**SUBSTITUIÇÃO PARCIAL DO AGREGADO MIÚDO POR RESÍDUOS DA
MINERAÇÃO EM CONCRETOS DE PAVIMENTO RÍGIDO**

Edmilson Roque da Silva Junior (*), Marcelo Laédson Morato Ferreira, Brenno Tércio da Silva Miranda, Larissa Santana Batista.

*Universidade Federal de Campina Grande – UFCG, email: edmilsonroquejr@gmail.com.

RESUMO

A exploração de jazidas minerais é um dos principais meios para a obtenção de matérias primas que são utilizados pelas mais diversas indústrias, esse processo gera resíduos que não possuem valor econômico, sendo assim, descartados de forma inadequada, causando impactos negativos ao meio ambiente. Um dos caminhos para esses resíduos é a sua utilização na construção civil como agregado natural na produção de concreto, podendo substituir agregados tradicionais, uma vez que possui características semelhantes. Dessa forma, este trabalho tem como objetivo avaliar o desempenho do concreto com substituição parcial do agregado miúdo convencional por resíduos minerais, scheelita e pó de quartzo, através de ensaios mecânicos e absorção de água, verificando se esses resíduos industriais alcançam resultados que permitam sua destinação à pavimentação rígida. Obtido a fração da scheelita e pó de quartzo com dimensões de agregado miúdo, realizou-se a caracterização física dos materiais utilizados na confecção do concreto, os resíduos foram submetidos ao ensaio de granulometria, massa unitária e massa específica. Em seguida foram moldados corpos de prova com concreto convencional e com substituições de 10%, 20%, 30% do agregado miúdo para que fossem submetidos aos ensaios mecânicos. Os resultados obtidos nos ensaios mostram que os concretos com os resíduos minerais apresentaram valores próximos ao concreto convencional, já que no ensaio de resistência à compressão simples, o concreto com 30% de scheelita apresentou uma resistência de 28,61 MPa, superando o valor mínimo consoante a norma ABNT NBR 6118 (2014). Já no ensaio de tração na flexão, o concreto com 30% de pó de quartzo alcançou a resistência de 3,86 Mpa, superando o mínimo estabelecido pela norma SIURB IP 07 (2014). Dessa forma, concluiu-se que os resíduos industriais de pó de quartzo e scheelita podem ser utilizados como agregado miúdo na confecção de concreto destinado a pavimentação rígida, se provando um caminho efetivo para a utilização desses resíduos, o que contribuiria para a redução dos impactos ambientais causados pelo descarte inadequado desses resíduos.

PALAVRAS-CHAVE: Resíduo, concreto, pavimento rígido.

ABSTRACT

The exploration of mineral deposits is one of the main ways to obtain raw materials that are used by the most diverse industries, this process generates wastes that don't have economic value, being discarded in an inadequate way, causing negative impacts to the environment. One of the ways for this waste is its use in construction as a natural aggregate in the concrete production, being able to replace traditional aggregates, since it has similar characteristics. This way, this work has the objective of evaluate the performance of the concrete with partial replacement of the conventional small aggregate by mineral wastes, scheelite and quartz powder, through mechanical tests and water absorption, verifying if these industrial wastes reach results that allow their destination to rigid pavement. Obtained the fraction of the scheelite and quartz powder with small aggregate dimensions, it was carried out the physical characterization of the materials used in the making of the concrete, the wastes were submitted to the tests of particle size distribution, unit weight and specific weight. After this, proof-bodies were shaped with conventional concrete and with replacements of 10%, 20%, 30% of the small aggregate to be submitted to mechanical tests. The results obtained in the tests show that the concrete with the mineral wastes presented values close to the conventional concrete, since in the resistance to simple compression test, the concrete with 30% of scheelite presented a resistance of 28,61 MPa, exceeding the minimum value according to the ABNT NBR 6118 (2014) standard. In the flexural tensile strength test, the concrete with 30% of quartz powder reached a resistance of 3,86 Mpa, exceeding the minimum established by the SIURB IP 07 (2014) standard. This way, it was concluded that the industrial wastes of quartz powder and scheelite can be used as a small aggregate in the production of concrete destined to rigid pavement, proving to be an effective way to the use of these wastes, which would contribute to the reduction of impacts caused by the inappropriate disposal of these wastes.

KEY WORDS: Waste, concrete, rigid pavement.



INTRODUÇÃO

Um dos grandes desafios dos últimos anos tem sido a incessante busca por minimizar a quantidade exacerbada de resíduos produzidos de forma inapropriada. Entre os resíduos mais comuns, observa-se que os produzidos pelo setor da mineração, tais como pó de quartzo e scheelita, têm apresentado geração e acúmulo crescente, sendo indiscriminadamente descartados no meio ambiente (Dias, 2010).

Dessa forma, é imprescindível a implantação de um sistema eficiente de gestão desses resíduos, visando à redução dos rejeitos na origem, a reciclagem e o seu tratamento, de forma a minimizar os impactos ambientais gerados desde a produção até a disposição final dos mesmos.

No intuito de prolongar o ciclo de vida desses resíduos, se torna possível enquadrá-los no segmento da construção civil, em particular, na substituição parcial do agregado miúdo, de modo a se comportar de forma semelhante ou até mesmo superior aos agregados convencionais. Assim, segundo Silva (2005), a inserção de resíduos na produção de materiais pode proporcionar economia de energia e contribuir para o desenvolvimento sustentável.

Dentre os fins para o qual o material é produzido, o concreto para fins de pavimentação ganha relativa visibilidade na atualidade. Isto porque, em comparação aos pavimentos flexíveis, o pavimento rígido (pavimento de concreto) possui maior capacidade de absorção de carga e melhor distribuição dessas na fundação, além de apresentar menor deformação.

Nesse contexto, a utilização nos concretos para produção de pavimento rígido pode ser um caminho para a utilização desse material, pois dará um novo destino a resíduos de mineração que seriam descartados, contribuindo positivamente para o meio ambiente.

OBJETIVOS

O presente trabalho tem como objetivo avaliar o comportamento mecânico de um concreto produzido a partir da utilização de resíduo de scheelita e pó de quartzo como agregado miúdo comparando com desempenho de um concreto produzido com agregado natural. Pretende-se comprovar que os resíduos incorporados a este concreto apresentam um bom comportamento como agregado graúdo, atendendo as propriedades requeridas ao concreto para que o mesmo desempenhe de forma eficiente sua função e se torne uma alternativa sustentável para os resíduos de scheelita e pó de quartzo que seriam descartados.

METODOLOGIA

Os resíduos utilizados foram coletados em mineradoras da região e levados para a UFCG, para que fosse possível a realização da caracterização física dos materiais que seriam utilizados no concreto.

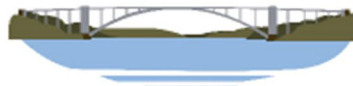
Os agregados graúdos, brita 0 e brita 1, passaram pelos ensaios de granulometria, consoante a NBR NM 248 (2001), e ensaio de massa unitária, conforme a NBR NM 45 (2006). Já com os agregados miúdos, composto por areia, scheelita e pó de quartzo, realizou-se o ensaio para obtenção da massa específica, seguindo a NBR NM 52 (2009), e o ensaio de absorção, conforme a NBR NM 53 (2009). Por sua vez, com o aglomerante foi realizado o ensaio de finura seguindo a NBR 11579 (2013).

Em seguida, determinou-se um traço de concreto conforme método desenvolvido pela Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP), a partir deste, calculou-se composições com substituição parcial do agregado miúdo nas proporções de 10%, 20% e 30%. Seguindo a NBR 5738 (2016), foram moldados corpos de prova, e por último, postos para cura, finalizado este processo, deu-se início aos ensaios mecânicos.

Os dados obtidos do ensaio de compressão diametral foram utilizados para o cálculo da resistência a tração na flexão do concreto, seguindo as considerações presente na ABNT NBR 6118 (2014), a relação entre a tração por compressão diametral e a tração na flexão resulta na equação:

$$f_{ct,f} = 1,3 * (f_{ct,sp}) \quad \text{equação (1)}$$

A partir do valor mínimo de tração na flexão igual a 3,8 MPA, determinada pela IP - 07/2004 (SIURB), encontrou-se o valor mínimo de resistência a compressão a partir do qual pode ser empregado em pavimento rígido. Transformou-se esse



valor para resistência a tração diametral e em seguida aplicou-se na equação 2, regida pela ABNT NBR 6118 (2014), obtendo-se o valor de aproximadamente 26 MPA.

$$f_{ct,sp} = (1/3) * ((f_{ck})^{(2/3)})$$

equação (2)

RESULTADOS E DISCUSSÕES

A partir do ensaio de peneiramento foi construída o gráfico da curva granulométrica dos agregados utilizados, o mesmo se encontra abaixo:

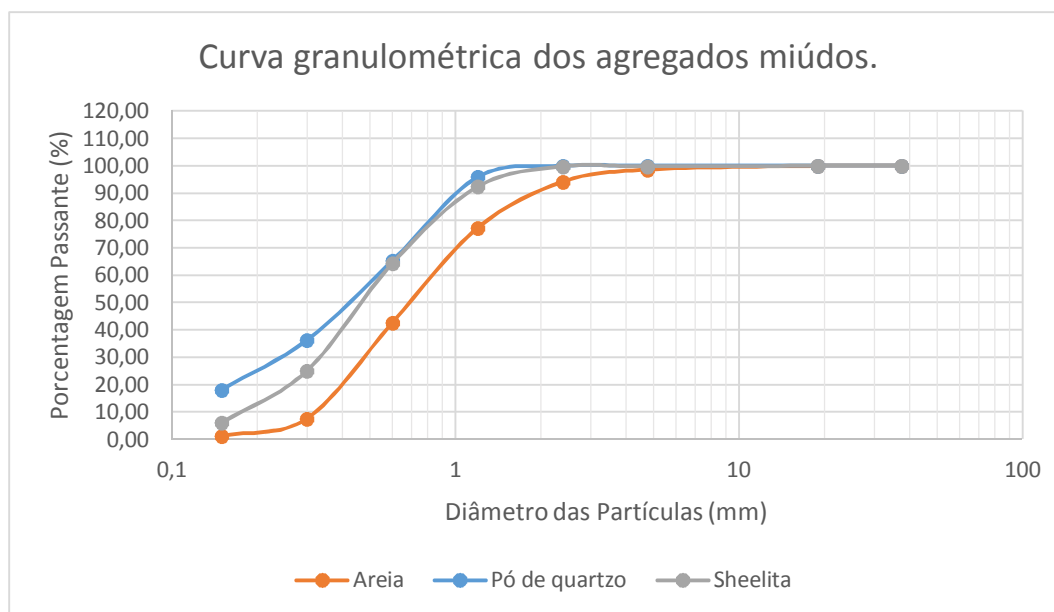


Figura 1: Curvas granulométricas dos agregados miúdos. Fonte: Autor do Trabalho.

Tabela 1. Dados correspondentes ao ensaio de massa unitária, específica e módulo de finura, do agregados. Fonte: Autor do trabalho.

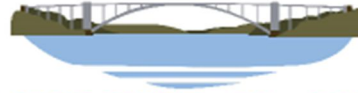
Agregado	Massa Unitária (g/cm ³)	Massa Específica (g/cm ³)	Módulo de Finura (%)
Areia	1,41	2,75	2,78
Pó de Quartzo	1,44	2,65	1,85
Scheelita	1,60	3,15	2,12

Pela curva granulométrica dos agregados, percebe-se que tanto o pó de quartzo como a scheelita possuem maior quantidade de finos que a areia, assim como o módulo de finura, cujo dados são apresentados na tabela 1, dessa forma, os resíduos conferem uma maior trabalhabilidade ao concreto, em contrapartida, o consumo de água é maior o que pode diminuir a resistência do concreto.

Relacionando a dimensão máxima característica (DMC) com o módulo de finura obtido para cada agregado, os resultados mostram que, o resíduo do pó de quartzo e o da scheelita encontram-se na zona utilizável, segundo classificação encontrada na NBR 7211 (2009) que normatiza agregados para concreto, dessa forma, os resíduos são adequados para o uso.

O pó de quartzo apresentou massa específica menor que o convencional, consequentemente resultando em um concreto com massa específica mais leve, já a scheelita apresentou massa específica mais elevada que o convencional. Enquanto isso, a massa unitária do pó de quartzo e areia apresentaram valores aproximados, a scheelita possui uma massa unitária superior, resultando em uma maior porosidade, tornando o concreto mais poroso.

Dos ensaios realizados com o agregado graúdo e o aglomerante, apresentados abaixo, obteve-se que a brita 0 possui maior absorção que a brita 1 sendo necessário fazer uma correção no água e cimento do concreto. O aglomerante possui módulo de finura de 2,7%, um cimento com menor módulo de finura contribui para uma menor exsudação e segregação do



concreto. Com os resultados apresentados foi possível definir o traço que deveria ser seguido para atingir os valores mínimos de resistência presentes na norma.

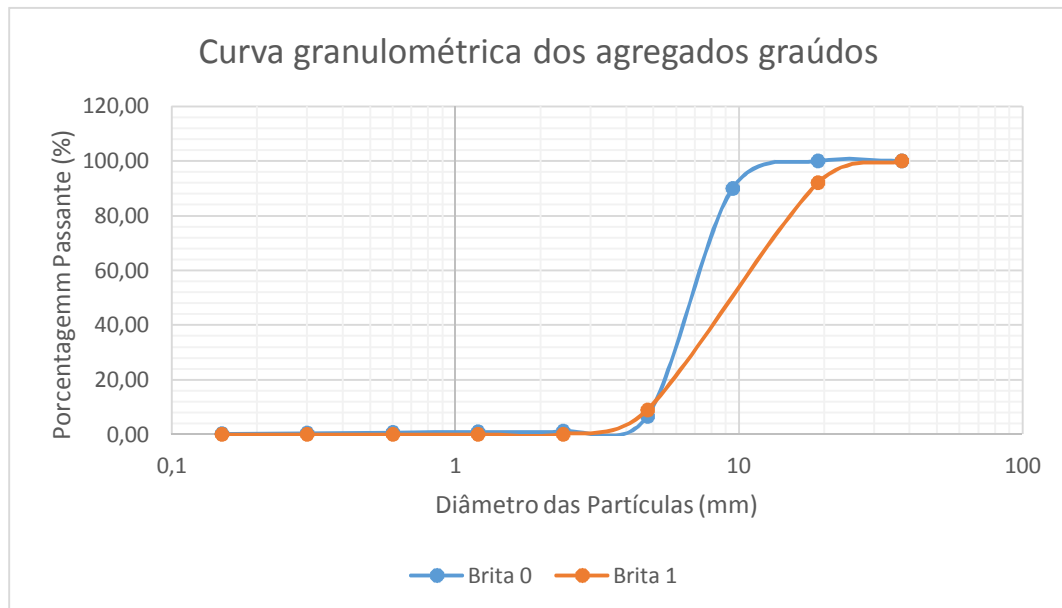


Figura 2: Curvas granulométricas Brita 0 x Brita 1. Fonte: Autor do Trabalho.

Tabela 2. Massa unitária e absorção das britas. Fonte: Autor do trabalho.

Amostra	Massa Unitária	Absorção
Brita 0	1,33 g/cm ³	1,83%
Brita 1	1,45 g/cm ³	0,60%

Com a realização dos ensaios mecânicos, obteve-se que a substituição parcial do agregado miúdo pelo resíduo de scheelita bem como, resíduo de pó de quartzo na composição do concreto nas proporções de 10%, 20% e 30%, apresentaram resultados esperados. Quanto a resistência à compressão simples, destaque para o concreto produzido com substituição de 10% de scheelita que após 14 dias de cura, apresentou resistência à compressão de 24,45Mpa, já o concreto produzido com substituição de 30% de pó de quartzo aos 7 dias de cura, apresentou resistência a compressão de 20,45Mpa. Ressalta-se que esses resultados foram superiores ao desempenho do concreto convencional para o mesmo tempo de cura. Todavia, a diferença de resistência entre os concretos com substituição desses resíduos e o concreto convencional, para um mesmo tempo de cura é mínima, possibilitando uma maior proporção de resíduos no concreto.

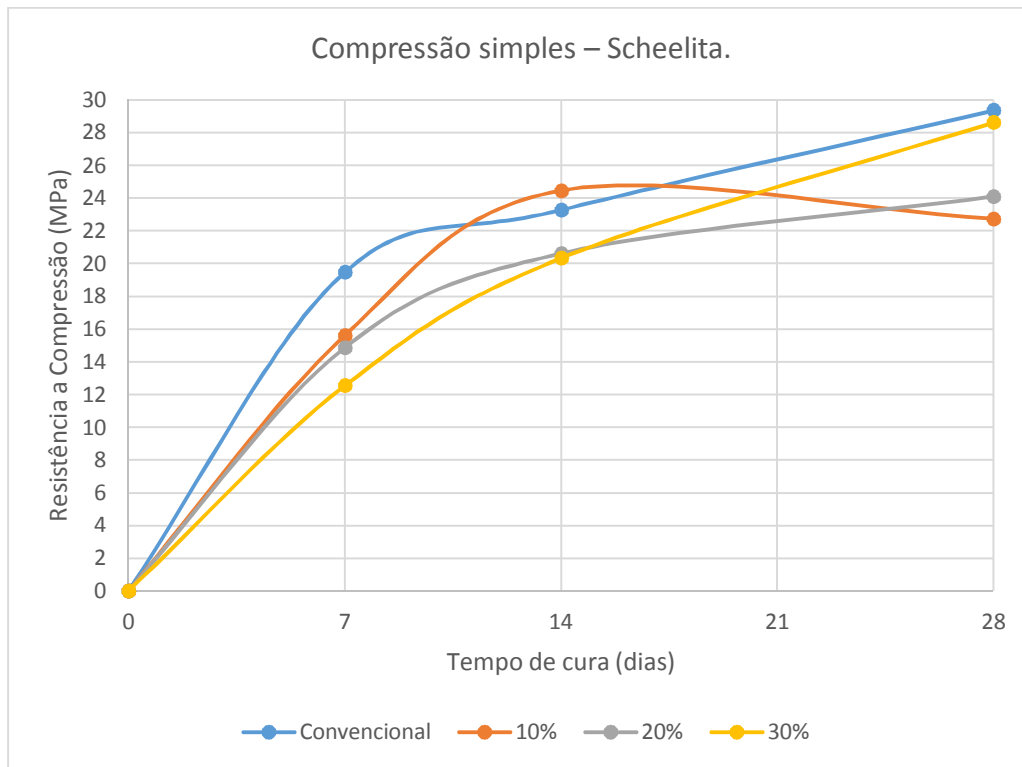
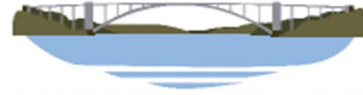


Figura 3 Resultados do ensaio de resistência à compressão simples – Scheelita (Mpa). Fonte: Autor do Trabalho.

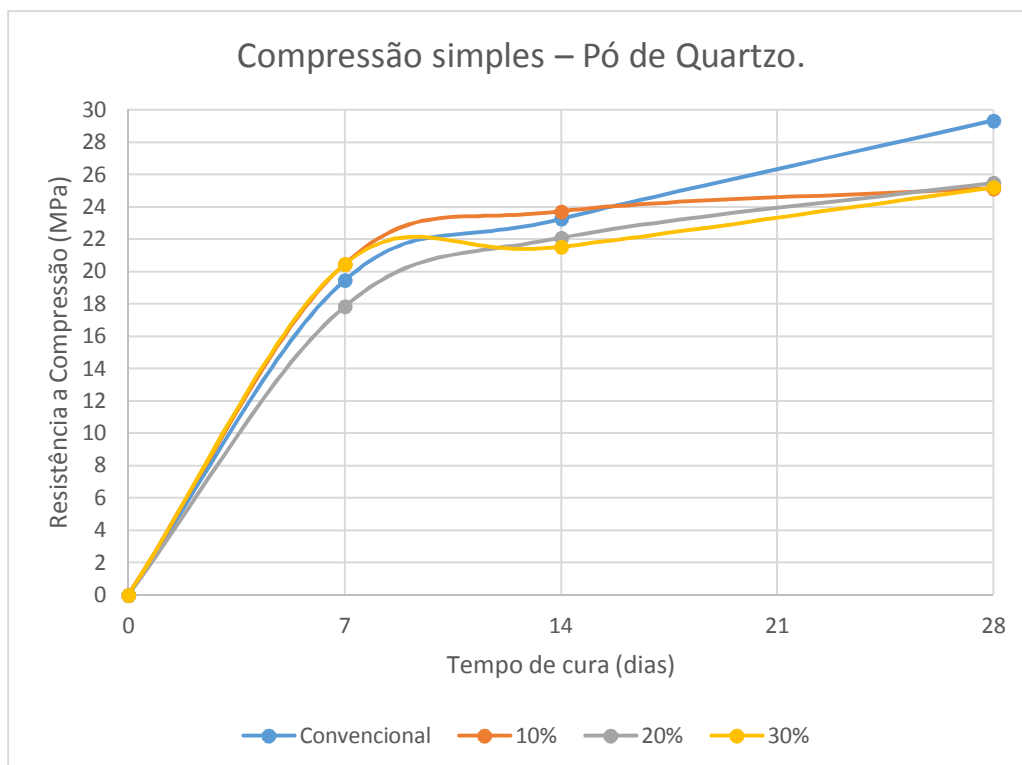


Figura 4: Resultados do ensaio de resistência à compressão simples – Pó de quartzo (Mpa). Fonte: Autor do Trabalho.

Com a realização dos ensaios mecânicos, obteve-se que a substituição parcial do agregado miúdo pelo resíduo de scheelita bem como, resíduo de pó de quartzo na composição do concreto nas proporções de 10%, 20% e 30%, apresentaram resultados esperados. Quanto a resistência à compressão simples, destaque para o concreto produzido com substituição de 10% de scheelita que após 14 dias de cura, apresentou resistência à compressão de 24,45Mpa, já o concreto produzido com substituição de 30% de pó de quartzo aos 7 dias de cura, apresentou resistência a compressão de 20,45Mpa. Ressalta-



se que esses resultados foram superiores ao desempenho do concreto convencional para o mesmo tempo de cura. Todavia, a diferença de resistência entre os concretos com substituição desses resíduos e o concreto convencional, para um mesmo tempo de cura é mínima, possibilitando uma maior proporção de resíduos no concreto.

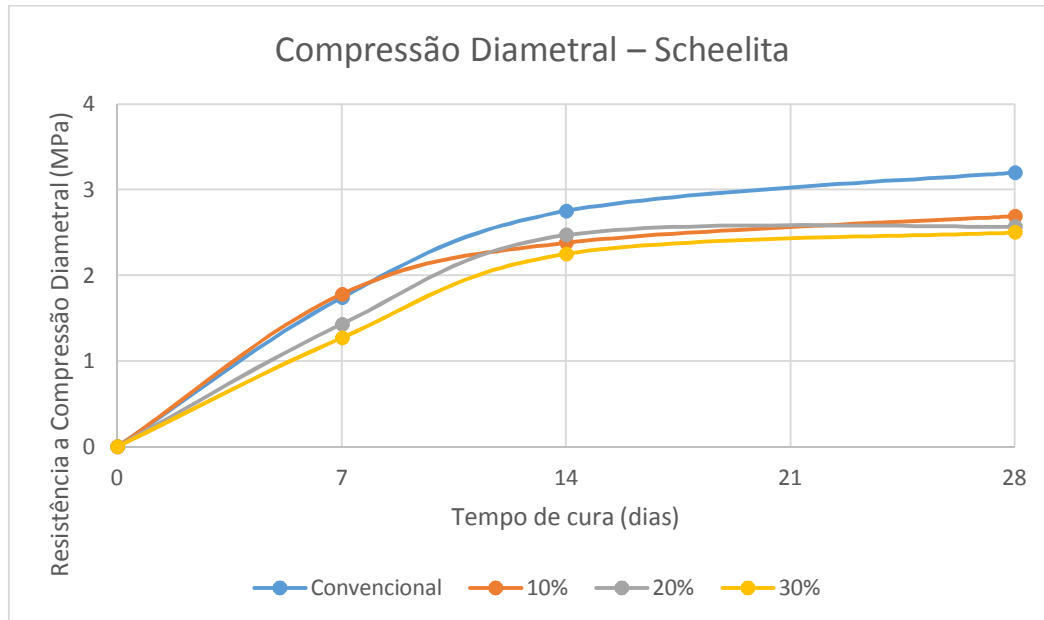


Figura 5: Resultados do ensaio de tração por compressão diametral – Scheelita (Mpa). Fonte: Autor do Trabalho.

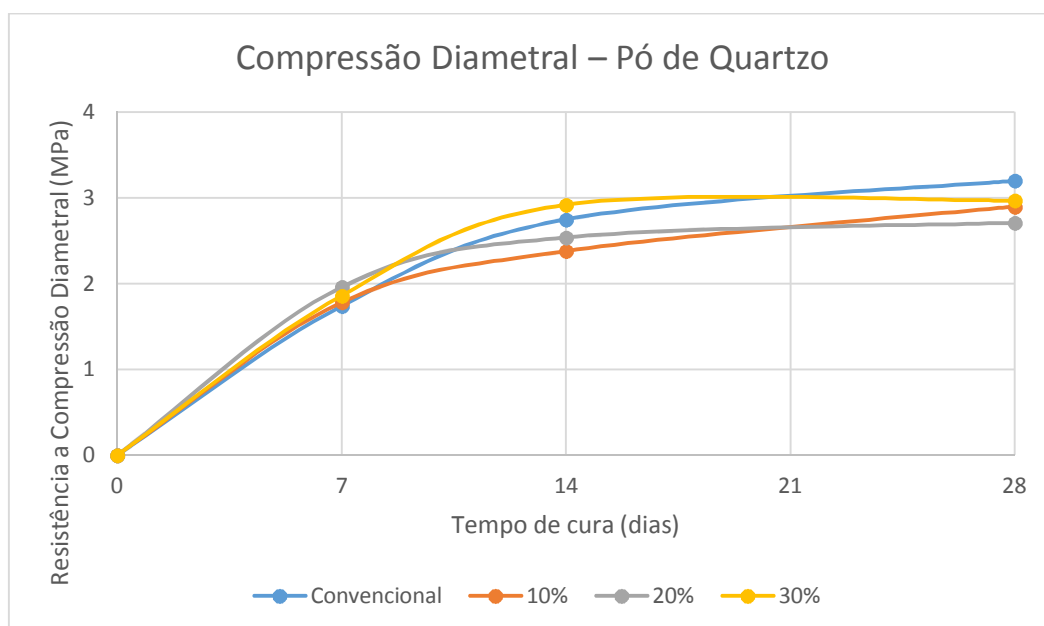


Figura 6: Resultados do ensaio de tração por compressão diametral – Pó de quartzo (Mpa). Fonte: Autor do Trabalho.

CONCLUSÕES

Com a crescente preocupação com o meio ambiente está levantando discussões, tanto nas esferas nacionais quanto internacionais, sobre o descarte adequado e a reutilização de vários tipos de resíduos, dentre eles os industriais. Neste contexto, a geração de resíduos sólidos provenientes da atividade mineradora, inicialmente visto como não utilizáveis e reiteradamente recebendo destinos inapropriados, podem ter uma sobrevida nas obras, a partir da sua reutilização como agregados miúdos, uma vez que estes possuam um desempenho considerável, mesmo que não superem o concreto convencional, o concreto que utiliza resíduo de scheelita e pó de quartzo ainda pode utilizado na construção civil, assim,



dando um destino favorável para esses resíduos, obtendo assim ponto positivo com um meio ambiente promovendo sustentabilidade.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 248: Agregados – Determinação da composição granulométrica.** Rio de Janeiro, 2003.
2. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 45: Agregados – Determinação da massa unitária e do volume de vazios.** Rio de Janeiro, 2006.
3. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 52: Agregado miúdo – Determinação da massa específica e massa específica aparente.** Rio de Janeiro, 2009.
4. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 53: Agregado graúdo – Determinação da massa específica, massa específica aparente e absorção da água.** Rio de Janeiro, 2009.
5. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 11579: Cimento Portland – Determinação do índice de finura.** Rio de Janeiro, 2013.
6. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5738: Cimento Portland – Procedimento para moldagem e cura dos corpos de prova.** Rio de Janeiro, 2016.
7. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5738: Projeto de estruturas de concreto – Procedimento.** Rio de Janeiro, 2014.
8. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7211: Agregados para concreto: Especificação.** Rio de Janeiro, 2009.
9. DIAS, S. L. **Incorporação de Resíduos de caulim em argamassa de assentamento revestimento para uso em construção civil - avaliação da atividade pozolânica.** 2010. 72 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2010. Cap. 2.
10. FERNANDES, B. R. B. e Á. O. D. V. MACHADO. **Aproveitamento dos finos de Scheelita utilizando concentração centrífuga e lixiviação ácida.** 2011. Dissertação (Mestrado em Pós-Graduação em Engenharia Mineral, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2011.
11. SECRETARIA MUNICIPAL DE INFRAESTRUTURA URBANA E OBRAS. **IP 07: Dimensionamento de pavimentos de concreto.** São Paulo, 2004.
12. SILVA, G. J. B. **Estudo do comportamento do concreto de cimento Portland produzido com adição do resíduo de polimento do porcelanato.** 2005. Dissertação (Mestrado em Escola de Engenharia) - Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2005, 92p.