massa fresca e o teor de ar incorporado das argamassas preparadas são indicados na figura 3.

Figura 3: Densidade da massa fresca e teor de ar incorporado das argamassas



Fonte: Autoria própria (2022).

De acordo com os resultados obtidos, a argamassa de referência teve uma diminuição de 8,37% do seu teor de ar incorporado em 48h em relação ao seu teor de ar incorporado em 0h, já as argamassas com 10% e 20% de metacaulim apresentaram uma diminuição de 10,16% e 13,32%, respectivamente, do seu teor de ar incorporado para os mesmos tempos de estabilização.

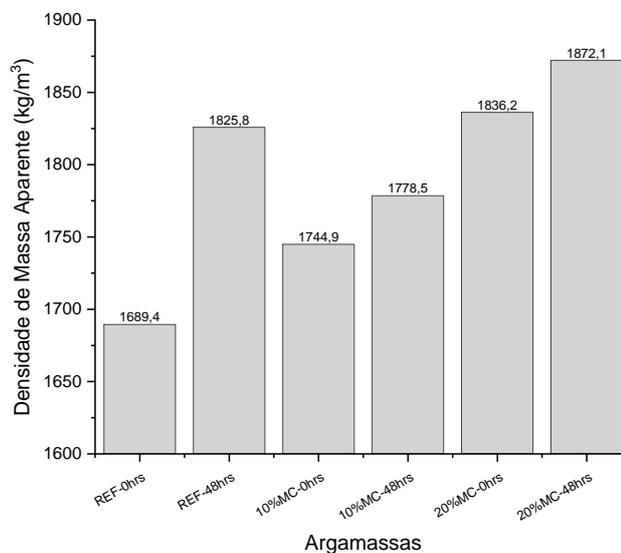
Além disso, é possível observar que, com o aumento do tempo em estabilização, aumentaram a densidade de massa fresca e diminuíram o teor de ar incorporado, em todas as

misturas, isto pode ter sido ocasionado pela redução de espaços vazios gerados pela diminuição de bolhas ocasionada pelo assentamento da massa nos espaços vazios como descrito por Oliveira (2017).

As argamassas com 10% e 20% de metacaulim apresentaram um aumento de 1,47% e 3,7%, respectivamente, da densidade de massa fresca em 48h em relação a densidade de massa fresca da mistura de referência para o mesmo tempo de estabilização. Além disso, percebe-se que quanto maior a porcentagem de metacaulim, maior é a densidade de massa fresca e menor é o teor de ar incorporado, pode ser explicado devido a um melhor arranjo dos espaços vazios nas argamassas contendo metacaulim.

As densidades de massa aparente no estado endurecido das argamassas preparadas são indicadas na figura 4.

Figura 4: Densidade da massa aparente das argamassas

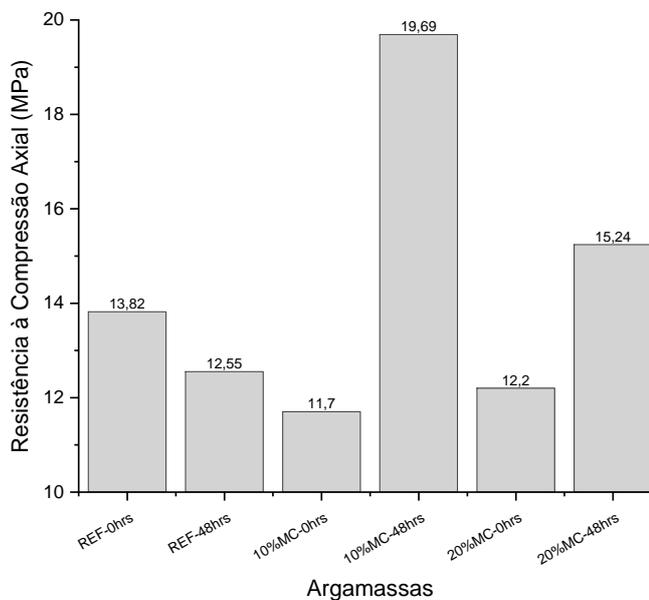


Fonte: Autoria própria (2022).

Na figura 4, é possível observar um acréscimo da densidade de massa aparente das argamassas à medida que o tempo de estabilização aumenta. Além disso, as argamassas com adição pozolânica apresentaram um aumento da densidade de massa aparente com o aumento da proporção de metacaulim na mistura, assim como na densidade de massa no estado fresco, o que também pode ter sido ocasionado por um melhor arranjo, ou preenchimento, dos espaços vazios pelo metacaulim que é um material de granulometria fina.

As resistências à compressão axial das argamassas estudadas são indicadas na figura 5.

Figura 5: Resistência à compressão axial das argamassas



Fonte: Autoria própria (2022).

Na figura 5, é possível verificar um aumento na resistência à compressão das argamassas em função do tempo de estabilização, com uma resistência maior nas argamassas com adição em relação à sem adição no tempo de 48h, decorrente, também, da perda de resistência da argamassa de referência nesse tempo.

As misturas com 20% de MC apresentaram maiores resistência para 48h em relação a misturas com 0h, como esperado, pois, argamassas com metacaulim necessitam de mais tempo para hidratação, pois tendem a ter seu processo de hidratação mais lento.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

As misturas com Metacaulim apresentaram reduções dos espalhamentos superiores em relação a mistura de referência no tempo de estabilização de 48h.

As argamassas com metacaulim apresentaram um aumento da densidade de massa aparente com o aumento da proporção de MC na mistura, assim como na densidade de massa no estado fresco.

As misturas com 20% de MC apresentaram maiores resistência para 48h em relação a misturas com 0h.

Concluindo, portanto, que argamassas estabilizadas contendo metacaulim apresentaram propriedades satisfatórias e podem ser utilizadas para assentamento.

## REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 16541**: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Preparo da mistura para a realização de ensaios. Rio de Janeiro, 2016.

\_\_\_\_\_. **NBR 13280**: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Determinação da densidade de massa aparente no estado endurecido. 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 13278**: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – determinação da densidade de massa e do teor de ar incorporado. Rio de Janeiro, 2005.

\_\_\_\_\_. **NBR 13276**: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – determinação do índice de consistência. Rio de Janeiro, 2016.

\_\_\_\_\_. **NBR 12653**: Materiais pozolânicos — Requisitos. Rio de Janeiro, 2014.

\_\_\_\_\_. **NBR NM 248**: Agregados - Determinação da composição granulométrica. Rio de Janeiro, 2003.

\_\_\_\_\_. **NBR NM 52**: Agregado miúdo - Determinação de massa específica e massa específica aparente. Rio de Janeiro, 2003.

\_\_\_\_\_. **NBR NM 45**: Agregados – Determinação da massa unitária e do volume de vazios. Rio de Janeiro, 2006.

\_\_\_\_\_. **NBR NM 23**: Cimento portland e outros materiais em pó - Determinação de massa específica. Rio de Janeiro, 2000.

ANTONIAZZI, J. P. **O efeito dos aditivos incorporador de ar e estabilizador de hidratação nas propriedades das argamassas estabilizadas**. 258 f. Tese de doutorado em Engenharia Civil. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Universidade Federal de Santa Maria (UFSM). Santa Maria, 2019.

ARAÚJO, A. C. V. **Influência de aditivo plastificante e metacaulim nas propriedades tecnológicas da argamassa de revestimento com vermiculita expandida**. Trabalho de conclusão de curso (graduação). Universidade Federal de Campina Grande -UFCG, 2019.



BAUER, E. et al. Requisitos das argamassas estabilizadas para revestimento. In: **Simpósio Brasileiro De Tecnologia Das Argamassas**, 11., 2015, Porto Alegre. Anais do Simpósio Brasileiro de Tecnologia das Argamassas. Porto Alegre: SBTA, 2015.

CARASEK, H. “Argamassas”. In: Isaias, G.C. (ed.). **Materiais de Construção Civil e Princípios de Ciência e Engenharia de Materiais**, São Paulo, IBRACON, pp. 892-944, 2010.

OLIVEIRA, V. C. **Estudo comportamental da formulação, dos requisitos, e das propriedades das argamassas estabilizadas de revestimento**. 245 f. Departamento de Engenharia Civil e Ambiental da Faculdade de Tecnologia. Universidade de Brasília (UNB). Brasília, 2017.

OLIVEIRA, S. V. **Reologia de pastas cimentícias contendo adições minerais**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação). Universidade Federal de Campina Grande – UFCG, 2019.

ZUCCHETI, G.C; NETO, R.S; DAL BELLO; A.C; STOTZ; C.M; MASUERO; A.B. Identificação de boas práticas e oportunidades de melhoria no processo de produção de revestimentos de argamassa projetada. In: **Simpósio Brasileiro de Tecnologia das argamassas**. Anais do Simpósio Brasileiro de Tecnologia das Argamassas. São Paulo, 2017.