



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
CAMPUS MOSSORÓ
CENTRO DE ENGENHARIAS
BACHARELADO EM ENGENHARIA MECÂNICA

AGNUS FONTES DE LIMA

**USO DO RESÍDUO DE CONCHA DE MARISCO (*Anomalocardia brasiliiana*)
CALCINADA COMO FUNDENTE AUXILIAR NO SISTEMA CAULIM-
FELDSPATO-QUARTZO – CERÂMICA DENTÁRIA**

MOSSORÓ – RN
2018

AGNUS FONTES DE LIMA

**USO DO RESÍDUO DE CONCHA DE MARISCO (*Anomalocardia brasiliiana*)
CALCINADA COMO FUNDENTE AUXILIAR NO SISTEMA CAULIM-
FELDSPATO-QUARTZO – CERÂMICA DENTÁRIA**

Projeto de conclusão de curso apresentado a
Universidade Federal Rural do Semi-Árido –
UFERSA, Campus Mossoró para obtenção do
título de Bacharel em Engenharia Mecânica.

Orientador: Prof. Dr. Fabrício José Nobrega
Cavalcante – UFERSA

MOSSORÓ – RN
2018

© Todos os direitos estão reservados a Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tomar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

L732u Lima, Agnus Fontes de.
USO DO RESÍDUO DE CONCHA DE MARISCO
(Anomalocardia brasiliana) CALCINADA COMO
FUNDENTE AUXILIAR NO SISTEMA CAULIM-FELDSPATO-
QUARTZO ? CERÂMICA DENTÁRIA / Agnus Fontes de
Lima.- 2018.
43 f. : il.

Orientadora: Fabrício José Nobrega Cavalcante.
Monografia (graduação) - Universidade Federal
Rural do Semi-árido, Curso de Engenharia
Mecânica, 2018.

1. Conchas de marisco. 2. Anomalocardia
brasiliana. 3. Cerâmica dentária. 4. Resíduos
sólidos. 5. Caulim-Feldspato-Quartzo. I.
Cavalcante, Fabrício José Nobrega, orient. II.
Título.

O serviço de Geração Automática de Ficha Catalográfica para Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC's) foi desenvolvido pelo Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (USP) e gentilmente cedido para o Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (SISBI-UFERSA), sendo customizado pela Superintendência de Tecnologia da Informação e Comunicação (SUTIC) sob orientação dos bibliotecários da instituição para ser adaptado às necessidades dos alunos dos Cursos de Graduação e Programas de Pós-Graduação da Universidade.

AGNUS FONTES DE LIMA

**USO DO RESÍDUO DE CONCHA DE MARISCO (*Anomalocardia brasiliana*)
CALCINADA COMO FUNDENTE AUXILIAR NO SISTEMA CAULIM-
FELDSPATO-QUARTZO – CERÂMICA DENTÁRIA**

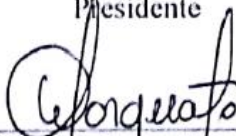
Projeto de conclusão de curso apresentado a
Universidade Federal Rural do Semi-Árido –
UFERSA, Campus Mossoró para obtenção do
título de Bacharel em Engenharia Mecânica.

APROVADO EM: 24 / 09 / 2018

BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. Fabrício José Nobrega Cavalcante- UFERSA
Presidente



Prof. Dr. Wagner Lopes Torquato - IFRN
Primeiro Membro



Prof. Msc. Luís de Freitas Araújo - UFERSA
Segundo Membro

A Deus, por estar sempre comigo em todos os momentos me dando força e proteção.

A **Maria Edite Costa Fontes**, minha mãe, que sempre esteve ao meu lado me dando apoio e me acompanhando durante toda vida fazendo ser quem sou hoje.

A **Ádna Fontes de Lima**, minha irmã, por ser uma excelente pessoa, minha amiga e orgulho.

A **Thaís Costa e Silva**, minha noiva, por ser essa pessoa linda e maravilhosa em minha vida.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por se mostrar presente me apoiando em todos os momentos da vida, iluminando minhas decisões, fortalecendo e orientando durante toda a minha trajetória, todos os dias me protegendo e dando saúde e sabedoria necessária para realização dos meus objetivos.

A minha mãe, **Maria Edite Costa Fontes**, simplesmente a melhor mãe, que deve ser tomada como exemplo, pelo o apoio, orações, dedicação, paciência, incentivo e toda a preocupação e investimentos junto aos meus estudos e sonhos.

A minha noiva **Thaís Costa e Silva**, por ser essa pessoa iluminada e sensível nos momentos difíceis e nas alegrias. Ajudando diretamente na confecção desse trabalho.

A minha irmã **Ádna Fontes de Lima** por poder partilhar alegrias e momentos bons, além da saudade por não estarem perto de mim.

Aos meus amigos em geral, por não poder citar todos aqui, em especial a Rafael Leandro Dias por ajudar na confecção do trabalho.

Ao meu orientador Prof. Dr. Marcílio Nunes Freire, pela a orientação e, por todas as críticas construtivas, sugestões e incentivos que só vieram a acrescentar este trabalho, pela a compreensão, disponibilidade e paciência assumindo o papel de um verdadeiro orientador.

A todos os professores da UFERSA que contribuíram para a minha formação acadêmica. Em especial ao meu orientador Prof. Dr. Fabrício José Nobrega Cavalcante ao Coorientador Prof. Dr. Wagner Lopes Torquato pelo auxílio do trabalho e ao membro da banca Prof. Msc. Luís de Freitas Araújo todo o apoio para realização.

A instituição UFERSA, por tudo que pude aprender, pelas amizades adquiridas e nas possíveis portas que se abrirá para mim como profissional.

*“Só é preciso um dia ruim para reduzir o mais
são dos homens a um lunático!”*

(Coringa)

RESUMO

As conchas de marisco (*Anomalocardia brasiliiana*) não têm valor comercial significativo e tem como fator complicador a concavidade das suas partes, que podem contribuir fortemente para o armazenamento de água de chuva, e consequente criadouro do mosquito *Aedes Aegypti*, transmissor de doenças. O principal objetivo do presente trabalho é apresentar como proposta para o descarte desse resíduo, a substituição parcial de feldspato por CaO, resultante do resíduo concha de marisco calcinado. E o reaproveitamento surge cada vez mais como uma boa solução, principalmente, quando se incorpora o resíduo na rota de processamento de algum produto adquirindo valor comercial. Serão preparadas quatro massas cerâmicas (MC), a padrão do sistema caulim-feldspato-quartzo, para fins dentários e, as três demais com teores de 0,5, 1,0 e 1,5 %, em massa – todos os materiais com granulometria # -200 mesh. Serão apresentados resultados de análises de DRX, EDS, EDX, e propriedades como módulo de elasticidade (E), absorção de água (AA), retração linear (RL) e densidade aparente (ρ_{ap}), determinadas para a temperatura máxima de sinterização de 1100,0 °C. Os resultados mostram que o resíduo pode ser utilizado como matéria prima alternativa para a produção de cerâmicas dentárias, haja que contribui para o aumento na magnitude das propriedades mensuradas, em relação a MC padrão.

Palavras-Chaves: Conchas de marisco. *Anomalocardia brasiliiana*. Cerâmica dentária. Caulim-Feldspato-Quartzo. Resíduos sólidos.

ABSTRACT

The shellfish (*Anomalocardia brasiliiana*) have no significant commercial value and have as a complicating factor the concavity of their parts, which can contribute heavily to the storage of rainwater, and consequent breeding of the gnat *Aedes Aegypti*, a disease transmitter. The main objective of this work is to present as a proposal for the disposal of this residue, the partial substitution of feldspar by CaO, resulting from the residue shell of calcined shellfish. And the reuse is increasingly a good solution, especially when the waste is incorporated in the processing route of some product acquiring commercial value. Four ceramic masses (MC), for the kaolin-feldspar-quartz system, will be prepared for dental purposes, and the other three with 0.5, 1.0 and 1.5% by mass - all granulometry # -200 mesh. Results of XRD, EDS, EDX analysis and properties such as modulus of elasticity (E), water absorption (AA), linear retraction (RL) and apparent density (ρ_{ap}) determined for the maximum sintering temperature of 1100° C. The results should show that the residue can be used as an alternative raw material for the production of dental ceramics, which contributes to the increase in the magnitude of the properties measured in relation to standard MC.

Key Words: Shellfish. *Anomalocardia brasiliiana*. Dental ceramics. Kaolin-Feldspar-Quartz. Solid wastes.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Materiais Cerâmicos	16
Figura 2: Diagrama geral de composições para produtos cerâmicos resultantes do sistema argila–feldspato–sílica.	17
Figura 3: Amostras de caulim duro CDF (Caulim Duro Ferruginoso) e CDB (Caulim Duro Branco)	19
Figura 4: Amostra do Feldspato – microclima.	20
Figura 5: Amostras do Quartzo.	21
Figura 6: Amostra da concha de marisco.	22
Figura 7: Esquema ilustrativo DRX.	25
Figura 8: Diagrama esquemático Típico da Fluorescência de Raios X por Dispersão em Energia.	25
Figura 9: Diagrama da coluna e da câmara de um MEV.....	26
Figura 10: Diagrama geral dos materiais e métodos.	29
Figura 11: Misturador utilizado para misturar e homogeneizar as matérias primas.	32
Figura 12: Matriz utilizada no processo de prensagem.	33
Figura 13: Corpos de prova após prensagem.	33
Figura 14: Forno utilizado na sinterização.	34
Figura 15: Ensaio compressão diametral.....	35
Figura 16: MEV do MC2 com aproximações 500 e 2000x.....	39
Figura 17: Identificação dos picos do quartzo utilizado no presente trabalho.	39

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Percentual em massa dos materiais.	31
Tabela 2: Percentual em massa dos materiais.	31
Tabela 3: Valores referentes a retração linear, absorção d'água, módulo de elasticidade e densidade aparente.....	37
Tabela 4: Valores referentes as composições químicas.....	38

LISTA DE SÍMBOLOS E ABREVIACÕES

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
AISI	American Iron and Steel Institute
ASTM	American Society for Testing and Materials
LRT	Limite de Resistência a Tração
MC	Massa Cerâmica
PDF	Portable Document Format

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	14
1.1. OBJETIVO GERAL	15
1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	15
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	16
2.1. MATERIAIS CERÂMICOS	16
2.2. CERÂMICA DENTÁRIA	17
2.3. MATÉRIAS PRIMAS	18
2.3.1. CAULIM	19
2.3.2. FELDSPATO	20
2.3.3. QUARTZO.....	21
2.3.4. CONCHA DE MARISCO	22
2.3.5. RESÍDUO SÓLIDO.....	23
2.3.6. CARACTERIZAÇÃO DA MATÉRIA PRIMA.....	24
2.3.6.1. DIFRAÇÃO DE RAIOS-X (DRX).....	24
2.3.6.2. FLUORESCÊNCIA DE RAIOS-X.....	25
2.3.6.3. MICROSCOPIA ELETRÔNICA DE VARREDURA (MEV).....	26
2.3.6.4. CARACTERIZAÇÃO FÍSICA.....	27
3. MATERIAIS E MÉTODOS.....	29
3.1. PROCESSAMENTO DAS AMOSTRAS	30
3.1. CARACTERIZAÇÃO FÍSICA	34
3.2. CARACTERIZAÇÃO MECÂNICA.....	35
3.3. CARACTERIZAÇÃO MICROESTRUTURAL E ESTRUTURAL	36
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES	37
5. CONCLUSÃO E CONSIDERAÇÕES FINAIS	41
REFERÊNCIAS	42

1. INTRODUÇÃO

A reutilização de materiais é uma realidade na confecção de produtos e no desenvolvimento de estudos voltados para essa área. O consumismo e o mal remanejamento dos resíduos sólidos podem gerar problemas irreversíveis a natureza, além do mais torna-lo em um produto com valor comercial é uma das melhores formas de reutilização. Além do mais, os materiais cerâmicos é a melhor forma de aproveitamento desses materiais já que tem uma vasta gama de aplicações, podendo utilizar desde o resíduo com uma preparação para introdução em um tipo produto até mesmo na forma bruta. Seguindo essa linha temos a preocupação de fazer o aproveitamento do resíduo gerado pelas conchas de mariscos que são abundantes na região da Costa Branca potiguar e aplica-lo de maneira eficaz na produção de cerâmica dentária já que é uma área de uma grande aplicabilidade sendo introduzido de forma bem convincente, com a substituição do feldspato pelo pó da concha do marisco calcinado.

1.1. OBJETIVO GERAL

- Construção de corpos de prova de massas cerâmicas no sistema caulim-feldspato-quartzo com substituição parcial de feldspato por CaO, resultante do resíduo concha de marisco calcinado.

1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- A fim de atingir o objetivo geral, os seguintes objetivos específicos serão desenvolvidos:
 - DRX e EDS (Microestrutural);
 - MEV (Estrutural);
 - Caracterização mecânica;
 - Caracterização física;

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. MATERIAIS CERÂMICOS

O termo cerâmica vem da palavra grega *keramikos*, que significa "material queimado", indicando que as desejáveis propriedades destes materiais são normalmente encontradas através de um processo de tratamento térmico de alta temperatura denominado queima. (CALLISTER JUNIOR; RETHWISCH, 2013).

Cerâmicas e vidros representam alguns dos materiais mais antigos e mais ambientalmente duráveis para a engenharia. Eles também representam alguns dos materiais mais avançados, sendo desenvolvidos principalmente, para as indústrias aeroespacial e eletrônica. (SHACKELFORD, 2008). Na Figura 1 podemos notar alguns tipos de materiais cerâmicos.

Figura 1: Materiais Cerâmicos



Fonte: CALLISTER JR; RETHWISCH, 2013.

As cerâmicas policristalinas, em geral, tem um comportamento mecânico frágil, em parte, devido à porosidade. A maioria das cerâmicas policristalinas não se deforma plasticamente a menos que sejam solicitadas em taxas de deformação e temperatura especiais. A porosidade limita a resistência em suportar um carregamento mecânico sob tração. (ASKELAND; PHULÉ, 2012).

Materiais cerâmicos, são geralmente, limitados em algumas aplicações, por suas propriedades mecânicas limitadas, que em muitos aspectos são inferiores àsquelas de metais. A principal desvantagem da aplicação desses materiais, é uma disposição à fratura catastrófica de maneira frágil, com pouca absorção energia (baixa resiliência). Para à temperatura ambiente, tanto a cerâmica cristalina quanto a cerâmica não-cristalina, quase sempre se fraturam antes que

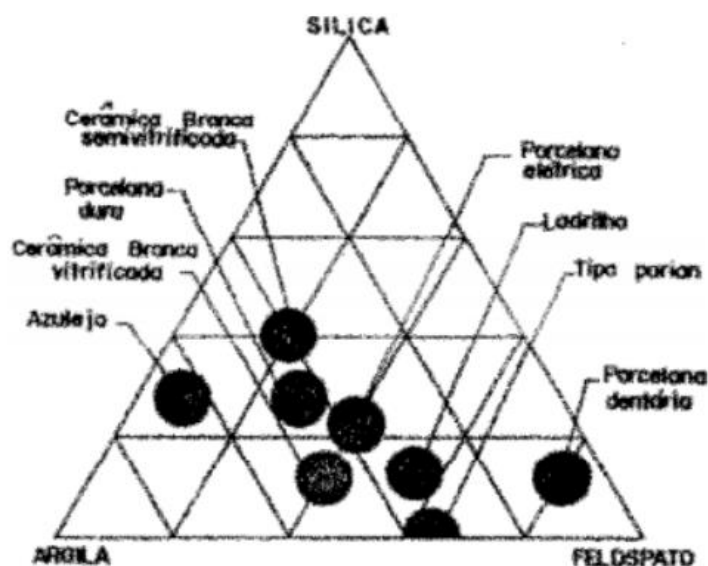
qualquer deformação plástica possa ocorrer em resposta ao esforço aplicado. (CALLISTER JUNIOR; RETHWISCH, 2013).

Para tensões compressivas, não existe nenhuma amplificação de tensão associada com quaisquer defeitos existentes. Por esta razão, cerâmicas frágeis exibem maiores resistências em compressão do que em tração, elas são geralmente utilizadas para condições de carga compressivas. Também, a resistência à fratura de uma cerâmica frágil, pode ser melhorada acentuadamente, pela imposição de tensões compressivas residuais em sua superfície. (CALLISTER JUNIOR; RETHWISCH, 2013).

2.2. CERÂMICA DENTÁRIA

As porcelanas dentárias são largamente empregadas para a produção de próteses dentárias com elevada qualidade estética, pois apresentam translucidez à luz visível, possibilitando que mimetizem as características visuais do dente natural. De modo geral, as cerâmicas são constituídas pelos mesmos constituintes: feldspato, sílica e caulim, tendo proporções em média entre 75 a 85 % de feldspato, 12 a 22 % de sílica (quartzo) e 3 a 5 % de caulim. Podemos visualizar na figura 2.

Figura 2: Diagrama geral de composições para produtos cerâmicos resultantes do sistema argila–feldspato–sílica.



Fonte: NUNES FREIRE, 2007, apud NORTON, 1973.

Além disso, apresentam excelente biocompatibilidade, baixa condutividade térmica e boa estabilidade de cor. (YOSHIMURA et al., 2009). Ainda segundo Yoshimura et al. (2009) a

baixa tenacidade à fratura (0,6 a 1,3 MPa.m^{1/2}) e baixa resistência à flexão (40 a 120 MPa) das porcelanas dentárias impedem que esses materiais possam ser aplicados em condições de elevada sollicitação mecânica. Além disso, apresentam susceptibilidade ao fenômeno de crescimento de trinca subcrítico (SCG), que degrada a resistência mecânica com o tempo de uso.

O ambiente oral apresenta vários fatores que propiciam a ocorrência do crescimento de trinca subcrítico: água presente na saliva e proveniente do agente cimentante e dos túbulos dentinários; desenvolvimento de tensões devido à mastigação e à diferença entre os coeficientes de expansão térmica dos componentes da restauração; e variação de temperaturas e de pH. (YOSHIMURA et al., 2009).

Constituem uma pequena porcentagem da mistura os pigmentos, opacificadores e vidros que são adicionados para controlar a temperatura de fusão, temperatura de sinterização, coeficiente de contração térmica e solubilidade. Considerando que o feldspato utilizado é relativamente puro e sem cor, pigmentos são utilizados para produzir os matizes dos dentes naturais ou a aparência dos materiais restauradores estéticos. Os vários componentes da porcelana resultam em duas fases principais: a fase vítrea ou matriz de vidro, formada durante o processo de cocção e possui propriedades típicas de um vidro, e a fase cristalina ou mineral. As cerâmicas dentárias possuem importantes qualidades, são o seu potencial para simular a aparência dos dentes naturais e suas propriedades isolantes, quimicamente estáveis, apresentam coeficiente de expansão térmica semelhante ao da estrutura dentária, boa compatibilidade biológica suficiente resistência à compressão e abrasão. (GUERRA et al., 2007 apud DIAS, 2015).

2.3. MATÉRIAS PRIMAS

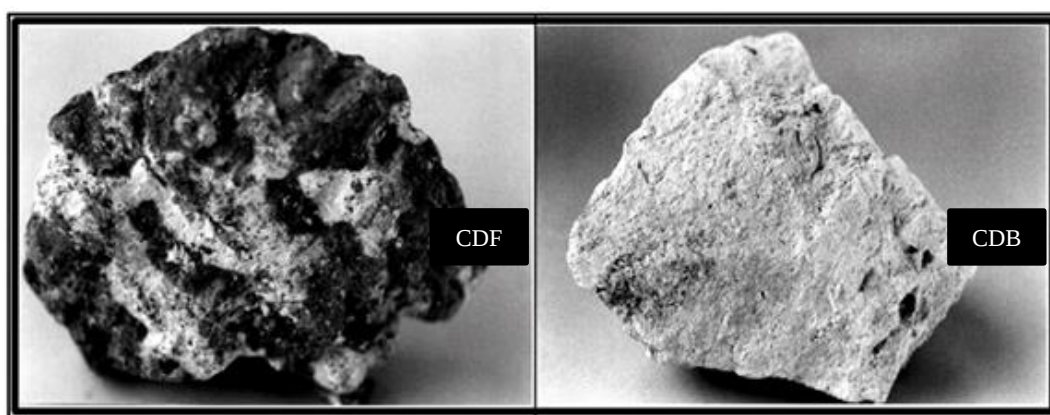
As matérias-primas que compõem a massa podem ser agrupadas em plásticas e não-plásticas. As matérias-primas plásticas conferem importantes características na fase de conformação das peças cerâmicas, tais como trabalhabilidade e resistência mecânica a cru, e no processamento térmico, como estrutura e cor. As matérias-primas não-plásticas também atuam nas fases de conformação e secagem, diminuindo a retração das peças e favorecendo a secagem, e na fase do processamento térmico, quando desempenham o papel mais relevante, controlando as transformações, deformações e a sinterização. (MOTTA et al., 2002).

As massas cerâmicas são tradicionalmente compostas por uma argila plástica, um material não-plástico à base de quartzo e um fundente à base de feldspatos. (SÁNCHEZ- MUÑOZ et al., 2002 apud FERREIRA, 2013).

2.3.1. CAULIM

O caulim é uma argila refratária constituída principalmente de caulinita ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), um silicato de alumínio hidratado, com composição química teórica de 39 % de Al_2O_3 , 46,54 % de SiO_2 e 13,96 % de H_2O , no entanto, podem ser observadas pequenas variações em sua composição (LUZ et al., 2005 apud DIAS, 2015). Muito utilizado na indústria automotiva como na Figura 3.

Figura 3: Amostras de caulim duro CDF (Caulim Duro Ferruginoso) e CDB (Caulim Duro Branco)



Fonte: CARNEIRO; ANGÉLICA; SCHELLER, 2003.

O Brasil ocupa a 5ª posição no ranking mundial de produtores de caulim com praticamente 2 milhões de toneladas produzidas em 2011, ou 5,8 %. Completam a lista de maiores produtores a Alemanha com 4,5 milhões de toneladas, o que equivale a 13,5 % e a República Tcheca com 10,7 % da produção mundial, ou seja, 3,5 milhões de toneladas. A produção interna, em 2011, continuou sendo liderada pelo estado do Pará que possui as duas 27 maiores produtoras nacionais localizadas no município de Ipixuna do Pará, juntas as duas empresas foram responsáveis por mais de 85 % da produção de 2011, ou algo em torno de 1,5 milhões de toneladas (DNPM, 2012 apud FERREIRA, 2013).

2.3.2. FELDSPATO

Segundo Coelho, Suslick e Souza (2000), O termo feldspato engloba uma série de silicatos de alumínio, contendo proporções variadas de potássio, sódio, cálcio e ocasionalmente bário. Sua função no corpo cerâmico é a de promover a fusão a uma temperatura mais baixa. No vidro é a fonte principal de alumínio, além da função de fundente. Como exemplo do componente de forma bruta presente na figura 4.

Figura 4: Amostra do Feldspato – microclima.



Fonte: UNIVASF, 2009.

O aumento na quantidade de feldspato na massa inicial da cerâmica tem agregado qualidade às porcelanas, transformando-as semelhantes às rochas ornamentais. (KUMMER et al., 2007).

Podem ser de alta ou baixa temperatura, sendo de alta quando preserva a estrutura de geração a alta temperatura e de baixa quando cristalizam em ambiente de baixa temperatura ou quando as estruturas de alta temperatura sofrem modificação lenta e total para formas de baixa temperatura. (ARGENTIN & FREITAS, 2001 apud DIAS, 2015).

Os maiores produtores, no ano de 2011, foram: Turquia (23,9 %), Itália (22,4 %), China (10,0 %), Estados Unidos da América (3,3 %), França (3,1 %), Coreia do Sul (3,0 %), Tailândia (3,0 %), Japão (2,9 %), e Espanha (2,9 %). A produção brasileira responde por aproximadamente de 1,6 % do total mundial. No Brasil, o Estado de Minas Gerais foi responsável por 50,4 % da produção bruta de 2011, seguido por Paraná (30,8 %), Santa Catarina (8,8 %), Rio Grande do Norte (4,2 %), Paraíba (4,2 %), Bahia (0,7 %), São Paulo (0,7 %), Pernambuco (0,1 %) e Espírito Santo (0,1 %). O consumo de feldspato na indústria brasileira

de vidro vem diminuindo devido ao uso de produtos substitutos como a alumina e ao aumento da reciclagem. Eles podem ser substituídos em várias de suas aplicações por agalmatolito, areia feldspática, argila, escória de alto-forno, filito, nefelina sienito, pirofilita e talco (DNPM, 2012 apud FERREIRA, 2013).

2.3.3. QUARTZO

A sílica livre ou quartzo α é um mineral encontrado naturalmente nas matérias-primas empregadas para a fabricação de revestimentos cerâmicos. Tem aspecto cristalino como podemos ver na figura 5. Por apresentar um elevado ponto de fusão, o quartzo garante a integridade estrutural da peça durante a queima, onde permanece praticamente inalterado. Também é utilizado como o principal controlador do coeficiente de variação térmica do produto. Quando aquecido a 573 °C, sofre uma rápida transformação de fase, reversível, da forma quartzo α (baixa temperatura) para quartzo β (alta temperatura), acompanhada de aumento de volume de suas partículas. (ZAUBERAS; RIELLA, 2001).

Figura 5: Amostras do Quartzo.



Fonte: DRUMMOND; MENDES; LAMEIRAS, 2010.

O cristal de quartzo pode ser obtido na natureza (ocorrências ou jazidas) ou por crescimento hidrotérmico (cultured quartz) na indústria de cristais cultivados. As reservas mundiais de grandes cristais naturais ocorrem quase exclusivamente no Brasil e, em quantidades menores, em Madagascar, Namíbia, China, África do Sul, Canadá e Venezuela. Desde os anos 1930 até o final da década de 1970, o Brasil se destacava como fornecedor do quartzo natural, sendo posteriormente substituído pelo quartzo cultivado, que passou a obter ampla aceitação na maioria das aplicações. Os fabricantes nacionais de cristais osciladores e filtros de cristal importam as barras de cristais cultivados. Em 2011, a produção de cristal

cultivado no Brasil foi bem limitada, continuando assim a dependência brasileira deste produto de importância estratégica para a indústria eletrônica nacional. O continente asiático continua sendo a região que concentra os maiores produtores mundiais de quartzo cultivado.

O mercado brasileiro o cristal de quartzo é utilizado na confecção de dispositivos piezoelétricos controladores de frequência. A indústria de cristais osciladores e filtros de quartzo é a consumidora de barras de quartzo cultivado importado. Os principais setores de utilização dos cristais osciladores e filtros de quartzo produzidos no Brasil são as indústrias de relógios eletrônicos, jogos eletrônicos, automóveis, equipamentos de telecomunicações, computadores e equipamentos médicos (DNPM, 2012 apud FERREIRA, 2013).

2.3.4. CONCHA DE MARISCO

O termo marisco engloba uma grande variedade de animais marinhos possuidores de uma concha rígida externa ao corpo e são um tipo de família pertencentes aos moluscos. Os animais do filo mollusca (latim Mollis, Moles) que têm o corpo mole, contém a classe Pelecypoda também chamada de Bivalvia e é formada por moluscos, tais como ostras, mexilhões, vieiras, que possuem duas conchas (valvas) simétricas ligadas por uma articulação elástica. O nome comum para bivalve é “marisco”, sendo correto chamar qualquer bivalve de marisco (RUPPERT et al., 2005 apud RIMAR, 2013).

Figura 6: Amostra da concha de marisco.



Fonte: Autoria Própria, 2018.

A *Anomalocardia brasiliana* conhecido como marisco pedra. É um molusco muito abundante ao longo de toda costa brasileira. Áreas protegidas da ação das ondas e das correntes são seu habitat, por isso se enterram em solos arenosos e areno-lodosos de ambientes marinhos e estuarinos. Os mariscos alimentam-se de vegetais minúsculos e animais aquáticos que constituem o plâncton. É típica de bivalve e inclui um mínimo de três camadas, uma orgânica e duas calcárias. A camada mais externa, consiste em proteínas associadas a quitina, geralmente conhecidas como conchiolina, constituída de duas a quatro camadas cristalinas de carbonato de cálcio. Nessas camadas o carbonato de cálcio é depositado sobre as formas de cristais. As camadas calcárias podem ser inteiramente compostas de aragonita ou uma mistura de aragonita e calcita. (RUPPERT et al., 2005 apud RIMAR, 2013).

As conchas dos mariscos são ricas em carbonato de cálcio, que após extração pode ser utilizado na indústria farmacêutica, de papel, como também na produção de medicamentos indicados na reposição de cálcio e corrigir problemas de osteoporose (PEDROSA; COZZOLINO, 2001 apud RIMAR, 2013).

2.3.5. RESÍDUO SÓLIDO

De acordo com a Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos, os resíduos sólidos são todos os restos sólidos ou semissólidos das atividades humanas ou não humanas, que embora possam não apresentar utilidade para a atividade fim de onde foram gerados, podem virar insumos para outras atividades. (DIAS, 2015).

A preocupação crescente com este tipo de resíduo baseia-se também nos elevados índices de crescimento do setor mineral em todo o mundo, especialmente no que diz respeito às rochas ornamentais, fato que, aliado ao elevado desperdício do setor (que pode chegar a 50%, em massa, do total produzido) gera um cenário altamente preocupante tanto para ambientalistas como para a sociedade em geral. (MENEZES; NEVES; FERREIRA, 2002).

A reutilização de resíduos provenientes de diferentes processos industriais, como novas matérias-primas cerâmicas, têm sido objeto de pesquisas em diversas instituições, que buscam soluções que conciliem vários aspectos, como custo de disposição, tratamentos, tipo e quantidade de resíduo, tecnologia e processos de utilização e, finalmente, o impacto econômico e ambiental da reciclagem. (MENEZES; NEVES; FERREIRA, 2002).

A reciclagem de resíduos, independentemente do seu tipo, apresenta várias vantagens em relação à utilização de recursos naturais “virgens”, dentre as quais se tem: redução do volume de extração de matérias-primas, redução do consumo de energia, menores emissões de poluentes e melhoria da saúde e segurança da população. A vantagem mais visível da reciclagem é a preservação dos recursos naturais, prolongando sua vida útil e reduzindo a destruição da paisagem, fauna e flora. (MENEZES; NEVES; FERREIRA, 2002).

2.3.6. CARACTERIZAÇÃO DA MATÉRIA PRIMA

A caracterização da matéria-prima determina as características desejadas do produto final na formulação da massa cerâmica. Pode ser realizada pelas seguintes formas:

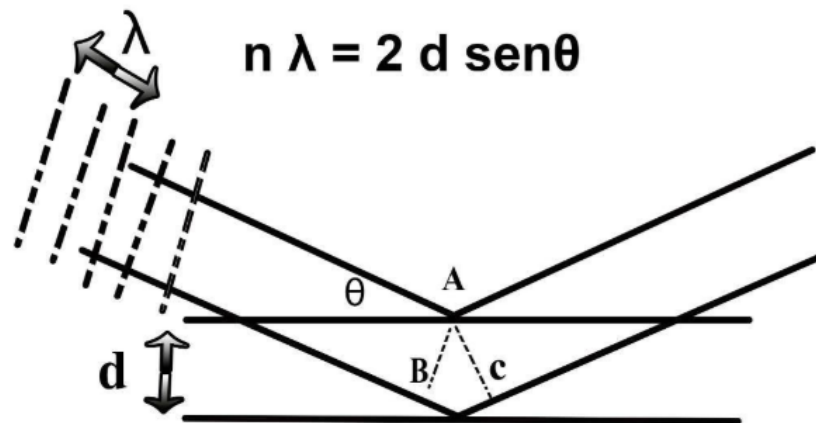
2.3.6.1. DIFRAÇÃO DE RAIO-X (DRX)

A utilização da difração de raios X para a caracterização de argilas destinadas para diferentes tipos de aplicação, que requeiram características específicas para cada tipo de processo empregado, constitui uma importante ferramenta para identificar a composição mineralógica destes materiais. (PICCOLI et al., 2005).

Essa técnica implica na caracterização físico-mineralógica determinando os minerais argilosos presentes nas matérias-primas, dessa forma, auxilia fortemente no planejamento da formulação da massa cerâmica. (NUNES FREIRE, 2007 apud DIAS, 2015).

Um feixe de raios X incide sobre um conjunto de planos cristalinos, cuja distância interplanar é d . O ângulo de incidência é θ . Os feixes refletidos por dois planos subsequentes apresentarão o fenômeno da difração. Quando a diferença entre seus caminhos óticos for um número inteiro de comprimentos de onda, haverá superposição construtiva (um feixe de raios X difratado será observado); caso contrário, haverá superposição destrutiva e não se observará qualquer sinal de raios X. (PICCOLI et al., 2005).

Figura 7: Esquema ilustrativo DRX.

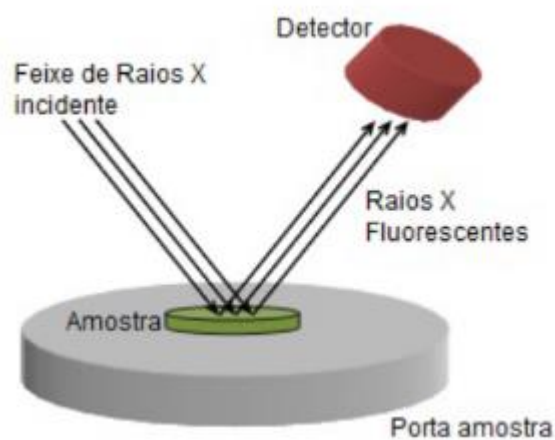


Fonte: UFG, 2017.

2.3.6.2. FLUORESCÊNCIA DE RAIOS-X

A técnica analítica nuclear de fluorescência de raios X (XRF) tem sido utilizada para a avaliação quali-quantitativa da composição química em vários tipos de amostras, de interesse agropecuário, agroindustrial, geológico e ambiental. Esta técnica, por ser não destrutiva e instrumental, e por permitir a análise de vários elementos simultaneamente, de modo rápido e a baixo custo, tem um elevado potencial de aplicação em várias áreas, onde há necessidade de correlação entre os elementos essenciais e tóxicos. (NASCIMENTO FILHO, 1999).

Figura 8: Diagrama esquemático Típico da Fluorescência de Raios X por Dispersão em Energia.



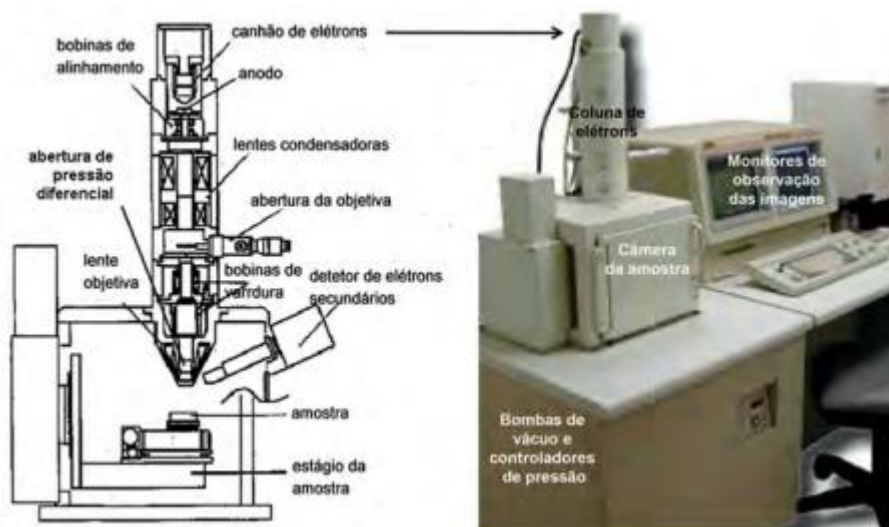
Fonte: LUIZ; BATISTA; OLIVEIRA, 2015.

Quando um elemento de uma amostra é excitado, este tende a ejetar os elétrons do interior dos níveis dos átomos, e como consequência disto, elétrons dos níveis mais afastados realizam um salto quântico para preencher a vacância. Cada transição eletrônica constitui uma perda de energia para o elétron, e esta energia é emitida na forma de um fóton de raio X, de energia característica e bem definida para cada elemento. Assim, de modo resumido, a análise por fluorescência de raios X consiste de três fases: excitação dos elementos que constituem a amostra, dispersão dos raios X característicos emitidos pela amostra e detecção desses raios X. (NASCIMENTO FILHO, 1999).

2.3.6.3. MICROSCOPIA ELETRÔNICA DE VARREDURA (MEV)

A Microscopia Eletrônica de Varredura auxilia na análise qualitativa da morfologia das partículas das matérias-primas. Posteriormente, se torna útil para verificar a morfologia das matérias-primas misturadas e granuladas. Sendo assim, a MEV sinaliza se foram atingidos a forma e tamanhos aproximados para a subsequente etapa de prensagem. (FREIRE, 2007 apud DIAS, 2015).

Figura 9: Diagrama da coluna e da câmara de um MEV.



Fonte: HINRICHS; VASCONCELLOS, 2012.

Um MEV utiliza um feixe de elétrons no lugar de fótons utilizados em um microscópio óptico convencional, o que permite solucionar o problema de resolução relacionado com a fonte de luz branca. (DEDAVID; GOMES; MACHADO, 2007).

Outra característica importante do MEV é a aparência tridimensional da imagem das amostras, resultado direto da grande profundidade de campo. Permite, também, o exame em pequenos aumentos e com grande profundidade de foco, o que é extremamente útil, pois a imagem eletrônica complementa a informação dada pela imagem óptica. (DEDAVID; GOMES; MACHADO, 2007).

2.3.6.4. CARACTERIZAÇÃO FÍSICA

A perda de massa foi calculada com base na medida de massa antes e depois da sinterização. Essa informação foi obtida pela expressão (NUNES FREIRE, 2007):

$$PM_{asi} = \left| \frac{M_{asi} - M_s}{M_s} \right| \times 100, \quad (1)$$

onde,

PM_{asi} = massa perdida na sinterização, em (%);

M_s = massa do corpo antes da sinterização, em (g);

M_{asi} = massa do corpo cerâmico após a sinterização, em (g).

Já o ensaio de Retração Linear, assim que confeccionados os corpos o conhecimento da retração sofrida por cada CP pós-sinterização é utilizada a Equação (2).

$$RL (\%) = \frac{L_o - L_f}{L_o} \times 100 \quad (2)$$

onde,

RL = retração linear, em (%);

L_o = comprimento inicial, em (m);

L_f = comprimento final, em (m).

Para absorção d'água, os resultados de absorção é obtidos segundo equação (NUNES FREIRE, 2007):

$$AA = \frac{M_{siu} - M_{si}}{M_{si}} \times 100 \quad (3)$$

onde,

AA = absorção d água, em (%);

M_{siu} = massa do corpo sinterizado úmido, em (g);

M_{si} = massa do corpo sinterizado, em (g).

O valor do módulo de elasticidade para cada CP é obtido com a aplicação dos dados de tensão e deformação na Equação (4) (CALLISTER Jr., 2007):

$$E = \frac{\sigma_r}{\varepsilon} \quad (4)$$

onde,

E = módulo de elasticidade ou módulo de Young, em (MPa);

σ_r = tensão de ruptura, em (MPa);

ε = deformação, em (mm/mm).

A resistência à tração por compressão diametral, ou mais precisamente a tensão de ruptura por compressão diametral é calculada pela Equação 5 (ABNT NBR 7222, 1994):

$$f_{ct,sp} = \frac{2.F}{\pi.d.l} \quad (5)$$

onde,

$f_{ct,sp}$ = é a resistência à tração por compressão diametral, expressa com três algarismos significativos, em (MPa);

F = é a força máxima obtida no ensaio, em (N);

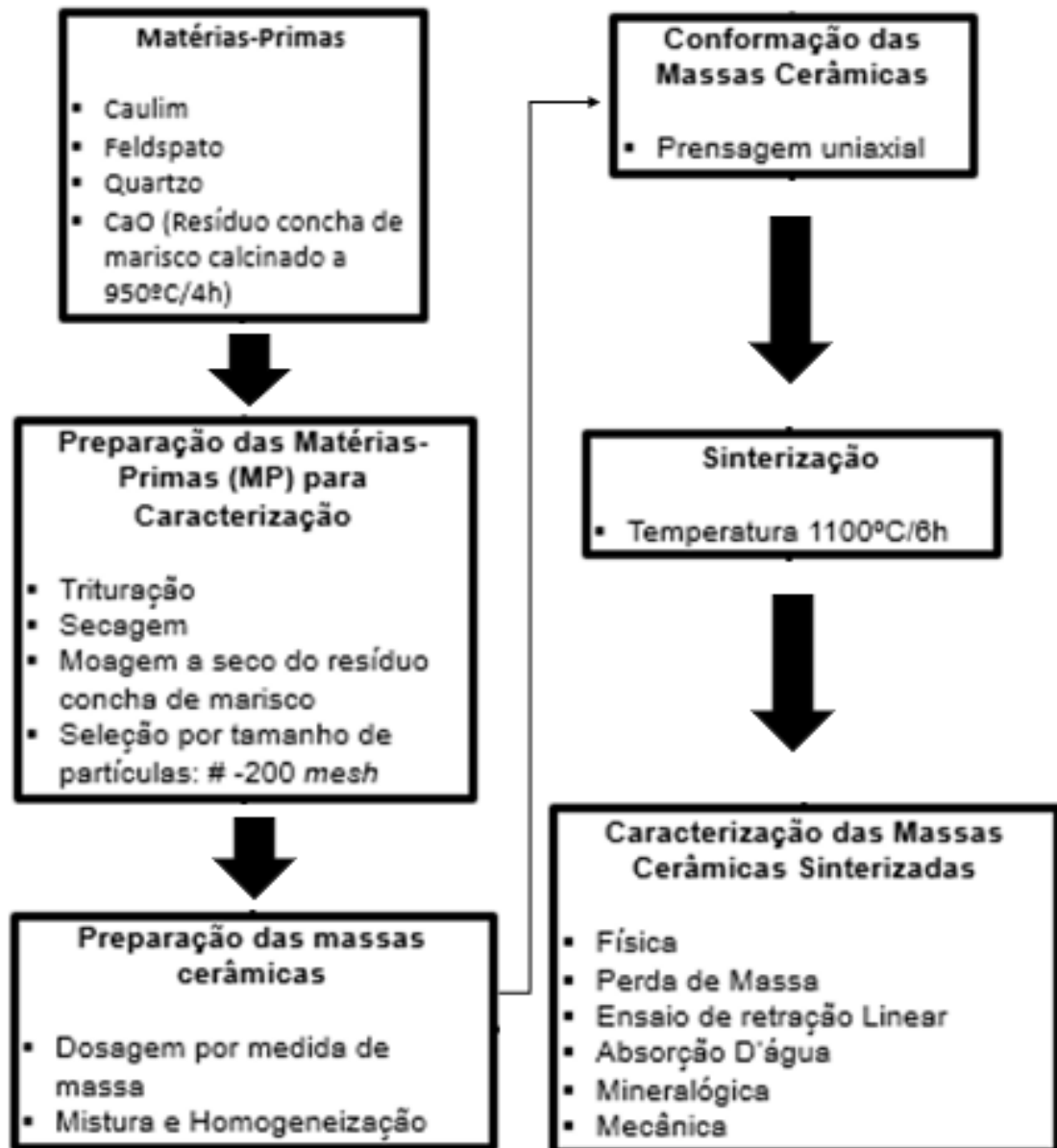
d = é o diâmetro do corpo de prova, em (mm);

l = é o comprimento do corpo de prova, em (mm).

3. MATERIAIS E MÉTODOS

O fluxograma (Figura 10) apresenta todas as etapas de caracterização dos materiais analisados bem como todos os métodos de quantificação dos resultados obtidos.

Figura 10: Diagrama geral dos materiais e métodos.



Fonte: Autoria Própria, 2018.

3.1. PROCESSAMENTO DAS AMOSTRAS

A massa cerâmica da porcelana dentaria é formada por caulim, feldspato e quartzo, como já foi apresentado neste trabalho, com suas devidas porcentagens. Porém iremos introduzir uma pequena porção do resíduo concha de marisco, em meio a massa da cerâmica dentaria. As matérias-primas (caulim, feldspato e quartzo) foram doadas pela empresa ARMIL – Mineração do Nordeste Ltda, com granulometria de # 200 mesh.

O resíduo concha de marisco foi coletado na cidade de Grossos-RN. Após sua coleta, foi posto de molho em água destilada por 72 horas, com uma troca de água a cada 24 horas. Após foi colocado em estufa para retirar sua umidade por um período de 24 horas. Posteriormente, triturado com ajuda de um pilão artesanal de alumínio e em seguida, maceradas em almofariz CHIAROTTI 610 e com pistilo CHIAROTTI 3 de porcelana. Após o processo de moagem o resíduo foi acondicionado em dessecador com sílica gel por 24 horas. Em seguida O resíduo foi retirado e peneirado em # 200 mesh. O processo de moagem ocorreu em um moinho convencional de bola de esferas de alumina, que tem o objetivo de moagem (cominação mecânica) do material. O tempo de moagem desprendido pelo material foi de 4 marcações com 31 voltas em média por aproximadamente 31 minutos, gerando uma velocidade aproximado de 61 rpm (rotações por minuto).

O resíduo foi calcinado a temperatura de 950°C por 4 horas em um forno resistivo da marca JUNG, modelo (9 13) do ano de 2008, com taxa de 10°C/min, partindo de temperatura ambiente de 30°C. Após as 4 horas, o forno foi desligado e os corpos de provas foram resfriados a inercia do forno. O processo de calcinação foi feito com o intuito de se eliminar elementos voláteis ligados fortemente com o Cálcio.

Serão preparadas as formulações contendo diferentes percentuais dos materiais. Nesta etapa será obtida a relação proporção entre os materiais de modo a atingir as qualidades requeridas ao produto final desejado. Essas massas foram definidas inicialmente por um diagrama geral de composições para produtos cerâmicos (Figura 2).

Para obtenção dos corpos de provas separou-se as massas das matérias primas com ajuda de uma balança de precisão, no qual primeiramente pesaram-se as massas referentes aos corpos de prova padrão. Posteriormente mediram-se as massas referentes à incorporação do resíduo. Na Tabela 1, apresentado logo abaixo se observa as porcentagens em massas referentes a cada corpo de prova.

Tabela 1: Percentual em massa dos materiais.

MISTURA	CAULIM (%)	FELDSPATO (%)	QUARTZO (%)	CONCHA DE MARISCO (%)
Padrão (MCP)	10	80	10	---
MC1	10	79,5	10	0,5
MC2	10	79,0	10	1,0
MC3	10	78,5	10	1,5

Fonte: Autoria própria, 2018.

Um corpo de prova possui em massa, aproximadamente um grama. Dessa forma, foram utilizados para o corpo de prova padrão matéria prima (Caulim – Feldspato – Quartzo), para a confecção dos 10 corpos de prova. Nas incorporações obteve-se um total de 10 corpos de prova, onde cada um possui em massa aproximadamente um grama. O resíduo foi introduzido em substituição ao feldspato em proporções de 0,5%, 1,0% e 1,5% de resíduo. (NUNES FREIRE, 2007).

Os respectivos valores em massa de cada material estão sendo apresentado na tabela 2 abaixo.

Tabela 2: Percentual em massa dos materiais.

MISTURA	CAULIM (%)	FELDSPATO (%)	QUARTZO (%)	CONCHA DE MARISCO (%)
Padrão (MCP)	2,00	16,00	2,00	---
MC1	2,00	15,9031	2,00	0,1050
MC2	2,00	15,8048	2,00	0,2067
MC3	2,00	15,7025	2,00	0,3054

Fonte: Autoria própria, 2018.

Cada corpo de prova possui valor em massa aproximado de 0,6g. No total foram produzidos 10 corpos de prova para cada composição.

As massas cerâmicas foram misturadas e homogeneizadas por translação circular em moinho convencional SERVITECH modelo CT-240/A, onde permaneceram por uma hora, com o intuito de se fornecer uma total homogeneização do material. A Figura 11 nos mostra o misturador utilizado. E umidificado com teor de 5% em massa com água destilada

Figura 11: Misturador utilizado para misturar e homogeneizar as matérias primas.



Fonte: Autoria própria, 2018.

Com auxílio de uma prensa mecânica e da matriz, obtiveram-se os corpos de prova. Inicialmente, as massas foram separadas e devidamente medidas e misturadas em uma quantidade aproximada de 0,6 gramas por corpo de prova. Em seguida, cada massa foi inserida na matriz, prensada uniaxialmente a 92,745 Mpa. Os corpos de prova passaram 30 segundos na carga de pressão máxima. O conjunto matriz e prensa está exposta na Figura 12.

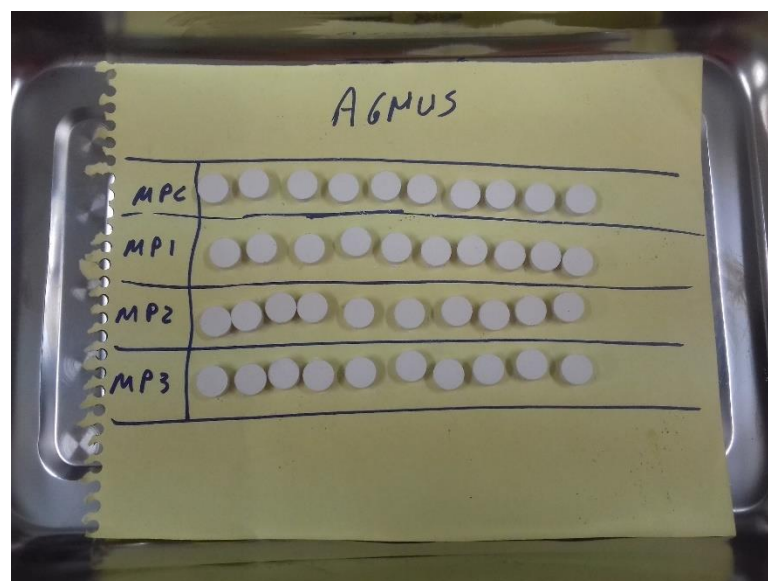
Figura 12: Matriz utilizada no processo de prensagem.



Fonte: Autoria própria, 2018.

Assim que produzidos os CP's, foram medidos a altura e diâmetro dos mesmos com auxílio de um paquímetro 125MEB-06 com faixa de 150 mm e resolução de 0,05 mm marca Starrett, e colocados em um dessecador sob vácuo contendo sílica-gel. Para cada massa formulada foram confeccionados 10 CP's, como podemos observar na figura 13.

Figura 13: Corpos de prova após prensagem.



Fonte: Autoria própria, 2018.

Antes de sinterizar, todos os CP foram pesados e em seguida colocados em vasilhas de porcelana para serem calcinados.

A temperatura de sinterização das massas cerâmicas foi de 1100 °C, com tempo de 6 horas. O forno utilizado da JUNG (Figura 14), A taxa de aquecimento para todas as composições foi de aproximadamente de 10 °C/min. Atingida temperatura e tempo desejado na programação utilizada, o forno foi automaticamente desligado e permaneceu fechado até alcançar a temperatura ambiente de 30 °C. Logo após os CP's foram retirados, medidos, pesados, colocados no dessecador com sílica-gel, e feito vácuo no sistema.

Figura 14: Forno utilizado na sinterização.



Fonte: Autoria própria, 2018.

3.1. CARACTERIZAÇÃO FÍSICA

Na sequência foram realizadas caracterizações físicas a fim de identificar da massa perdida durante sinterização, retração sofrida pelos CP's e conhecimento básico da porosidade com relação s informações da a sorção d'água.

A perda de massa foi calculada com base na medida de massa antes e depois da sinterização.

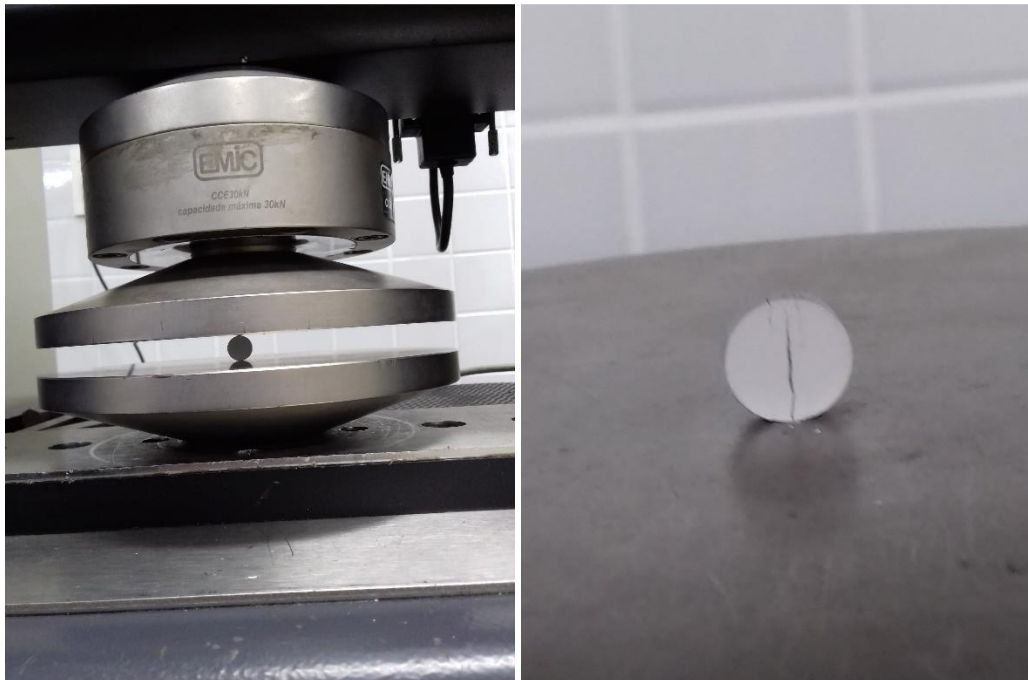
Já o ensaio de Retração Linear, assim que confeccionados os corpos foram medidos e pesados e submetidos à sinterização. Logo que sinterizados, após resfriamento foi medido o diâmetro, altura e massa de cada CP. Para o conhecimento da retração sofrida por cada CP pós-sinterização foi utilizada a Equação (2).

Para absorção d'água, secos a 110 °C, os corpos foram pesados e depois deixados dentro de um recipiente adaptado com forno contendo água fervente à aproximadamente 100 °C durante um período de 2hr. O tempo imersão relatado acima só foi contabilizado após todas as amostras estarem dentro do recipiente e observada à temperatura de 100 °C com termômetro de vidro com capacidade máxima de 110 °C. Passado esse tempo, os mesmos foram retirados um a um, secados superficialmente com auxílio de uma flanela semi-úmida e pesados. Os resultados de absorção foram obtidos segundo equação (NUNES FREIRE, 2007).

3.2. CARACTERIZAÇÃO MECÂNICA

O ensaio de compressão diametral, compreendeu a avaliação da resistência mecânica sob compressão diametral dos corpos cerâmicos após sinterização. Os ensaios de compressão foram realizados no Laboratório de Mecânica com a máquina universal de ensaios, modelo DL10000, eletromecânica, microprocessada, marca EMIC com capacidade de 100 kN, utilizando uma célula de carga de 30kN, velocidade de retorno de 1 mm/s, velocidade de ensaio de 0,1 mm/min, limite de força de 30 kN, limite de deformação de 5 mm e determinada a parada do ensaio após ruptura do CP. Como podemos observar na figura 15.

Figura 15: Ensaio compressão diametral.



Fonte: Autoria própria, 2018.

O valor do módulo de elasticidade para cada CP foi obtido com a aplicação dos dados de tensão e deformação na Equação (4).

A resistência à tração por compressão diametral, ou mais precisamente a tensão de ruptura por compressão diametral foi calculada pela Equação 5.

3.3. CARACTERIZAÇÃO MICROESTRUTURAL E ESTRUTURAL

Para a realização do MEV foi solicitado junto a Universidade do Estado do Rio Grande do Norte (UERN), o uso do equipamento da marca TESCAN, modelo MIRA 3FEG – SEM. O uso do MEV nos possibilitou analisar a morfologia dos grãos no material em vários níveis de aproximação, nos fornecendo uma análise mais refinada da forma dos contornos do grão do material.

Para a realização do EDS foi solicitado junto a Universidade do Estado do Rio Grande do Norte (UERN), o uso do equipamento da marca OXFORD, modelo Penta Fet 5L-ADD0007. O uso do EDS nos possibilitou analisar e identificar os elementos químicos que estavam presentes nos materiais em análise, bem com a quantidade em peso que os mesmos estão distribuídos no material, a saber, resíduo concha de marisco, caulim, quartzo e feldspato.

A difração de raio – X foi obtida em equipamento da marca Rigaku, no qual a temperatura ambiente utilizou-se o método do pó, com radiação Cu - K α . A variação angular (2θ) foi de 5 a 90 graus, com passo de 0,02 graus (velocidade do goniômetro).

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

De acordo com resultados obtidos nas caracterizações físicas e mecânicas nas massas cerâmicas sinterizadas, é escolhida a melhor MC e iniciado análise submetidos às medidas de DRX, MEV e EDS para determinar na caracterização mineralógica das matérias primas utilizadas.

Para tal foram analisados os valores referentes a retração linear, absorção d'água, módulo de elasticidade e densidade aparente a finde identificar qual porcentagem de adição de resíduo concha de marisco tem as melhores propriedades.

Tabela 3: Valores referentes a retração linear, absorção d'água, módulo de elasticidade e densidade aparente.

Massas Cerâmicas	Retração Linear	Absorção de Água	Módulo de Elasticidade	Densidade Aparente
MC	RL (%)	AA (%)	E (Mpa)	ρ (g.cm ⁻³)
Padrão	$2,0 \pm 0$	$18,3 \pm 1,1$	$7,9 \pm 1,3$	$2,45 \pm 0,09$
1	$2,5 \pm 0$	$18,1 \pm 0,9$	$8,9 \pm 1,0$	$2,4 \pm 0,05$
2	$2,9 \pm 0,2$	$17, \pm 0,8$	$10,8 \pm 1,0$	$2,39 \pm 0,07$
3	$2,5 \pm 0,2$	$18,1 \pm 1,2$	$8,9 \pm 1,9$	$2,47 \pm 0,19$

Fonte: Autoria própria, 2018.

Podemos perceber que a retração linear média dos corpos de prova da massa residual foi maior que o corpo de prova de massa padrão. Que nos indica uma porosidade menor para a os corpos de prova residual em comparação com os corpos de massa padrão. Optando por escolha do maior valor, MC2.

O resultado da retração linear, os corpos de massa residual absorveram menos água que os corpos de massa padrão, pois isso indica uma menor porosidade da massa cerâmica composta pelo resíduo, havendo menos espaços para a absorção da água. Reforçando a escolha do MC2.

Através da tabela que o módulo de elasticidade da massa cerâmica 2 é maior que o módulo de elasticidade da massa cerâmica padrão, chegando a quase a 50% a mais do valor, que nos leva a entender que o resíduo melhorou essa propriedade mecânica, visto que há uma alavancada bastante considerável na tensão de ruptura.

A partir dos resultados acima é conveniente concluir que a massa cerâmica (MC) identificada por MC2 representa o melhor resultado da substituição do feldspato pelo CaO de casca de ovo calcinado, ou seja, correspondendo ao teor de 1,0 %, em massa, pois dessa forma reaproveita-se o maior teor de resíduo sólido possível. E, porque não a MC3? Bom, com o teor de 1,5% em massa, embora se atinja módulo de elasticidade semelhante as demais MC e, maior densidade aparente, ainda que com valores de RL e AA (Medida da porosidade aberta, ou aparente) de magnitude similares a MCP (Padrão).

Na sequência foram analisados, a partir da espectroscopia de energia dispersiva, a composição química em função do percentual dos elementos presentes nas MP e MC2 utilizadas:

Tabela 4: Valores referentes as composições químicas

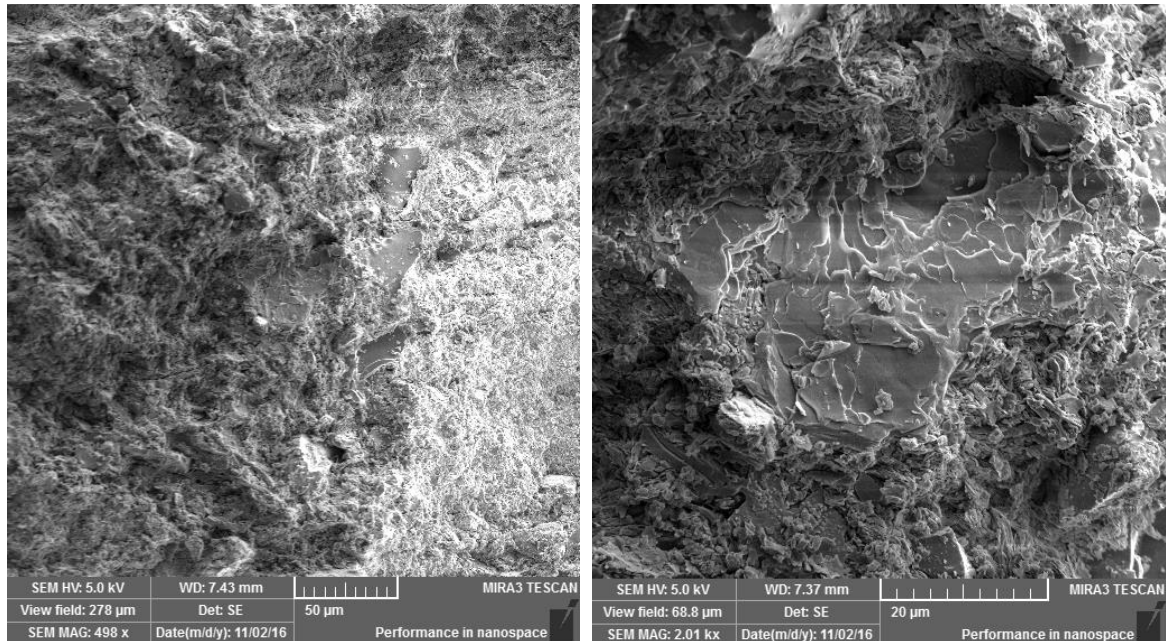
EDS da região central		
	MP	MC
Elementos	Peso(%)	
Si	58,5108	57,2903
Al	36,9935	38,1224
K	2,315	2,16
Ca	1,6145	1,8563
Fe	0,5362	0,534
Ti	0,016	0,022
Pb	0,014	0,015

Fonte: Autoria própria, 2018.

O aumento ou diminuição dos percentuais em peso dos elementos variam devido a eliminação da matéria orgânica presente nos resíduos ou a união dos elementos causados pela sinterização.

Para o MEV foram feitas aproximações de aproximadamente 500 e 2000x na superfície de fratura de cada corpo de prova. O aumento de 500x teve objetivo de fornecer uma visão panorâmica da superfície. Já com o de 2000x foi possível observar as trincas, os poros e um visão mais detalhada da fase vítrea. Como podemos observar na figura 16.

Figura 16: MEV do MC2 com aproximações 500 e 2000x

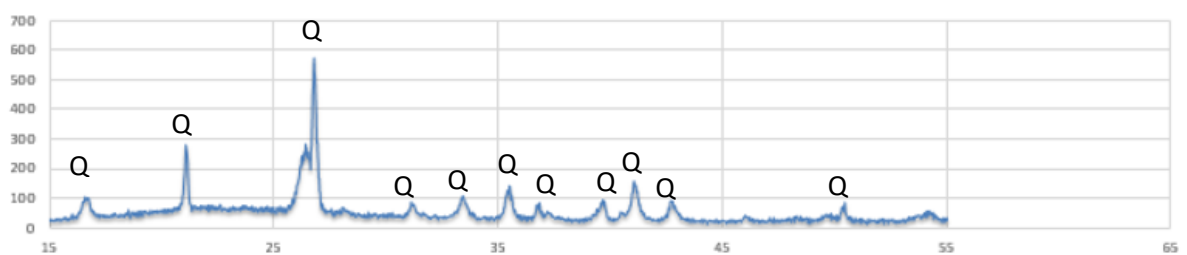


Fonte: Autoria própria, 2018.

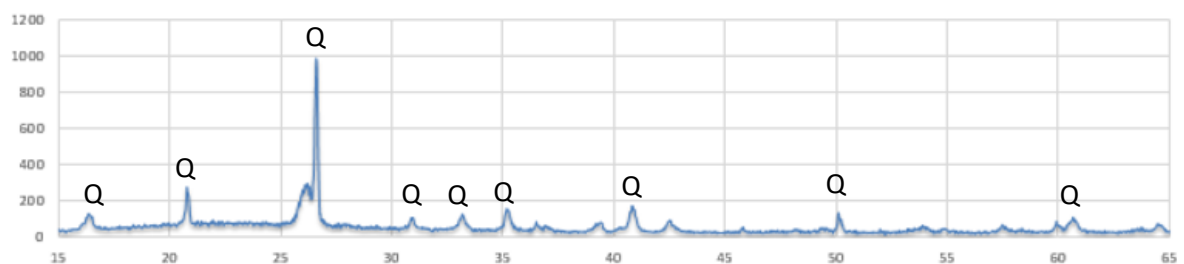
O MC2 utilizado foi submetido a caracterização por análise de difração de raios-X, antes da sinterização e pós-sinterização. Obtendo a identificação posicional (2 θ) dos picos referentes ao quartzo (Q) na figura 17.

Figura 17: Identificação dos picos do quartzo utilizado no presente trabalho.

MC2 antes da sinterização



MC2 sinterizado



Fonte: Autoria própria, 2018.

De acordo com os diagramas observados verifica-se que, no intervalo $15^\circ \leq 2\theta \leq 65^\circ$, ocorreu redução na intensidade da maioria dos picos das amostras sinterizadas em relação aos diagramas do sistema particulado da massa cerâmica, conforme esperado. Foi observado a presença de provável quartzo não dissolvido, conforme é destacado pela presença do pico em $2\theta = 26,64^\circ$. Também se observou a não formação de expressivo teor de fase vítrea, ao que se atribui a temperatura máxima de sinterização (1100°C), e ao período de permanência nessa temperatura.

5. CONCLUSÃO E CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base nos resultados obtidos, pode-se concluir que houve evolução na massa cerâmica sinterizada com substituição parcial do resíduo concha de marisco em relação à massa padrão, onde se obteve melhor propriedade mecânica e formação de fases secundárias com o tempo de sinterização.

A formação de fases vítreas, provavelmente da dissolução do feldspato, está diretamente relacionada com a melhoria obtida, pois resulta na diminuição dos microporos em função do tempo de sinterização, podendo ser reduzido ainda mais os poros de acordo com o período e temperatura de sinterização realizado.

Considerando o objetivo deste estudo, que foi a substituição parcial do feldspato pelo resíduo concha de marisco em massa cerâmica para porcelana dentária, na finalidade de reaproveitar resíduos não utilizados na produção de uma suposta cerâmica mais barata e viável, visa um dia podermos fabricar esses produtos com qualidade e preço equiparável com as que são importadas, com isso, a realização desse trabalho contribuiu como uma forma de expandir o conhecimento sobre a aplicação das conchas de marisco, juntamente com o conhecimento de outros estudos relacionados a esses tipos de resíduos

Espera-se que com essa proposta de trabalho, a produção de uma cerâmica dentaria, a partir de um resíduo orgânico, concha de marisco, calcinado, a fim de utilizar uma matéria-prima de fácil acesso e pouca utilização no processamento de materiais para cerâmicas dentais. Com o aproveitamento desse resíduo, a produção de uma cerâmica dentaria implicará em um menor custo, já que utilizara uma matéria-prima que ainda não há comercialização, o que possibilitaria o uso deste produto para sociedades de menor nível.

REFERÊNCIAS

- ASKELAND, Donald R; PHULÉ, Pradeep P. **Ciência e engenharia dos materiais**. São Paulo: Cengage Learning, 2012. 594 p.
- CARNEIRO, B. S.; ANGÉLICA, R. S.; SCHELLER, T.. **Caracterização mineralógica e geoquímica e estudo das transformações de fase do caulim duro da região do Rio Capim, Pará**. 2003. 244 f. Tese (Doutorado) - Curso de Pós-graduação em Geologia e Geoquímica, Cpgg, Departamento de Geoquímica e Petrologia – Cg, Universidade Federal do Pará, Ufpa, Belém, 2003. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0366-69132003000400008>. Acesso em: 08 set. 2018.
- CALLISTER JUNIOR, William D.; RETHWISCH, David G. **Ciência e engenharia de materiais: uma introdução**. 8. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2013. 817 p.
- COELHO, José M.; SUSLICK, Saul B.; SOUZA, Maria Carolina A. F. de; Uma Abordagem sobre a Indústria de Feldspato no Brasil. 2000. Disponível em: <http://www.ceramicaindustrial.org.br/pdf/v05n01/v5n1_3.pdf>. Acesso em: 01 dez. 2016.
- DEDAVID, Berenice Anina; GOMES, Carmem Isse; MACHADO, Giovanna. **MICROSCOPIA ELETRÔNICA DE VARREDURA Aplicações e preparação de amostras: Materiais Poliméricos, metálicos e semicondutores**. Porto Alegre: Edipucrs, 2007. 60 p.
- DIAS, Rafael Leandro. Proposta de estudo sobre a substituição parcial do feldspato pelo resíduo conchas de marisco (calcinado) em massa cerâmica para porcelana dentária. 2015. 51 f. TCC (Graduação) - Curso de Bacharelado em Ciência e Tecnologia, Departamento de Ciências Ambientais e Tecnológicas, Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, 2015.
- DNPM. Sumário Mineral, Brasília, v. 32, 136p. , 2012.
- DRUMMOND, Ney Friedemann; MENDES, Júlio César; LAMEIRAS, Fernando Soares. **Caracterização de quartzo para obtenção de suas variedades gemológicas por irradiação gama e/ou tratamento térmico**. 2010. 63 v. Dissertação (Mestrado) - Curso de Geologia, Degeo, Ufop: Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto (mg), 2010. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0370-44672010000300005>. Acesso em: 08 set. 2018.

FERREIRA, Ítalo Falcão de Brito. Estudo sobre composições de partida para cerâmica dielétrica via incorporação de carago ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$). 130 f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-graduação em Física – PPGF, Universidade do Estado do Rio Grande do Norte – UERN, Mossoró, 2013.

GUERRA C.M.F., NEVES C.A.F., ALMEIDA E.C.B., VALONES M.A.A., GUIMARÃES, R.P. Estágio atual das cerâmicas odontológicas. Artigo de revisão. *International Journal of Dentistry*, Recife, 6(3):90-95, Jul/Set 2007.

HINRICHS, Ruth; VASCONCELLOS, Marcos A. Z.. Microscópio eletrônico de varredura (MEV) em baixo vácuo. 2012. 95 f. Tese (Doutorado) - Curso de Geociência, Instituto de Física, Ufrgs, Porto Alegre(rs), 2012. Disponível em: <<https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/107347/000919042.pdf?sequence=1>>. Acesso em: 08 set. 2018.

KUMMER, Larissa et al. Reutilização dos Resíduos de Polimento de Porcelanato e Feldspato na Fabricação de Novo Produto Cerâmico. 2007. Disponível em: <<https://www.ipen.br/biblioteca/2007/12843.pdf>>. Acesso em: 01 dez. 2016.

LUIZ, L. C.; BATISTA, R. T.; OLIVEIRA, L. F.. O Uso da Fluorescência de Raios X como Técnica Complementar para Análise da Composição Química de Medicamentos Genéricos e Referência. 2015. 31 f. TCC (Graduação) - Curso de Farmácia, Faba, Rio de Janeiro(rj), 2015. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/269948425_Utilizacao_de_um_Sistema_Portatil_de_Fluorescencia_de_Raios_X_para_Analise_Multielementar_de_Medicamentos_Genericos_e_Referencia>. Acesso em: 08 set. 2018.

LUZ, A. B.; CAMPOS, A. R.; CARVALHO, E. A.; BERTOLINO, L. C. Caulim. In: LUZ, A. B.; LINS, F. A. F. Rochas & Minerais Industriais: usos e especificações. Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2005. 867p.

MENEZES, Romualdo R.; NEVES, Gelmires de A.; FERREIRA, Heber C. . O estado da arte sobre o uso de resíduos O estado da arte sobre o uso de resíduos como matérias-primas cerâmicas alternativa como matérias-primas cerâmicas alternativas. 2002. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbeaa/v6n2/v6n2a20.pdf>>. Acesso em: 01 dez. 2016.

MINERAIS e suas propriedades. São Raimundo Nonato (pi): Universidade Federal do Vale do São Francisco – Univasf, 2009. 62 slides, color. Disponível em: <http://www.univasf.edu.br/~ccinat.srn/arquivos/Aula%205_minerais_e_propriedades.pdf>. Acesso em: 08 set. 2018.

MOTTA, José Francisco Marciano et al. As Matérias-Primas Cerâmicas. Parte II: Os Minerais Industriais e as Massas da Cerâmica Tradicional. 2002. Disponível em: <http://www.ceramicaindustrial.org.br/pdf/v07n01/v7n1_4.pdf>. Acesso em: 01 dez. 2016.

NASCIMENTO FILHO, Virgílio F.. TÉCNICAS ANALÍTICAS NUCLEARES DE FLUORESCÊNCIA DE RAIOS X POR DISPERSÃO DE ENERGIA (ED-XRF) E POR REFLEXÃO TOTAL (TXRF). 1999. Disponível em: <<http://www.fem.unicamp.br/~giorgia/fluorescencia.pdf>>. Acesso em: 01 fev. 2016.

NUNES FREIRE, M. Uso de Matérias-Primas Argilosas do Estado do Rio de Janeiro em Massas Cerâmicas para Porcelanato: Formulação, Propriedades Físicas e Microestrutura. Tese de Doutorado na Universidade Estadual do Norte Fluminense – Darcy Ribeiro. Campos dos Goytacazes, 2007.

PICCOLI, Rodrigo et al. A IMPORTÂNCIA DA UTILIZAÇÃO DA DIFRAÇÃO DE RAIOS X NA CARACTERIZAÇÃO DE ARGILAS. 2005. Disponível em: <http://www.iaea.org/inis/collection/NCLCollectionStore/_Public/42/105/42105290.pdf>. Acesso em: 01 dez. 2016.

RIMAR, Karina Karla Pacheco Porpino. AVALIAÇÃO DA CAPACIDADE DA CONCHA DO MARISCO Anomalocardia brasiliana EM ADSORVER FERRO EM AMOSTRAS DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS. 2013. 97 f. Tese (Doutorado) - Curso de Programa de Pós-graduação em Química, Centro de Ciências Exatas e da Natureza, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa - PB, 2013. Disponível em: <<http://tede.biblioteca.ufpb.br:8080/bitstream/tede/7115/1/arquivototal.pdf>>. Acesso em: 01 dez. 2016.

SHACKELFORD, James F. **Ciência dos materiais**. 6. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2008. 556 .

SOUSA, Diego de Lima. ESTUDO SOBRE PORCELANA COM INCORPORAÇÃO DE RESÍDUO CARAPAÇA DE CARANGUEJO CALCINADA. 2014. Monografia (Graduação em Engenharia Mecânica) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, 2014.

YOSHIMURA, H. N. et al. Efeitos do acondicionamento de uma porcelana dentária em meio de saliva artificial na resistência mecânica e previsão do tempo de vida. 2009. Disponível em: <https://www.researchgate.net/profile/Humberto_Yoshimura/publication/262496056_Effects_of_artificial_saliva_storage_on_flexural_strength_and_lifetime_prediction_of_a_dental_porcelain/links/0a85e53b18c4394e2c000000.pdf>. Acesso em: 01 dez. 2016.

UFG, Curso de Física – campus jataí. Laboratório de Difração de Raios-X. 2017. Disponível em: <<https://fisica.jatai.ufg.br/p/19216-laboratorio-de-difracao-de-raios-x?locale=en>>. Acesso em: 08 set. 2018.

ZAUBERAS, Rodrigo Tognotti; RIELLA, Humberto Gracher. Defeitos de Queima Causados pelo Quartzo em Monoporosas. 2001. Disponível em: <http://www.ceramicaindustrial.org.br/pdf/v06n02/v6n2_5.pdf>. Acesso em: 01 dez. 2016.



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
Universidade Federal Rural do Semi-Árido - UFERSA
CENTRO DE ENGENHARIAS

ATA DE DEFESA DE MONOGRAFIA

Às 10:30 horas do dia 14 de setembro de 2018, (na sala 17) do Bloco de Professores do Centro de Engenharia da Universidade Federal Rural do Semi-Árido – UFERSA, sob a presidência do Prof. Dr. Fabrício José Nóbrega Cavalcante, reuniu-se a banca examinadora de defesa de monografia de autoria do aluno **Agnus Fontes de Lima**, do curso de Engenharia Mecânica desta Universidade com o título, **"USO DO RESÍDUO DE CONCHA DE MARISCO (Anomalocardia Brasiliana) CALCINADA COMO FUNDENTE AUXILIAR NO SISTEMA CAULIM-FELDSPATO-QUARTZO – CERÂMICA DENTÁRIA"** A Banca Examinadora ficou assim constituída: **Prof. Dr. Fabrício José Nóbrega Cavalcante**, presidente da banca, **Prof. Dr. Wagner Lopes Torquato** e **Prof. Luís de Freitas Araújo**, como membros. Foram registradas as seguintes ocorrências: após a apresentação do aluno pelo Presidente da banca, ocorreu a apresentação da monografia, seguido de questionamentos pelos membros da banca; finalizando, foram sugeridas algumas modificações e correções. Concluída a defesa, procedeu-se o julgamento pelos membros da banca examinadora, em reunião fechada, tendo o aluno obtido às seguintes notas: **9,5 (nove e meio); 9,5 (nove e meio) e 9,5 (nove e meio)**. Apuradas as notas verificou-se que o aluno foi aprovado com média geral **9,5 (nove e meio)**, fazendo jus, portanto, ao título de Engenheiro Mecânico. E para constar, eu, **Prof. Dr. Fabrício José Nóbrega Cavalcante**, lavrei a presente ata que, após lida e aprovada pelos membros da banca examinadora, será assinada por todos. Mossoró, 14 de setembro de 2018.

Assinatura dos membros da Banca Examinadora.

Prof. Dr. Fabrício J. Nóbrega Cavalcante (UFERSA)
Presidente

Prof. Dr. Wagner Lopes Torquato (IFRN)
Membro

Prof. Luís de Freitas Araújo (UFERSA)
Membro