



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE
CENTRO DE BIOCÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE OCEANOGRAFIA E LIMNOLOGIA
BACHARELADO EM ENGENHARIA DE AQUICULTURA

NÍVIA LUCIANA COSTA DE SIQUEIRA

**INCORPORAÇÃO DO PÓ DE CONCHAS DE OSTRAS
PROVENIENTES DO PROCESSO DE OSTREICULTURA NA
PRODUÇÃO DE ARGAMASSA PARA REVESTIMENTO**

NATAL – RN
2021

NÍVIA LUCIANA COSTA DE SIQUEIRA

**INCORPORAÇÃO DO PÓ DE CONCHAS DE OSTRAS
PROVENIENTES DO PROCESSO DE OSTREICULTURA NA
PRODUÇÃO DE ARGAMASSA PARA REVESTIMENTO**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso de Engenharia de Aquicultura da Universidade Federal do Rio Grande do Norte como requisito para a obtenção do título de bacharel em Engenharia de Aquicultura.

Orientador: Prof. Dr. Wallace Silva do Nascimento

Coorientadora: Prof.^a Dr.^a Sheyla Karolina Justino Marques

NATAL – RN
2021



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE
CENTRO DE BIOCÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE OCEANOGRAFIA E LIMNOLOGIA
BACHARELADO EM ENGENHARIA DE AQUICULTURA

**INCORPORAÇÃO DO PÓ DE CONCHAS DE OSTRAS PROVENIENTES DO
PROCESSO DE OSTREICULTURA NA PRODUÇÃO DE ARGAMASSA PARA
REVESTIMENTO**

Esta monografia, apresentada pela aluna Nívia Luciana Costa de Siqueira ao Curso de Bacharelado em Engenharia de Aquicultura do Centro de Biociências, da Universidade Federal do Rio Grande do Norte, foi julgada adequada e aprovada, pelos Membros da Banca Examinadora, na sua redação final, para a conclusão do Curso e à obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Aquicultura.

Prof. Dr. Wallace Silva do Nascimento

Universidade Federal do Rio Grande do Norte – UFRN

Prof. Dr. Guilherme Ortigara Longo

Universidade Federal do Rio Grande do Norte – UFRN

Prof. Dr^a. Sheyla Karolina Justino Marques

Instituto Federal de Alagoas – IFAL

Natal – RN

16 de abril de 2021

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar dar Graças ao Senhor por tudo. Deus foi minha fortaleza durante essa caminhada. Apesar de tudo, nunca me senti só, pois sempre tive a certeza de que estava sob a proteção do meu Pai soberano. Sem Teu amor e Tua graça eu não teria chegado até aqui.

Agradeço aos meus pais, Luciano e Núbia, por todo amor, carinho, dedicação e incentivo durante todos esses anos. Sem o apoio de vocês esse sonho não estaria se tornando realidade. Cada passo e cada vitória dedico a vocês, que tem todo o meu amor e gratidão para sempre.

Aos meus irmãos, Nara e Bruno, por todo amor, carinho, orientações, conselhos e cuidado ao longo da minha vida. Sem dúvidas foram fundamentais no desenvolvimento da minha personalidade e crescimento.

À professora Sheyla Marques, pessoa essencial no meu desenvolvimento acadêmico, que acreditou no meu potencial, me incentivou e me deu toda a orientação necessária para o desenvolvimento do presente estudo, além de tornar-se mais que professora e orientadora, como também uma grande amiga e exemplo de competência profissional.

Ao professor Wallace Nascimento, que aceitou ser meu orientador, acreditou na ideia e colaborou para que o trabalho fosse executado.

Ao professor Wilson Acchar, por me receber de portas abertas em seu laboratório e prover o necessário para a realização dessa pesquisa.

Aos colegas do LaPFiMC, em especial Luana, Paulo Henrique, Anna Karla, Sérgio e João Neto, pela assistência, colaboração, incentivo e apoio.

A Sandro e Jacó, do Laboratório de Materiais para Construção Civil da UFRN, pela ajuda e suporte durante a realização do presente estudo.

Aos professores que tive ao longo da vida, pela dedicação e excelência em transmitir conhecimento e ajudarem a construir a pessoa que me tornei.

Por fim, a todos os meus amigos, familiares, aos que estão e estiveram em minha vida oferecendo apoio, carinho e dedicação durante essa jornada, sempre acreditando e me mostrando que eu era capaz e me incentivaram a não desistir.

“Não fui eu quem te ordenei? Seja forte e corajoso! Não tenha medo e não desanime, porque o Senhor, teu Deus, estará com você por onde você andar.”
Josué 1:9

RESUMO

A aquicultura é uma das indústrias que mais cresceu nos últimos anos, ultrapassando a pesca, produzindo 114.5 milhões de toneladas no ano de 2018 e com projeção de crescimento de mais 109 milhões de toneladas até 2030. A aquicultura moderna deve estar baseada em três pilares: produção economicamente viável, conservação do meio ambiente e desenvolvimento social. Por entender que a atividade está intimamente ligada ao ambiente em que está inserida, pode-se afirmar que não é possível executar a atividade sem causar impactos ambientais. Os impactos ambientais do cultivo de ostras são considerados baixos em comparação às outras áreas da aquicultura, no entanto, os resíduos sólidos gerados pela atividade geram problemas como assoreamento, quando descartados no mar, e quando descartados em terrenos baldios, por exemplo, pode haver o surgimento de enfermidades provenientes dos animais e insetos que alimentam-se da matéria orgânica presente no material, além do mau cheiro causado e da poluição visual. O objetivo do presente estudo foi avaliar a viabilidade técnica da confecção de argamassa para revestimento a partir da substituição em diferentes porcentagens do agregado pelo pó das conchas provenientes do cultivo de ostras, realizado por determinada associação da região de Tibau do Sul, Rio Grande do Norte. Para tanto, as conchas da ostra *Crassostrea brasiliiana* foram higienizadas e direcionadas ao processo de moagem em moinho de bolas. O pó de concha de ostra (PCO) foi submetido às análises granulométrica, de termogravimetria, fluorescência de Raios X e difração de Raios X, para a caracterização físico-química. Posteriormente, o PCO foi utilizado na moldagem de corpos de prova de argamassa para revestimento, substituindo o agregado nas porcentagens de 0%, 10%, 20%, 30%, 40% e 100%. Os corpos de prova de argamassa foram submetidos aos ensaios tecnológicos de resistência à compressão e absorção de água. A substituição parcial do agregado pelo subproduto da ostreicultura na confecção da argamassa proporcionou aumento da resistência à compressão, chegando a atingir média de 18 MPa para a formulação com 100% do PCO, valor superior ao requerido pela Norma Brasileira. A absorção de água foi superior para as argamassas com maior quantidade do subproduto, quando comparado à argamassa de referência, mas ainda manteve-se dentro dos padrões da NBR. Com base nos resultados, foi possível determinar que a utilização do subproduto da ostreicultura na produção de argamassa mostra-se viável.

Palavras chave: resíduos sólidos; subprodutos; ostras; aquicultura.

ABSTRACT

The aquaculture is one of the industries that has grown up the most in the past few years, surpassing the fishery, producing 114.5 million tons in 2048 and with a projection of growth of another 109 million tons by 2030. Modern aquaculture must be based on three pillars: economically viable production, environmental conservation and social development. The environmental impacts caused by oyster farming are considered low compared to other aquaculture modalities. However, solid wastes generated by this activity includes problems such as silting, when discarded at sea or beaches, and when discarded in vacant lots problems may include the appearance of diseases caused by pathogenic animals and insects that feed on organic matter present in these wastes, also contributing with the visual pollution. The purpose of the present research was evaluate the technical feasibility of laying and coating mortar production through substitution of different percentages of the aggregate by oyster shell powder from oyster farming conducted by an association located in Tibau do Sul, Rio Grande do Norte, Brazil. The shells of *Crassostrea brasiliana* oyster were cleaned and directed to the grinding process in a ball mill. The material reduced in the grinding process was subjected to granulometric, thermogravimetric analysis, X-ray fluorescence and diffraction, so that a physical-chemical characterization could be performed. Subsequently, it was used in modeling clay specimens for cladding, replacing the aggregate with the percentages of 0%, 10%, 20%, 30%, 40% and 100% of oyster shell powder. The mortar specimens were subjected to technological tests of compressive strength and water absorption. The partial replacement of aggregate by the by-product of oyster farming in the manufacture of mortar provides an increase in compressive strength, reaching an average of 18 MPa for a reduction of 100% of the by-product, above the values required by Brazilian Standards. The water absorption rate was higher for the specimens with a greater amount of the by-product, when compared to the reference samples, although still within the BRS. Based on these results, we concluded that the use of mortar production residue proves to be viable.

Keywords: solid wastes; byproducts; oyster farming; aquaculture.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Modelo de Economia Linear.	15
Figura 2. Modelo de Economia Circular.	16
Figura 3. Concha da <i>Crassostrea brasiliiana</i> . (A) visão externa da valva direita; (B) visão externa da valva esquerda. (C) visão interna da valva direita, detalhe da impressão muscular; (D) mesma visão da valva esquerda (65 mm de comprimento).	17
Figura 4. Fluxograma das etapas da pesquisa.	24
Figura 5. (A) e (B) Descarte das conchas de ostra realizado por produtores de ostras do RN.	25
Figura 6. Conchas de ostra em sacos dispostas ao longo do caminho para as estruturas de cultivo da associação.	26
Figura 7. Higienização das ostras com água, hipoclorito de sódio e sabão neutro.	26
Figura 8. Moinho de facas utilizado para trituração inicial das conchas.	27
Figura 9. Resultado do processo de moagem em moinho de facas.	27
Figura 10. Agitador utilizado na realização da análise granulométrica do material.	29
Figura 11. (A) Corpos de prova em base com enxofre durante o processo de capeamento; (B) corpos de prova capeados.	32
Figura 12: Análise granulométrica do pó das conchas.	33
Figura 13: Análise termogravimétrica (ATG) do pó das conchas.	34
Figura 14. Difratoograma de Raios X da amostra do pó de concha da ostra <i>C. brasiliiana</i>	36
Figura 15. Resultado do ensaio de resistência à compressão apresentando as médias e o desvio padrão para cada formulação.....	37
Figura 16. Resultado do ensaio de absorção de água.	38

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Percentuais de substituição do agregado pelo pó de concha nas formulações. 31

Tabela 2. Fluorescência de Raios X do pó da concha de *Crassostrea brasiliana*. 35

LISTA DE SIGLAS E ABREVIACOES

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

ATG – Análise Termogravimétrica

CaCO₃ – Carbonato de Cálcio

CaO – xido de cálcio

CO₂ – Gás Carbnico

CP – Corpo de Prova

CP II Z32 – Cimento Portland com composto pozolana

CP V ARI – Cimento Portland com alta resistência inicial

DRX – Difro de Raios X

FRX – Fluorescência de Raios X

HMA – Hot Mix Asphalt

MPa – Mega Pascal

NBR – Norma Brasileira

PCO – P de concha de ostras

TGA – Thermogravimetric analysis

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	13
2. OBJETIVOS.....	14
2.1 Objetivo geral.....	14
2.2 Objetivos específicos	14
3. REFERENCIAL TEÓRICO.....	15
3.1 Sustentabilidade e logística reversa	15
3.2 Processo da ostreicultura.....	17
3.2.2 Produção e geração de resíduos e subprodutos	18
3.3 Materiais utilizando subprodutos da malacocultura.....	18
3.3.1 Estudos com incorporação de subprodutos da malacocultura.....	19
3.4 Argamassa e Agregados naturais	22
3.4.1 Recursos naturais e agregados não-renováveis	22
3.4.2 Breve histórico das argamassas.....	23
4. METODOLOGIA.....	24
4.1 Coleta do material	25
4.1.1 Acondicionamento e limpeza	26
4.1.2 Processo de moagem	27
4.1.3 Processo de peneiramento	28
4.2 Caracterização da concha da ostra	28
4.2.1 Análise granulométrica	28
4.2.2 Análise Termogravimétrica.....	29
4.2.3 Fluorescência de Raios X.....	30
4.2.4 Difração de Raios X.....	30
4.3 Determinação da dosagem de substituição do agregado miúdo	31
4.4 Produção dos corpos de prova	32
4.5 Ensaio tecnológicos.....	32
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	33
5.1 Caracterização da concha da ostra	33
5.1.1 Análise granulométrica	33
5.1.2 Análise Termogravimétrica.....	34
5.1.3 Fluorescência de Raios X - FRX.....	35
5.1.4 Difração de Raios X - DRX	36

5.2 Ensaio Tecnológicos.....	37
5.1.1 Ensaio de resistência mecânica	37
5.1.2 Ensaio de determinação da absorção de água	38
CONCLUSÃO.....	39
REFERÊNCIAS	40
ANEXOS	Erro! Indicador não definido.

1. INTRODUÇÃO

A aquicultura, cultivo de organismos aquáticos, é uma das indústrias que mais apresentou crescimento nos últimos anos, ultrapassando a pesca. Em 2018 o cultivo de organismos aquáticos alcançou a maior produção de todos os tempos, chegando a 114.5 milhões de toneladas, sendo destas, 17,7% referente a produção de moluscos, em sua maioria bivalves. Além disso, apresenta uma projeção de crescimento de mais 109 milhões de toneladas, cerca de 37% em relação ao ano de 2016 (FAO, 2016; 2020). A produção economicamente viável, a conservação do meio ambiente e o desenvolvimento social são os pilares que devem basear a aquicultura moderna. Por entender que a aquicultura está diretamente ligada ao ambiente em que está inserida, é possível dizer que não há como produzir sem que haja impactos ambientais (OLIVEIRA *et al.* 2006).

Os cultivos de peixes, crustáceos, moluscos, anfíbios, macro e microalgas, englobados como atividades da aquicultura, geram diferentes tipos de resíduos orgânicos e inorgânicos em diferentes quantidades ao longo de um ano, seja do cultivo em si, seja dos processos de reprodução, larvicultura e beneficiamento dos organismos aquáticos (LOPES, VIDOTTI E MARTINS, 2017).

De acordo com a Agência Portuguesa do Ambiente (2021), um processo produtivo qualquer gera um produto e seus resíduos de produção, podendo estes serem divididos em resíduos, que devem ser descartados de maneira segura, e os subprodutos, que são substâncias ou objetos geradas de forma secundária nesse processo produtivo, mas que não especificamente precisam ser descartados mas sim utilizados em outras aplicações.

Ainda que os impactos causados pelo cultivo de ostras sejam considerados baixos, se comparado com as outras modalidades de cultivo da aquicultura, os subprodutos sólidos gerados pela ostreicultura incluem problemas como assoreamento, quando descartados, e quando descartados em terrenos baldios, por exemplo, pode haver o surgimento de enfermidades provenientes dos animais e insetos que alimentam-se da matéria orgânica presente no material, além do mau cheiro causado e da poluição visual (BARBIERI *et al.* 2014; CHIERIGHINI *et al.* 2011)

A concha das ostras representa entre 75 a 90% do peso total dos moluscos, o que gera anualmente cerca de 14 mil toneladas de resíduos, dos quais 52% são devolvidos ao mar e o restante é depositado em locais como praias, aterros ou lixões, em virtude do desconhecimento de alternativas para o uso deste subproduto em outras indústrias (VISCONTI *et al.* 2014).

A relevância acadêmica do presente estudo está associada à necessidade do desenvolvimento de alternativas para a utilização do subproduto da ostreicultura, visto os impactos ambientais negativos causados pela falta de processamento atribuída a este material, além de apresentar-se como medida mitigadora aos outros problemas causados pelo cultivo em si. Ademais, existem poucos trabalhos que utilizam a espécie *Crassostrea brasiliana* como objeto de estudo, apesar desta espécie estar presente em todo o litoral do Brasil.

A indústria da aquicultura apresenta inúmeras possibilidades de desenvolvimento, no entanto, a cadeia produtiva da aquicultura gera grande quantidade de subprodutos que são pouco explorados, porém com enorme potencial de aplicação em diferentes setores, podendo também apresentar alternativa de fonte de renda para associações e comunidades que realizam o cultivo de organismos aquáticos.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Avaliar a viabilidade técnica da confecção de argamassa para revestimento a partir da substituição em diferentes porcentagens do agregado natural pelo pó das conchas, subproduto da ostreicultura.

2.2 Objetivos específicos

- Realizar pesquisa bibliográfica sobre a utilização dos subprodutos da ostreicultura e suas aplicações em diversas áreas.
- Caracterizar o pó de concha de ostra através das análises de granulometria, termogravimetria, fluorescência de Raios X e difração dos Raios X.
- Produzir corpos de prova de argamassa substituindo parcialmente o agregado pelo pó da concha de ostras.
- Submeter os corpos de prova aos ensaios de resistência mecânica à compressão e absorção de água, segundo a NBR 13279/2005 e NBR 9778/2005, respectivamente.
- Analisar os resultados dos ensaios, observando o desempenho do material.

ESTRUTURA DO TRABALHO

Este trabalho está estruturado da seguinte forma:

A seção 1 aborda os aspectos norteadores da pesquisa, sendo eles a introdução, justificativa, objetivos gerais e específicos.

Na seção 2 é apresentado o referencial teórico sobre temas inerentes ao presente estudo, como os aspectos ecológicos da *Crassostrea brasiliana*, espécie de ostra utilizada no trabalho,

a utilização dos subprodutos da aquicultura, sustentabilidade e logística reversa, conceito de agregados naturais e a utilização de recursos naturais e noções básicas sobre argamassas.

Na seção 3 estão descritos os materiais e métodos utilizados em cada etapa do trabalho, dos processos, equipamentos, ensaios e parâmetros adotados durante o desenvolvimento da argamassa.

Na seção 4 são apresentados os resultados obtidos na pesquisa, subdivididos de acordo com os parâmetros analisados.

A seção 5 contém as conclusões obtidas a partir da elaboração do produto e dos resultados nos testes os quais este foi submetido.

Na seção 6 estão listadas todas as referências utilizadas na elaboração do trabalho.

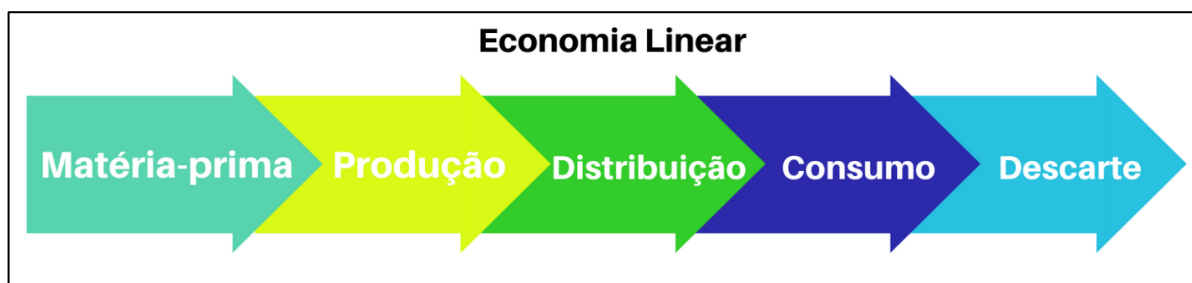
3. REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 Sustentabilidade e logística reversa

O conceito de desenvolvimento sustentável foi definido pela primeira vez em 1972, durante a Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente Humano, conhecida como Conferência de Estocolmo. Essencialmente, o desenvolvimento sustentável ou sustentabilidade é aquele que busca satisfazer as necessidades da geração atual sem comprometer as gerações futuras (CEBDS, 2020).

Com o aumento populacional observado nos últimos anos, a extração desenfreada de materiais finitos e produção de resíduos chegou a nível preocupante, evidenciando a necessidade de substituir o sistema de produção linear, que baseia-se na extração, transformação e descarte de produtos, como representado na Figura 1, por outro meio produtivo que seja ecologicamente sustentável (FIEP, 2020).

Figura 1. Modelo de Economia Linear.

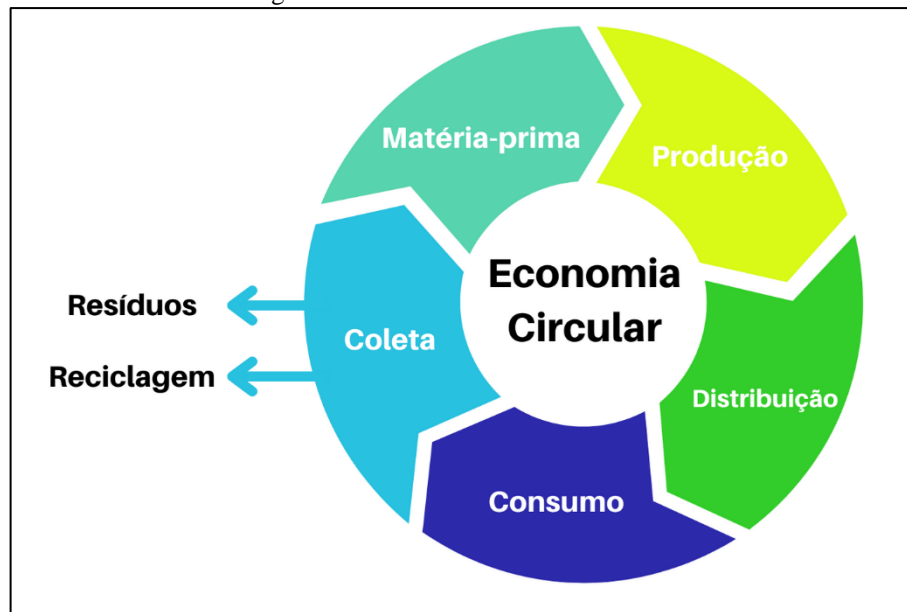


Fonte: Autora, adaptado de FIEP (2020).

Para atingir um desenvolvimento econômico que concilie prosperidade com sustentabilidade, é preciso substituir uma economia que se baseia na escassez e nos ganhos a curto prazo para um método que se tenha como base o valor a longo prazo e possua uma visão sistemática (CNI, 2018).

Como alternativa para a produção linear, a Economia Circular apresenta-se como engrenagem que permite que os subprodutos gerados pelas indústrias voltem à cadeia produtiva. Essa forma de produção implanta estratégias para que todos os produtos sejam elaborados para circular de forma eficiente, sem perda de qualidade, tendo como principal objetivo evitar o desperdício e a perda de valor econômico-ambiental. Além disso, a Economia Circular pode gerar mais empregos, promover a criação de novos modelos de negócios, conservar capital natural e diminuir impactos ambientais (FIEP, 2020). Um modelo ilustrativo de como funciona a Economia Circular é apresentado na Figura 2.

Figura 2. Modelo de Economia Circular.



Fonte: Autora, adaptado de FIEP (2020).

A transição para o modelo de Economia Circular é pautada na inovação, tendo como principal impulsionador a efetividade do sistema na geração de impactos positivos, além da eficiência e eficácia em gerar consequências positivas para aqueles envolvidos no sistema. Além disso, esse modelo traz maiores oportunidades econômicas e sociais, com resultados positivos em relação à sustentabilidade (CNI, 2018).

As indústrias e o mercado apontam que sua principal motivação para implantar modelo de economia circular é não só uma maneira de redução de custos e impactos ambientais, mas também pela adoção cultura de inovação e modelo de marketing positivo, gerado em função da preocupação com as questões ambientais, garantindo a resiliência do negócio e reduzindo riscos com vulnerabilidade (FEE®, 2018).

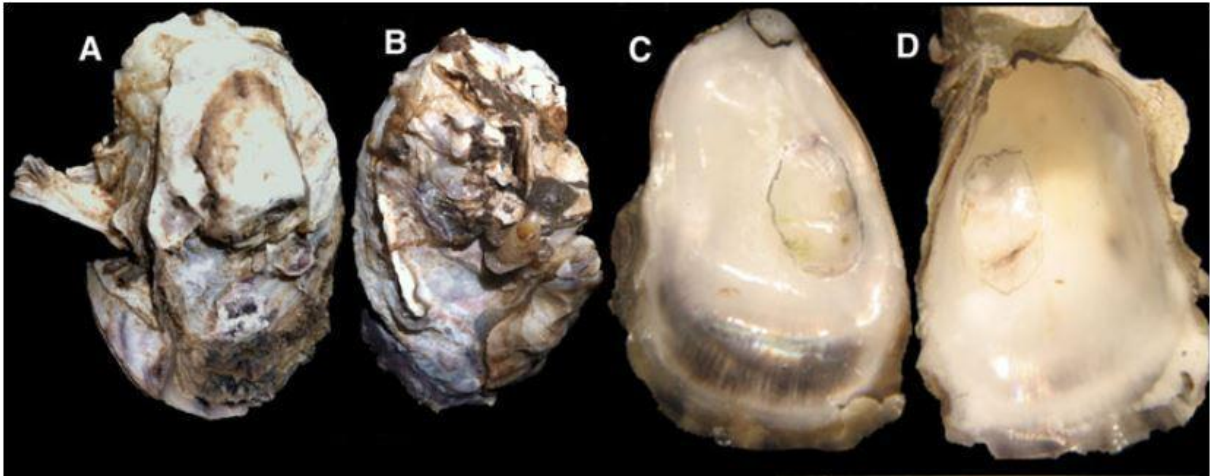
3.2 Processo da ostreicultura

3.2.1 Caracterização da ostra

A Classe Bivalvia é a classe do Filo Mollusca que reúne animais como ostras, mexilhões, vieiras, dentre outros. Estes organismos são filtradores e possuem corpo lateralmente achatado, protegidos por exoesqueleto calcário composto por duas valvas (BRUSCA E BRUSCA, 2002). Os bivalves ocorrem em ambientes marinhos e dulcícolas, ocupando diferentes substratos como areia, rocha, corais, podendo ser sésseis ou de vida livre, existindo ainda espécies perfuradoras de madeiras e corais (AMARAL, 2003).

Existem cerca de 150 espécies de ostras no planeta, dessas somente 12 espécies são utilizadas comercialmente (KIRCHNER, 2016). A *Crassostrea brasiliana* (Lamarck, 1819) é um molusco pertencente à classe Bivalvia, que possui ampla distribuição em toda a costa do país, desde a região sul até o nordeste do Brasil. Assim como outras espécies da mesma classe, a *C. brasiliana* apresenta valvas (Figura 3).

Figura 3: Concha da *Crassostrea brasiliana*. (A) visão externa da valva direita; (B) visão externa da valva esquerda. (C) visão interna da valva direita, detalhe da impressão muscular; (D) mesma visão da valva esquerda (65 mm de comprimento).



Fonte: Adaptado de Amaral; Simone, 2014.

A *Crassostrea brasiliana* pode apresentar comprimento de até 130 mm. Sua valva esquerda é maior que a direita, por ser responsável pela fixação do animal no substrato. A concha desta espécie é ovóide, larga e fina, apresentando coloração esverdeada ou acastanhada com faixas brancas. A parte interior da concha apresenta coloração branca com pouco brilho, podendo também ter pigmentação laranja próximo à borda (AMARAL; SIMONE, 2014). Ainda segundo os mesmos autores, esta espécie pode ser encontrada em manguezais, fixas nas raízes do mangue ou em costas rochosas.

A *C. brasiliiana* é considerada potencial para a ostreicultura pois tende a apresentar maior crescimento em condições de cultivo (PEREIRA; HENRIQUES; MACHADO, 2003), podendo atingir o tamanho comercial (superior a 50 mm) a partir do 9º mês (PEREIRA E SOARES, 1996).

3.2.2 Produção e geração de resíduos e subprodutos

O desenvolvimento da produção brasileira de organismos aquáticos tem ganhado destaque no cenário nacional, no entanto, ainda há a necessidade da realização de pesquisas relacionadas à área e a criação de pacotes tecnológicos que solidifiquem a base da cadeia produtiva, que aumente a capacidade de produção, beneficie a matéria-prima e ofereça diferentes produtos com valor agregado (LIMA, 2013).

De acordo com Lopes, Vidotti e Martins (2017), todos os processos da cadeia produtiva da aquicultura geram algum tipo de resíduo. Nas unidades produtivas os subprodutos gerados são provenientes da morte natural dos organismos, por exemplo, enquanto na fase de processamento são produzidos materiais provenientes da filetagem, limpeza e classificação do produto final, nem sempre em frequência regular.

A geração de resíduos na aquicultura vai desde a liberação de efluentes com alta carga de nutrientes, potencial causa para a eutrofização de corpos d'água, até a geração de materiais sólidos que frequentemente são descartados, como os resíduos das filetagens de peixes, cascas de camarão, conchas de ostras, entre outros materiais que, dependendo de sua destinação, podem causar impactos ambientais negativos. Diante desse panorama, ficou explícita a necessidade de utilizar os subprodutos da produção de organismos aquáticos não só na própria indústria, como também aplicando em outras áreas (MACEDO & SIPAÚBA-TAVARES, 2018; NUNEZ-GOMES, 2017; SPENCER FILHO, 2011).

Estima-se que a ostreicultura gere anualmente cerca de 14 mil toneladas de resíduos, somente no estado de Santa Catarina, dos quais a maior parte (52%) são devolvidos ao mar e a outra porção é depositada em praias, aterros ou lixões, sendo esse descarte inadequado associado ao desconhecimento de utilidades para esses subprodutos (VISCONTI *et al.* 2014).

3.3 Materiais utilizando subprodutos da malacocultura

As conchas de moluscos são valiosas fonte de cálcio. Elas são constituídas basicamente de Carbonato de Cálcio (CaCO_3), substância química utilizada em larga escala em diversos ramos para a produção de cal (virgem e hidratada), rações, adubos, espuma de polietileno, medicamentos, e construção civil (OLIVEIRA e LIMA, 2016). Diversos pesquisadores ao redor

do mundo têm estudado a viabilidade da utilização de conchas de moluscos na produção de concreto, argamassas, elementos pré-moldados, suplementação alimentar de animais e na produção de adubo orgânico (MARTINEZ, 2016; RODRIGUEZ ÁLVARO, 2014).

3.3.1 Estudos com incorporação de subprodutos da malacocultura

3.3.1.1 Avaliação laboratorial de conchas usadas como agregado fino em asfalto

A construção e manutenção de estradas causa o esgotamento de agregados naturais, em virtude da depleção dos recursos naturais utilizados na produção destes. A geração de conchas pela ostreicultura oferece oportunidade do uso de um subproduto como alternativa de alta performance e melhor custo benefício em relação aos agregados naturais. A gestão ambiental para que haja descarte eficiente das conchas ainda é insuficiente. Para que fosse apropriada, são necessárias estratégias de gerenciamento de resíduos por parte das autoridades, além do fornecimento de lixões. Sendo assim, a utilização destes subprodutos como material para construção oferece alternativa de baixo custo energético para a reciclagem. A mistura de asfalto quente (Hot Mix Asphalt - HMA) é a combinação do agregado, do aglomerante e vazios de ar. Em mistura comum de HMA o agregado normalmente compõe cerca de 95% do peso. Uma alternativa para os depósitos naturais ou rochas trituradas é a inclusão de subprodutos como agregado fino na substituição nas misturas de asfalto, desde que sejam confeccionadas nas proporções adequadas.

O estudo realizado por Ruíz *et al.* (2018) teve como objetivo analisar da viabilidade do uso da concha da Vieira Peruana moída como agregado substituto do cimento na fabricação de HMA. Para isto, a caracterização das conchas como agregado na mistura de asfalto quente foi confeccionada utilizando o teste de estabilidade e fluxo de Marshall, teste de tensão indireta e teste de fluência estática para avaliar o efeito das conchas na performance da HMA. Esses testes são comuns na indústria peruana de pavimentação e são atualmente aceitos como práticas padrão. O agregado graúdo foi obtido na Mina Sojo e o agregado fino na Mina Cerro Mocho, ambos bancos aluviais comerciais localizados próximo à Piura, no Peru. As conchas foram coletadas em aterro municipal e para sua higienização foram lavadas manualmente com água para remover os resíduos orgânicos, secas e manualmente trituradas.

Quatro misturas de concreto asfáltico foram investigadas. A primeira foi a mistura de asfalto quente padrão, contendo todos os agregados normalmente utilizados. Nas outras três misturas, a concha da vieira peruana foi utilizada como substituição parcial do agregado fino, nas porcentagens de 4%, 5% e 30%. A substituição não linear foi projetada para permitir a maior sensibilidade em baixos níveis de concentração. Duas séries de concentração de ligante

foram fabricadas. Para cada mistura de agregado e conteúdo de aglomerante asfáltico três amostras foram replicadas.

Os resultados mostraram que a utilização das conchas na mistura quente de asfalto aumentou o conteúdo ideal de asfalto de 5,25% para 5,70%. As conchas em tamanhos menores que 1mm podem reduzir os vazios de ar e acrescer a estabilidade e o fluxo, produzindo mistura mais rígida comparado à mistura que utiliza os agregados padrões. Os testes de fluência estática mostraram que a adição de conchas como agregado fino pode reduzir a deformação permanente das misturas, além de também apresentarem maior resistência ao efeito de decapagem se comparado à mistura padrão.

3.3.1.2 Avaliação de catalisador a base de conchas de ostras para a produção de biodiesel utilizando planejamento fatorial

A depleção das fontes de energia não renováveis como o petróleo e o carvão tem impulsionado a pesquisa buscando combustíveis derivados de fontes renováveis de energia. Dentre estas, destaca-se o biodiesel, que pode ser definido como mistura de ésteres monoalquílicos de cadeias longas derivados de matérias-primas como óleos vegetais e gorduras animais. O processo mais comumente usado para a produção de biodiesel é a reação de transesterificação, que consiste na reação de óleo vegetal ou gordura animal com álcool na presença de catalisador, formando glicerol e ésteres. A reação de transesterificação é influenciada não só pela razão álcool/óleo, fatores como o tipo de álcool, tipo de catalisador, teor de catalisador, temperatura de reação, pressão, entre outros também exercem influência. A otimização destes é importante para o processo de produção, a fim de maximizar o rendimento do produto diminuindo os custos operacionais da produção.

O objetivo do estudo realizado por Paula *et al.* (2017) foi a otimização do processo de produção do biodiesel metílico utilizando catalisador obtido a partir da farinha de conchas de ostra, variando a razão molar óleo-metanol e a quantidade de catalisador através do planejamento de Plackett Burman e metodologia de superfície de resposta. Para tanto, as conchas das ostras obtidas através do descarte de restaurantes locais foram lavadas com água destilada para remoção da matéria orgânica e moídas em moinho de bolas até a obtenção de pó fino, peneiradas e secas em estufa por 12 horas a 120 °C. O catalisador heterogêneo foi obtido a partir do tratamento térmico do precursor catalítico (farinha de concha de ostra) visando a obtenção do óxido de cálcio, sendo, para este fim, o material submetido ao aquecimento a 900 °C em forno mufla por 3 horas. Para avaliar as variáveis que influenciam no processo de

produção do biodiesel foi aplicado planejamento fatorial. A matriz do planejamento experimental foi o fatorial 3^2 com o ponto central em triplicata, resultando em 12 experimentos.

Os resultados de conversão obtidos no estudo (99,99%) comprovam que existe viabilidade na produção do biodiesel utilizando o catalisador produzido a partir de conchas de ostras. O planejamento estabeleceu como condições de reações ótimas a razão óleo:metanol de 1:9 e quantidade de catalisador de 2%. Nessas condições experimentais o rendimento máximo calculado foi de 99,99% em ésteres metílicos.

3.3.1.3 Estudo da incorporação de pó de concha de marisco em massa de porcelanato

Na produção do porcelanato, o desafio inicia-se na seleção das matérias-primas que compõem a massa cerâmica. Usualmente, os carbonatos de cálcio utilizados na produção desta são extraídos de jazidas que contêm minerais como calcário e dolomita. Entretanto, o uso de carbonatos provenientes de fontes minerais tem causado vasta degradação ao meio ambiente e aumentando a escassez destes minerais. Sendo assim, torna-se necessária a realização de estudos que possam contribuir não só com a redução do impacto ambiental como também economizar as reservas de minerais naturais. O trabalho teve como objetivo analisar os efeitos do uso do pó de conchas de mariscos na composição de fase e nas propriedades tecnológicas de corpos cerâmicos. As propriedades foram comparadas àquelas de amostras preparadas com carbonato de cálcio comercial (fase calcita).

Pós de conchas de mariscos do litoral paraibano foram incorporados a formulação cerâmica (massa padrão) usada por indústria local para a produção de porcelanato. As conchas de marisco foram moídas via seca, em moinho de discos, para obtenção de pó fino, posteriormente peneirado para obtenção de partículas com diâmetro menor ou igual a $74\mu\text{m}$ (#200). Após o processo de peneiramento foram formuladas composições à base de pó de conchas/massa cerâmica e CaCO_3 comercial/massa cerâmica, nas quais o pó de conchas e o CaCO_3 comercial foram adicionados em proporções de 0, 3, 5 e 7% do teor mássico. Após a sinterização os corpos de prova foram submetidos aos ensaios tecnológicos para determinação de propriedades físico-mecânicas de absorção de água, porosidade aparente, retração linear de queima, massa específica aparente e tensão de ruptura à flexão em três pontos segundo os critérios previstos pela NBR 13818/1997.

Foi constatado no estudo de Fulgêncio *et al.* 2018, de maneira geral, que a introdução de carbonato de cálcio proveniente de conchas de marisco em até 7% de incorporação proporcionou às propriedades mecânicas os valores desejados ao produto final. Os ensaios tecnológicos mostraram que o CaCO_3 desempenha função de regulador dimensional, podendo

evitar trincas microestruturais e diminuir a temperatura de sinterização. Essa tendência a diminuição da temperatura de sinterização é devido à maturação da massa padrão, ocasionando redução dos custos energéticos e do tempo do ciclo de sinterização. Dessa forma, entende-se que as conchas de mariscos mostra-se como alternativa promissora na indústria cerâmica, contribuindo não só com a redução dos impactos ambientais, mas também com a redução dos custos de produção.

3.4 Argamassa e Agregados naturais

3.4.1 Recursos naturais e agregados não-renováveis

Os recursos naturais podem ser classificados como renováveis, quando há a possibilidade de restauração após seu uso em um curto período de tempo, e não-renováveis, aqueles que existem em quantidades fixas e dependem do acontecimento de processos geológicos, físicos e químicos que só ocorrem em um longo prazo, cerca de centenas de milhões de anos (DULLEY, 2004 *apud* PORTUGAL, 1992). Desse modo, os agregados naturais encaixam-se na segunda classificação.

De acordo com a NBR 9.935 (ABNT, 2011), os agregados naturais são definidos como material mineral pétreo granular que pode ser utilizado da forma como é encontrado na natureza como também pode ser submetido à processos de lavagem, classificação ou britagem. Os agregados mais conhecidos e utilizados são areia e pedra britada (brita).

Por tratar-se de recursos naturais não-renováveis, a extração de matéria-prima para a produção de agregados naturais empregados na indústria da construção civil gera impactos ambientais consideráveis. A produção de insumos como areia e brita é apontada como causadora de danos como supressão da vegetação, alteração do uso e ocupação do solo e cursos d'água, geração de resíduos sólidos (GASQUES *et al.* 2014) e depleção de recursos fósseis.

Desde o processo de extração/fabricação de materiais até a fase de execução das obras, as atividades realizadas pela indústria da construção civil frequentemente alteram as condições normais do meio ambiente, muitas vezes causando danos ao mesmo (ROTH & GARCIA, 2009). Diante disso, essa indústria tem buscado cada vez mais tornar-se sustentável e tem adotado formas de explorar matérias-primas alternativas, substituindo os agregados parcialmente ou integralmente por resíduos da própria construção civil (PEREIRA, MEDEIROS E LEVY, 2012; GOMES, POGGIALI E AZEVEDO, 2019) ou até inserindo subprodutos de outras cadeias produtivas (CABRAL, *et al.* 2009; TRENTIN, *et al.* 2020).

3.4.2 Breve histórico das argamassas

A argamassa é material de construção caracterizado por mistura homogênea de um ou mais aglomerantes inorgânicos, agregados miúdos, e água, com propriedades de aderência e endurecimento, preparada em obra ou fabricada em indústrias (ABNT, 2005). As argamassas podem conter ou não aditivos para acrescentar determinadas propriedades como impermeabilização e adesividade. Os aglomerantes, como o cimento, a cal e o gesso podem ser utilizados separadamente, ou misturados, e o agregado miúdo principal é a areia (ABCP, 2002).

Os registros do emprego da argamassa como material de construção são pré-históricos. As mais antigas eram feitas a base de cal e areia, mas com o passar dos anos e o desenvolvimento da tecnologia surgiu o cimento Portland, que passou a ser o principal ligante utilizado nas argamassas mais atuais. Existem as argamassas preparadas na obra, cujos constituintes são medidos por volume e misturados no ambiente de construção, e as argamassas industrializadas, com dosagem controlada de aglomerantes e agregados e comercializados ainda secos, onde o usuário necessita somente adicionar a quantidade de água indicada. O segundo tipo teve sua disseminação no Brasil a partir da necessidade da indústria da construção civil de exigir mais rapidez e produtividade nas obras (COUTINHO, PRETTI E TRISTÃO, 2013).

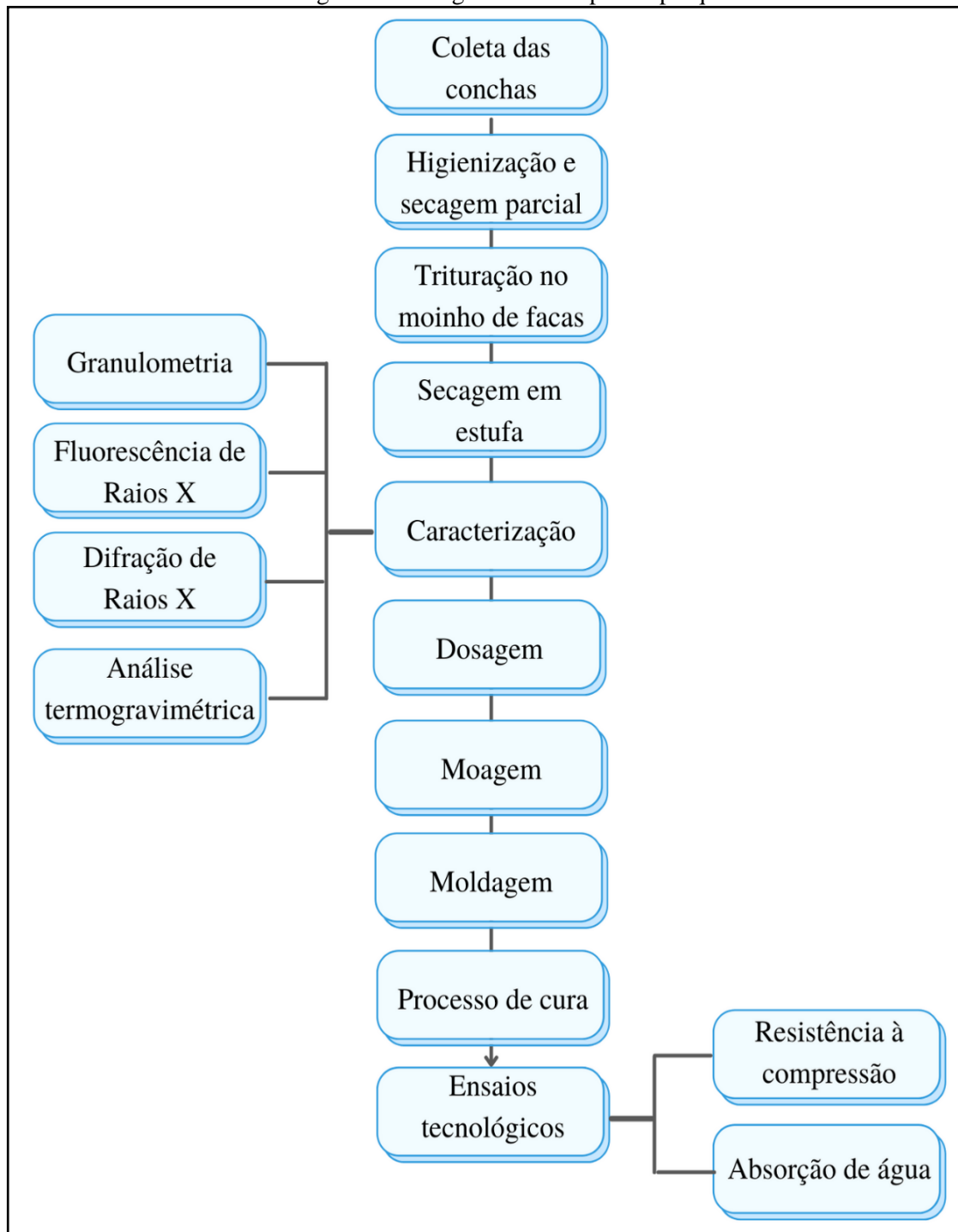
A NBR 13281 (ABNT, 2005) classifica as argamassas quanto à sua aplicação: assentamento, revestimento de paredes e tetos, uso geral, reboco, decorativa em camada fina, decorativa em monocamada. Além disso, a norma também estabelece algumas propriedades e parâmetros que a argamassa deve possuir, sendo estas a resistência à compressão, teor de água encorpado e capacidade de retenção de água. No entanto, outras propriedades também podem ser avaliadas, como rendimento, densidade de massa aparente, trabalhabilidade, aderência, módulo de elasticidade e aderência (SELMO *et al*, 2002)

Suas principais funções são a impermeabilização do substrato de aplicação, absorção das deformações naturais as quais a estrutura está sujeita, regularização e/ou proteção mecânica constituídos por sistemas de impermeabilização ou isolamento termocacústico e garantir bom acabamento ao material que foi revestido. No caso de argamassas para assentamento, esta atua como ligação entre os elementos de vedação, como tijolos e blocos, e como encunhamento após a última fiada de componentes na construção de alvenarias. A argamassa deve garantir a adesão dos elementos de vedação, distribuir uniformemente os esforços atuantes na alvenaria e garantir a impermeabilidade de elementos aparentes (sem revestimento) (RECENA, 2012).

4. METODOLOGIA

Essa seção tem como objetivo apresentar a metodologia utilizada para investigar e buscar comprovar a viabilidade da incorporação do pó de concha da ostra na produção de argamassa para revestimento, através dos processos representados graficamente no fluxograma da Figura 4.

Figura 4. Fluxograma das etapas da pesquisa.



Os procedimentos do estudo tiveram como base inicial pesquisa exploratória, através de revisão bibliográfica das informações disponíveis na literatura (livros, artigos e trabalhos científicos). Os procedimentos experimentais foram realizados nos Laboratórios de Materiais para Construção Civil, de Caracterização Estrutural de Materiais e de Propriedades Físicas dos Materiais Cerâmicos - LaPFiMC da Universidade Federal do Rio Grande do Norte – UFRN.

4.1 Coleta do material

As conchas de ostras utilizadas como matéria-prima neste trabalho foram obtidas a partir do cultivo de ostras realizado de produtores de ostras estabelecidos no município de Tibau do Sul, localizado a 77 quilômetros da capital do Rio Grande do Norte, Natal. As conchas das ostras que morrem no decorrer do período de cultivo são habitualmente descartadas no meio ambiente indiscriminadamente (Figura 5a e 5b).

Figura 5. a) e b) Descarte das conchas de ostra realizado por produtores de ostras do RN.



Fonte: Autora, 2019.

Além do descarte inapropriado, as conchas eram utilizadas para facilitar o acesso às instalações da associação (Figura 6), no entanto, foram armazenadas e destinadas à aplicação no presente estudo. O material foi mantido em sacos e armazenados em local seguro até a realização da coleta, dia 12 de setembro de 2019 por alunos do curso de Engenharia de Aquicultura da UFRN e sob supervisão do professor orientador.

Figura 6. Conchas de ostra em sacos dispostas ao longo do caminho para as estruturas de cultivo da associação.



Fonte: Autora, 2019.

4.1.1 Acondicionamento e limpeza

A higienização do material foi realizada no Laboratório de Ictiologia do Departamento de Oceanografia e Limnologia da UFRN, onde foi disposto em caixa d'água com hipoclorito de sódio e sabão líquido por 24h (Figura 7). Posteriormente, foi realizada limpeza utilizando jato de água para eliminar materiais incrustados como epífitas e outros animais. Após esse procedimento, folhas, galhos e outros materiais orgânicos foram retirados manualmente e o material foi exposto ao sol durante 24h para facilitar a secagem.

Figura 7. Higienização das conchas com água, hipoclorito de sódio e sabão neutro.



Fonte: Autora, 2019

4.1.2 Processo de moagem

Após a limpeza e secagem parcial, o material foi transportado para o Laboratório de Materiais para Construção Civil da UFRN e triturado em moinho de facas (Figura 8) a fim de promover redução na granulometria, conseqüentemente, diminuição no tempo de moagem no moinho de bolas.

Figura 8. Moinho de facas utilizado para trituração inicial das conchas.



Fonte: Autora, 2019.

Após a trituração no moinho de facas o material foi levado à estufa por 24h à temperatura de 110°C para que toda a umidade fosse retirada. Com o material totalmente seco e em menor granulometria (Figura 9), este foi triturado em moinho de bolas de alumina do Laboratório de Propriedades Físicas dos Materiais Cerâmicos (LaPFiMC) da UFRN por aproximadamente duas horas em todas as repetições do processo. A escolha desse processo deve-se à importância da distribuição granulométrica uniforme (WANG, *et al.* 2018).

Figura 9. Resultado do processo de moagem em moinho de facas.



Fonte: Autora, 2019.

4.1.3 Processo de peneiramento

A classificação e o peneiramento têm como objetivo comum, a separação do material em duas ou mais frações, com partículas de tamanhos distintos. Para o processo foi utilizada a série normal de Tyler, que possui as malhas de abertura 4,8, 2,4, 1,2, 0,60, 0,30, 0,15.

Para fins de execução das argamassas a malha escolhida para peneiramento do pó da concha da ostra (PCO) foi a de 400 mesh, para conferir ao produto maior homogeneidade junto ao compósito agregado e cimento.

Souto (2016) estudou a influência da concha de molusco bivalve moída, especificamente da *Anomalocardia brasiliiana*, em argamassas e avaliou-se as propriedades no estado fresco e no estado endurecido. As conchas foram trituradas (até atingirem diâmetro de 3 a 5 mm), moídas em moinho de bolas e passadas na peneira 200 para se conseguir pó de diâmetro equivalente. O estudo foi desenvolvido em argamassa mista (cimento, cal e agregado) com substituição de 100% da cal pelo produto resultante da trituração e moagem das conchas. Para produção das argamassas utilizou-se o cimento CII Z-32 e traço de 1,00:1,00:7,00 (cimento:cal:agregado), em massa, com índice de consistência fixado em 250 ± 5 mm.

4.2 Caracterização da concha da ostra

Amostras do pó de concha de ostra resultante do processo de moagem no moinho de bolas foram enviadas ao Laboratório de Propriedades Físicas dos Materiais Cerâmicos da Universidade Federal do Rio Grande do Norte – UFRN, para realização da análise de Termogravimetria (ATG), e ao Laboratório de Caracterização Estrutural dos Materiais - UFRN para as análises de Difração de Raios X (DRX) e Espectroscopia de Fluorescência de Raios X (FRX).

4.2.1 Análise granulométrica

A análise granulométrica do material consiste na determinação do tamanho das partículas que o constituem e na sua distribuição em determinados intervalos estabelecidos pela norma. É utilizada para determinar a distribuição granulométrica da amostra, que é a porcentagem em peso que cada faixa especificada de tamanho de grãos representa na massa seca total utilizada para o ensaio. Trata-se de característica de extrema importância na determinação das propriedades físicas do solo, com aplicações práticas (DNIT, 2017).

Conforme previsto na NBR 7181 (ABNT, 2016) o ensaio de granulometria é dividido em duas partes distintas, utilizáveis de acordo com o tipo de solo e as finalidades do ensaio para cada caso particular. São elas: análise granulométrica por peneiramento e análise

granulométrica por sedimentação. Os solos grossos (areias e pedregulhos), possuindo pouca ou nenhuma quantidade de finos, podem ter a sua curva granulométrica inteiramente determinada, utilizando-se somente o peneiramento. Em solos possuindo quantidades de finos significativas, deve-se proceder ao ensaio de granulometria conjunta, que engloba as fases de peneiramento e sedimentação.

A análise granulométrica foi executada no Laboratório de Materiais de Construção do Instituto Federal de Alagoas - IFAL, Campus Palmeira dos Índios, de acordo com as instruções especificadas na NBR 7181/2016 com o auxílio de agitador mecânico de peneiras (Figura 10). Seguindo a NBR 7181 e a NBR 7211 (ABNT, 2019) procedendo com o peneiramento na faixa de peneiras indicadas, coletando-se cada porcentagem de massa do valor total.

Figura 10. Agitador utilizado na realização da análise granulométrica do material.



Fonte: Autora, 2019.

4.2.2 Análise Termogravimétrica

A Análise Termogravimétrica, ou TGA (*Thermogravimetric analysis*) é a técnica na qual é realizado o monitoramento da perda ou da agregação de massa da amostra em função da temperatura (ou do tempo), em ambiente de atmosfera controlada de nitrogênio ou ar sintético.

O Instituto de Química da Universidade de São Paulo (USP) define que, em geral, a análise TGA encontra aplicação tanto no controle de qualidade, quanto na pesquisa de produtos como polímeros, argilas, fármacos e minerais. Denari e Cavalheiro (2012) determinam que o equipamento da análise termogravimétrica é composto basicamente pela termobalança, instrumento que permite a pesagem contínua da amostra em função da temperatura, ou seja, à medida que ela é aquecida ou resfriada. Os principais componentes da termobalança são: balança registradora, forno, suporte de amostra e sensor de temperatura, programador de temperatura do forno, sistema registrador e controle da atmosfera do forno.

A análise termogravimétrica do pó de conchas de ostra foi realizada no Laboratório de Propriedades Físicas dos Materiais Cerâmicos usando o Shimadzu DTG-60 e a amostra foi submetida à temperatura máxima de 1000 °C, fluxo de gás de 50 mL/min, taxa de aquecimento de 10 °C/min em atmosfera de gás Argônio.

4.2.3 Fluorescência de Raios X

Segundo Acchar e Marques (2016) a análise por difração de Raios X permite a identificação mineral por meio da caracterização de sua estrutura cristalina. A determinação da composição química dos materiais é de grande importância para sua caracterização. Essa análise raramente serve para caracterizar o material, se não vier acompanhado de dados físicos ou sem conhecer as espécies mineralógicas que contêm as matérias-primas.

Neste trabalho, as amostras em estudo antes de serem analisadas foram classificadas por peneiramento na granulometria inferior a 1.2 mm, correspondendo à peneira nº 16 da ABNT e secas em estufa (110 °C) por 24 horas.

Nesta análise, realizada no Laboratório de Caracterização Estrutural de Materiais da UFRN, foi utilizado espectrômetro por fluorescência de Raios X (EDX-720, Shimadzu) em atmosfera a vácuo, empregando o método semiquantitativo para determinação dos elementos presentes nas amostras. Por ser uma técnica instrumental muito reprodutível, rápida e precisa, a Fluorescência de Raios X (FRX) é o método mais usual para determinação da composição química dos materiais. O resultado em forma de óxidos limita-se na identificação dos elementos químicos da Tabela Periódica.

4.2.4 Difração de Raios X

A análise por Difração de Raios X (DRX) é ferramenta que permite conhecer o tipo de estrutura cristalina dos materiais e estimar seu parâmetro e configuração de rede através de equipamento chamado Difractômetro de Raios X (GOMES, 2015).

A técnica é amplamente utilizada para caracterização de rochas e materiais de pedra e permite conhecer a composição mineralógica de um material cristalino. O resultado deste teste é exibido através de picos de intensidade ao longo do espectro. Isto é, cada pico ou grupo de picos a comprimentos de onda específicos está associado a determinado mineral (RODRIGUEZ ÁLVARO, 2014).

O ensaio foi realizado no Laboratório de Caracterização Estrutural de Materiais da UFRN, utilizando o equipamento XDR-7000 da Shimadzu utilizando cobre (Cu) como fonte de radiação, em 2θ na faixa de 20° a 70° , passo de 0,02.

4.3 Determinação da dosagem de substituição do agregado miúdo

Através da análise química do pó da concha de ostra, foi possível observar que este subproduto não apresenta características pozolânicas, não podendo substituir o aglomerante em materiais cimentícios, e sua utilização a estes materiais limita-se ao uso como agregado.

Marques Luz (2018) estudou o reaproveitamento de conchas de sururu na produção de argamassa nas porcentagens de 10, 20, 30 e 40% de substituição pelo agregado. Desta forma, foi estabelecido que o pó da concha de ostra entraria na formulação em substituição parcial ao agregado média com percentuais de 0% (referência), 10, 20, 30, 40 e 100%, com isso, foram confeccionados 11 corpos de prova para cada formulação, conforme especificado na tabela abaixo:

Tabela 1: Percentuais de substituição do agregado pelo pó da concha nas formulações.

Formulações	Agregado (%)	Ostra (%)
T0	100	0
T10	90	10
T20	80	20
T30	70	30
T40	60	40
T100	0	100

Fonte: Autora, 2019.

4.4 Produção dos corpos de prova

Para a confecção dos corpos de prova de argamassa o traço adotado foi de 1:4, ou seja, para cada parte de aglomerante foram adicionadas 4 partes de agregado, conforme recomenda a ABCP no manual de revestimentos de argamassa (2002). A NBR 7215 (ABNT, 2019), Cimento Portland - determinação de resistência à compressão, também recomenda o traço de 1:4 para argamassas e estabelece a relação água/cimento em proporção de 0,48, ou seja, o volume de água corresponderá a 48% do volume de cimento contido na amostra confeccionada. O tipo de cimento escolhido foi o cimento Portland V - Alta Resistência Inicial (CP V- ARI), pois é destinado à produção de argamassas de assentamentos e revestimentos, estruturas em concreto armado, concreto massa e concreto para pavimentos.

A pesquisa foi desenvolvida no Laboratório de Materiais para a Construção Civil da UFRN. Inicialmente foi necessário realizar peneiramento do agregado, separação do cimento e do pó da concha da ostra, após a separação foi realizada a pesagem, homogeneização seca e mistura em misturador para argamassa com adição da água.

Foram produzidos 11 corpos de prova de 100 x 500 mm para cada formulação, sendo 5 destes destinados ao ensaio de resistência à compressão e o restante ao ensaio de absorção de água. Os corpos de prova foram produzidos de acordo com as instruções da NBR 7215/2019.

4.5 Ensaios tecnológicos

O ensaio de resistência à compressão axial foi realizado de acordo com as especificações da NBR 13279/2005, quando os corpos de prova atingiram a idade de 14 dias. Antes do rompimento os corpos de prova passaram pelo processo de capeamento com enxofre (Figura 11), método cujo objetivo é a regularização das extremidades dos corpos de prova, a fim de que, durante o ensaio, a carga de compressão seja distribuída uniformemente (LIMA, 2013).

Figura 11 (A). Corpos de prova em base com enxofre durante o capeamento; (B) corpos de prova capeados.



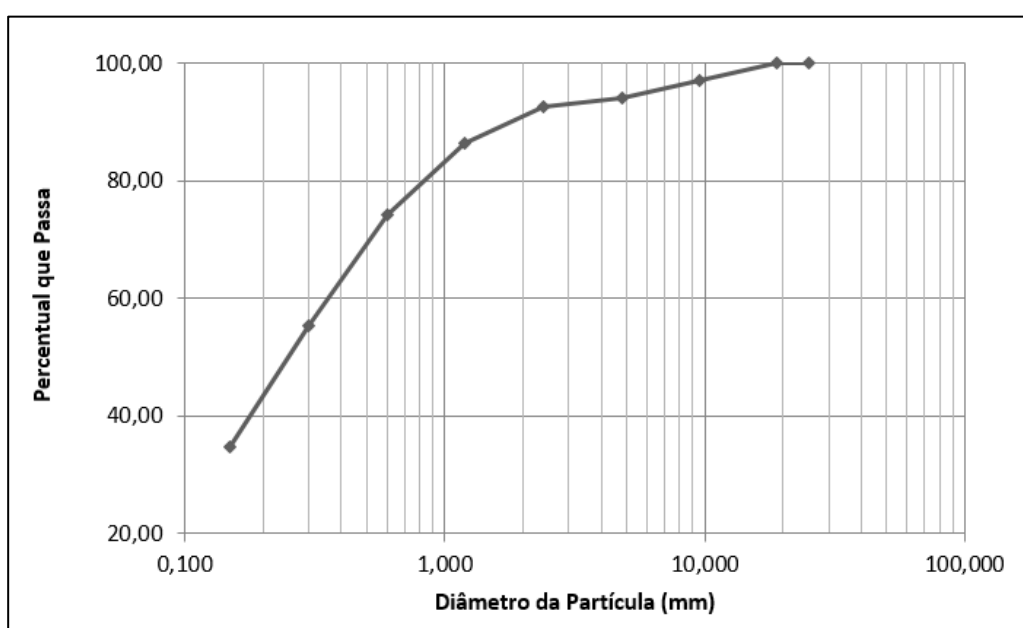
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 Caracterização da concha da ostra

5.1.1 Análise granulométrica

A partir dos dados obtidos (Figura 12) dos parâmetros descritos na NBR 7181/2016 verificou-se que o diâmetro máximo do PCO é superior a 9,5 mm e o módulo de finura é de 2,62 mm, sendo classificado na faixa de material fino, onde a maior parte é classificada como agregado miúdo, pois 94,04% passa pela peneira de 4 mesh. Dentro da classificação dos agregados miúdos, os grãos são divididos em material grosso, médio e fino, onde 10,85% do material foram classificados como grosso, 31,22% em médio e 51,97% fino.

Figura 12: Análise granulométrica do pó das conchas.



Fonte: Autora, 2019.

Os módulos de finura apresentados na revisão de Mo et al. (2018) sobre o uso de conchas de moluscos como agregados foram de 2,7, 2,8, 2,0, 2,75 e 2,27 (YANG et al., 2005; YANG et al., 2010; KUO et al., 2013; WANG et al., 2013; ISLAM et al., 2015), valores que, em média, aproximam-se do módulo de finura encontrado no presente estudo.

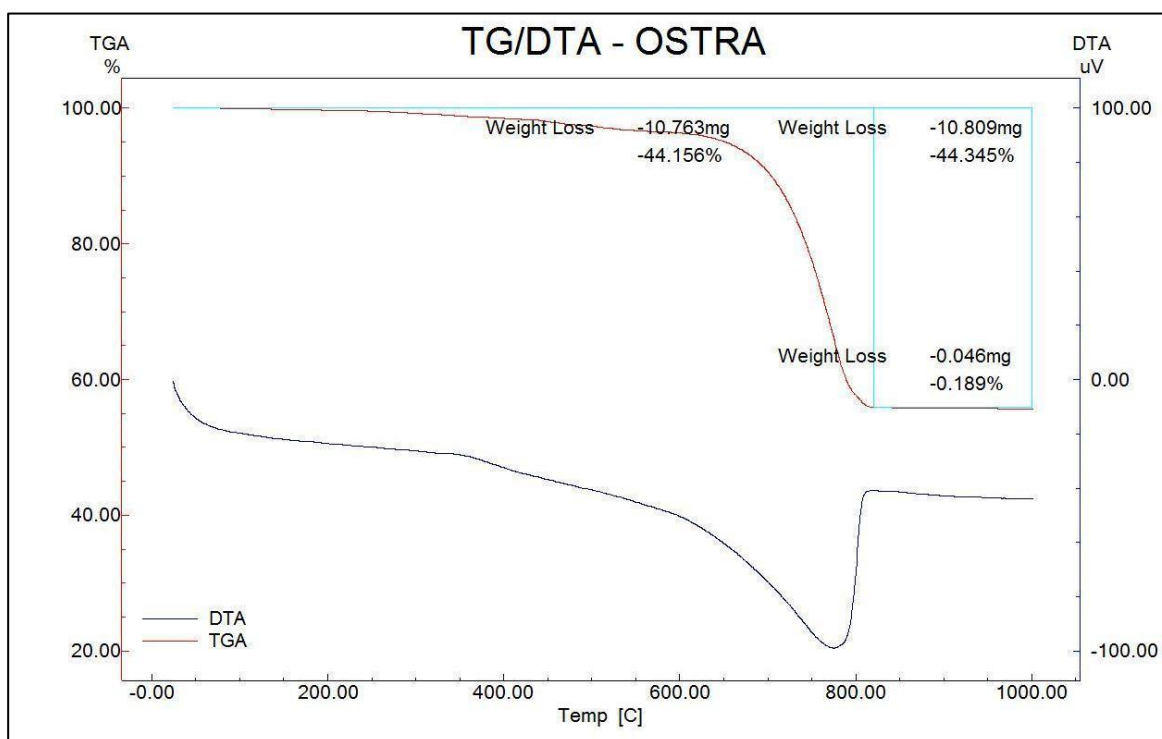
Souto (2016) e Ez-zaki et al. (2016) estudaram a incorporação do pó de concha de moluscos bivalves na confecção de argamassas e em seus ensaios de granulometria a laser ambos encontraram diâmetros médios reduzidos, na dimensão de micrômetros, possibilitando a classificação dos materiais como finos ou muito finos. A primeira autora ainda ressaltou que em virtude do tamanho dos grãos, há potencial no material para preencher os vazios presentes na argamassa e melhorar o empacotamento.

A análise granulométrica realizada por Lata e Rocha (2019) em conchas do mexilhão *Mytilus perna* triturado em equipamento para triturar blocos de alvenaria também concluiu que o material pode ser classificado como agregado miúdo, posicionando-se na zona ótima determinada pela NBR 7211/2009 para estes.

5.1.2 Análise Termogravimétrica

Na análise termogravimétrica, o PCO apresentou duas perdas significativas de massa com o aumento da temperatura (Figura 13). A primeira foi de aproximadamente 5% e ocorreu a partir de 200 até 650 °C. Esse evento é frequentemente relacionado à desidratação e degradação da matéria orgânica presente no material. No segundo evento de perda de massa, que ocorre a partir da temperatura de 650° C, a amostra sofreu decréscimo de 44,15%, e é caracterizado pela degradação de carbonato de cálcio (CaCO_3), o que resulta na formação do óxido de cálcio e formação de CO_2 .

Figura 13. Análise termogravimétrica (ATG) do pó da concha de ostras.



Fonte: Autora, 2019.

Conchas de ostras de espécie não identificada analisadas por Paula et. al. (2017) apresentaram dois estágios de perda de massa, sendo o primeiro de 4% entre as temperaturas de 327 e 400 °C e o segundo de 43,95% entre as 550 e 750 °C, resultado semelhante ao encontrado no presente estudo.

Os resultados de Lata e Rocha (2019) para a análise termogravimétrica da concha de mexilhão também corroboram que conchas de moluscos bivalves apresentam, geralmente, duas perdas de massa ao longo do ensaio, sendo a primeira de pequena porcentagem, entre 200 e 500 °C e a segunda de aproximadamente 40% entre 500 e 850 °C, estabilizando após atingir a última temperatura.

5.1.3 Fluorescência de Raios X - FRX

A fluorescência de Raios X mostrou que mais de 90% do pó da concha da ostra *Crassostrea brasiliana* é constituído por óxido de cálcio, apresentando também outros óxidos como os de silício, estrôncio, alumínio, ferro, além de outros elementos em menores porcentagens (Tabela 2). Este resultado atende às expectativas, visto que na literatura, considerando diferentes espécies de moluscos bivalves o elemento encontrado em maior quantidade sempre é o cálcio, seja ele apresentado como CaCO_3 ou outra forma.

Tabela 2. Fluorescência de Raios X do pó da concha de *Crassostrea brasiliana*.

Óxidos	CaO	SiO ₂	SrO	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MgO	SO ₃	K ₂ O
%	91,736	2,668	2,079	1,299	0,821	0,692	0,496	0,210

Fonte: Autora, 2020.

Estudos realizados por Souza et al. (2014) e Hamester, Balzer e Becker (2012) com a espécie *Crassostrea gigas*, a ostra do pacífico, pertencente ao mesmo gênero da *C. brasiliana*, apresentaram resultados de 97% e 98,2% de óxido de cálcio, respectivamente, na fluorescência de Raios X. Em menores quantidades também foram encontrados os óxidos de sódio, enxofre, magnésio, fósforo e alumínio.

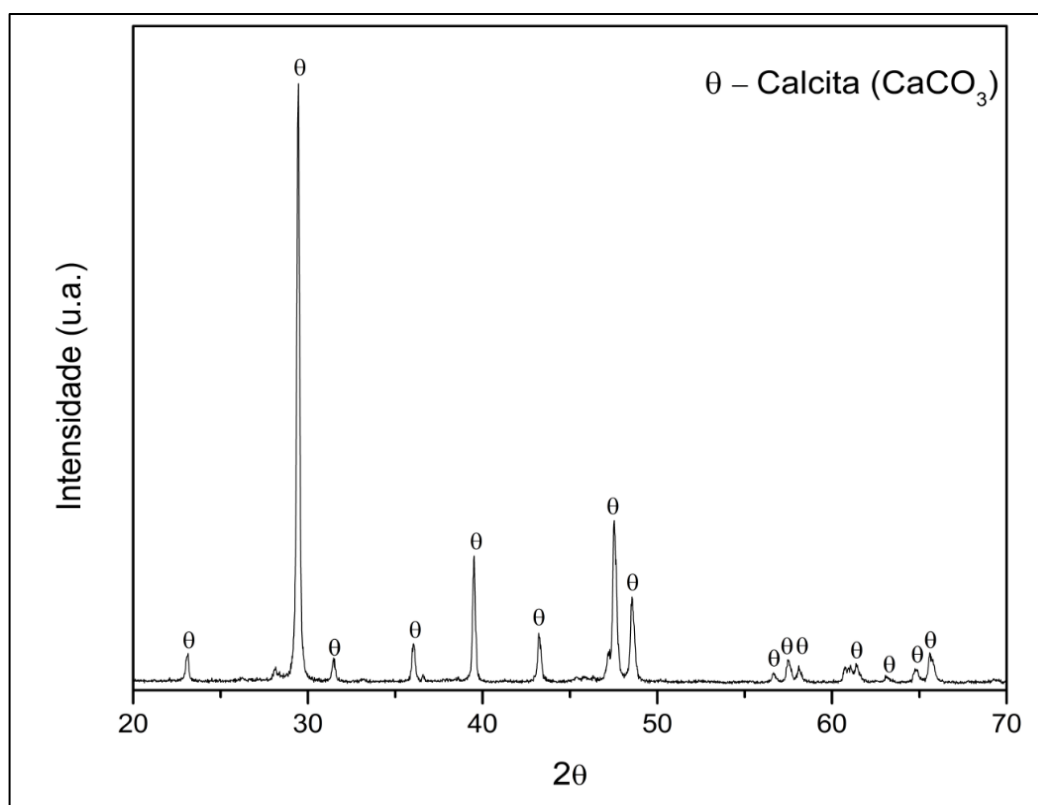
Em 2003, Yoon et al. já analisavam a possibilidade da utilização das conchas de ostra na indústria da construção civil, tendo para isso também realizado o FRX de determinada espécie de ostra e encontrando percentual de 95,9% de carbonato de cálcio em suas amostras.

Mo et al. (2018) em sua revisão sobre o uso de conchas de moluscos na fabricação de concreto encontraram média de porcentagem de CaO em conchas de ostra de 62,4%, valor consideravelmente inferior ao encontrado no presente trabalho, o que indica que a concha da *C. brasiliana* possui maior quantidade de cálcio em sua composição química, se comparada às outras espécies.

5.1.4 Difração de Raios X - DRX

No difratograma de Raios X da amostra do pó de concha de ostra (Figura 14) foram identificados picos de calcita, polimorfo do carbonato de cálcio, o que corrobora com o resultado da análise de fluorescência de Raios X apresentada anteriormente, onde a amostra apresentou mais de 90% de óxido de cálcio em sua composição química. Seo et al. (2019) também encontraram a calcita como estrutura cristalina do PCO.

Figura 14. Difratograma de Raios X da amostra do pó de concha da ostra *C. brasiliana*.



Fonte: Autora, 2020.

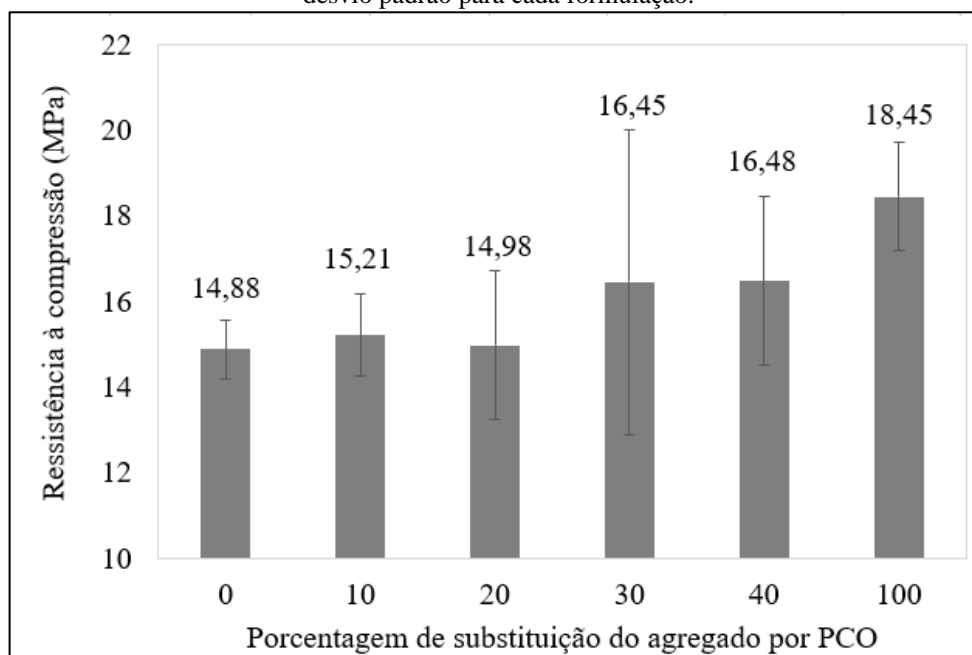
Zhong et al. (2012) realizaram a análise de DRX em conchas de ostra e observaram nos picos principalmente a presença de fases cristalinas de CaCO_3 , embora os autores não tenham especificado se na forma de aragonita ou calcita. Bessler e Rodrigues (2008) afirmam que a fase cristalina mais comumente encontrada em conchas calcárias de moluscos é a aragonita, por apresentar dureza e densidade maiores que a calcita. Analisando espécies diferentes de ostra e mexilhão, Silva et al. (2010) observaram que nas conchas de mexilhão é possível identificar picos dos polimorfos aragonita e calcita, enquanto no difratograma de Raios X das conchas de ostra, foram encontrados apenas picos de calcita.

5.2 Ensaios Tecnológicos

5.1.1 Ensaio de resistência mecânica

Os resultados do ensaio mostraram que a incorporação do pó da concha de ostra na argamassa em substituição do agregado proporcionou aumento da resistência à compressão, podendo estar relacionada à reação química entre o cimento e o CaCO_3 presente no PCO. Os corpos de prova de argamassa produzidos sem a substituição do agregado pelo pó da concha da ostra apresentaram resultado de 14,88 MPa, em média, enquanto os CPs que foram confeccionados a partir da substituição total do agregado pelo PCO apresentaram média de 18,45 Mpa (Figura 15).

Figura 15. Resultado do ensaio de resistência à compressão apresentando as médias e o desvio padrão para cada formulação.



Fonte: Autora, 2020.

Zhong et al. (2012) substituíram em 5% o agregado fino pelo pó de conchas de ostra moídas em moinho de bolas e obtiveram resistência à compressão de 49,2 MPa. Equitativamente, Dos Santos et al. (2019) realizaram estudo utilizando o molusco bivalve *Anomalocardia brasiliiana* na produção de argamassa na substituição parcial e total do agregado natural pela concha do animal triturada e constataram que tais amostras apresentaram resistência à compressão maior que as demais. Os autores relacionam o resultado com as reações químicas formadas entre compostos do cimento e do CaCO_3 presente na concha da ostra, que formam o carboaluminato.

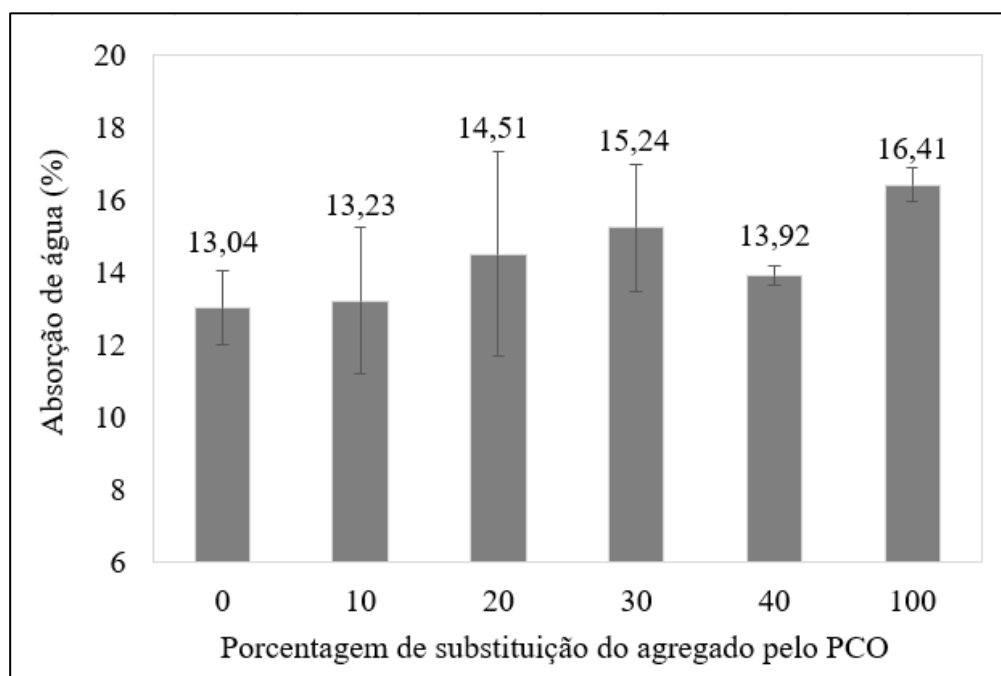
A NBR 13281 (ABNT, 2005) especifica que a resistência à compressão de argamassas para revestimento deve ser de no mínimo 3 MPa, valor bastante inferior ao encontrado no

presente estudo. Apesar dos resultados apresentarem intensificação da resistência em relação à adição do PCO nas amostras, os corpos de prova confeccionados com 30% de substituição do agregado apresentaram maior amplitude do desvio padrão em comparação aos outros resultados. Acredita-se que esse resultado tenha relação por falha durante o processo de moldagem dos corpos de prova.

5.1.2 Ensaio de determinação da absorção de água

Os resultados do ensaio de absorção de água constataram que à medida que o pó de conchas de ostra é incorporado na mistura da argamassa, há elevação o da porcentagem de absorção de água. A menor taxa de absorção de água foi encontrada nas amostras em que não houve substituição do agregado pelo PCO, e a maior foi encontrada nos corpos de prova com 100% de substituição, chegando a mais de 16% de taxa de absorção (Figura 16).

Figura 16. Resultado do ensaio de absorção de água apresentando médias e desvio padrão para cada formulação.



Fonte: Autora, 2020.

Esse resultado pode ser explicado em virtude da maior porosidade do PCO em relação ao agregado, como justificam Kuo et al. (2013), que também obtiveram aumento de 1,1 a 1,6% na absorção de água do chamado *controlled low-strength material*, mistura de concreto mais líquida utilizada para fins não estruturais, na substituição da areia pela ostra como agregado fino. Wang et al. (2013) associam a acentuação da absorção de água em argamassa confeccionada com substituições por conchas de ostra à irregularidade da superfície ou à alta

porosidade interna do pó de concha de ostras. Segundo os dados apresentados por Mo et al. (2018), a taxa de absorção de ostras como agregados foi de, em média, 5,6%.

CONCLUSÃO

A partir dos resultados obtidos na pesquisa foi possível definir características do pó da concha da ostra *Crassostrea brasiliiana* e evidenciar o potencial do uso desse subproduto em substituição ao agregado miúdo em argamassas para revestimento, visto que os resultados atendem às normas brasileiras.

O óxido de cálcio (CaO) foi o componente presente em maior quantidade no pó das conchas da *C. brasiliiana*, através da análise de FRX, representando 91,7% em sua composição, tendo a calcita como sua principal estrutura cristalina, de acordo com o DRX. O material sofreu perdas de massa à medida que ocorreu elevação da temperatura, em virtude da quantidade de óxido de cálcio na composição.

A resistência à compressão da argamassa aumentou conforme a substituição do agregado pelo pó da concha de ostra, chegando a atingir 18 MPa, valor superior ao exigido pela norma. A absorção de água também demonstrou crescimento, mas manteve-se dentro do valor de referência. Portanto, a substituição do agregado natural pelo pó da concha de ostra mostrou-se viável não só pelo potencial de mitigação dos impactos ambientais, mas também pelo desenvolvimento do desempenho do material final.

REFERÊNCIAS

ACCHAR, Wilson; MARQUES, Sheyla Karolina Justino. Ecological Soil-Cement Bricks from Waste Materials. Berlin: Springer, 2016. 64 p.

Amaral, A.C.Z., Lana, P.C., Fernandes, F.C. & Coimbra, J.C. 2003. **Biodiversidade bêntica da região sul-sudeste da costa brasileira**. REVIZEE Score Sul – Bentos. São Paulo.

AMARAL, Vanessa Simão do; SIMONE, Luiz Ricardo L.. Revision of genus *Crassostrea* (Bivalvia: Ostreidae) of Brazil. **Journal Of The Marine Biological Association Of The United Kingdom**, [s.l.], v. 94, n. 4, p.811-836, 19 fev. 2014. Cambridge University Press (CUP). <http://dx.doi.org/10.1017/s0025315414000058>.

ASOCIACIÓN MERCOSUR DE NORMALIZACIÓN: **NM 137**: Argamassa e concreto – água para amassamento e cura de argamassa e concreto de cimento Portland. AMN, 1997. 15 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9778**: Argamassa e concreto endurecidos - Determinação da absorção de água, índice de vazios e massa específica. 2 ed. [s. L.]: ABNT, 2005. 4 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13279**: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Determinação da resistência à tração na flexão e à compressão. Rio de Janeiro: ABNT, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13281**: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Requisitos. Rio de Janeiro: ABNT, 2005. 7 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7181 Versão corrigida 2:2018**: Solo – análise granulométrica. Rio de Janeiro: ABNT, 2016. 12 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7211**: Agregados para concreto - Especificação. Rio de Janeiro: ABNT, 2019. 9 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7215**: Cimento Portland - Determinação da resistência à compressão. Rio de Janeiro: ABNT, 2019. 12 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9.935**: Agregados - terminologia. Rio de Janeiro: ABNT, 2011. 13 p.

BARBIERI, Edison et al. Avaliação dos Impactos ambientais e socioeconômicos da aquicultura na região estuarina-lagunar de Cananéia, São Paulo, Brasil. **Revista de Gestão Costeira Integrada**, [s.l.], v. 14, n. 3, p.385-398, set. 2014. Associação Portuguesa dos Recursos Hídricos (APRH). <http://dx.doi.org/10.5894/rgci486>.

BESSLER, Karl E.; RODRIGUES, Laécio C. Os polimorfos de carbonato de cálcio: uma síntese fácil de aragonita. **Química Nova**, v. 31, n. 1, p. 178-180, 2008.

BRUSCA, R.C. & BRUSCA, G.J. 2002. **Invertebrados**. 2a. ed., Ed. Guanabara Koogan. 968 p.

CABRAL, Antonio Eduardo Bezerra et al. Desempenho de concretos com agregados reciclados de cerâmica vermelha. **Cerâmica**, v. 55, n. 336, p. 448-460, 2009.

CEBDS, Conselho Empresarial Brasileiro para o Desenvolvimento Sustentável. **Guia de Comunicação e Sustentabilidade**. Rio de Janeiro, 2020. 94 p.

CHIERIGHINI, D. et al., 2011. Possibilidades do uso das conchas de moluscos. In International Workshop advances in cleaner production (Vol. 3). São Paulo, Brasil.

Confederação Nacional da Indústria (CNI), Centro de Inovação em Economia Circular da USP, Fundação Espaço ECO® (FEE®), Instituto Brasileiro de Informação em Ciência e Tecnologia (Ibict). **Pesquisa de percepção sobre Economia Circular: Compreendendo os desafios e oportunidades para a aplicação desta nova economia**. São Paulo, 13 p., set/2018.

COUTINHO, Sandra Moscon; PRETTI, Soraya Mattos; TRISTÃO, Fernando Avancini. Argamassa preparada em obra x argamassa industrializada para assentamento de blocos de vedação: Análise do uso em Vitória-ES. **Teoria e prática na Engenharia Civil**, v. 21, p. 41-48, 2013.

DAS GRAÇAS ROTH, Caroline; GARCIAS, Carlos Mello. Construção Civil e a degradação ambiental. **Desenvolvimento em Questão**, v. 7, n. 13, p. 111-128, 2009. <https://doi.org/10.21527/2237-6453.2009.13.111-128>.

DE LIMA, Leandro Kanamaru Franco. Reaproveitamento de resíduos sólidos na cadeia agroindustrial do pescado. **Embrapa Pesca e Aquicultura-Documents (INFOTECA-E)**, 2013. 30 p.

DENARI, Gabriela Bueno. **Contribuições ao Ensino de Análise Térmica**. Dissertação de Mestrado, Mestrado em Química Analítica e Inorgânica, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2013.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **DNIT 410: Solos - Prova de carga estática em placa para controle de qualidade na execução de aterros solo-enrocamento - Método de Ensaio**. Rio de Janeiro, 2017. 8 p.

DULLEY, Richard Domingues. Noção de natureza, ambiente, meio ambiente, recursos ambientais e recursos naturais. **Agricultura em São Paulo, São Paulo**, v. 51, n. 2, p. 15-26, 2004.

FAO. 2018. **The State of World Fisheries and Aquaculture 2018** – Meeting the sustainable development goals. Rome.

FAO. 2020. **The State of World Fisheries and Aquaculture 2020**. Sustainability in action. Rome.

<https://doi.org/10.4060/ca9229en>

FIEP, Sistema Federação das Indústrias do Estado do Paraná. **A indústria em Revista: Economia Circular**. Paraná, V.7, p. 20-22, jan./mar.2020.

FULGÊNCIO, E. B. G. A. et al. Estudo da incorporação de pó de concha de marisco em massa de porcelanato. **Cerâmica**, [s.l.], v. 64, n. 371, p.381-387, set. 2018. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/0366-69132018643712368>.

GASQUES, Ana Carla, et al. Impactos ambientais dos materiais da construção civil: breve revisão teórica. **Revista Tecnológica**, v. 23, n. 1, p. 13-24, 2014.

GOMES, Camila Lacerda; POGGIALI, Flávia Spitale Jacques; AZEVEDO, Rogério Cabral de. Concretos com agregados reciclados de resíduos de construção e demolição e adições minerais: uma análise bibliográfica. **Matéria (Rio de Janeiro)**, v. 24, n. 2, 2019.

GOMES, PEDRO BARROSO. **Caracterização de materiais**: uma abordagem das possibilidades de algumas técnicas instrumentais. São João Del Rei, 2015. Disponível em: <http://www.ufsj.edu.br/portal2-repositorio/File/coqui/TCC/MonografiaTCC-Pedro_B_Gomes-20151.pdf>.

HAMESTER, Michele Regina Rosa; BALZER, Palova Santos; BECKER, Daniela. Characterization of calcium carbonate obtained from oyster and mussel shells and incorporation in polypropylene. **Materials Research**, [s.l.], v. 15, n. 2, p.204-208, 14 fev. 2012. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s1516-14392012005000014>.

ISLAM, Mohammad Raihanul; ISHIGURO, Satoru; YAMANAKA, Masayoshi. Surface heat reduction of asphalt concrete by top filling with mortar prepared by oyster shell aggregate and ground granulated blast furnace slag and their strength in different curing condition. **農業農村工学会論文集**, v. 83, n. 2, p. I_1-I_7, 2015.

KUO, Wen-ten; WANG, Her-yung; SHU, Chun-ya; SU, De-sin. Engineering properties of controlled low-strength materials containing waste oyster shells. **Construction And Building Materials**, [s.l.], v. 46, p. 128-133, set. 2013. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2013.04.020>

LATA, Luiz Felipe Lima Braga; ROCHA, Camila Aparecida Abelha. PROCESSAMENTO E CARACTERIZAÇÃO DE AGREGADO MIÚDO DE CASCA DE MEXILHÃO.

LIMA, Jofre Silva. **Análise da influência do capeamento e da geometria de corpos-de-prova na resistência à compressão de argamassas**. 2013. Trabalho de Conclusão de Curso.

LOPES, Ivã Guidini; VIDOTTI, Rose Meire; MARTINS, Antonio Lucio Mello. Compostagem orgânica: método eficiente para a gestão de resíduos de animais da aquicultura. **Pesquisa & Tecnologia**, v. 14, p. 1-6, 2017.

MACEDO, Carla Fernandes; SIPAÚBA-TAVARES, Lúcia Helena. Eutrofização e qualidade da água na piscicultura: consequências e recomendações. **Boletim do Instituto de Pesca**, v. 36, n. 2, p. 149-163, 2018.

MARQUES LUZ, Julius Caesar Pereira. **Reaproveitamento da concha de sururu como insumo em argamassas de alvenaria**. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso. Centro Universitário CESMAC.

MO, Kim Hung et al. Recycling of seashell waste in concrete: A review. **Construction and Building Materials**, v. 162, p. 751-764, 2018.

MOTA, João Manoel de Freitas; SILVA, Ronaldo Faustino da; MORAES, Yuri Barros Lima; SILVA, Ângelo Just Costa e; SANTOS, André Miranda. REAPROVEITAMENTO DA CONCHA DE MARISCO COMO AGREGADOS EM ARGAMASSAS E CONCRETOS NÃO ESTRUTURAIS. **Arquitetura e Urbanismo: Planejando e Edificando Espaços 3**, [s.l.], p. 406-416, 19 dez. 2019. Atena Editora. <http://dx.doi.org/10.22533/at.ed.46519191232>.

OLIVEIRA, S. S. et. al. (2006). Potenciais impactos ambientais da aquicultura: carcinicultura de cativeiro. **AIDIS: Asociación Interamericana de Ingeniería Sanitaria y Ambiental. Sección Uruguay**. Rescatando antiguos principios para los nuevos desafíos del milenio, p. 1-7.

PAULA, Clarissa Dantas et al. AVALIAÇÃO DE CATALISADOR A BASE DE CONCHAS DE OSTRAS PARA A PRODUÇÃO DE BIODIESEL UTILIZANDO PLANEJAMENTO FATORIAL. **Holos**, [s.l.], v. 1, p.316-324, 18 jul. 2017. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte (IFRN). <http://dx.doi.org/10.15628/holos.2017.5204>.

PEREIRA, Eduardo; MEDEIROS, Marcelo Henrique Farias de; LEVY, Salomon Mony. Durabilidade de concretos com agregados reciclados: uma aplicação de análise hierárquica. **Ambiente Construído**, v. 12, n. 3, p. 125-134, 2012.

PEREIRA, Orlando Martins; HENRIQUES, Marcelo Barbosa; MACHADO, Ingrid Cabral. Estimativa da curva de crescimento da ostra *Crassostrea brasiliana* em bosques de mangue e proposta para sua extração ordenada no estuário de Cananéia-SP, Brasil. **Boletim do Instituto da Pesca**, São Paulo, v. 29, n. 1, p.19-28, out. 2003.

PEREIRA, Orlando Martins; SOARES, Francisco das Chagas. Análise da criação de ostra *Crassostrea brasiliana* (Lamarck, 1819), no Sítio Guarapari, na região lagunar-estuarina de Cananéia-SP. **Boletim do Instituto da Pesca**, São Paulo, v. 23, p.135-142, set. 1996.

PORTUGAL. Agência Portuguesa do Ambiente. Ministério Português do Ambiente e Transição Energética (org.). **Subprodutos**. Disponível em: <https://www.apambiente.pt/index.php?ref=16&subref=84&sub2ref=957&sub3ref=958>. Acesso em: 23 mar. 2021.

RODRIGUEZ ÁLVARO, Roberto. **Morteros para revestimento com árido procedente de concha de mejilón**. Trabajo fin de grado. Universidade de Coruña, 2014.

RUIZ, Gaby et al. Laboratory evaluation of seashells used as fine aggregate in hot mix asphalt. **International Journal Of Pavement Engineering**, [s.l.], p.1-9, 26 jul. 2018. Informa UK Limited. <http://dx.doi.org/10.1080/10298436.2018.1502435>.

SILVA, Denyo et al. Caracterização físico-química e microestrutural de conchas de moluscos bivalves provenientes de cultivos da região litorânea da ilha de Santa Catarina. **Química Nova**, v. 33, n. 5, p. 1053-1058, 2010.

SOUTO, Kelly Ribeiro de Souza. **Aproveitamento de lodo de esgoto e Concha de Liliu (Anomalocardia brasiliana) em argamassa**. 2016. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Norte.

SOUZA, R. G. et al. Emprego das Conchas Residuais da Maricultura na Fabricação de Revestimento Cerâmico Autoclavado. **Cerâmica Industrial**, [s.l.], v. 19, n. 4, p.27-30, 2014. Editora Cubo. <http://dx.doi.org/10.4322/cerind.2014.082>.

SPENCER FILHO, Herbert Rieffel et al. Subprodutos do Pescado: Uma Alternativa de Renda para o Pescador. **Anais do Salão Internacional de Ensino, Pesquisa e Extensão**, v. 3, n. 3, 2011.

TRENTIN, Priscila Ongaratto et al. Substituição parcial de agregado miúdo por resíduo de vidro moído na produção de argamassa. **Matéria (Rio de Janeiro)**, v. 25, n. 1, 2020.

VISCONTI, Alexandre et al. Resíduos Marinhos - fonte de matéria orgânica com potencial para a inibição de fitopatógenos de solo. **Revista Agropecuária Catarinense**, Florianópolis, v. 24, n. 1, p.41-43, mar. /jun. 2014.

WANG, Her-yung; KUO, Wen-ten; LIN, Chih-chung; PO-YO, Chen. Study of the material properties of fly ash added to oyster cement mortar. **Construction And Building Materials**,

[s.l.], v. 41, p. 532-537, abr. 2013. Elsevier BV.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2012.11.021>.

WANG, Zhenyu et al. Effects of ball milling treatment on physicochemical properties and digestibility of Pacific oyster (*Crassostrea gigas*) protein powder. **Food science & nutrition**, v. 6, n. 6, p. 1582-1590, 2018.

YANG, Eun-Ik et al. Effect of partial replacement of sand with dry oyster shell on the long-term performance of concrete. **Construction And Building Materials**, v. 24, n. 5, p. 758-765, 2010.

YANG, Eun-Ik; YI, Seong-Tae; LEEM, Young-Moon. Effect of oyster shell substituted for fine aggregate on concrete characteristics: Part I. Fundamental properties. **Cement and Concrete Research**, v. 35, n. 11, p. 2175-2182, 2005.

YOON, Gil-lim et al. Chemical–mechanical characteristics of crushed oyster-shell. **Waste Management**, [s.l.], v. 23, n. 9, p.825-834, jan. 2003. Elsevier BV.
[http://dx.doi.org/10.1016/s0956-053x\(02\)00159-9](http://dx.doi.org/10.1016/s0956-053x(02)00159-9).

ZHONG, Bin-Yang et al. Structure and property characterization of oyster shell cementing material. **Chinese Journal of Structural Chemistry**, v. 31, n. 1, p. 85-92, 2012.