



## AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE ADIÇÃO DO RESÍDUO DE QUARTZITO EM SUBSTITUIÇÃO AO QUARTZO NA FORMULAÇÃO DA MASSA PARA REVESTIMENTOS CERÂMICOS

Marcondes Mendes de Souza (\*), João Pedro Bezerra Neto, Welvia Kadja da Silva Francisco, Marina Lucas de Oliveira, Luciana Jeannie Dantas Bezerra Mendes

\* Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte, IFRN-CNAT, diretoria acadêmica de recursos naturais, marcondes.mendes@ifrn.edu.br.

### RESUMO

Este trabalho teve por objetivo avaliar através de ensaios físico-químicos o uso dos resíduos de quartzitos, em substituição ao quartzo, como componentes da massa cerâmica para a produção de grés porcelanato. Primeiramente, foram coletadas amostras de quartzito branco junto as mineradoras do seridó norte-rio-grandense, mas precisamente, da região de Parelhas, no Rio Grande do Norte. Em seguida, as matérias-primas foram moídas, passadas em uma peneira com malha de 200 Mesh e caracterizadas por meio de análise química por fluorescência de raios-X e análise de fases cristalinas por difração de raios-X. A massa cerâmica foi composta por duas formulações contendo, a primeira, 52 % de feldspato, 33 % de argila e 15% de quartzo, enquanto a segunda tinha 33% de argila, 52% de feldspato e 15% de resíduo de quartzito. Para a preparação dos corpos de prova usou-se a prensagem uniaxial, os quais em seguida foram sinterizados a 1100°C e 1200°C. Após a sinterização, os corpos-de-prova foram submetidos a ensaios de caracterização tecnológica como: absorção de água, retração linear, porosidade aparente, massa específica aparente e resistência à flexão em três pontos. Todas as formulações dos quartzitos obtiveram baixa absorção de água quando sinterizados a 1200 °C, obtendo absorção de água entre 0,1 a 0,36 % sem terem passado pelo processo de atomização. Nos ensaios de resistência à flexão todos os quartzitos encontram-se nos limites de aceitação, segunda a norma europeia EN 100, superando 27 MPa na sinterização a 1200 °C.

**PALAVRAS-CHAVE:** Quartzito, revestimento cerâmico, impactos ambientais, reutilização, quartzo.

### ABSTRACT

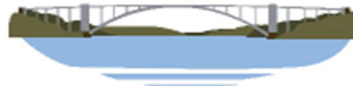
The objective of this work was to evaluate the use of quartzite residues, replacing quartz, as components of the ceramic mass for the production of porcelain stoneware. Firstly, samples of white quartzite were collected from the miners of the seridó norte-rio-grandense, but precisely from the Parelhas region of Rio Grande do Norte. Then, the raw materials were ground, passed through a 200 Mesh mesh sieve and characterized by X-ray fluorescence chemical analysis and X-ray diffraction analysis of crystalline phases. The clay mass was composed of two formulations containing the first 52% of feldspar, 33% of clay and 15% of quartz, while the second had 33% of clay, 52% of feldspar and 15% of quartzite. Uniaxial pressing was used for the preparation of the specimens, which were then sintered at 1100 ° C and 1200 ° C. After sintering, the specimens were submitted to technological characterization tests such as: water absorption, linear retraction, apparent porosity, apparent specific mass and resistance to bending at three points. All formulations of the quartzites obtained low water absorption when sintered at 1200 ° C, obtaining water absorption between 0.1 and 0.36% without having undergone the atomization process. In the tests of flexural strength all the quartzites are within the limits of acceptance, second the European standard EN 100, exceeding 27 MPa in sintering at 1200 ° C.

**KEY WORDS:** Quartzite, ceramic coating, environmental impacts, reuse, quartz.

### INTRODUÇÃO

As empresas brasileiras de produção de materiais cerâmicos para construção civil estão se conscientizando da necessidade de evitar o desperdício e promover a reciclagem e o aproveitamento dos resíduos. Isto contribui positivamente para o meio ambiente, reduzindo o impacto ambiental negativo de suas atividades e o uso adequado dos recursos naturais, apresentando soluções para alcançar o desenvolvimento sustentável e, ao mesmo tempo, aumentar a lucratividade de seus negócios.

Na composição da massa para o grés porcelanato é necessário que sejam satisfeitas as características microestruturais e as propriedades tecnológicas usadas nas indústrias de revestimentos cerâmicos. No que se refere ao uso desses resíduos para a produção do grés porcelanato, os aspectos são bastante positivos, pois sua composição química e mineralógica apresenta constituintes encontrados na matéria-prima proveniente das rochas quartzíticas, como o quartzo e o feldspato (LECHNER, 2017).



O quartzito é classificado geologicamente como uma rocha metamórfica, composto quase que inteiramente de grãos de quartzo. Sua origem está relacionada com ação de processos metamórficos desenvolvidos principalmente sobre rochas sedimentares ricas em quartzo, tais como arenitos e cherts – rochas ricas em sílica amorfa. O quartzito é uma rocha metamórfica granoblástica que consiste principalmente de quartzo e que é formada por recristalização de arenito ou de sílex por metamorfismo regional ou de contato (MEDINA, 2018).

Uma massa cerâmica deve possuir características necessárias para possibilitar o aperfeiçoamento de um produto cerâmico. A formulação para a fabricação desse produto é uma etapa de pesquisa associada a vários testes até o desenvolvimento do produto final durante o processamento e para a obtenção das propriedades requeridas. Na fabricação de peças cerâmicas é bastante comum a mistura de dois ou mais materiais para a composição da massa (SANTOS, 2018).

As principais áreas mineralizadas de quartzitos na Paraíba estão na Província Borborema, mais precisamente nos municípios de Junco do Seridó e Várzea (Figura 1), cujos depósitos se estendem até os municípios de Equador e Ouro Branco, no Rio Grande do Norte/Brasil. Nessas áreas observa-se uma extração intensa de lajotas quadradas ou retangulares de quartzitos que servem para aplicação em revestimento de paredes, calçadas, piscinas e em pisos de construção moderna e rústica.

Nas serrarias, as placas de quartzito são transformadas em lajes quadradas ou retangulares, de larguras padronizadas e comprimento livre, de forma a propiciar o seu maior aproveitamento. As aparas maiores são serradas, gerando os filetes. Esses são os produtos de maior valor agregado e são destinados, em sua maioria, ao mercado interno e uma pequena parcela ao mercado externo.

Diante dos impactos ambientais gerados pela produção de quartzito no município de Várzea, há a possibilidade de utilizar o resíduo de quartzito como material de carga na cerâmica branca ou porcelanato, a fim de minimizar os danos ambientais causados pela indústria mineradora da região. Dados obtidos na Serraria Itacolomy indicam que a produção de resíduos gerados pelo beneficiamento dos quartzitos é, em média, de 30 a 40 carros de mãos por dia, com um peso médio de 62,218 kg por carro.

No intuito de criar uma formulação para um grés porcelanato que dê aproveitamento aos resíduos de quartzitos em substituição ao quartzo, inseriu-se a essa formulação argila e feldspato potássico, que são utilizados na produção da cerâmica branca, para efeito de estudo e comparação.

## OBJETIVOS

O objetivo desse estudo é avaliar o potencial de edição do resíduo de quartzito em substituição ao quartzo na massa cerâmica para a produção de revestimento e, dessa forma, fomentar um produto de qualidade e a reutilização dos resíduos pertencentes à cadeia mineral.

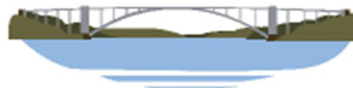
## METODOLOGIA

### Matérias-primas

As matérias primas utilizadas para a realização desse estudo foram a argila, o feldspato albita, o quartzo e o resíduo de quartzito – este último, fornecido por uma empresa de beneficiamento da rocha que está localizada no Seridó norte-rio-grandense –, dentre as quais já foram coletadas com a granulometria adequada, tendo sido 100% dos compostos minerais passados em peneira de 200 Mesh.

### Formulações

Para a produção dos corpos cerâmicos, foi utilizada uma formulação padrão tanto para os corpos cerâmicos produzidos com quartzo, quanto para aqueles produzidos com quartzito, a fim de aferir, após o término da condução experimental, qual o material mais eficiente para a produção de revestimento cerâmico. Além dos compostos supracitados, foi adicionado ainda 1,2 ml de água destilada – o que corresponde a 10% da massa total de cada corpo de prova –, para a umidificação e homogeneização das partículas, conforme a tabela 1. O somatório dos quatro elementos acrescidos da água corresponde a um total de 13,2 g, sendo o necessário para a confecção de um corpo cerâmico.

**Tabela 1: Formulações dos corpos cerâmicos Fonte: Autoria própria**

| COMPOSTOS         | F1 – quartzo (%) | F2 - quartzito (%) |
|-------------------|------------------|--------------------|
| Argila            | 33%              | 33%                |
| Feldspato Albita  | 52%              | 52%                |
| Quartzo           | 15%              | 0%                 |
| Res. de quartzito | 0%               | 15%                |
| Água destilada    | 10%              | 10%                |

A NBR 13818 estabelece um mínimo de 10 corpos cerâmicos para a realização de ensaios de absorção de água (ABNT, 1997), sendo esse valor, por conseguinte, admitido também para a execução das demais análises físicas laboratoriais. Pressupondo a inevitável ruptura de algumas peças, julga-se preferível nesse estudo a produção de uma quantidade mínima de 14 corpos de prova – utilizando para isso o volume de massa cerâmica compatível a 15 vezes a massa de cada corpo de prova (13,2 g), visto que é necessário suprir as perdas de massa que ocorreriam ao longo de todo o processo de manipulação da matéria.

### Preparo da massa cerâmica para revestimento

Para o preparo da massa cerâmica, inicialmente, serão pesadas as massas de cada elemento em balança analítica, prosseguindo-se com a completa homogeneização a seco das partículas e sucessiva umidificação das formulações com água destilada (10%), adquirindo a mistura consistência granulada e parcialmente seca para o processo de conformação (CERÂMICA, 2018).

Devidamente homogeneizadas e umedecidas, todas as formulações serão acondicionadas em sacos plásticos por um período de 24 horas, a fim de garantir a conservação da sua umidade interna. Para a compactação dos corpos de prova, 12 gramas da massa cerâmica com adição de 10% de água serão dispostos em uma matriz uniaxial com dimensões de 60 x 20 x 5 mm, da qual, após prensagem à 2,5 ton. mantida por um período de 1 minuto em prensa da marca Marcon, serão extraídas 14 amostras para cada formulação. Em seguida, os corpos de prova serão submetidos à secagem em estufa a 110°C por 24 horas, onde deverá ocorrer a perda da umidade e a consolidação da resistência mecânica à verde.

A etapa de sinterização dos corpos de prova acontecerá em forno mufla, sob patamar de 60 min. e taxa de aquecimento de 10°C/min. A sinterização das peças ocorrerá à 1100°C e 1200° C, sendo o consecutivo resfriamento efetivado de forma lenta e gradual, com o forno desligado e fechado até o alcance da temperatura ambiente.

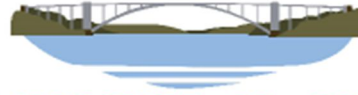
Por fim, destaca-se que para a realização da caracterização física, os corpos cerâmicos serão pesados em balança de precisão e terão suas dimensões aferidas com o auxílio de um paquímetro digital imediatamente após os processos de prensagem, secagem e sinterização, sendo registrados os valores correspondentes a largura, comprimento, espessura, peso, peso úmido e peso imerso das peças – estes dois últimos aferidos somente após o processo de sinterização.

### Caracterização tecnológica dos corpos-de-prova

O objetivo da caracterização dos corpos-de-prova confeccionados a partir da argila, do feldspato, do quartzo e resíduo de quartzito, é determinar suas características físico-químicas e tecnológicas. Para a realização da caracterização física dos corpos cerâmicos, será utilizada uma quantidade mínima de 10 corpos de prova, onde deverão ser realizados ensaios de retração linear, absorção de água, porosidade aparente e massa específica aparente, conforme metodologia descrita por Souza (2015).

## RESULTADOS

### Retração Linear



A Figura 1 apresenta a média do comportamento da Retração Linear dos corpos-de-prova sinterizados a 1100° C e 1200° C, no qual o aumento da temperatura demonstra aumento na Retração Linear. De acordo com os resultados, as amostras de Quartzo apresentam os menores valores de Retração Linear, de -1,02% na temperatura de 1100° C e 2,70% na de 1200° C, uma diferença de aproximadamente 2% em cada temperatura. O Lote I apresenta o menor valor de todos, sendo valor negativo, indicando expansão dos corpos-de-prova.

Já as amostras de Quartzito têm os maiores valores, de 0,52% na temperatura de 1100° C e 6,04% na de 1200° C, apresentando um grande aumento da Retração Linear dos corpos-de-prova com a temperatura de 1200° C, uma diferença de aproximadamente 6%, indicando grande compressão dos corpos de prova em temperatura mais elevada.

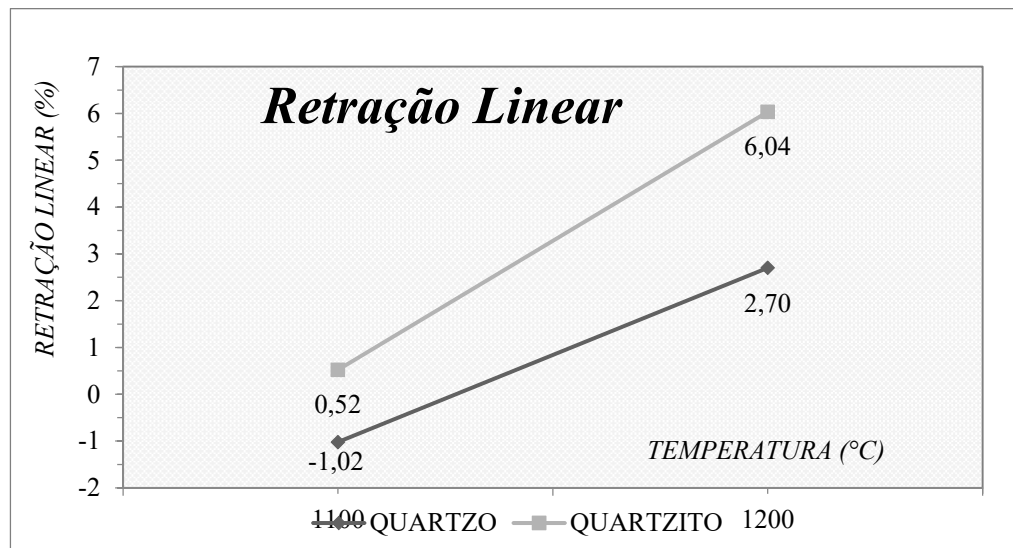
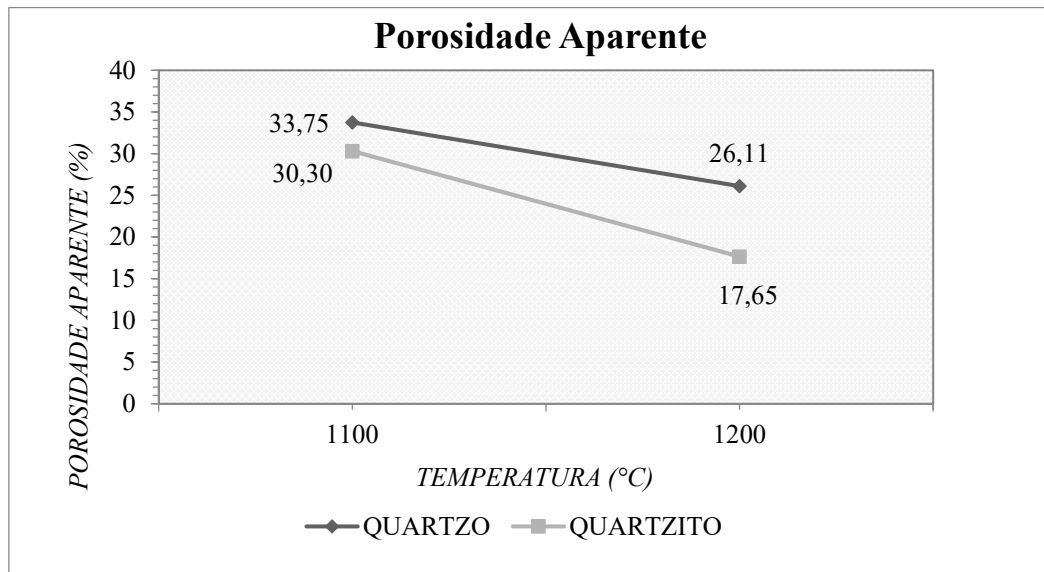
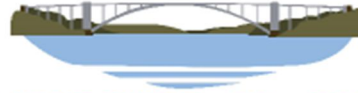


Figura 1. Gráfico de retração linear Fonte: Autoria própria

O Quartzo presente na formulação promove redução na Retração Linear de queima, pela presença de sílica livre. Já como o Quartzito é formado pelo processo de metamorfismo do arenito, pode ser o fator significativo para os valores de Retração Linear mais alto, apresentando uma menor resistência de condutividade térmica comparado ao Quartzo.

A Figura 2 apresenta a média do comportamento da Porosidade Aparente dos corpos-de-prova sinterizados a 1100° C e 1200° C, o aumento na temperatura demonstra uma diminuição na porosidade. As amostras de Quartzo apresentam os maiores valores de Porosidade Aparente, de 33,75% na temperatura de 1100° C e 26,11% na de 1200° C, uma diferença de aproximadamente 7% em cada temperatura. As amostras de Quartzito têm os menores valores, de 30,75% na temperatura de 1100° C e 17,65% na de 1200° C, apresentando uma maior variação da Porosidade Aparente dos corpos-de-prova, de aproximadamente 23%, na mudança de temperatura.



Figura

Gráfico de porosidade aparente Fonte: autoria própria

2 –

Os valores de Porosidade Aparente podem estar relacionados aos valores de Retração Linear em cada temperatura. O Quartzo por conter grãos mais angulosos e de alta esfericidade já faz com que as peças tenham uma porosidade mais elevada, e por apresentar valores baixos de retração indicando expansão dos corpos-de-prova auxiliam numa maior porosidade.

Enquanto as peças de Quartzito por apresentarem valores maiores de Retração Linear indicando compressão, faz com que os grãos estejam mais compactados, apresentando uma porosidade mais baixa. Como mostra os dados do Lote II de Quartzito, em temperaturas de 1200° C, nos dados de Retração Linear, que apresenta o maior valor, indicando maior compressão, e os dados de porosidade, apresentam o menor valor, tendo com grãos mais conectados.

A Figura 3 apresenta a média do comportamento da Absorção de Água dos corpos-de-prova sinterizados a 1100° C e 1200° C. O aumento na temperatura demonstra uma diminuição na absorção de água. As amostras de Quartzo apresentam os maiores valores de Absorção de Água, de 27,85% na temperatura de 1100° C e 17,36% na de 1200° C, uma diferença de aproximadamente 10% em cada temperatura. As amostras de Quartzito têm os menores valores, de 25,05% na temperatura de 1100° C e 11,99% na de 1200° C, apresentando uma maior variação da Porosidade Aparente dos corpos-de-prova, de aproximadamente 14%, na mudança de temperatura.



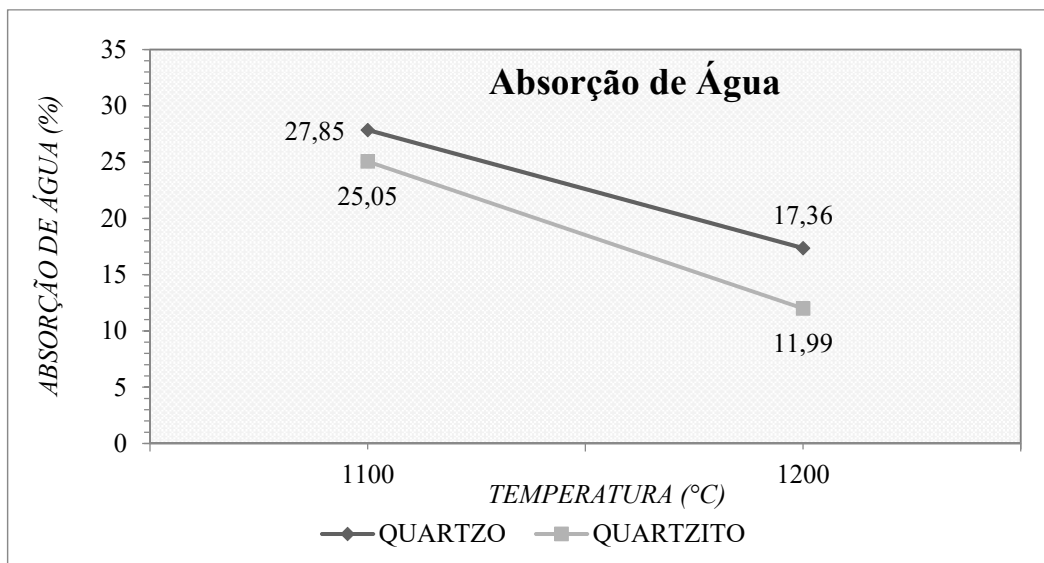
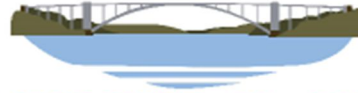


Figura 3 – Gráfico de absorção de água Fonte: autoria própria

Assim como apresentou uma melhor porosidade, as peças de Quartzos também mostraram ter uma melhor Absorção de Água, atribuindo-se tal comportamento maior quantidade de poros dos corpos-de-prova, relacionado ao processo de compactação e da temperatura de sinterização, devido a Retração Linear baixa as peças apresentaram maior Absorção de Água.

Da mesma forma aconteceu com as peças de Quartzitos, como apresentaram uma porosidade mais baixa a Absorção de Água foi menor, comparado as peças de Quartzos, isso demonstra uma menor quantidade de poros, os corpos-de-prova da formulação de Quartzitos tiveram maior compressão na sinterização, responsável pelo fechamento e arredondamento parcial dos poros, durante o processo os materiais fundiram e preencheram os poros, absorvendo menos água.

A Figura 4 apresenta a média do comportamento da Massa Específica Aparente dos corpos-de-prova sinterizados a 1100° C e 1200° C, o aumento na temperatura demonstra um aumento da Massa Específica Aparente. As amostras de Quartzos apresentam valores da Massa Específica Aparente, de 1,203 g/cm<sup>3</sup> na temperatura de 1100° C e 1,515 g/cm<sup>3</sup> na de 1200° C, uma diferença de aproximadamente 0,3 g/cm<sup>3</sup> em cada temperatura. As amostras de Quartzitos têm valores, de 1,199 g/cm<sup>3</sup> na temperatura de 1100° C e 1,512 g/cm<sup>3</sup> na de 1200° C, apresentando uma variação da Massa Específica Aparente dos corpos-de-prova de aproximadamente 0,3 g/cm<sup>3</sup> na mudança de temperatura.

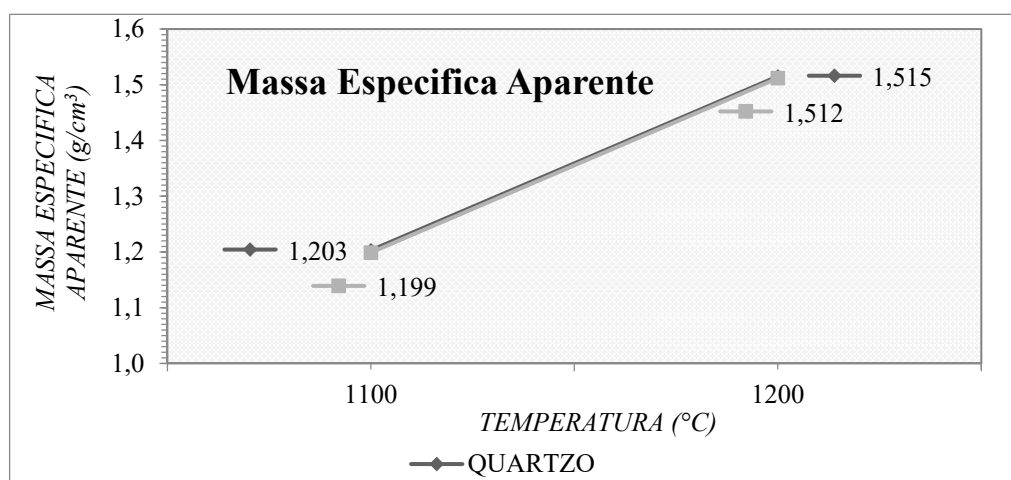
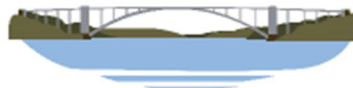


Figura 4 –

Gráfico da massa específica aparente Fonte: autoria própria



Os corpos-de-prova, tanto de Quartzo e Quartzito, apresentaram valores similares, até na diferença de temperaturas, com a mesma variação. Os valores de Massa Específica Aparente são proporcionais ao aumento de temperatura, quanto maior a temperatura maior a Massa Específica Aparente.

Os resultados demonstram um comportamento de densificação. No processo de sinterização, quando aumenta a temperatura ocorre o aumento da quantidade de fase vítrea, penetrando e preenchendo os poros na fase líquida, sendo assim, maior é a densidade dos corpos cerâmicos. Neste processo, acontece a difusão no estado sólido e formação de fase líquida, com isso há um preenchimento dos poros. A temperatura de sinterização influencia diretamente na densificação dos corpos-de-prova cerâmico, bem como na resistência mecânica dos mesmos (SOUZA, 2015).

## CONCLUSÕES

Conclui-se, a partir deste trabalho, a importância da cerâmica no dia a dia de todos, porém vê-se uma necessidade dos testes nas mesmas, para, dessa forma, ver a qualidade que a cerâmica possui. Nisto, pode-se ver se a cerâmica possui boa resistência de impacto, além das formas de absorção de água que a mesma possui. A partir desses métodos de testes das cerâmicas, vê-se como são feitas, além de verificar sua qualidade, em termos de minerais bons e propícios para o investimento nas mesmas.

Além desses fatores, vê-se a importância da utilização do Quartzito nas massas cerâmicas, principalmente pela diferença de absorção de água, onde a cerâmica com a massa de quartzito absorve menos água, se comparado a cerâmica com composição de quartzo a sua massa. A partir deste trabalho, foi concluído que a resistência aparente da cerâmica com presença de quartzito é maior do que a que teve presença do quartzo. Sendo assim, a cerâmica com quartzito em sua composição pode receber um pouco mais de impacto e demorar um pouco mais para romper-se, diferentemente da cerâmica com quartzo em sua massa.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. CERÂMICA, Associação Brasileira de. **Informações técnicas - Processo de fabricação**. Disponível em: <<https://abceram.org.br/processo-de-fabricacao/>>. Acesso em: 01 ago. 2018.
2. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13818**: Placas cerâmicas para revestimentos: especificação e métodos de ensaios. Rio de Janeiro: Abnt, 1997. 78 p.
3. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13817**: Placas cerâmicas para revestimento: classificação. Rio de Janeiro: Abnt, 1997. 3 p.
4. SOUZA, MM. **Estudo da adição de resíduos de quartzitos para obtenção de grés porcelanato**. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 97p., 2015.
5. MEDINA, Juan Pablo. Mining development and macroeconomic spillovers in Chile. **Resources Policy**, [s.l.], p.1-25, jun. 2018. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.resourpol.2018.06.008>. Disponível em: <[https://ac.els-cdn.com/S0301420717303343/1-s2.0-S0301420717303343-main.pdf?\\_tid=324a7e98-fc28-4ac1-ba81-fdd21f932e3d&acdnat=1536606483\\_ace772004061973c280024cadacd8bb8](https://ac.els-cdn.com/S0301420717303343/1-s2.0-S0301420717303343-main.pdf?_tid=324a7e98-fc28-4ac1-ba81-fdd21f932e3d&acdnat=1536606483_ace772004061973c280024cadacd8bb8)>. Acesso em: 09 set. 2018.
6. LECHNER, Alex M. et al. Challenges of integrated modelling in mining regions to address social, environmental and economic impacts. **Environmental Modelling & Software**, [s.l.], v. 93, p.268-281, jul. 2017. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.envsoft.2017.03.020>. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364815216305631>>. Acesso em: 09 set. 2018.
7. SANTOS, Camila Augusta Melo dos; NASCIMENTO, Maria Selma Ribeiro do. **Um ambiente ecologicamente equilibrado**. 2018. 31 f. TCC (Graduação) - Curso de Administração Pública, Universidade Federal de Alagoas, Arapiraca, 2018. Disponível em: <<http://www.repositorio.ufal.br/handle/riufal/3174>>. Acesso em: 09 set. 2018.