



## Influência do tipo de cura no comportamento mecânico de argamassas confeccionadas com areia de scheelita

M. H. O. Souza<sup>1\*</sup>, M. L. X. F. Neta<sup>1</sup>, S. V. A. Barros<sup>1</sup>, G. C. B. Dantas<sup>2</sup>, G. A. Neves<sup>1</sup>, J. M. Cartaxo<sup>1</sup>, P. M. Pimentel<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Unidade Acadêmica de Engenharia de Materiais – Universidade Federal de Campina Grande – Campus I,  
Rua Aprígio Veloso, 882, Bodocongó, CEP 58109-970, Campina Grande – Paraíba.

<sup>2</sup>Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Campus Angicos 59515-000, Angicos, Rio Grande do Norte.

(recebido em 14-05-2019 ; aceito em 20-08-2019)

\*[amatheushosouza9@gmail.com](mailto:amatheushosouza9@gmail.com)

(Todas as informações contidas neste artigo são de responsabilidade dos autores)

### Resumo:

Este trabalho tem como objetivo verificar o comportamento mecânico de argamassas confeccionadas com resíduos de scheelita em substituição total ao agregado convencional em cura imersa e em cura úmida. A caracterização física e química dos resíduos da mineração da scheelita foi realizada fazendo uso das seguintes técnicas: análise granulométrica por peneiramento; determinação da massa unitária; determinação do módulo de finura e teor de materiais pulverulentos e espectrometria por fluorescência de raios X (FRX). O comportamento mecânico das argamassas estudadas foi avaliado mediante os resultados obtidos no ensaio de resistência à compressão simples que ocorreu seguindo as indicações prescritas pela norma da ABNT NBR 7215. Os resultados mostraram que para os 28 dias de cura as argamassas confeccionadas com resíduos da mineração da scheelita após cura úmida conduziram melhores valores para resistência à compressão simples e ficaram dentro dos limites estabelecidos pela norma para argamassas de revestimentos.

**Palavras-chave:** Argamassas de revestimento; scheelita; tipos de cura; resistência à compressão simples.

### Abstract:

This work aims to verify the mechanical behavior of mortars made with scheelite residues in total replacement to the conventional aggregate in wet curing. The physical and chemical characterization of the scheelite mining residues was carried out using the following techniques: granulometric analysis by sieving; determination of the unit mass; determination of the fineness and powder modulus and X-ray fluorescence spectrometry (FRX). The mechanical behavior of the mortars studied was evaluated by the results obtained in the test of simple compression resistance to that occurred following the indications by the norm of ABNT NBR 7215. The results showed that for the 28 days of cure the mortars made with residues of the mining of the scheelite in wet curing obtained values for simple compressive strength and these values were within the limits established by standard coatings for mortars.

**Keywords:** Coating mortars; scheelite; types of healing; simple compression strength.

### Introdução

A resistência mecânica em argamassas é alcançada pelas reações de hidratação dos silicatos, que acontece durante o processo de cura. Logo, a resistência à compressão simples (RCS) é uma propriedade mecânica afetada pelo tipo e tempo de cura [1, 2].

A cura de concretos e argamassas, de acordo com Ungericht e Piovesan (2011), é um processo técnico utilizado para desacelerar a evaporação da água de amassamento e permitir a completa hidratação do cimento.

Nesse sentido, Bardella et al. [3] confirmam que a cura adequada é fundamental para que concretos alcance seu melhor desempenho, tornando-se menos poroso e mais durável. A cura pode aumentar a resistência do concreto em cerca de 30% além de

diminuir a incidência de trincas e fissuras que podem comprometer a estabilidade da edificação.

Em concordância, Battagin et al. [4] coloca que a cura do concreto constitui uma medida adotada para evitar a evaporação da água utilizada no amassamento do concreto e assim garantir que os componentes do cimento se hidratem. Ou seja, o processo de cura é importante porque evita a perda de água utilizada fornecendo ou liberando a água de amassamento no processo de hidratação do cimento, que é um processo lento.

Ungericht e Piovesan [5] destacam que a cura correta da argamassa evita a perda precoce de umidade e ajuda a controlar a temperatura por um período suficiente, aumentando, assim, as propriedades mecânicas e reduzindo a absorção de água.

Os principais tipos de cura citados nas diversas literaturas são: cura úmida; cura imersa; cura química e cura térmica. A cura úmida, segundo Ungericht e Piovesan [5], consiste em proporcionar a inserção de água em contato com a superfície da argamassa deixando-a úmida, e assim evitar a evaporação de água.

A cura submersa ou imersa mantém a superfície da argamassa parcialmente ou totalmente imersa em água para evitar a evaporação da mesma e proporcionar uma influência positiva em concreto, segundo Diniz et al. [6], pois corresponde ao meio mais adequado para promover as reações de hidratação.

Já a cura química é aquela que faz uso de produtos que formam uma película que não permite a evaporação da água de amassamento. E a cura térmica é o processo que utiliza câmaras aquecidas.

Nesse contexto, percebe-se a importância de analisar o melhor tipo de cura para argamassas confeccionadas com agregados oriundos de resíduos, à medida que o processo de cura irá influenciar o desempenho das mesmas quanto ao comportamento mecânico.

Dentre os resíduos mais utilizados na confecção de concretos e argamassas nas últimas décadas, destaca-se os oriundos da mineração da scheelita que ocorre no município de Currais Novos/RN, devido ao volume gerado vem sendo alvo de várias pesquisas. Estas comprovaram a viabilidade do uso destes em substituição parcial e de até 100% ao agregado convencional em argamassas quanto a granulometria favorável que os resíduos de scheelita apresenta. Porém, verifica-se algumas lacunas nas pesquisas desenvolvidas nos últimos anos, a exemplo da falta de estudos que verifiquem qual o melhor tipo de cura para argamassas incorporadas com esses resíduos.

Diante da lacuna existente na literatura que aborda o aproveitamento dos resíduos gerados na mineração da scheelita em argamassas, percebeu-se a necessidade de pesquisar o comportamento mecânico de argamassas incorporadas com resíduos de scheelita em substituição total ao agregado convencional quando submetido a tipos de cura diferentes. Logo, essa pesquisa tem como objetivo verificar o comportamento mecânico de argamassas confeccionadas com resíduos de scheelita em substituição total ao agregado convencional em cura imersa e em cura úmida.

## Materiais e Métodos

### Materiais

Os materiais utilizados nesta pesquisa foram: cimento Portland CP V ARI MAX (Nacional, Sociedade Brasileira de Cimento Portland); Cal hidratada (Carbomil® e resíduo da mineração da scheelita cedido pela Mina Brejuí, localizada no município de Currais Novos - RN. Este foi utilizado em substituição total ao agregado natural e recebeu a denominação de areia de scheelita (AS), classificada como areia normal, de acordo com a classificação proposta por Bauer [7].

### Caracterização física e química dos resíduos oriundos da mineração da scheelita

A caracterização física do agregado oriundo da mineração da scheelita foi realizada com a determinação dos seguintes parâmetros: massa unitária; teor de material pulverulento e análise granulométrica por peneiramento. O peneiramento ocorreu utilizando a série normal de peneiras, seguindo os procedimentos da NBR NM 248 [8]. Enquanto, a caracterização química da AS ocorreu através da técnica: fluorescência de raios-x (equipamento EDX 720 da Shimadzu).

### Preparação das argamassas confeccionadas com a areia de scheelita

Para preparar as argamassas para o desenvolvimento dessa pesquisa, primeiro, determinou-se a quantidade de água para cada traço pelo teste “flow table”, em conformidade com NBR 13276 [9], a fim de garantir a trabalhabilidade adequada à argamassa. Adotou-se o espalhamento padrão de  $260 \pm 10$  mm.

Após a definição da quantidade de água, foram moldados seis corpos de prova (CP's) cilíndricos, com dimensões (50x100)mm, sendo três CP's para o traço 1:1:6 (em massa) e três CP's para o traço 1:3 (em massa), com substituição de 100% do agregado miúdo pela AS, seguindo os procedimentos estabelecidos pela NBR 7215 [10]. Em seguida, foram curados em câmara úmida com 100% de umidade relativa por um período de 24h. Logo após, os corpos de prova foram desmoldados, colocados em cura úmida e em cura imersa (água com 2% de cal) por 28 dias para verificação de qual tipo de cura promoveria melhores resultados de RCS.

### Determinação da resistência a compressão simples

A resistência à compressão simples (RCS) foi obtida conforme NBR 7215 [10], a partir da média aritmética simples da RCS de três CP's cilíndricos com dimensões (50x100)mm. Utilizou-se o equipamento da marca Emic SSH300 para romper os corpos de prova.

## Resultados e Discussões

A Tabela 1 apresenta os dados obtidos na caracterização física realizada com a areia de Scheelita.

Tabela 1. Propriedades físicas da areia de Scheelita

Ensaio	AS	
Massa unitária ou aparente (g/cm <sup>3</sup> )	1,69	
Teor de materiais pulverulentos (%)	1,40	
Granulometria	Diâmetro máximo	2,37mm
	Módulo de finura (%)	2,40

Ao analisar os resultados da Tabela 1 para massa unitária da AS (1,69 g/cm<sup>3</sup>), verificou-se que a AS é classificada, de acordo com Bauer (1994), como agregado normal pois o valor obtido para sua massa unitária na faixa de valor entre  $1 \leq \gamma \leq 2$ g/cm<sup>3</sup>.

Em relação ao teor de materiais pulverulentos esse agregado apresentou um teor indicativo de poucos finos (1,4%), não prejudicando desta forma a quantidade de água a ser utilizada para obtenção da consistência adequada. Com relação ao módulo de finura, a AS foi

classificada como areia de granulometria média porque seu módulo de finura ficou no intervalo  $2,40 \leq MF < 3,30$ .

A composição química da AS se encontra descrita na Tabela 2.

Tabela 2. Composição química da AS.

Amostra	SiO <sub>2</sub> (%)	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)	K <sub>2</sub> O (%)	TiO <sub>2</sub> (%)	CaO (%)	MgO (%)	Outros (%)	PF* (%)
AS	21,76	7,62	9,81	0,55	0,68	38,46	3,33	2,05	15,74

\*PF: Perda ao Fogo

A areia de scheelita apresentou na sua composição valores elevados de óxido de cálcio (CaO) e de sílica (SiO<sub>2</sub>). Os teores de óxido de cálcio e de sílica (38,46% e 21,76%) indicam a presença de calcita e quartzo na composição mineralógica desse agregado.

Ademais, ocorreu a presença dos de óxido de ferro (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) e de alumina (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) que indica a necessidade de investigar se essa alumina é reativa aos ataques químicos que ocorrem em meios agressivos.

Na Tabela 3 se encontram os valores da consistência e fator água/cimento (a/c) obtidos para os traços estudados.

Tabela 3. Valores obtidos da consistência e fator água/cimento

Traço	Consistências obtidas (mm)				Água (ml)	Fator a/c
	Tentativas		Média			
1:3 (Cimento:100% AS)	260	263	262	261,67	460	0,41
1:1:6 (Cimento: Cal:100% AS)	260	265	260	261,67	490	0,84

O fator a/c é um parâmetro relevante por promover a trabalhabilidade e interferir positivamente ou negativamente na RCS das argamassas, pois se houver excesso de água na mistura a mesma irá direcionar-se para a superfície por exsudação comprometendo o bom desempenho das argamassas. Pois, de acordo com a Lei de Abrams a resistência do concreto depende das propriedades da pasta de cimento endurecida, a qual por sua vez, é uma função direta do fator água/cimento (a/c).

Os valores contidos na Tabela 3 evidenciam que o traço 1:1:6 (Cimento: Cal:100% resíduo) apresentou um maior fator a/c devido a influência da cal e do resíduo, porém como a quantidade de água foi obtida para se alcançar a consistência padrão, propriedades como a trabalhabilidade (estado fresco) e RCS não foram comprometidas (estado endurecido).

Na Tabela 4 apresenta os valores obtidos para RCS da argamassa estudada para cura úmida e imersa.

Tabela 4. RCS das argamassas aos 28 dias de cura

Traço	RCS aos 28d em	
	Mpa Cura Imersa	Mpa Cura Úmida
1:1:6 (Cimento/Cal: 100%AS)	3,16	3,40
1:3 (Cimento: 100% AS)	16,97	17,86

Ao analisar os valores obtidos para RCS curados em cura úmida e imersa, observou-se que a RCS obtida na cura úmida para o traço 1:1:6 (Cimento: Cal: 100% AS) teve um aumento em relação ao obtido na cura imersa de 7,59%.

Enquanto para o traço 1:3 (Cimento: 100% AS), o aumento do valor da RCS alcançado na cura úmida em relação ao da cura imersa foi de 5,24%. Logo, percebe-se que para os traços estudados as argamassas incorporadas com resíduos da mineração da scheelita em substituição total ao agregado convencional/comercial a cura úmida proporcionou melhores resultados para RCS. Embora, o aumento nos valores obtidos não tenha sido tão expressivo.

Os valores descritos (Tabela 4) para as argamassas examinadas, de acordo com a NBR 13281 [11], a argamassa confeccionada no traço 1:1:6 (Cimento: Cal: 100% AS) é classificada como pertencente a classe P3 e no traço 1:3 (Cimento: 100% AS) como pertencente a classe P6.

Vale ressaltar, as argamassas que levam cal na sua constituição apresentaram valores de RCS mais baixos, fato esse comum. Pois, a quantidade de cimento é menor e quem confere às argamassas maiores resistências é a quantidade de cimento incorporada.

### Conclusões

A areia oriunda do resíduo da mineração da scheelita apresenta características físicas favoráveis ao uso em argamassas de revestimento, sendo classificada como areia normal.

Os valores obtidos para o fator água/cimento foram altos, porém não comprometeram a trabalhabilidade e nem à resistência à compressão simples das argamassas incorporadas com resíduo da mineração da scheelita porque se trabalhou com a consistência padrão de  $(260 \pm 10)$ mm.

Na composição química da AS há presença de alumina que é indicativo da necessidade da realização de estudos aos ataques químicos, pois em meios agressivos essa alumina pode reagir e desencadear patologias.

As argamassas confeccionadas com a areia de scheelita apresentam valores de resistência à compressão simples dentro dos limites estabelecidos por norma para argamassas de revestimento em todos os tipos de cura estudados.

O melhor tipo de cura, levando em consideração a RCS, foi a cura úmida.

### Referências

- [1] Famy, C., Brough, A. R., Taylor, H. F. W., "The C-S-H gel of Portland cement mortars: Part I. The interpretation of energy-dispersive X-ray microanalyses from scanning electron microscopy, with some observations on C-S-H, AFm and AFt phases compositions", Cement Concrete Res, v. 33, pp. 1389-1398, 2003.
- [2] Freitas, F.A.E. "Microfissuração e evolução da hidratação de concreto do cimento Portland, com e sem adição de escória, por meio de análise de imagens", Diss. Mestrado, Universidade de Campinas, Campinas, SP (2001) 185.
- [3] Bardella, P. S., Barbosa, D. C., Camarini, G., "Sistemas de Cura em Concretos Produzidos com Cimento Portland de Alto-Forno com Utilização de

Sílica Ativa”, In: 1º Encontro Nacional de Pesquisa-Projeto-Produção em concreto pré-moldado. São Carlos-SP, 2005.

[4] Battagin, A. F., Curti, R., Silva, C. O., Munhoz, F. A. C., “Influência das Condições de Cura em Algumas Propriedades dos Concretos Convencionais e de Alto Desempenho”, In: 44º Brasileiro do Concreto. Belo Horizonte – MG, 2002.

[5] Ungericht, A. J., Piovesan, A. Z., “Influência da cura da argamassa em relação às propriedades mecânicas e absorção de água”, Unoesc & Ciência – ACSA, v. 2, pp.75-86, 2011.

[6] Diniz, H. A. A., Junior, I. V. M., Oliveira, S. S., K. J. M., “Influência da cura por imersão em concretos convencionais”, Revista Tecnologia & Informação, v.3, 2015.

[7] Bauer, L. A. F. Materiais de construção. 1ªed. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, v.1, 1994. 435p.

[8] Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 248: Agregados- Determinação da composição granulométrica – Especificação. Rio de Janeiro: ABNT, 2003.

[9] Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 13.276: Argamassa para Assentamento e Revestimento. Rio de Janeiro: ABNT, 2002.

[10] Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 7.215: Cimento Portland - Determinação da resistência à compressão. Rio de Janeiro: ABNT, 1996.

[11] Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 13.281: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos — Requisitos. Rio de Janeiro: ABNT, 2005.