



Influência do tipo de cura no efeito *filler* do resíduo de scheelita moído em matriz cimentícia

Influence of curing type on the filler effect of ground scheelite residue in cementitious matrix

Carolina de Castro Costa ¹, Sâmea Valensca Alves Barros^{2,*}

¹ Aluna de Engenharia Civil, Universidade Federal Rural do Semi-Árido – UFERSA, campus Mossoró, RN, Brasil

² Professora do Centro de Engenharias, Universidade Federal Rural do Semi-Árido – UFERSA, campus Mossoró, RN, Brasil

*Autor para correspondência, E-mail: sameavalensca@ufersa.edu.br

Received: 23 November 2025 | Accepted: 20 December 2025 | Published online: 24 December 2025

Resumo: A prerrogativa de alcançar o objetivo de desenvolvimento sustentável número 12 até 2030 estimula pesquisadores promoverem a garantia de padrões de consumo e produção sustentáveis para a Indústria da Arquitetura, Engenharia e Construção. Analisando as propriedades dos resíduos de scheelita devido ao grande volume gerado na região de Currais Novos/RN em função da produção de tungstênio para atender, principalmente, ao mercado externo, e buscando encontrar destinação adequada para estes. Porém, há lacunas na literatura quando se trata da viabilidade técnica deste resíduo moído em substituição parcial ao agregado convencional na confecção de matrizes cimentícias. Neste contexto, esta pesquisa teve como objetivo verificar o efeito *filler* do resíduo de scheelita moído e peneirado em argamassas. Os procedimentos metodológicos para o beneficiamento do resíduo utilizado consistiram no uso das técnicas de moagem e peneiramento. A confecção das argamassas alternativas aconteceu utilizando moldes cilíndricos com dimensões (50 X 100) mm com teores de substituição parcial ao agregado convencional de 10% e 15%. A resistência à compressão simples foi determinada seguindo os procedimentos prescritos na NBR 7215 (ABNT, 2025). Os resultados obtidos demonstraram a viabilidade técnica quanto ao parâmetro determinado nesta investigação. E que o aumento do teor de substituição da areia pelo resíduo beneficiado promoveu o efeito *filler* e a cura úmida alcançou melhores respostas para a resistência à compressão simples. Ademais os valores ficaram dentro dos estabelecidos pela NBR 13281-2 (ABNT, 2023) para uso em argamassa de assentamento de alvenaria de vedação e de complementação de alvenaria.

Palavras-chave: ODS 12; Argamassa inorgânica alternativa; Resíduo; Beneficiamento; RCS.

Abstract: The prerogative of achieving Sustainable Development Goal number 12 by 2030 encourages researchers to promote the guarantee of sustainable consumption and production patterns for the Architecture, Engineering, and Construction Industry. This involves analyzing the properties of scheelite waste due to the large volume generated in the Currais Novos/RN region as a result of tungsten production, mainly for the export market, and seeking to find a suitable destination for it. However, there are gaps in the literature regarding the technical feasibility of using this ground residue as a partial replacement for conventional aggregate in the production of cementitious matrices. In this context, this research aimed to verify the filler effect of ground and sieved scheelite residue in mortars. The methodological procedures for processing the waste material used consisted of using grinding and sieving techniques. The preparation of the alternative mortars was carried out using cylindrical molds with dimensions of (50 X 100) mm with partial replacement levels to the conventional aggregate of 10% and 15%. The results obtained demonstrated the technical feasibility regarding the parameter determined in this investigation. Furthermore, increasing the substitution of sand with the beneficiated residue promoted a filler effect, and wet curing achieved better results for unconfined compressive strength. Moreover, the values were within those established by NBR 13281-2 (ABNT, 2023) for use in mortar for laying masonry walls and for completing masonry.

Keywords: SDG 12; Alternative inorganic mortar; Waste; Beneficiación; SCR.

1 Introdução

Alcançar o desenvolvimento sustentável se tornou um desafio para as cadeias produtivas da sociedade moderna. Dentre elas, a da indústria da Arquitetura, Engenharia e Construção (AEC) se destaca, pois, seus produtos demandam alto consumo de recursos naturais e gera emissão de CO₂ (dióxido de carbono), impulsionado pelo uso de cimento *Portland* em grande volume na realização de diversas obras civis (Melo et al., 2025). Nessa perspectiva, percebe-se a importância desta cadeia produtiva adotar práticas mais sustentáveis, buscando alternativas que diminuam os impactos ambientais negativos decorrentes da extração de recursos naturais e geração de CO₂.

Paralelamente, a indústria da mineração, que embora seja uma fornecedora essencial de agregados, é também outra cadeia produtiva que além de fazer um grande uso dos recursos naturais produz quantidades expressivas de resíduos sólidos, que são descartados inadequadamente no meio ambiente. Dentre eles, destaca-se os resíduos de scheelita, que são gerados no processo de produção e beneficiamento do tungstênio. Grandes volumes desses resíduos estão concentrados na região Nordeste do Brasil, mais especificamente no município de Currais Novos, estado do Rio Grande do Norte (Macedo et al., 2023).

O descarte inadequado deles representa uma ameaça ambiental real, potencializando a poluição visual, a erosão do solo e a contaminação hídrica (Melo et al., 2025). O *filler* desempenha um papel essencial em argamassas, ajudando a diminuir a porosidade e a melhorar o desempenho mecânico. O efeito *filler* diz respeito ao impacto de partículas finas e, em geral, inertes, que, quando incorporadas à mistura, ajudam a preencher os vazios e, por consequência, aprimoram o empacotamento dos grãos na matriz cimentícia (Khan et al., 2017). Logo, promover o beneficiamento de resíduos sólidos, que não apresentam características pozolônicas, em *filler* (material pulverulento) para uso na construção civil conforme Lima et al. (2022) e Oliveira & Barros (2024) corresponde a uma ação de tornar o setor sustentável e proporciona as argamassas um melhor comportamento mecânico.

Diante deste contexto, esta pesquisa é motivada pela busca de um destino nobre e útil para o resíduo de scheelita gerado em Currais Novos e descartado inadequadamente no entorno da mina de Brejuí. Portanto, o problema central desta pesquisa é verificar se a incorporação do resíduo de scheelita moído e peneirado em malha duzentos promove o efeito *filler* em argamassas para assentamento de alvenaria sem função estrutural (AVV) e em argamassas para fixação horizontal de alvenaria (AAF), avaliando dois teores de substituição parcial do agregado convencional pelo resíduo de scheelita moído e peneirado.

2 Materiais e métodos

2.2 Materiais

Os materiais empregados nesta pesquisa foram: cimento *Portland* CP II F-32 ®Nassau; cal hidratada CH-I ®COMCAL; areia comercializada em Mossoró/RN e resíduo de scheelita proveniente da Mina Brejuí, localizada no município de Currais Novos/RN.

2.3 Beneficiamento do resíduo de scheelita

O beneficiamento do resíduo coletado em Currais Novos/RN na granulometria de agregado miúdo conforme (Figura 1a) consistiu em submetê-lo aos processos de moagem em moinho de bolas do Laboratório de Tecnologia dos Materiais (LTM) da Universidade Federal de Campina Grande - UFCG e de peneiramento em peneira ABNT número 200, resultando em um resíduo pulverulento (Figura 1b).

a)



b)



Figura 1. a) resíduo de scheelita “in natura” b) resíduo de scheelita beneficiado.

2.4 Caracterização mineralógica do resíduo beneficiado

A caracterização mineralógica foi realizada utilizando a difração de raios X (DRX) no Difratorômetro Shimadzu XRD-6000 com radiação $\text{CuK}\alpha$, tensão de 40 kV, corrente de 30 mA, modo de escaneamento por passos (fixed time scan), com passo de 0,02 e tempo de contagem de 0,6 s, com ângulo 2θ percorrido de 5° a 60°. Esse procedimento foi realizado no Laboratório de Tecnologia dos Materiais (LTM) da Universidade Federal de Campina Grande - UFCG.

2.5 Caracterização química do resíduo beneficiado

A composição química do resíduo de scheelita moído e peneirado foi determinada por espectrometria de fluorescência de raios X (FRX), usando o equipamento da Shimadzu EDX-720 para obtenção dos óxidos presentes na composição das amostras. Vale salientar que a caracterização química foi realizada no Laboratório de Tecnologia dos Materiais (LTM) da Universidade Federal de Campina Grande - UFCG.

2.6 Preparação das argamassas

A moldagem dos corpos de prova (CP's) cilíndricos nas dimensões (50x100) mm ocorreu no traço 1:1:6, com teores de substituição parcial da areia de 10% e 15% pelo resíduo beneficiado. Ademais, moldou-se CP's no traço de referência (cimento: cal: areia convencional) conforme as prescrições da NBR 7215 (ABNT, 2025), a cura foi realizada por 28 dias, em cura úmida (simulando câmara úmida) e em cura imersa.

2.7 Determinação da resistência à compressão simples

A resistência à compressão simples (RCS) foi obtida conforme a norma da NBR 7215 (ABNT, 2025) aos 28 dias para os CP's curados nas respectivas curas mencionadas anteriormente, no Laboratório de Ensaios Mecânicos da Universidade Federal Rural do Semi-Árido - UFERSA em Máquina Universal de Ensaio EMIC DL10000.

3 Resultados e discussões

Os resultados obtidos para caracterização mineralógica do resíduo de scheelita são apresentados na Figura 2.

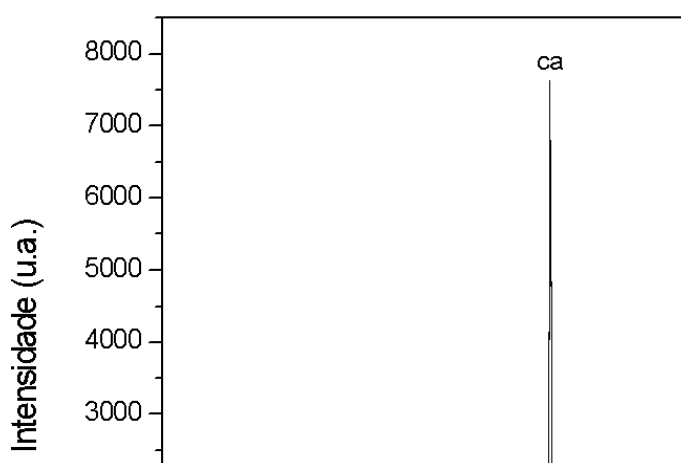


Figura 2. Difratoograma do resíduo de scheelita moído.

Analisando os resultados do difratograma da Figura 2, verifica-se que o resíduo de scheelita moído apresentou as seguintes fases mineralógicas: calcita (JCPDS 72-1937), quartzo (JCPDS 46-1045) e mica (JCPDS 83-1808), corroborando com os resultados obtidos na composição química (Tabela 1) e evidenciando que o uso dele na composição da argamassa é correto, tendo como parâmetro estas características deste material. Ao compasso que o difratograma demonstra estrutura cristalina bem ordenada e conseqüentemente que o material é constituído (Tabela 1) por sílica cristalina que é inerte em relação ao cimento *Portland*, classificando o material como não sendo pozolânico. Conforme Mehta & Monteiro

(2014) material inerte não pode ser usado como material cimentício suplementar (MCS), então, pode-se afirmar pela composição mineralógica do resíduo de scheelita moído e peneirado que o mesmo não pode ser usado como MCS, mas é passível de ser usado em substituição parcial ao agregado convencional para promover o empacotamento da matriz cimentícia. Pois, segundo Li et al. (2022) materiais para serem usados em substituição parcial ao cimento *Portland* necessitam ter atividade pozolânica.

A Tabela 1 apresenta o resultado obtido para o resíduo de scheelita moído. Percebe-se na Tabela 1 que os óxidos de cálcio (CaO) e de sílica (SiO₂) são predominantes na amostra estudada. E que o resíduo estudado apresenta presença de componentes voláteis na sua composição química por ter tido uma perda ao fogo alta, e que neste resíduo há presença de carbonatos que quando aquecidos se decompõem em CaO e libera CO₂.

Tabela 1. Composição química do resíduo de scheelita moído.

Óxidos	Porcentagem (%)
CaO	49,13
SiO ₂	17,59
Al ₂ O ₃	6,00
Fe ₂ O ₃	6,05
MgO	3,03
SO ₃	0,80
K ₂ O	0,73
MnO	0,45
Outros	0,78
Perda ao Fogo	15,44
Óxidos Totais	27,90

Verifica-se, ainda, na Tabela 1 que apenas 27,9% da massa do material é composta por óxidos estáveis (SiO₂, Al₂O₃, CaO, Fe₂O₃ etc.), corroborando o valor encontrado para perda ao fogo, que foi elevado. Normal acontecer com este resíduo porque a scheelita (CaWO₄) não é lido como óxidos simples em FRX (SiO₂, CaO etc.), pois contém tungstênio em forma tungstática.

A Tabela 2 apresenta os resultados obtidos da RCS média para os traços estudados obtidos na idade de 28 dias de cura imersa.

Tabela 2. Resistência à compressão simples aos 28 dias de cura imersa das argamassas estudadas.

Traço	RCS média (MPa)	Desvio padrão (±)	Coefficiente de variação (%)
0% (Referência)	2,14	0,078	3,64
10% de resíduo de Scheelita moído	2,49	0,176	7,07
15% de resíduo de Scheelita moído	2,64	0,217	8,22

Verifica-se na Tabela 2 que os valores obtidos aos 28 de cura imersa para as argamassas estudadas atenderam o valor mínimo estabelecido pela NBR 13281-2 (ABNT, 2023) para argamassa de assentamento de alvenaria sem função estrutural (AVV) e maior que o valor mínimo para argamassa de fixação horizontal de alvenaria (AAF), que são, respectivamente, 2,0 Mpa e 1,5 MPa. Ademais, percebe-se que todos os coeficientes de variação ficaram abaixo de 10%, atestando a confiabilidade do ensaio realizado para determinação destes valores. E que o traço que apresenta 15% de resíduo de scheelita moído e peneirado em substituição parcial ao agregado convencional teve melhor comportamento mecânico, apresentando um aumento percentual em relação ao traço de referência de 23,36%, demonstrando o efeito *filler*.

O aumento percentual não caracteriza um ganho de resistência expressivo, talvez porque como o traço estudado usa cal e a mesma diminui a resistência à compressão das argamassas, porém não compromete o resultado porque ficou dentro do valor estabelecido pela norma para o uso em assentamento de alvenaria de vedação sem função estrutural e em fixação horizontal de alvenaria.

Já a Tabela 3 apresenta os valores obtidos para RCS média para os corpos de prova submetidos aos 28 dias em cura úmida.

Tabela 3. Resistência à compressão simples aos 28 dias de cura úmida das argamassas estudadas.

Traço	RCS média (MPa)	Desvio Padrão (\pm)	Coefficiente de variação (%)
0% (Referência)	2,22	0,085	3,83
10% de resíduo de scheelita moído	2,63	0,238	9,05
15% de resíduo de scheelita moído	2,91	0,165	5,67

Observa-se na Tabela 3 que os valores obtidos para RCS média para os corpos de prova submetidos aos 28 dias em cura úmida alcançaram o valor mínimo estabelecido pela NBR 13281-2 (ABNT, 2023) para argamassa de assentamento de alvenaria sem função estrutural (AVV) e maior que o valor mínimo para argamassa de fixação horizontal de alvenaria (AAF), que são, respectivamente, 2,0 Mpa e 1,5 MPa. Assim como, todos os coeficientes de variação ficaram abaixo de 10%, atestando a confiabilidade do ensaio realizado para determinação destes valores.

Além disto, ressalta-se que o traço com 15% de resíduo de scheelita moído e peneirado em substituição parcial ao agregado convencional teve melhor comportamento mecânico, apresentando um aumento percentual em relação ao traço de referência de 31,08%. Este demonstra a ocorrência do efeito *filler* e que a cura úmida apresentou um maior efeito *filler* do que a cura imersa.

A Tabela 4 traz o comparativo entre os valores de RCS média obtidos para os corpos de prova para os dois tipos de cura estudado.

Tabela 4. Comparação entre os valores de RCS média obtidos para cada tipo de cura.

Traço	RCS média cura imersa (MPa)	RCS média cura úmida (MPa)	Aumento percentual (%)
0% (Referência)	2,14	2,22	3,74
10% de resíduo de scheelita moído	2,49	2,63	5,62
15% de resíduo de scheelita moído	2,64	2,91	10,22

A cura úmida proporcionou aumento percentual de 3,74% para o traço de referência; de 5,62% para o traço com 10% de resíduo de scheelita moído em substituição parcial ao agregado convencional e de 10,22% para o traço com 15% de resíduo de scheelita moído em substituição parcial ao agregado convencional. Demonstrando que o tipo de cura influencia no comportamento mecânico da matriz cimentícia, embora não tenha produzido aumentos percentuais mais significativos, provavelmente por se tratar de argamassa mista. Estes resultados ressaltam que a cura úmida teve melhor desempenho, e se assemelham aos obtidos por Souza *et al.* (2019).

Vale salientar, os valores obtidos tanto para cura imersa quanto para úmida foram valores mínimos quando se observa o intervalo indicado pela NBR 13281-2 (ABNT, 2023), porque o traço utilizado foi o mais usual para o assentamento de alvenaria de vedação (1:1:6), que é um traço misto, logo a cal baixa a resistência à compressão simples.

4 Conclusões

Após a realização desta pesquisa sobre argamassas confeccionadas com resíduo de scheelita moído e peneirado em substituição parcial ao agregado convencional, é possível concluir:

- O tipo de cura que promoveu melhor comportamento mecânico das argamassas estudadas foi a cura úmida, que gerou aumentos percentuais de 3,74% para o traço de referência; de 5,62% para o traço com 10% e de 10,22% para o traço com 15% em relação aos valores obtidos para a cura imersa.
- A caracterização mineralógica e química do resíduo de scheelita moído e peneirado demonstrou que o uso dado ao mesmo na confecção das argamassas foi coerente com as propriedades obtidas, estas o caracterizam como material inerte que não pode ser utilizado como material cimentício suplementar em matrizes cimentícias. Porém, em função de ser pulverulento pode ser utilizado em substituição parcial ao agregado convencional para promover o efeito *filler*, comprovado com aumentos percentuais de 23,36% (cura imersa) e de 31,08% (cura úmida) da RCS média obtida para o traço que usa 15% do resíduo em relação ao de referência.
- As argamassas estudadas, tanto as curadas em cura imersa quanto em cura úmida, apresentaram os valores conforme a NBR 13281-2 (ABNT, 2023) para serem classificadas como argamassa de

assentamento de alvenaria sem função estrutural (AVV) e argamassa de fixação horizontal de alvenaria (AAF).

Referências bibliográficas

Associação Brasileira de Normas Técnicas (2025) *NBR 7215: Cimento Portland – determinação da resistência à compressão de corpos de prova cilíndricos*. Rio de Janeiro: ABNT, 18 pp.

Associação Brasileira de Normas Técnicas (2023) *NBR 13281-2: Argamassas inorgânicas — requisitos e métodos de ensaios parte 2: argamassas para assentamento e argamassas para fixação de alvenaria*. Rio de Janeiro: ABNT, 11 pp.

Khan, MI, Zhang, J and Zhou, Y (2017) ‘Filler effect of pozzolanic materials on the strength and microstructure development of mortar’, *KSCE Journal of Civil Engineering*, v. 21, n. 1, pp. 274–281. Disponível em: <https://periodicos.ifpb.edu.br/index.php/principia/article/view/6092> (acessado em 19 de setembro de 2025).

Li, Q, Qiao, H, Li, A and Li, G (2022) ‘Performance of waste glass powder as a pozzolanic material in blended cement mortar’, *Construction and Building Materials*, v. 324, n. 21, pp. 126531. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2022.126531>

Lima, GLSD, Barros, SVA, Dantas, GCB and Silva, WG (2021) ‘Efeito filler em argamassas de revestimento com resíduos de quartzito’, *Revista Construindo*, v. 13, n. 2, pp. 57–75. Disponível em: <https://revista.fumec.br/index.php/construindo/article/view/8195> (acessado em 19 de setembro de 2025).

Macedo, JWN, Pipolo, LFG, Filho, REBR, Souza, JM de, Silva, VM da and Acchar, W (2023) ‘Argamassas produzidas com resíduos de scheelita e pó de pedra: uma revisão sistemática da literatura’, *Revista Principia*, v. 60, n. 1, pp. 166–188. Disponível em: <https://periodicos.ifpb.edu.br/index.php/principia/article/view/6092> (acessado em 16 de outubro de 2025).

Melo, DS de, Machado, TG, Meyer, MF, Monteiro, FM and Neto, DVR (2025) ‘Estudo da caracterização do resíduo fino de scheelita do município de Currais Novos-RN em materiais cimentícios’ in *Congresso Sul-Americano de Resíduos Sólidos e Sustentabilidade*, 8, João Pessoa. <https://doi.org/10.55449/conresol.8.25.V-008>

Mehta, PK and Monteiro, PJM (2014) *Concrete: Microstructure, Properties, and Materials*. New York: McGraw-Hill.

Oliveira, LAA and Barros, SVA (2024) ‘Tijolos de solo-cimento com perlita como MCS e cinza de algaroba e cajueiro como filler’, *International Journal of Professional Business Review*, v. 9, pp. 1–18. <https://doi.org/10.26668/businessreview/2024.v9i5.4629>

Souza, MHO, Neta, MLXF, Barros, SVA, Dantas, GCB, Pimentel, PM and Cartaxo, JM (2019) ‘Influência do tipo de cura no comportamento mecânico de argamassas confeccionadas com areia de scheelita’, *Revista Eletrônica de Materiais e Processos (UFMG)*, v. 14, pp. 91–94. Disponível em: <https://remap.revistas.ufmg.edu.br/index.php/REMAP/article/view/698> (acessado em 10 de novembro de 2025).