



## MATRIZES CIMENTÍCIAS À BASE DE ÓXI-CLORETO DE MAGNÉSIO (MOC) COM ADIÇÃO DA SÍLICA DA CASCA DO ARROZ (SCA).

ESTUDANTE: Gabriel Druzian Olivieri  
ORIENTADOR: Prof. Dr. Carlos Eduardo Marmorato Gomes  
Campinas, 2020

### RESUMO:

Esta pesquisa de Iniciação Científica visou avaliar a influência da adição da sílica da casca do arroz (SCA) no cimento à base de óxi-cloreto de magnésio (MOC), no que concerne às suas propriedades mecânicas tais como resistência à tração e à compressão, tendo como objetivo central, o emprego deste material na produção de placas planas de vedação na construção civil.

Para tanto, em um primeiro momento, foram realizados estudos teóricos em literatura a fim de se determinar quais as melhores relações molares entre  $MgCl_2$  e  $MgO$  a serem adotadas no compósito. Em seguida, foram estudadas e definidas quais as diferentes quantidades de SCA que deveriam ser incorporadas em substituição parcial à matriz do MOC comum para se obter melhores propriedades mecânicas. Dessa forma, com as composições já estabelecidas, deu-se início às atividades em laboratório, que consistiram no preparo das misturas dos componentes do traço estabelecido, seguido da moldagem de três corpos de prova prismáticos de 4cm x 4cm x 16cm, e por fim, dos ensaios mecânicos de tração na flexão e compressão dos extremos passados 28 dias de cura em ambiente aberto e natural. No final, todos os dados obtidos foram analisados com um tratamento estatístico de erro, resultando em dados fundamentados acerca das propriedades mecânicas de cada composição estudada.

Sendo assim, buscou-se analisar por meio destes testes, como a adição da SCA influência nas propriedades mecânicas do MOC, sendo esperado que a adição da mesma, em certa quantidade, promovesse um aumento tanto da sua resistência à tração quanto à compressão, haja visto que a sílica possui característica amorfa, e dessa forma, era esperado que esta reagisse com o  $Mg(OH)_2$  gerando uma fase de silicato hidratado de magnésio (M-S-H), o qual é conhecido por possuir um bom desempenho mecânico.

Por fim, ao analisar os resultados, notou-se que a substituição de 40% em massa de  $MgO$  por SCA acarretou em uma sutil perda na resistência à compressão (cerca de 23% de perda), mas em um expressivo aumento da sua resistência à tração (cerca de 145% de aumento), mostrando-se assim, ser um composto com grande potencial de uso na fabricação de placas planas de vedação. Em contrapartida, as demais composições testadas neste estudo não se mostraram vantajosas quando comparadas ao MOC sem adição de SCA.

**Palavras-Chave:** Cimento de óxi-cloreto de magnésio. Sílica da casca do arroz. Propriedades mecânicas. Placas de vedação.

### 1. INTRODUÇÃO:

Ao redor do mundo, a construção civil vem sofrendo diversas modificações tanto no que diz respeito aos métodos construtivos, quanto acerca dos materiais utilizados, tendo como objetivos a diminuição do tempo de obra, o menor desperdício de materiais, e também a redução da sua pegada ecológica, que diz respeito aos impactos ambientais gerados pela obra. Sob esse viés, a construção de alvenaria comum vem perdendo espaço frente à construção à seco de pré fabricados como o



Light Steel Frame (CBCA, 2015), por se tratar de uma técnica construtiva mais rápida, implicando assim em menores custos com mão de obra, além de ser menos rudimentar, evitando desperdícios, o que também contribui para um menor impacto ambiental (MILLAN; NOVELLO, REIS, 2011).

Essa técnica construtiva à seco se baseia em dois elementos distintos que são fabricados em indústrias, e sendo somente montados e fixados na obra, sendo um deles o esqueleto estrutural de aço, e o outro sendo as placas planas de vedação, comumente elaboradas a base de matrizes cimentícias, e que apesar de não possuírem função estrutural, devem apresentar boas propriedades mecânicas a fim de se resistir ao peso próprio e a esforços acidentais que venham a ocorrer sob estas.

Sob esse viés, o estudo exposto através desta síntese sucede dessa necessidade recente em se criar materiais apropriados para a produção de placas planas de vedação utilizadas nessa técnica construtiva de grande potencial, levando em conta não só as suas propriedades mecânicas, tais como resistência à tração e à compressão, mas também o seu impacto ecológico.

Assim, o uso do cimento à base de óxi-cloreto de magnésio com adição da sílica da casca de arroz aparenta, em um primeiro momento, ser uma boa alternativa para desempenhar esta função, uma vez que a casca do arroz é rica em material pozolânico (REAL; ALCALÁ; CRIADO, 1996) o que tende a contribuir positivamente nas propriedades mecânicas do composto em estado rígido, haja visto que os denominados materiais pozolânicos possuem a capacidade de reagir com o hidróxido de magnésio ( $Mg(OH)_2$ ) resultando em uma fase de silicato hidratado de magnésio (M-S-H), que possui altas resistências mecânicas, em especial, a resistência à compressão (WU; *et al*, 2019).

Não obstante, tem-se ainda que o compósito estudado apresenta uma série de vantagens ecológicas quando comparado ao cimento convencional (Portland), devido principalmente a dois fatores. Um deles é referente ao fato de a SCA ser um subproduto das termelétricas advindo da agricultura, o que, por sua vez, acaba evitando a emissão massiva de gás metano ( $CH_4$ ) que ocorreria durante o seu processo de decomposição na natureza. Já o segundo fator decorre da característica intrínseca do MOC em possuir grande potencial de sequestrar carbono durante o seu processo de enrijecimento (POWER; DIPPLE; FRANCIS; 2017), contribuindo assim para a redução do gás dióxido de carbono ( $CO_2$ ) da atmosfera, que assim como o outro gás supracitado, faz parte do grupo dos principais gases responsáveis pelo aquecimento global.

## 2. METODOLOGIA:

### 2.1. MATERIAIS.

Para a formação dos corpos de prova estudados neste projeto, foram utilizados:

- Óxido de Magnésio (Magnésia) -  $MgO$ ;
- Cloreto de Magnésio Hexahidratado -  $MgCl_2 \cdot 6H_2O$ ;
- Água Mineral -  $H_2O$ ;
- Sílica da Casca do Arroz -  $SiO_2$ .

### 2.2. MÉTODO.

Primeiramente, foi necessária a revisão sistemática da literatura a fim de se definir quais composições possivelmente apresentariam os melhores resultados nas propriedades que seriam avaliadas no estudo, para que dessa forma, fossem definidas quais os traços de interesse a serem preparados e analisados através de ensaios mecânicos, que foram:



Tabela 2.2.1. - Composições de cada traço estudado.

Traço	MgO (g)	SiO <sub>2</sub> (g)	Água (g)	MgCl <sub>2</sub> .6H <sub>2</sub> O (g)	mol MgO	mol MgCl <sub>2</sub> .6H <sub>2</sub> O
1	1000	0	465	185	24,81	0,909
2	900	100	465	185	22,33	0,909
3	800	200	465	185	19,85	0,909
4	700	300	465	185	17,37	0,909
5	600	400	465	185	14,89	0,909

Assim, primeiro o sal cloreto de magnésio ( $MgCl_2 \cdot 6H_2O$ ) era dissolvido na água por meio da utilização de um mixer elétrico a rotação constante de 1500 rpm por cerca de cinco minutos. Em seguida, os demais componentes secos, ou seja, o óxido de magnésio ( $MgO$ ) e a SCA (quando utilizada) eram colocados em uma argamassadeira planetária, onde posteriormente acrescentava-se a fase líquida, ou seja, a água já salgada, e então eram misturadas até que a pasta formada parecesse homogênea a olho nú. Por fim, essa pasta era introduzida em três formas para corpos de prova prismáticos de 4cm x 4cm x 16cm, onde ficavam por cerca de quatro dias até enrijecerem suficientemente para que pudessem ser removidos sem riscos de gerar fissuras no material, e então continuavam o seu processo de cura na bancada do laboratório até completar os padronizados 28 dias da sua moldagem.



Figura 2.2.1. - Procedimentos para produção dos corpos de prova.

Passados os 28 dias de cura de determinado compósito, os corpos de prova foram medidos nas três direções com o auxílio de um paquímetro digital, e posteriormente submetidos aos ensaios de tração na flexão e de compressão dos extremos, fazendo-se uso de uma prensa hidráulica. Vale ressaltar que ambos os testes referenciados acima seguiram o padrão **ASTM C349 - Standard Test Method for Compressive Strength of Hydraulic-Cement Mortars (Using Portions of Prisms Broken in Flexure)**, equivalente à NBR 13279:2005.



Figura 2.2.3. - Corpo de prova ao longo da segunda parte experimental



Figura 2.2.3. - Ensaios para análise das propriedades mecânicas dos compósitos estudados.

### 3. RESULTADOS:

Após anotar os valores obtidos na prensa hidráulica e utilizar as relações conhecidas que correlacionam os limites das propriedades mecânicas com o esforço aplicado e as dimensões da peça, chegamos aos seguintes resultados para os cinco traços avaliados:

Tabela 3.1. - Desempenho mecânico dos 5 traços estudados.

Traço	1	2	3	4	5
Resistência à Tração (MPa)	3,15	3,20	1,71	3,29	7,72
Resistência à Compressão (MPa)	29,0	26,7	20,8	20,5	22,2

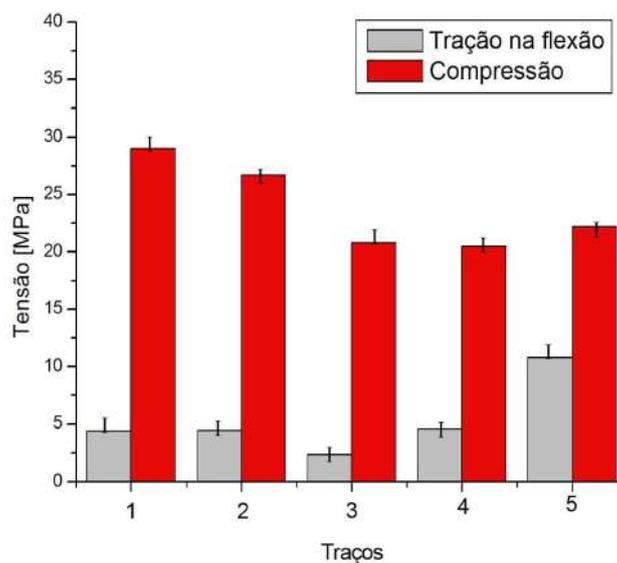


Figura 3.1. - Gráfico do desempenho mecânico dos 5 traços estudados.

Além dos resultados apresentados acima sobre as diferentes composições de cimentos MOC com e sem a SCA, há a possibilidade de se comparar estes valores não só entre si, mas também com resultados conhecidos em bibliografia sobre as propriedades mecânicas de corpos de prova feitos a partir de pastas de cimento Portland, que é em média de 3 MPa para a sua resistência à tração, e aproximadamente 36 MPa para a sua resistência à compressão (LADEIRA; *et al.*, 2016).



#### 4. CONCLUSÕES:

Dessa forma, fica claro através deste estudo que o traço 5, ou seja, aquele onde houve a substituição de 40% em massa do óxido de magnésio ( $MgO$ ) pela SCA, aparenta ser o composto com as melhores propriedades mecânicas com relação aos demais compostos de MOC para a produção de placas planas de vedação, uma vez que a sua resistência à tração é muito superior aos demais, o que justifica a sua sutil defasagem na resistência à compressão quando comparada ao traço 1 e traço 2. Outrossim, nota-se que o composto gerado pela relação proposta no traço 5 apresenta valores limites de resistência à tração e à compressão equiparáveis aos do usual cimento Portland, e que por gerar um impacto ambiental menor que este, há uma grande viabilidade do emprego do material estudado nesta pesquisa para a fabricação das placas planas de vedação.

Sendo assim, chega-se como a melhor composição estudada nesta pesquisa de iniciação científica, aquela descrita por:

Tabela 4.1. - Composições do Traço 5.

Traço	$MgO$ (g)	$SiO_2$ (g)	Água (g)	$MgCl_2 \cdot 6H_2O$ (g)	mol $MgO$	mol $MgCl_2 \cdot 6H_2O$
5	600	400	465	185	14,89	0,909

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

- [1] - STEEL CONSTRUCTION STATISTICS. **CBCA**, 2015. Disponível em: <<https://www.cbca-acobrasil.org.br/cbca-english/steel-construction-statistics.php>>. Acesso em: 27 de jul. de 2020.
- [2] - MILLAN, G. S.; NOVELLO, R. V.; REIS, Z. C.; A Viabilidade do Sistema Light Steel Frame para Construções Residenciais. *Revista Gestão Industrial*. Caxias do Sul, 2011. Disponível em: <[https://pdfs.semanticscholar.org/2d37/938f659e8445c060c5739ddac6a4714\\_d9a80.pdf](https://pdfs.semanticscholar.org/2d37/938f659e8445c060c5739ddac6a4714_d9a80.pdf)>. Acesso em: 27 de jul. de 2020.
- [3] - REAL, C.; ALCALÁ, M. D.; CRIADO, J. M.. Preparation of Silica from Rice Husks. *Journal Of The American Ceramic Society*. Sevilla, v. 79, n. 8, p. 2012 - 2016, Ago. 1996. Disponível em: <[https://ceramics.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1111/j.1151-2916.1996.tb08931.x?purchase\\_referrer=scholar.google.com.br&tracking\\_action=preview\\_click&r3\\_referer=wol&show\\_checkout=1](https://ceramics.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1111/j.1151-2916.1996.tb08931.x?purchase_referrer=scholar.google.com.br&tracking_action=preview_click&r3_referer=wol&show_checkout=1)> . Acesso em: 27 de jul. de 2020.
- [4] - WU, J.; *et al.* Effect of Fly Ash on Rheological Properties of Magnesium Oxychloride Cement. **Journal Of Materials In Civil Engineering**. Reston, v. 31, n. 3, p. 110 -115, Mar. 2019. Disponível em: <[https://ascelibrary.org/doi/full/10.1061/%28ASCE%29MT.1943-5533.0002597?casa\\_token=2Ix1KCsbxmsAAAAA%3ATHy7FFlv7RY8EOtXLEYd46e2o7dxRx6iVGhES88i7rdozbTLiv2soQvKadSfWrjus8dj40PIIN0lsw](https://ascelibrary.org/doi/full/10.1061/%28ASCE%29MT.1943-5533.0002597?casa_token=2Ix1KCsbxmsAAAAA%3ATHy7FFlv7RY8EOtXLEYd46e2o7dxRx6iVGhES88i7rdozbTLiv2soQvKadSfWrjus8dj40PIIN0lsw)>. Acesso em: 28 de jul. de 2020.
- [5] - POWER, I. M.; DIPPLE, G. M.; FRANCIS, P. S.. Assessing the Carbon Sequestration Potential of Magnesium Oxychloride Cement Building Materials. **Cement and Concrete Composites**. Vancouver, v. 78, p. 97 - 107, Abr. 2017. Disponível em: <<https://static1.squarespace.com/static/5806b872ff7c50adea9acb25/t/5897fd38be6594a51d1c6040/1486355825114/Power+et+a1%2C+2017+-+Cem+Concr+Compos.pdf>>. Acesso em: 27 de jan. de 2020.
- [6] - GOMES, C. E. M.. Alternative Binder for Fibercement Building Materials. **Advanced Materials Research**. Campinas, v. 753 - 755, p. 612 - 622, Jul. 2013.