

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA QUÍMICA**

CONCHAS DE OSTRAS: FONTE DE INSUMOS E INDICADOR DE CONTAMINANTES

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

**PONTA GROSSA
2019**

RAÍFE FONSÊCA BRANDÃO

CONCHAS DE OSTRAS: FONTE DE INSUMOS E INDICADOR DE CONTAMINANTES

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação, apresentado à disciplina TCC, do curso de Engenharia da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel.

Orientador: Prof. Dr. Matheus Pereira Postigo.

**PONTA GROSSA
2019**



Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Câmpus Ponta Grossa
Curso de Engenharia Química



TERMO DE APROVAÇÃO

CONCHAS DE OSTRAS: FONTE DE INSUMOS E INDICADOR DE CONTAMINANTES

por

Raife Fonsêca Brandão

Monografia apresentada no dia 29 de novembro de 2019 ao Curso de Engenharia Química da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Ponta Grossa. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

Prof. Dra. Juliana Martins Teixeira de Abreu Pietrobelli
(UTFPR)

Prof. Dr. Marcos André Bechlin
(UTFPR)

Profa. Dr. Matheus Pereira Postigo
(UTFPR)
Orientador

Profa. Dra. Juliana de Paula Martins
Responsável pelo TCC do Curso de Engenharia Química

"O Termo de Aprovação assinado encontra-se na Coordenação do Curso."

AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador Prof. Dr. Matheus Postigo, por ser como é, sempre trazendo inspiração e sabedoria.

Aos meus amigos que sempre me deram apoio e exaltaram o que eu tinha de melhor,

Em especial ao meu amigo Victor Diamantino por toda ajuda,

A minha namorada maravilhosa, sempre me incentivando sendo radiante,

Aos professores do curso, por agregarem tantos conhecimentos e experiências técnicas e pessoais.

A UTFPR, pela sua visão e modelo, levando sempre para fora da zona de conforto.

Gostaria de deixar registrado também, o meu reconhecimento a minha família, pois acredito que sem o apoio deles seria muito difícil vencer esse desafio.

Enfim, a todos os que por algum motivo contribuíram para a realização desta pesquisa.

“Ostra feliz não faz pérola”

(Rubens Alves)

“A satisfação reside no esforço, não no resultado obtido. O esforço total é a plena vitória”

(Mahatma, Gandhi)

RESUMO

Alinhado às ideologias de sustentabilidade e economia circular, este trabalho visa evidenciar a reutilização de um resíduo sólido com grande potencial funcional. As ostras são iguarias bastante consumidas no litoral sul brasileiro. Seu consumo gera o resíduo das partes sólidas em volumes significativos, as conchas. A composição desse material tem aproximadamente 95% de carbonato de cálcio, substância amplamente utilizada na indústria, nos mais diversos setores de produção. Com o consumo das ostras, as conchas são frequentemente descartadas ora no lixo doméstico gerando acúmulo de materiais sólidos, ora em rios ou praias causando o assoreamento e suas consequências. São descritas neste trabalho múltiplas alternativas de aplicação desse resíduo. Expondo as características do carbonato de cálcio advindo da indústria extrativa, mediante exemplos será evidenciada a substituição pelo carbonato das conchas. É exposta também a metodologia para o tratamento e fabricação de um pó aditivo advindo da concha, mostrando processos de operações unitárias e parâmetros de processo. Além disso, o estudo traz experimentos com digestão de amostras e metodologia AAS para determinar as concentrações de componentes tóxicos neste pó, confirmando assim, que as conchas são indicadores da presença de contaminantes do local de desenvolvimento do animal.

Palavras-chave: Conchas. Ostras. Carbonato de cálcio. Composição. Resíduos.

ABSTRACT

Aligned with the ideologies of sustainability and circular economy, this academic work aims to highlight the reuse of solid waste, which has abundant functional potential. Oysters are delicacies widely consumed on the southern Brazilian coast. This consumption generates the residue of the solid parts in significant volumes corresponding to the shells. The composition of this material is approximately 95% calcium carbonate, a substance largely used in industry, in the most varied production sectors. When oysters are consumed, the shells are discarded both in the domestic garbage generating accumulation of solid materials, and in the rivers or the beaches causing silting and other environmental impacts. There are many alternatives for the application of this residue that are described in this work. Exposing the characteristics of calcium carbonate coming from the extractive industry, examples will be demonstrate how apply the substitution of carbonate in the shells. The methodology for the treatment and manufacture of an additive powder from the shell is also exposed, showing processes of unitary operations and process parameters. Else the study shows experiments with sample digestion and AAS methodology to determine the concentrations of toxic components in this powder, confirming that the shells are indicators of the presence of contaminants in the animal's development local.

Keywords: Shells. Oysters. Calcium carbonate. Composition. Waste.

LISTA DE SIGLAS

AAS	Espectrometria de absorção atômica
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
BAS	Biofiltro aerado submerso
CONAMA	Conselho nacional do meio ambiente
PCC	Precipitado de carbonato de cálcio
PVC	Policloreto de vinila

LISTA DE SÍMBOLOS

Ca	Cálcio
CaCO ₃	Carbonato de cálcio
Cd	Cádmio
Cr	Cromo
HCl	Ácido clorídrico/ Cloreto de hidrogênio
HNO ₃	Ácido nítrico
L	Litro
mg	Miligrama
mm	Micrômetro
MPa	Mega pascal
Pb	Chumbo

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	9
1.1	PROBLEMAS E PREMISSAS	10
1.2	OBJETIVO GERAL	10
1.3	OBJETIVO ESPECÍFICO	10
1.4	JUSTIFICATIVA	11
2	REFERENCIAL TEÓRICO	12
2.1	ANÁLISE DE CONCHAS DE OSTRAS	12
2.1.1	Caracterização das Ostras do pacífico	12
2.2	PRODUÇÃO DE OSTRAS	18
2.3	OSTRAS E A FORMAÇÃO DE PÉROLAS	20
2.4	GERAÇÃO DE RESÍDUO	22
2.4.1	Possibilidade de utilização do resíduo	22
2.5	CARBONATO DE CÁLCIO	23
2.6	UTILIZAÇÃO DAS CONCHAS COMO INDICADOR	24
2.7	USO DA CONCHA DE OSTRA COMO MATÉRIA PRIMA	26
2.7.1	Fertilizantes	26
2.7.2	Farinha de concha	27
2.7.3	Ração animal	28
2.7.4	Agente de biorreatores	29
2.7.5	Aditivo para formação polimérica de PVC	30
2.7.6	Blocos verdes da construção civil	31
3	METODOLOGIA	33
3.1	COLETA DE MATERIAL	34
3.2	PREPARO PRÉVIO DAS CONCHAS	34
3.3	MOAGEM, SECAGEM E ACABAMENTO DAS CONCHAS	34
3.4	ANÁLISE DE CONTAMINANTES	37

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS**REFERÊNCIAS**

1 INTRODUÇÃO

O mundo está passando por uma reformulação nos conceitos de mercado. As empresas têm gastado cada vez mais suas energias, tecnologias e tempo para reorganizar suas responsabilidades sobre os impactos gerados na produção e consumo.

O desenvolvimento de energias limpas, matérias primas menos tóxicas, produtos com maior tempo de vida útil, menos desperdício, ecodesign e planejamento ambiental são exigências atuais no mercado, e a tendência é de aumento nestas demandas.

Nessa ideia de responsabilidade ambiental que alinha um alto desempenho de mercado, a reutilização de materiais para redução de custos e, paralelamente, redução de impactos ambientais, se mostra como uma vantagem competitiva.

O momento atual traz constantemente um conceito de como produzir sem tornar este produto ou processo um vilão do meio ambiente. O que seria viver em um mundo sem lixo é a pergunta chave para o movimento de economia circular.

Este movimento aborda diversas possibilidades de como otimizar um recurso ao máximo, tratando lixo como resíduos, os quais podem se adequar a novos processos, aumentando assim a vida útil de um material ao longo do seu ciclo de vida.

Visando possibilidades de atender demandas atuais do mercado e reduzir custos com matérias primas, e por fim, ter produtos de qualidade idêntica ou superior aos dos métodos tradicionais de produção, são levantados neste trabalho diferentes métodos de reutilização de conchas de ostras, além da composição química deste material.

Na região litorânea do Brasil, mais especificamente o litoral catarinense, o consumo de ostras como iguarias tem aumentado a cada ano. Este animal é um molusco bivalve que é cultivado em condições propícias para o seu desenvolvimento, com crescimento físico e aumento dos valores nutricionais. Trata-se de um negócio em expansão, que ganha cada vez mais destaque pelas diferentes formas de consumo: cru, frito, cozido, assado, gratinado.

No entanto, para que uma ostra seja consumida, cerca de $\frac{3}{4}$ de sua massa total são descartadas na forma de conchas, não consumíveis na forma natural, porém com um processamento, mostram-se grandes aliados na economia de

processos e na redução de resíduos sólidos.

A constituição majoritária da carapaça é de cálcio, trazendo a viabilidade de utilizar essa concha, que seria descartada, como uma fonte de matéria prima para produtos alimentícios, construção civil, polímeros, fármacos, fertilizantes e outros.

O atual interesse econômico neste resíduo, apresenta-se como baixo. Analisando os custos de utilização, seriam consideráveis principalmente em logística de acúmulo e transporte do material, lavagem e demais processos que já seriam necessários no tratamento de cálcio ou carbonato de cálcio de outras origens.

A partir de técnicas da engenharia, alinhados a conceitos sustentáveis, este trabalho apresenta formas de reduzir a quantidade de materiais sólidos descartados, bem como seus impactos, e ainda evidencia a exploração de novos mercados, mostrando técnicas já existentes de reutilização de conchas, alinhado ao barateamento de produtos cujo insumo é constituído de cálcio ou carbonato de cálcio.

1.1 PROBLEMAS E PREMISSAS

Quais as possibilidades de utilizar as conchas que são descartadas no consumo de ostras?

1.2 OBJETIVO GERAL

Descrever a possibilidade de utilizar resíduos provenientes do consumo de ostras como insumos para diferentes produtos, bem como sua utilização para indicar a presença de contaminantes tóxicos no habitat do animal.

1.3 OBJETIVO ESPECÍFICO

As especificidades do trabalho podem ser descritas da seguinte forma:

- a) Descrever aplicações para aproveitar assim a composição química e baixo custo deste material.
- b) Produzir uma matriz em pó adaptável para ser adicionada na

fabricação de diferentes produtos de setores variados.

- c) Verificar eventual bioacumulação de compostos xenobióticos na constituição física do animal, ligando desta forma à investigação destes mesmos elementos contaminarem o habitat das *Crassostrea gigas* recolhidas no litoral paranaense.

1.4 JUSTIFICATIVA

De acordo com as tendências corporativas mundiais que contam com gestão estratégica para redução de custos, melhoria do marketing empresarial, logística reversa, economia circular sustentabilidade e redução dos impactos ambientais das indústrias extrativistas e final de ciclo de vida de produtos, a justificativa se insere na necessidade de imersão nesse contexto, apresentando uma engenharia atual, com responsabilidade social e ambiental, analisando contextos de processos e produtos.

Explorar, desenvolver e transformar materiais que seriam descartados, causando impactos negativos ao meio ambiente, e transformá-los em matéria prima para produtos de alta qualidade revela o verdadeiro propósito da engenharia do século XXI.

Além disso, o trabalho está diretamente relacionado com o curso de engenharia química, já que o profissional desta área deve sempre cumprir com seu papel de transformador, sendo um agente ativo de mudanças positivas ao meio que está inserido.

Este estudo trouxe um propósito ambiental para que a partir de procedimentos tecnologicamente e economicamente viáveis, as conchas dos moluscos possam ser agentes substitutos, em escalas parciais ou integrais, da extração de carbonato de cálcio em rochas minerais, reduzindo assim os impactos das atividades extrativistas, economia de recursos logísticos e operacionais, reduzindo a possibilidade de contaminação em solos, águas e espécies animais.

Por último e não menos importante, a temática está relacionada aos 17 objetivos da ONU até 2030, bem como os conceitos de raciocínio, trabalho e pesquisa do desenvolvedor deste trabalho e seu orientador.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Neste capítulo serão descritas as características das ostras, desde sua formação até as etapas de cultivo das ostras, evidenciando a espécie *Crassostrea gigas*, utilizada na metodologia do trabalho.

2.1 ANÁLISE DE CONCHAS DE OSTRAS

2.1.1 Caracterização das Ostras do pacífico

Ostras são animais do filo dos moluscos, da classe bivalve, da ordem Ostreoida, da família *Ostreidae*, apresentando-se em diversos gêneros, mais frequentemente na ocorrência do gênero *Crassostrea*, sendo bastante variada em espécies. De nome científico *Crassostrea gigas*, conhecida como ostra japonesa ou ostra do pacífico, esses animais têm origem no Japão, porém, há séculos é cultivado em outras regiões do planeta devido a sua larga faixa ótima de desenvolvimento (FAO, 2019).

A característica desta ostra é diferenciada das demais por conta de seu formato de carapaça. A ostra do pacífico na língua inglesa é chamada de “*cupped oysters*”, de tradução ostra-taças, por conta da valva inferior ter uma característica côncava. Outra característica particular, como exemplificado a seguir na Figura 1, a mancha escura de lado a outro da concha, tangente ao manto (corpo mole) da ostra, salientando a liga do músculo abdutor. (ALVES, 2004).

Figura 1 – *Crassostrea Gigas* abertas

Fonte: (Revista globo rural, 2010. Ed. 296).

Na Figura 2 mostrada a seguir, é apresentada a fase primária das ostras, em que os moluscos são larvas, brotadas de desovas, que se distribuem pela água estuarina até que rastejam ao fundo da coluna de água em busca de um habitat ideal, como pequenas pedras, detritos ou corpos rígidos para que se estabeleçam nessas partículas, começando seu desenvolvimento da popularmente conhecida ostra (FAO, 2019).

Figura 2 – “Sementes” de ostras, como são conhecidas as larvas do animal



Fonte: (Revista globo rural, 2005. Ed. 232).

Os bivalves têm estratégia reprodutiva com alta capacidade de geração de descendentes. Na época da reprodução, os animais estão fixos, logo não é possível buscar sua parceria para reprodução, porém, para o aumento das chances de procriação, estes bivalves geram um excesso de gametas, que resulta em milhões

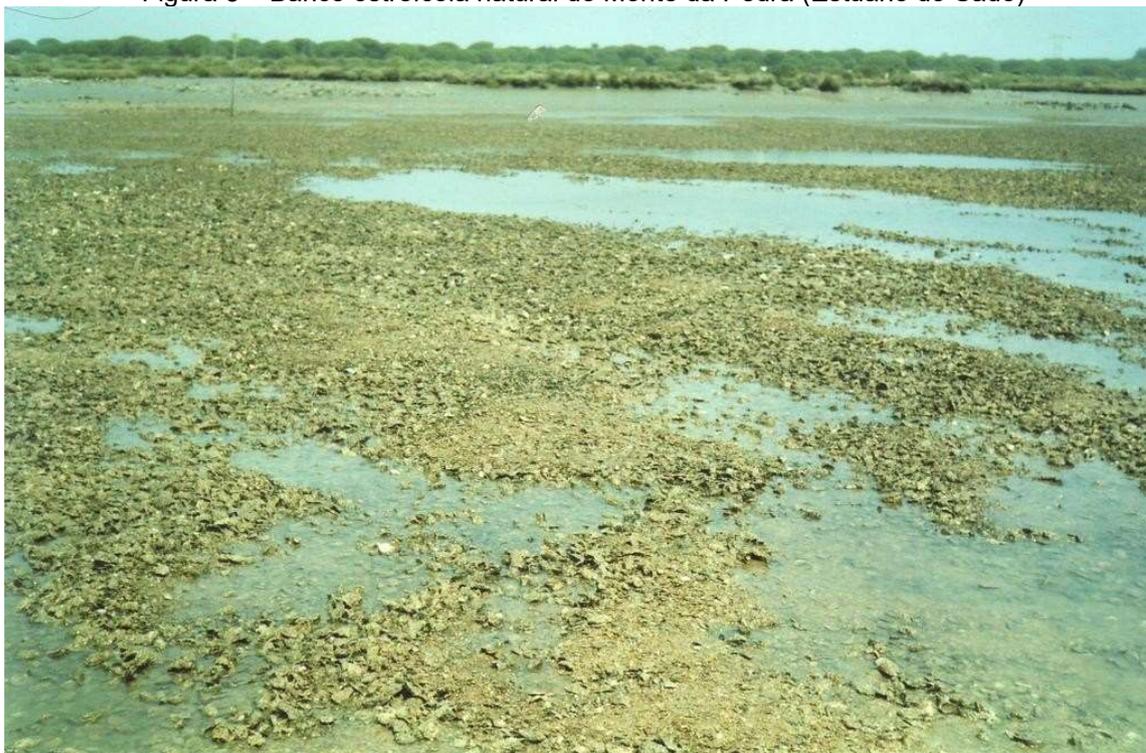
de larvas, para que consigam as condições ideais para o desenvolvimento de novos indivíduos (RAMOS, 2007).

Somente um casal de ostras do pacífico, em apenas um ciclo, pode produzir 50 milhões de larvas, e, se as condições ambientais forem favoráveis, até o dobro de gametas, garantindo assim a reprodução. Esses valores tornam-se bastante significativos para a manutenção da espécie, visto que a frequência de período de reprodução é de quatro vezes ao ano (ANDRADE, 2016).

Em contrapartida, apenas uma parte desses animais se desenvolve até a vida adulta. Essa redução ocorre por essas larvas estarem à deriva no mar, contando com a sorte que a natureza propõe. Nas águas agitadas torna-se mais difícil conseguirem se alojar e desenvolver até a fase de uma ostra, com o formato maduro da espécie (ANDRADE, 2016).

O contexto apresentado sobre os criadouros naturais de ostras é nítido na Figura 3, cabendo o entendimento dos diferentes níveis de coluna d'água, apresentando as dificuldades de locomoção das larvas, presença de predadores e heterogeneidade dos animais que vivem nesse meio (FAO, 2019).

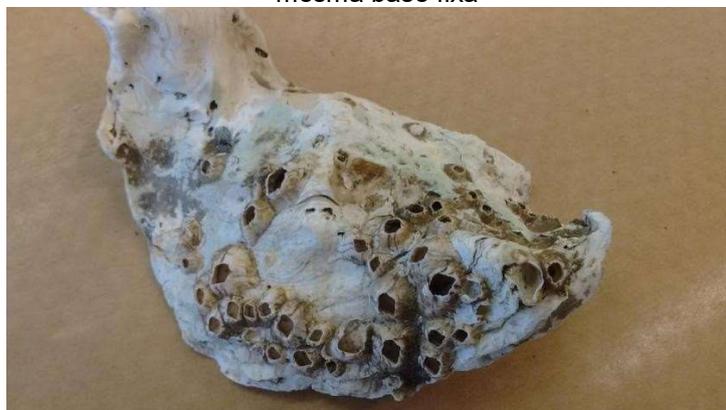
Figura 3 – Banco ostreícola natural do Monte da Pedra (Estuário do Sado)



Fonte: (AGRIPINO, 2009. Pág. 6).

Como observado na figura anterior, os animais, em estado ainda de larvas, buscam substratos para fixarem-se, como pedras de costão, pequenas rochas e ostras maiores (AGRIPINO, 2009). Na Figura 4, os pequenos buracos formados na concha exemplificam a tentativa de desenvolvimento de outras ostras na concha de um animal já adulto.

Figura 4 – Concha de ostra que exemplifica a tentativa de outros indivíduos se desenvolverem na mesma base fixa



Fonte: Autoria própria (2019).

Esses moluscos possuem o corpo mole como responsável pela respiração, digestão e secreção. São partes bastante frágeis e sensíveis, portanto precisam desenvolver um exoesqueleto que protege o manto de predadores, impurezas e pressão hídrica do seu habitat, além de invasores como microrganismos (FAO, 2019).

Esses animais produzem uma substância chamada nácar cuja função é a aglomeração de materiais específicos até a consolidação das carapaças em formato de conchas. Uma outra função, e não menos importante, é a formação das pérolas para neutralizar invasores ao corpo exposto compreendendo a uma composição de carbonato de cálcio majoritariamente (BECKER, 2010).

A Figura 5 apresenta as conchas de ostras dessecadas, apresentando o aspecto de rocha lapidada da carapaça.

Figura 5 – Conchas de *Crassostrea gigas*



Fonte: Autoria própria (2019).

A composição química é baseada na formação contínua de camadas do nácar, que tem como estrutura a conchiolina, uma escleroproteína formada por queratina, colágeno e elastina. Esses materiais servem como um cimento para as partes mais rígidas da concha, constituídas por calcita ou aragonita, ambas a base de cristais de carbonato de cálcio, diferenciadas pela estrutura do arranjo (SILVA & DEBACHER, 2010).

Para se entender a composição das conchas de ostras, bem com o seu potencial como substituto prático do carbonato de cálcio mineral, a Tabela 1 a seguir descreve as frações percentuais de massa para cada um dos componentes constituintes dos materiais a partir de carbonato de cálcio.

Tabela 1 – Composição química do carbonato de cálcio de cada origem, sendo casca de mexilhões, conchas de ostras e o carbonato de cálcio comercial, de origem do extrativismo mineral

Composição Química	Casca mexilhão (%)	Casca ostra (%)	CaCO ₃ comercial (%)
CaO	95,740	98,276	99,087
K ₂ O	0,536	0,350	0,417
SiO ₂	0,880	0,298	0,293
SrO	0,402	0,231	0,202
Fe ₂ O ₃	0,715	0,118	-
SO ₃	0,664	0,726	-
MgO	0,632	-	-
Al ₂ O ₃	0,431	-	-

Fonte: (BECKER, 2010, página 265).

O arranjo físico das conchas é a base para qualquer concha de ostra ou moluscos, porém existem alterações na composição, que é explicada por necessidades especiais de cada indivíduo à adaptação ao meio, como os índices variáveis de temperatura, pH, salinidade, substratos e presença de predadores. A partir desses fatores, as conchas podem agregar materiais do meio que vivem, podendo em paralelo produzir mais ou menos calcita (SILVA, 2010).

Esses elementos demonstram características de um material que pode ter diversas aplicações, principalmente pela composição majoritária da carapaça desenvolvida pelo nácar, o carbonato de cálcio. Pelas propriedades, o carbonato de cálcio tem forte utilização para indústria, tais como nas produtoras de papel, alimentos e vidro. Tratando-se de percentuais que se dividem em 95% de carbonato de cálcio na massa da casca, e, cerca de 80% da massa total sendo concha, espera-se que esse material tenha grande qualidade e volume (BECKER, 2010).

É evidente que é necessário um tratamento do resíduo da ostra para que seja um substituto pleno do carbonato de cálcio advindo do extrativismo mineral, porém, as operações envolvidas neste processo, teriam exigências com rigor variável, mas de forma geral, seriam processos simples trazendo assim vantagens competitivas de mercado, avaliando qualidade e preço.

2.2 PRODUÇÃO DE OSTRAS

Desde que sua produção esteja dentro de critérios de segurança alimentar, as ostras podem ser tratadas como alimentos diferenciados, havendo destaque pelos seus preços, gerando assim um negócio que tem se aperfeiçoado cada vez mais, atingindo padrões de produção que tendem ao comércio internacional (JACOMEL & CAMPOS, 2014).

Em algumas regiões, como o litoral paranaense, existem muitos desafios a serem superados. A necessidade de normas e procedimentos são necessários para facilitarem a padronização da qualidade deste animal. Em regiões sem investimentos na criação de ostras, os bivalves são recolhidos aleatoriamente nas áreas de estuário e manguezal, sem nenhuma análise microbiológica da localidade ou conformidade quanto a tamanho mínimo para comercialização (CASTILHO-WESTPHAL & G.G., 2012).

Essa situação é ilustrada com a Figura 6 a seguir, mostrando o operador sem nenhum tipo de critério quanto ao ecossistema que o molusco é extraído.

Figura 6 – Extração de ostras no ambiente natural de manguezal no litoral paranaense



Fonte: (Grupo Integrado de Aquicultura e Estudos Ambientais, 2015. gia.org.br).

Em Santa Catarina, estado com maior produção e investimento no molusco, as padronizações seguem altos padrões de qualidade, com acompanhamento em diferentes fases de desenvolvimento do bivalve. Existe todo um manejo e poderes públicos agindo sobre os produtores de ostras. Assim como os pecuaristas, os criadores de ostras possuem fazendas aquáticas, demarcando as regiões de cultivo, cuidando das condições de ambiente e examinando as espécies em triagens ao longo da maturação (ANDRADE, 2016).

A Universidade Federal de Santa Catarina desenvolve pesquisas avançadas com relação a seleção de larvas de ostras. Essas larvas são vendidas com o nome de “sementes” aos produtores, com quantidades e preços que atraem para a criação e venda do animal. As sementes selecionadas pela universidade como indivíduos com altos potenciais de maturação, passam por diversas etapas até atingirem as qualificações aceitas pelo exigente mercado do litoral catarinense (ANDRADE, 2016).

As larvas são presas em peneiras, que são postas no mar em boias que demarcam regiões delimitadas sem contaminantes. Isso garante a fixação de microalgas, base da alimentação dos filtradores. Após uma média de 45 dias, as ostras já apresentam tamanhos maiores, sendo agora maduras o suficiente para desenvolver gametas. Seguente a isto, elas são selecionadas de acordo com o formato e tamanho, e passam a ser alocadas em lanternas de cultivo como mostrado na Figura 7 na página seguinte (ANDRADE, 2016).

O mar é o habitat natural da *Crassostrea gigas*, por isso as lanternas são deixadas por mais 45 dias boiando no mar, onde há garantia de alimentos e condições de desenvolvimento e engorda. O cuidado está em garantir que essas regiões têm a qualidade sanitária assegurada para o cultivo.

Figura 7 – Lanternas de cultivos de ostras para produção controlada do animal



Fonte: (CALEGARI, 2013).

Com a temperatura, salinidade e profundidade favoráveis ao crescimento desses moluscos, o tempo de nascimento até consumo desses animais demora de 6 a 8 meses, apresentando quantidades relevantes de indivíduos. Nas etapas de troca de recipientes são sempre feitas lavagens e novas triagem de tamanho e saúde das ostras.

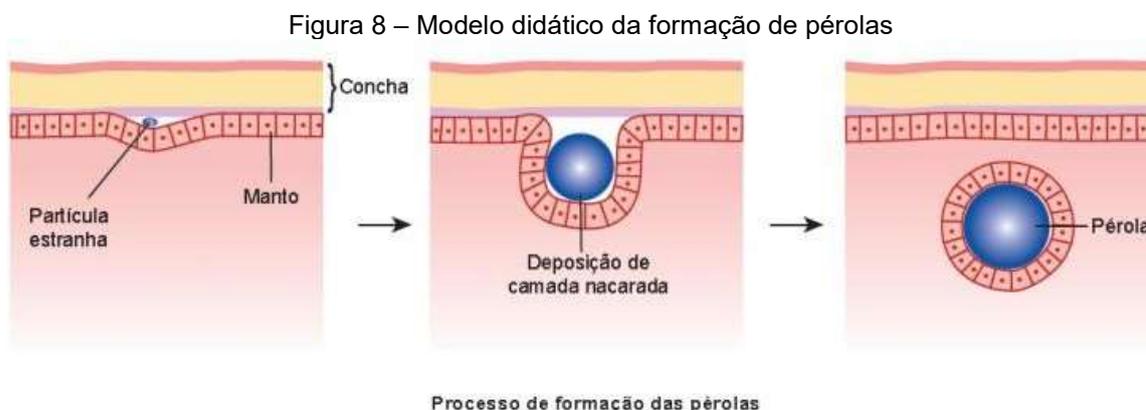
Esses procedimentos garantem a padronização e comercialização das ostras, tornando a produção controlada do animal um negócio altamente rentável, tendo como fator limitante o arranjo físico, que consiste em espaços em praias com qualidade de água livre de metais pesados e efluentes advindos das zonas urbanas, das áreas industriais e da agricultura.

2.3 OSTRAS E A FORMAÇÃO DE PÉROLAS

Ostras são moluscos bivalves que têm corpos com aspecto gelatinoso e são extremamente sensíveis a mudanças abruptas do seu habitat. Para proteção própria, esses animais desenvolvem uma camada protetora a base de carbonita, que reduz o risco de ostras serem capturadas por predadores e proporcionam adaptações a condições ambientais, principalmente a pressão hídrica (ALVES, 2010).

Para a alimentação esses bivalves relaxam o músculo adutor, possibilitando a abertura da concha e recolhendo assim as pequenas partículas de algas e matéria orgânica da sua região de vivência. Porém, nem todas as etapas desse processo natural são eficientes, podendo gerar inconvenientes no desenvolvimento desse animal, tais como grãos de areia em excesso que entram pelas conchas até a região de corpo mole, assim como microrganismos que ocasionam infecções nestes animais filtradores (AMABIS & MARTHO, 2015).

Assim como o envolto da formação de carbonita advinda do nácar, esses animais desenvolvem, a partir do ponto de infecção, uma nova carapaça, envolvendo o corpo estranho no intuito de neutralizá-lo, conforme mostrado na Figura 8. Uma vez construída a direção de desenvolvimento da carapaça a concha continua acumulando carbonita e aragonita, até o seu fim de vida, ou até que as condições do ambiente não se tornem favoráveis para o crescimento (BECKER, 2010).



Fonte: (Amabis e Martho, Vol.2 página 221, Edição 4, 2015).

São necessárias algumas dezenas de anos para o desenvolvimento de pérolas com o tamanho significativo para o alto valor de mercado. Além disso, fatores como espécie da ostra, coloração de conchas e condições ambientais interferem diretamente no tamanho, cor e resistência das pérolas formadas (ALVES, 2010).

O processo de produção de pérolas pode ocorrer de forma natural ou artificial. A segunda forma tem o mesmo embasamento da primeira, com objetivo de neutralização de corpos estranhos, porém as partículas adversas são postas propositalmente inserido na parte mole do corpo do animal. Este procedimento é

realizado em laboratório, e garantia da qualidade e tamanho das pérolas formadas (AMABIS & MARTHO, 2015).

2.4 GERAÇÃO DE RESÍDUO

De acordo com o IBGE, em 2016 foram produzidas 2.280 toneladas de ostras no estado de Santa Catarina. Ostras são alimentos bastante vinculados ao setor de turismo, sendo um consumo de proporção relevante da economia no litoral sul do Brasil. Considerando que uma ostra adulta tem em média 8 cm de comprimento e 60 g de partes moles, são necessários 17 indivíduos para que seja obtido 1 kg de carne (GRADVOHL, 2014).

Na região de Santa Catarina, conforme o que é consumido anualmente de ostras, o que gera a produção do resíduo sólido, em 10 anos a previsão de acréscimo de nível da área assoreada seria de 1 metro, impactando em um grande desequilíbrio ecológico, pela mudança de ambiente a diversas espécies marinhas (BATISTA et. Al., 2008).

Um aspecto proporcional traz o entendimento de que são necessárias muitas ostras para atender demandas do turismo litorâneo brasileiro em alta estação. Como consequência dessa grande quantidade de carne do molusco consumida, são gerados potencialmente resíduos em forma de concha, correspondendo a cerca de 80% da composição mássica total do animal, que é comumente descartado como lixo. Mesmo que as conchas não sejam potencialmente perigosas, grandes quantidades em locais inadequados podem prejudicar o ecossistema. Se suas propriedades forem conhecidas e adaptadas, a utilização desses resíduos pode gerar diversos componentes de matéria prima, como, em condições específicas, conchas podem ter a função de adsorventes no tratamento de efluentes com fosfato, ou ainda como material usado na construção civil (SILVA, 2010).

2.4.1 Possibilidade de utilização do resíduo

Para Agripino (2009), os subprodutos de ostras já estão sendo aproveitados de diferentes modos na suplementação nutricional. Essas carapaças são tratadas e

adicionadas às rações animais como suplemento de cálcio. Nos EUA, Canadá e Brasil, uma parcela dos resíduos de concha vira fármaco consumido por mulheres grávidas e também por aquelas no período da menopausa. Em Portugal, este material é usado apenas para alimentar aves, como fonte de cálcio. Vista a praticidade de utilização das conchas como input para diversos produtos que exigem na sua composição química a substância carbonato de cálcio, ou cálcio, é possível considerar diferentes possibilidades de aplicabilidade do resíduo quando tratado.

Nos próximos capítulos serão apresentadas as aplicações já presentes da presença das conchas usados como fonte de cálcio e carbonato de cálcio em variados produtos já existentes no mercado. Além disso será descrito qual a composição e formação do carbonato de cálcio, majoritário na fração das conchas.

2.5 CARBONATO DE CÁLCIO

O calcário é a rocha formada por carbonato de frequência mais comum na crosta terrestre. No estado natural, o carbonato de cálcio é uma mistura de dois minerais, a calcita e a aragonita, ambos de mesma composição sendo diferentes pela formação de suas estruturas cristalinas (DIAS, 2019).

A formação de aragonita pode ocorrer de duas diferentes formas. Em uma delas, o carbonato solúvel é adicionado a uma solução com sais de cálcio em modo solúvel, como representado na equação 1. A segunda, mostrada pela equação 2, forma trata-se de solubilizar carbonato de cálcio em água saturada de gás carbônico. Com a quebra da molécula de carbonato, o gás carbônico é liberado

Com o aumento da temperatura, a calcita tende mais a formar aragonita. A obtenção de aragonita é atribuída a cinética de solução, sendo o crescimento de cristais de aragonita é mais rápido do que as formações da calcita. Esses fatores se devem às propriedades de composição, como formação, angulação, e compactação da estrutura da aragonita. É o mesmo processo que ocorre na formação de cavernas, descrevendo mais especificamente, as estalactites, assim como a reação inversa que forma a estalagmites (BESSLER & LAÉCIO, 2008).

As duas possibilidades de formação do carbonato de cálcio:

Equação 1

Equação 2

O carbonato de cálcio apresenta forte representatividade comercial. Suas características permitem diferentes manuseios e aplicações, sendo utilizado intensamente na indústria de papel, vidro, fertilizantes, cerâmicas, plásticos, resinas, além de alimentos e fármacos (OLIVEIRA & MARTINS, 2009).

É possível fazer a correlação da utilização de conchas de ostras como fontes de carbonato de cálcio, principalmente, desenvolvendo um novo roteiro de descarte e reutilização de resíduo.

2.6 UTILIZAÇÃO DAS CONCHAS COMO INDICADOR

Alguns fatores de saúde pública estão ligados ao comportamento e características de animais. É possível correlacionar como a poluição interfere em toda uma cadeia alimentícia e bioma de uma região. A contaminação das espécies é descrita por Cavalcanti (2003) dizendo que:

“O acúmulo de metais pesados nas ostras deve-se à capacidade limitada destes organismos de metabolizar e depurar contaminantes absorvidos, em comparação com muitas outras espécies”.

Nota-se que ao mínimo contato com materiais bioacumulativos, mesmo que em concentrações baixas, o material agrega-se e torna-se constituinte da concha de ostra.

Elementos não essenciais à saúde humana estão presentes em diversos processos industriais. É possível exemplificar como sendo o principal deles, o mercúrio. Esse metal pesado lançado em efluentes fabris acumula-se inicialmente nos sedimentos, e, conseqüentemente, podem se enquadrar no contexto da cadeia

alimentar da fauna da região, contaminando toda a vida marinha (GAGNON & FISHER, 1997).

A mesma espécie de ostras também está bastante presente na alimentação frequente nas cidades turísticas do litoral brasileiro. O problema relacionado ao consumo desta iguaria é o acúmulo de bactérias que podem ocasionar doenças aos seres humanos.

Assami Doi (2015) comenta que em países como EUA, Brasil e Chile, a extração de moluscos tem como fator determinante a análise da qualidade da água, porém este requisito pode sofrer variação devido a ventos, correntes marinhas e chuvas, que podem alterar as concentrações de contaminantes. Essa presença de poluição pode causar prejuízos à saúde pública, por exemplo, infecções gastrointestinais por conta de, principalmente, consumo de ostras cruas ou levemente cozidas.

Moluscos bivalves, como a ostra, se alimentam de partículas de microalgas pelo processo de filtração, fazendo com que haja um acúmulo de materiais presentes no meio, atuando assim como bioindicador de insalubridade da água (ASSAMI DOI, 2015).

Contextualizando o processo de filtração e como as ostras são capazes de recolher e incorporar materiais tóxicos a sua constituição, Andrade (2016) fala sobre o potencial de captura que as ostras possuem em fazendas ostreícolas (Partes do mar com grande quantidade ostras):

“Considerando-se que uma fazenda padrão, com 1 a 2 hectares de lâmina de água, possa ter algo em torno de 40.000 bivalves, pode-se dizer que estes se constituem como um verdadeiro exército da limpeza, podendo filtrar até 800 mil litros de água por hora”

De acordo com Ramos (2007), é pertinente usar as partes moles do molusco de *Crassostrea gigas* como um indicador de índices de presença e concentração de agentes bacteriológicos das regiões de cultivo das mesas de ostras. Esses animais são retirados de seu habitat. Esse corpo passa por uma série metodológica estérea, para o dimensionamento da concentração de coliformes fecais das regiões de vida dos moluscos.

Como as partes moles da *Crassostrea gigas* tem a capacidade de serem

agentes bioindicadores, existe a possibilidade de que as partes duras da carapaça tenham a capacidade de acumular estes materiais contaminantes. Essa hipótese é desenvolvida devido ao crescimento das conchas a partir do depósito de camadas, por variações relacionadas ao meio que o animal vive. Portanto a composição da carapaça pode ser alterada e conecta a presença de poluentes tóxicos do criadouro.

2.7 USO DA CONCHA DE OSTRA COMO MATÉRIA PRIMA

Pertinente a composição das conchas de ostras, existem diversas alternativas dessas carapaças poderem ser reutilizadas como matéria prima para produtos que utilizam insumos com carbonato de cálcio ou cálcio em sua constituição.

Neste capítulo serão mencionados diferentes aplicações já existentes para os resíduos do consumo dos moluscos, sendo este um aditivo de materiais e substituto que tem apresentado uma excelente qualidade.

2.7.1 Fertilizantes

A composição morfológica do solo brasileiro indica grandes concentrações de elementos que acidificam o meio de cultivo da agricultura. Essa acidez ocorre pela existência de íons de alumínio e manganês em concentrações prejudiciais aos solos pela limitação de crescimento dos vegetais. Outro fator essencial é a presença de baixas quantidades de cátions alcalinos, que são geralmente representados por Cálcio e Magnésio (LO MONACO, 2015).

Rodrigues (1993) aponta que a neutralidade do solo consecutiva de calagem implica proporcionalmente na fixação de nitrogênio para plantas de baixo desempenho na absorção de nutrientes do terreno.

Os corretivos de acidez do solo têm como formação materiais cuja constituição tem princípios ativos, dado pelos óxidos, hidróxidos, silicatos dos alcalinos terrosos, magnésio e cálcio, e principalmente, carbonatos (ALCARDE, 1996).

Usualmente o carbonato de cálcio provém de três tipologias diferentes, a calcita romboédrica, cuja estabilidade é a maior dentre as ocorrências, a aragonita, que tem composição idêntica a calcita, porém com uma formação cristalina diferente,

e por último, a vaterita esférica (OLIVEIRA, 2009).

Outra forma de se obter o carbonato para correção de terrenos é na geração de PCC dado tanto pela reação de carbonato solúvel com uma solução que contenha cálcio, ou ainda pela adição de dióxido de carbono no hidróxido de cálcio (OLIVEIRA, 2009).

A etapa seguinte é a moagem desses resíduos em pequenos pedaços, adequando a granulometria à finalidade de utilização. Essas etapas ocorrem devido a composição de aproximadamente 95% da concha ser composta por carbonato de cálcio, elemento corretivo que é adicionado a fertilizantes, ou espalhado isoladamente no campo de cultivo (ALCARDE, 1996).

O processo de escolha de granulometria do resíduo tratado que correlaciona a capacidade de extração de nutrientes da terra que pode variar de acordo com o tamanho das partículas de neutralização do solo.

2.7.2 Farinha de concha

A farinha de concha advém da trituração de conchas de mariscos em variáveis otimizadas e adequadas para que seja a principal unidade contribuinte. Esses moluscos possuem as conchas com composição predominante de carbonato de cálcio.

Com abundantes classificações nutricionais, o cálcio é essencial para que processos bioquímicos aconteçam em organismos vivos. Este elemento garante para animais impulsos nervosos, contração muscular, respiração celular, coagulação sanguínea, absorção de nutrientes. Para vegetais, atua na fotossíntese, fosforilação de oxidação, extração de nutrientes do solo, e mais atividades essenciais para o desenvolvimento. Outra função que apenas ocorre devido a presença do cálcio nos organismos é a estrutura. 99% da estrutura óssea dos animais é constituída por cálcio, além das plantas também contarem com esse material em sua formação de raízes, caules, galhos, folhas e outras características da morfologia de um vegetal (AGRIPINO, 2009).

A farinha de concha tem aparecido no mercado com o objetivo da compensação de ausência do cálcio. A falta do elemento no organismo para pessoas idosas é uma das causas mais comuns em quadros de osteoporose. Para indivíduos em diferentes fases da vida, a ausência no organismo está relacionada a

dormência de membros, depressão, propensão a cáries, hipertensão e insônia (AGRIPINO, 2009).

Agripino (2009) também salienta que a ingestão de cálcio deve ser avaliada em acompanhamento médico, correlacionando as quantidades ótimas desse mineral no organismo do indivíduo às concentrações nutricionais na dieta consumida, agregando assim alimentos com suplementação de cálcio no organismo caso seja insuficiente.

Em resumo, os autores que explanam sobre essa adição da concha, descrevem que o material passaria por etapas de limpeza, análise de composição, moagem, secagem, e agregação a matriz principal dos produtos, buscando enriquecer o alimento de modo nutricional, sempre adequando aos padrões necessários recomendados por profissionais e normas do setor alimentício.

2.7.3 Ração animal

Alimentos de origem animal devem seguir normas de mercado que se tornam cada vez mais rígidas. Isso se deve a uma demanda crescente por produtos com maiores valores nutricionais, e que, paralelamente, tenham uma maior abrangência de aspectos sustentabilidade presentes no ciclo de vida de um produto.

Na agroindústria, as rações são variáveis essenciais na criação de um produto de qualidade. Desde o leite produzido pelo gado leiteiro, passando pelos ovos dos granjeiros e qualidade da carne do gado abatido. Para cada uma dessas finalidades são aplicadas condições específicas de criação do animal, e, dentro desse aspecto adaptável para elaboração de um ponto ótimo de produção, está a concentração de nutrientes presentes na ração desses animais (TOKARNIA et al., 2000).

A necessidade de suplementação de cálcio das aves e suínos é superior a necessidade dos bovinos. Os fatores que afetam a nutrição desses animais com o elemento estão vinculados aos seguintes contribuintes: Quanto mais fósforo presente no solo, menos cálcio, porém, positivamente para isso, a ocorrência de terrenos com uma maior concentração de fósforo é muito menor. Esse aspecto interfere de modo direto na concentração de cálcio presente na vegetação da região, pois por uma maior abundância da substância, a absorção ocorre proporcionalmente

para as plantas, que são alimentos do gado para abate criados em pastos (TOKARNIA et al., 2000).

O cálcio presente nas rações para aves é suplementado com carbonato de cálcio de origem do calcário. Nesse quadro, a farinha de ostra mostra-se como uma das fontes ricas do carbonato que podem ser processados e utilizados para complementação do produto alimentação, sendo otimizadas ao seu propósito principal, adequando sempre aos aspectos de granulometria e propriedades físico-químicas (SÁ et al., 2004).

Para os suínos, a dieta com composição do mineral desbalanceada pode gerar uma deficiência de crescimento, quando a quantidade é inadequada, independente se existe um desvio significativamente superior ou inferior (SALGUEIRO et al., 2014).

Assim como para as aves e para os suínos a concentração do cálcio na alimentação animal é o elemento principal para o crescimento do animal. Tratando-se de uma maior efetividade da utilização de recursos para criação e tratamento deste animal, deixando-o no tamanho ótimo para o abate (TOKARNIA et al., 2000).

A suplementação na alimentação dos suínos traz uma maior faixa de manipulação para concentração dos minerais necessários no crescimento adequado do indivíduo. Vale ressaltar que, além do alto percentual significativo do cálcio, outros elementos estão presentes na composição da farinha de concha, e, mesmo que em frações inferiores, o magnésio, o zinco, o ferro e a vitamina D, colaboram para um desenvolvimento saudável do animal (TOKARNIA et al., 2000).

2.7.4 Agente de biorreatores

Processos biológicos demandam de controles como objetivo a avaliação do processo de nitrificação autotrófica em um filtro biológico, dito BAS, com conchas de ostras como material de preenchimento ou suporte.

As conchas de ostras são estudadas, pois assume-se a hipótese de que as mesmas sendo formadas primordialmente por carbonato de cálcio podem interagir com a fase líquida do reator, fornecendo alcalinidade ao sistema e promovendo um tamponamento natural, necessário ao processo de nitrificação

Para integração desse material como agente do processo, um filtro biológico é avaliado com relação à eficiência no processo, sendo as conchas de ostras

analisadas especificamente quanto ao potencial de tamponamento do reator e sua degradação em consequência de tal interação. Esta última questão é importante para a validação do uso das conchas de ostras como meio suporte para reatores biológicos, pois, sendo um material não inerte, podem variar suas características ao longo do tempo, modificando sua eficiência na função que lhe foi atribuída (MAGRI et al., 2013).

2.7.5 Aditivo para formação polimérica de PVC

Produtos poliméricos precisam de aditivos para que sejam consolidados os arranjos finais da fabricação. Esses materiais adicionados têm a função de melhoria de propriedades específicas, sendo principalmente pigmentos, estabilizantes, lubrificantes e cargas.

Os aditivos devem ser selecionados de acordo com a matriz da peça que está em condições particulares. Esse fator singular está presente em todas as etapas de desenvolvimento do polímero, sendo relevantes as características de cada material, visando um objeto com as melhores funções possíveis e, paralelamente, com um custo viável, usando critérios rigorosos de custo benefício na ideação do produto (RODOLFO JR & MEI, 2007).

No PVC, a utilização de CaCO_3 como carga principal faz com que o composto possa ser produzido a partir do resíduo proveniente de ostras. Como critério específico do carbonato de cálcio utilizado está a granulometria de adição no preparo do elemento, que está na adição de partículas com tamanho inferior a 20 μm (BOICKO et al., 2004).

Boicko et al. (2004) comenta também sobre a adição de CaCO_3 no PVC:

“A escolha do carbonato de cálcio como carga em polímeros, mais especificamente PVC, se deve a fatores como a existência de tecnologias de transformação de conchas acessíveis e baratas, que poderiam ser utilizadas por cooperativas de maricultores, e a proximidade de empresas que poderiam absorver o carbonato produzido”.

As conchas que dão origem ao CaCO_3 utilizado na fabricação de PVC devem passar por processos de moagem e secagem trazendo os parâmetros

específicos as propriedades mecânicas do polímero dentro das especificações mecânicas exigidas pela funcionalidade e qualidade (Edição 198 Revista Fapesp, 2012).

Quanto a implementação de conchas tratadas como aditivos de PVC, substituindo o CaCO_3 mineral, ficou evidenciado a duração da etapa de moagem é decisivo para adição, que, se for corretamente realizada, o tratamento térmico do polímero pode ter seu tempo reduzido com relação ao carbonato de origem extrativa. A viabilidade técnica do uso de conchas para carga em PVC é atestada como possível e eficiente, tendo uma maior qualidade na relação custo-benefício e também em aspectos sustentáveis, reduzindo impactos ambientais negativos (BOICKO et al., 2004).

É válido que seja salientado a possibilidade de substituição do carbonato de cálcio mineral não somente no PVC, mas também em outros produtos poliméricos, visando possibilitar novas alternativas de redução de custos em confecções de polímeros.

2.7.6 Blocos verdes da construção civil

Aliando as novas tendências do mercado da construção civil com um problema encontrado em regiões litorâneas da produção da maricultura, em Santa Catarina, o resíduo de ostras é determinante para a elaboração de um bloco “verde” utilizado na construção de edificações.

Trata-se da adição dos resíduos em granulometria específica na matriz de blocos estruturais. Os resíduos dos moluscos passam então a serem reciclados numa tentativa de minimizar os impactos negativos na confecção de um bloco ecologicamente correto, com funcionalidade como a resistência à compressão e absorção à água dentro dos limites permitidos pela Norma Brasileira do produto (BATISTA et al., 2008).

Figura 10 – “Pavimentos Verdes Intertravados”



Fonte: (Batista et al., 2008, página 7).

De acordo com diferentes ensaios normalizados relativos a propriedade, resistência e composição dos materiais, os blocos que recebem o aditivo de conchas de ostras apresentam características que se enquadram em blocos de vedação, sem a função de base estrutural, com a resistência adequado a categoria classe D. Considerando a substituição desse material como concreto de vedação, a troca já se torna eficiente para quase 30% de toda a estrutura de blocos em uma edificação (BATISTA et al., 2008).

Blocos de concreto cuja constituição apresenta conchas também têm valores de absorção inferiores a 10%, o que é o padrão da ABNT para blocos da construção civil. Batista et al. diz que:

“Indicando que os blocos podem ser usados na construção civil. Os pavimentos fabricados apenas com a incorporação de resíduos de quebra de blocos não alcançaram a resistência de 25 Mpa, para realização de passeios e pátios de circulação. Já aqueles com incorporação de ostra e marisco apresentaram excelentes resultados para esta categoria. Os resultados de absorção de água das amostras de pavimentos que continham cascas de ostras e marisco apresentaram valores bem abaixo da norma, indicando que se pode melhorar as propriedades do material convencional”.

Trazendo assim a abordagem de que a concha residual da ostra pode ser apresentada como material compósito, cuja finalidade de integração ao produto principal é de agregar a melhoria de funcionalidades.

3 METODOLOGIA

Este trabalho, de caráter aplicado, evidencia características das propriedades físico-químicas das conchas provenientes de ostras *Crassostrea gigas* coletadas no ambiente de manguezal da cidade de Guaratuba, localizada no litoral paranaense, e monta um procedimento para a produção e incentivo a utilização de materiais residuais.

A metodologia se baseia em procedimentos de operações unitárias, como moagem, secagem, peneiramento, e complementares, para criação da matriz de diferentes produtos, que associadamente, torna mais acessível a verificação da existência de elementos tóxicos na composição das conchas analisadas.

Este último fato indica a presença desses mesmos tóxicos no meio da análise de concentração de determinados elementos, já que, por serem animais filtrantes, uma vez em contato com esses compostos, são fixos ao longo de sua vida. As investigações sobre os contaminantes são realizadas a partir de procedimentos de digestão molecular e, posteriormente, espectrometria de absorção atômica (AAS).

Para resumir e tornar a metodologia mais visível, a Figura 11 e a Figura 12 em seguida demonstram a separação por etapas da produção de modo macro, dividindo cada processo respectivo:

Figura 11 – Fluxograma da etapa um do processo



Fonte: Autoria própria (2019).

Figura 12 – Fluxograma da etapa posterior a produção do pó base

ETAPA 2

Fonte: Autoria própria (2019).

3.1 COLETA DE MATERIAL

As conchas utilizadas nesse projeto são provenientes de ostras frescas coletas de manguezal de Guaratuba e disponibilizadas no mercado do peixe na cidade de Guaratuba, litoral do estado do Paraná.

3.2 PREPARO PRÉVIO DAS CONCHAS

As conchas passam por uma raspagem para retirar as partes moles remanescentes. Elas são lavadas no intuito de diminuir a quantidade de materiais incrustados que podem interferir nas análises laboratoriais.

3.3 MOAGEM, SECAGEM E ACABAMENTO DAS CONCHAS

O material, após o preparo prévio, deve ser quebrado em partículas menores para ser adicionado ao moinho de bolas. Este moinho consiste em pequenas bolas de alumina que preenchem o vaso de porcelana de modo proporcional às dimensões do recipiente e volume ocupado pela amostra, além também, de propriedades de dureza da amostra. No caso do experimento, a razão entre conchas e água foi de, aproximadamente, 1 para 3, sendo utilizados 350 gramas de conchas e 1050 gramas de bola de alumina.

Figura 13 – Bolas de alumina usadas na moagem das conchas



Fonte: Autoria própria (2019).

É adicionada também ao jarro uma quantidade de água que cubra a mistura de alumina e amostra, apenas, deixando assim espaços livres de movimentação do conteúdo.

O valor geralmente utilizado para os espaços vazios que devem estar presentes no experimento é de aproximadamente $\frac{1}{5}$ do volume total do vaso, podendo variar esta relação quanto às propriedades de dureza e quantidade de amostras no processo.

Neste procedimento é essencial que a água seja destilada, evitando que impurezas e microrganismos possam contaminar a amostra. Essa água é adicionada ao sistema com a finalidade de evitar movimentações que sejam prejudiciais ao sistema, servindo como resistência para que as bolas de alumina não tenham velocidades suficientemente grandes para quebrar a porcelana do vaso, ou ainda, que as bolas não se batam com força tamanha para se riscarem ou quebrarem, podendo assim liberar pó de alumina, contaminando o material analisado.

Figura 14 – Moinho de bolas construído nas diretrizes propostas. A) Vista em perspectiva com detalhes para o motor e acionamento; B) Vista em perspectiva com detalhes para o sistema de transmissão/redução. O inserto apresenta o vaso com o meio de moagem

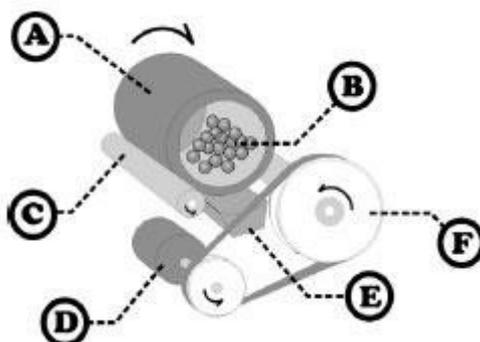


Fonte: (DE PAULA et al., 2014).

Na operação de moagem o recipiente é instalado de forma compatível a rolos motorizados que permitem a rotação do arranjo jarro-amostra. A velocidade de rotação pode ser ajustada conforme a necessidade do experimento.

No esquema a seguir, o moinho de bolas é um equipamento que promove, a partir da rotação sucessivas, colisões de esferas de alumina, cuja consequência é a redução de materiais por quebras graduais da amostra a ser moída. Nesse layout, o sistema também se apresenta bastante eficaz para processos de homogeneização de misturas (DE PAULA et al., 2014).

Figura 15 – Desenho esquemático de um moinho de bolas. A) Jarro de moagem; B) Meio de moagem (esferas); C) Rolos; D) Motor; E) Correia; F) Polia



Fonte: (DE PAULA et al., 2014).

Visando a garantia de homogeneidade do material moído, o processo tem as horas determinadas previamente, dependendo do material. No caso das conchas utilizadas, pela propriedade de dureza e quantidade de amostras utilizadas, em torno de 30 horas de rotação são suficientes para que, ao final do processo, seja obtido um material com aspecto de pó e alta uniformidade.

Figura 16 – Mistura obtida após uma hora de moagem



Fonte: Autoria própria (2019).

Conforme apresentado na Figura 16, após o processo de moagem, tem-se um material pastoso, com o pó obtido misturado a água destilada, necessitando que esta mistura passe por um processo de decantação e, posteriormente, por secagem, com a finalidade de garantir um pó seco para realização de análise de contaminantes bioacumulativos.

A secagem é realizada por uma estufa laboratorial com temperatura próxima aos 100°C, com a finalidade de remover a umidade.

A característica do pó faz com que a detecção dos materiais tóxicos seja mais eficiente, visto que a superfície de contato entre as espécies torna-se maior, facilitando a reação.

Neste momento, o pó proveniente de ostras está praticamente pronto, cabendo agora a especificidade de granulometria, que varia de acordo com a aplicação, finalizando uma matriz desse material aditivo.

3.4 ANÁLISE DE CONTAMINANTES

De acordo com as características de vida das ostras, e considerando a hipótese de existirem metais pesados no meio onde foram extraídas, as ostras fizeram a filtração e incorporaram elementos tóxicos na sua carapaça.

Diante da incerteza de possuir esses contaminantes, serão analisadas as presenças dos seguintes metais pesados: Pb, Cd e Cr.

Parte da massa resultante da criação da matriz passará por digestão prévia com HCl concentrado (P.A). Com o processo de digestão da amostra, a reação entre o carbonato de cálcio e o ácido clorídrico ocorre a formação de dióxido de carbono, gerando constantemente espuma.

De acordo com a especificação da amostra, com uma dureza bastante semelhante ao de rochas marinhas, que necessitam de aproximadamente 30 horas para moer a mesma quantidade amostras. Por questões operacionais, o tempo de digestão foi de 20 horas. O material foi filtrado e sofreu adição de água destilada ao permeado. Este material então passou por análise de espectrometria de absorção atômica, com as suas respectivas referências.

O equipamento utilizado foi um espectrômetro de absorção atômica em chama, do fabricante Perkin Elmer, modelo AA 700. Foi utilizada chama de ar/acetileno e lâmpadas de cátodo oco de cádmio, cromo e chumbo.

Os respectivos comprimentos de onda e os padrões utilizados nas curvas de calibração para cada elemento podem ser visualizados no Quadro 1 a seguir:

Quadro 1 – Especificações do experimento de FAAS

Elemento	Comprimentos de onda	Faixas
Cádmio	228,8 nm	1 a 5 mg/L
Cromo	357,9 nm	1 a 20 mg/L
Chumbo	283,3 nm	1 a 5 mg/L

Fonte: Autoria própria (2019).

O Quadro 2 demonstra as concentrações encontradas no experimento para cada elemento:

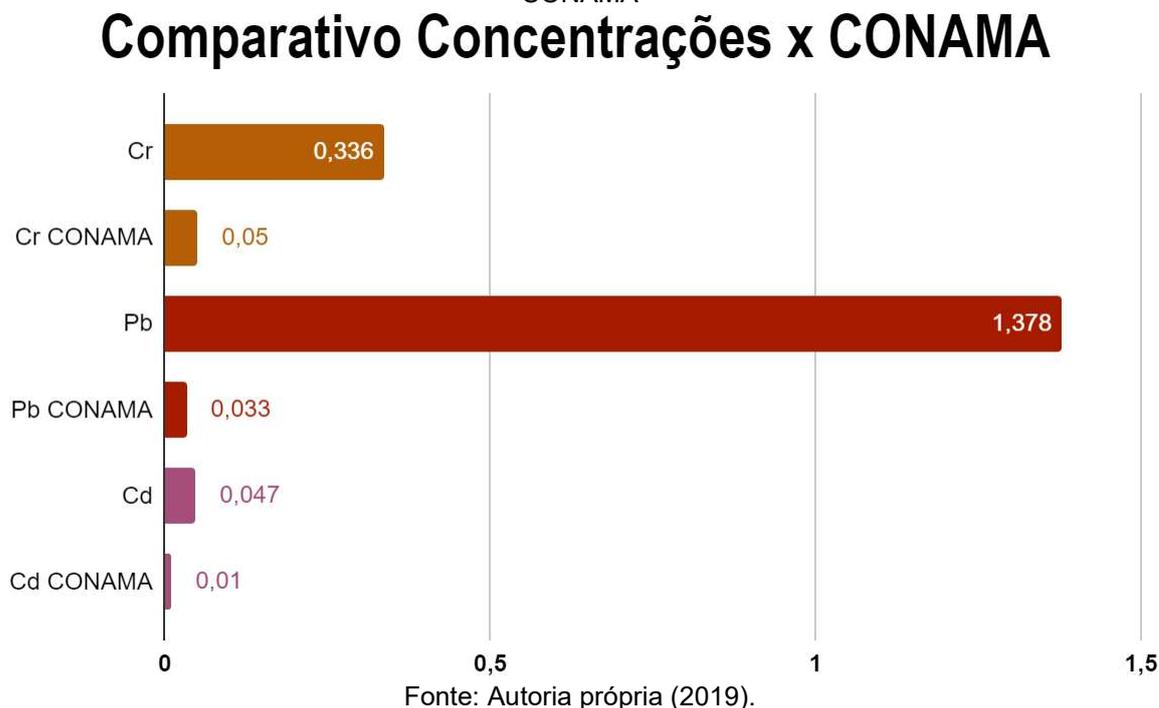
Quadro 2 – Espécies químicas e suas concentrações nas conchas de ostras coletadas

Composto analisado	Concentração encontrada	Desvio
Cd	0,047 mg/L	±0,002 mg/L
Pb	1,378 mg/L	±0,026 mg/L
Cr	0,336 mg/L	±0,012 mg/L

Fonte: Autoria própria (2019).

Considerando que a concha é derivada da ostra, animal aquático e filtrador, é possível comparar os valores identificados nas conchas respectivos a cada elemento e compará-los aos valores determinados pelo CONAMA como sendo limites máximos recomendados de concentração, é nítido que os valores indicam uma contaminação na concha da ostra, como indicado na Figura 17.

Figura 17 – Dados comparativos evidenciando as concentrações altas em relação ao previsto pelo CONAMA



Com a análise foi possível verificar uma quantidade relevante de materiais tóxicos presentes na composição da concha. Considerando que a concha é um animal cuja parte mole constitui-se de proteínas e sua carapaça, em praticamente todo o conteúdo, de cálcio, os valores indicam que este animal esteve durante a sua vida em um habitat cuja contaminação era existente.

Considerando a bioacumulação destes materiais ao corpo do animal, é evidenciado que são necessárias verificações nas águas das regiões. Para que o animal tivesse plenas condições de acumular estes materiais, seria necessário uma constância de cada um desses materiais na forma particulada, que foi filtrada junto com as demais partículas da alimentação do animal.

Quanto a cada elemento presente, é necessário que seja investigada a causa raiz de presença de cádmio, chumbo e cromo, entendendo exatamente quais os motivos que trouxeram tais materiais a estarem aderidos nas conchas.

Esse estudo traz grande relevância à saúde pública, já que os contaminantes da água mais nocivos são chumbo, mercúrio e cádmio.

Sobre o cromo é possível afirmar que as fontes de poluição ambiental deste elemento estão relacionadas a natureza de processos como poeiras de origem geológica, processos de erosão de rochas ricas do elemento (MENDES E

OLIVEIRA, 2004), o que pode justificar parcialmente a presença indicada no experimento. Rochas do próprio ambiente marinho poderiam conter cromo, mas não é descartada a possibilidade de materiais com toxicidade serem lançados como lixo ou esgoto aos rios e terrenos baldios da região.

Quanto ao chumbo, é um elemento que pode se acumular em plantas e animais, principalmente a partir da água, do solo e de sedimentos (AGRIPINO, 2009). As muitas formas das conchas terem acumulado Pb estão relacionadas às emissões de gases relacionados ao transporte, fábricas e utilização como matéria prima para pavimentos, cosméticos, moedas, pesos, louças e revestimentos. Os valores encontrados do material indicam a necessidade de investigação quanto a qualidade da água potável da região de Guaratuba. O chumbo faz parte da tríade de poluentes da água associado a riscos para saúde pública devido à toxicidade pela não solubilidade (AGRIPINO, 2009).

O cádmio apresentou uma concentração mais baixa em relação aos demais, mas ainda assim, maiores do que os valores recomendados a água da região. Sua aparição possivelmente está relacionada a sua origem geológica ocorrendo frequentemente como minérios de zinco, os quais podem constituir rochas marinhas, composição do solo sedimentado ou ainda, outra possibilidade está relacionado ao descarte incorreto de aparelhos eletrônicos, cujas constituições reportam cádmio.

De modo geral, esses elementos podem ser encontrados como complexos insolúveis com componentes inorgânicos. Quando presentes em ambientes aquáticos, e considerando uma vez presentes na cadeia alimentar, mostram acúmulo sucessivo, e associando isso aos bivalves filtradores, temos a hipótese de contaminação do ambiente que os animais foram extraídos.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo salientou um propósito ambiental para que a partir de procedimentos tecnologicamente viáveis, as conchas dos moluscos possam ser agentes substitutos, em escalas parciais ou integrais, da extração de carbonato de cálcio em rochas minerais, reduzindo assim os impactos das atividades extrativistas, economia de recursos logísticos e operacionais, reduzindo a possibilidade de contaminação em solos, águas e espécies animais.

A pesquisa deste trabalho deverá ainda auxiliar na elaboração de novas metodologias de análise de contaminação de regiões marinhas. Além disso, o caráter de otimização sustentável e econômica abrange aspectos de geração de novos negócios, e fontes de renda, que podem aumentar a rentabilidade de processos de produção.

De acordo com as análises químicas, é possível concluir que a área onde os animais foram extraídos contém metais pesados como constituintes, principalmente o chumbo, que tem características bioacumulativas, orientando que o material não se apresenta próprio para o consumo alimentício e que a água da região seja inspecionada.

É de total necessidade uma verificação da qualidade das águas de rios e praias da região de guaratuba, já que os compostos presentes nas conchas possuem baixa solubilidade e grande toxicidade, portanto, tanto a água, quanto a própria ostra sendo consumida como alimento, podem trazer malefícios à saúde da população da região.

A evidência de viabilidade do uso do material caracteriza um propósito que deve ser considerado constantemente em instituições de ensino, o ideal de trazer o retorno positivo à sociedade e meio ambiente.

A base do pó de concha de ostra foi desenvolvido de modo fácil e rápido, sem grandes investimentos ou equipamentos de última geração. Isso implica que, ao mínimo investimento que venha a ser apostado sobre o tratamento de conchas de ostras, podem trazer bons resultados quanto à padronização e agregação de valor monetário às conchas que são, hoje, consideradas lixo e inconvenientes.

REFERÊNCIAS

OLIVEIRA NETTO, A. A. de. **Metodologia da pesquisa científica: guia prático para a apresentação de trabalhos acadêmicos**. 3. Ed. Ver. E atual. Florianópolis: Visual Books, 2008.

DE ANDRADE, G. (23 de 12 de 2016). **Maricultura em Santa Catarina: a cadeia produtiva gerada pelo esforço coordenado de pesquisa, extensão e desenvolvimento tecnológico**. Extensio: Revista Eletrônica de Extensão, 13(24), 204.

SILVA Denyo, DEBACHER Nito Angelo, 2010 **CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA E MICROESTRUTURAL DE CONCHAS DE MOLUSCOS BIVALVES PROVENIENTES DE CULTIVOS DA REGIÃO LITORÂNEA DA ILHA DE SANTA CATARINA**. Quim. Nova, Vol. 33, No. 5, 1053-1058. Departamento de Química, Universidade Federal de Santa Catarina, 88040-900 Florianópolis – SC, Brasil
Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina, 88040-970 Florianópolis – SC, Brasil

SILVA, D., DEBACHER, N., DE CASTILHOS, A., & ROHERS, F. (2010). **Caracterização físico-química e microestrutural de conchas de moluscos bivalves provenientes de cultivos da região litorânea da ilha de santa catarina**. Química Nova, 33(5), 1053-1058.

HAMESTER, M., & BECKER, D. (s.d.). **Obtenção de carbonato de cálcio a partir de conchas de mariscos**.

JACOMEL, B.; CAMPOS, L. M. S. (2014). **Produção sustentável e controlada de ostras: ações em Santa Catarina (Brasil) rumo aos padrões internacionais de comercialização**.

CASTILHO-WESTPHAL G.I, OSTRENSKY, A., 2012. **Ecologia da ostra do mangue Crassostrea brasiliana (Lamarck, 1819) em manguezais da baía de Guaratuba-PR**.

GRADVOHL, M P G M, 2014. **Avaliação técnico-financeira de um cultivo da ostra do mangue, *Crassostrea brasiliana* (LAMARCK, 1818), NA COMUNIDADE DE GRACIOSA, MUNICÍPIO DE TAPEROÁ, BAHIA**

BATALHA,B.B., Regina Turatti Silva, H., Egert, P., Francisco Marcondes, L., & **Ambiental Mara Viviane dos Santos, E. (s.d.). "Bloco Verde": reaproveitamento de resíduos da construção civil e de conchas de ostras e mariscos.**

AGRIPINO, Alaíde Alves. **Contributo para a valorização da concha de ostra como suplemento alimentar: caracterização química da concha.** 2009. 119 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Tecnologia Alimentar/ Qualidade, Grupo de Disciplinas de Ecologia da Hidrosfera, Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa, Lisboa, 2009. Disponível em: <https://run.unl.pt/bitstream/10362/2037/1/Agripino_2009.pdf>. Acesso em: 04 jun. 2019.

DIAS, A. P., 2009. Produção de carbonato de cálcio no estado do Rio de Janeiro.

BESSLER, Karl E., LAÉCIO, C. Rodrigues. 2008, **OS POLIMORFOS DE CARBONATO DE CÁLCIO – UMA SÍNTESE FÁCIL DE ARAGONITA** Instituto de Química, Universidade de Brasília, CP 04478, 70904-970 Brasília – DF, Brasil

OLIVEIRA, Felipe Ventura, MARTINS, Afonso Henriques. 2009, Precipitação de carbonato de cálcio para aplicação industrial.

CAVALCANTI, André Dias. **Monitoramento da contaminação por elementos traço em ostras comercializadas em Recife, Pernambuco, Brasil.** Cad. Saúde Pública, Rio de Janeiro, v. 5, n. 19, p.1545-1551, set. 2003. Disponível em: <<https://www.scielo.org/article/csp/2003.v19n5/1545-1551/pt/>>. Acesso em: 04 jun. 2019.

GAGNON, C. & FISHER, N. S., 1997. **Bioavailability of sediment-bound methyl and inorganic mercury to a marine bivalve.** Environmental Science Technology, 31:993-998.

DOI, S., Oliveira, A., & Barbieri, E. (27 de 6 de 2015). **Determinação de coliformes na água e no tecido mole das ostras extraídas em Cananéia, São Paulo, Brasil.** Engenharia Sanitaria e Ambiental, 20(1), 111-118.

LO MONACO, P., Roldi Júnior, G., Vieira, G., Meneghelli, C., & Simon, C. (28 de 11 de 2018). **Conchas de ostras e cascas de ovos moídas como corretivos da acidez do solo** - DOI: 10.13083/1414-3984/reveng.v23n6p584-590. REVISTA ENGENHARIA NA AGRICULTURA - REVENG, 23(6), 584-590.

BESSLER, K. & RODRIGUES, L. (2008). **Os polimorfos de carbonato de cálcio - Uma síntese fácil de aragonita**. Quimica Nova, 31(1), 178-180.

ALCARDE J. C.; RODELLA A.A., 1996, **O equivalente em carbonato de cálcio dos corretivos da acidez dos solos**.

OLIVEIRA, Felipe Ventura (2009), **Aplicação industrial (Calcium carbonate precipitation for industrial application)**

TOKARNIA Carlos Hubinger; DOBEREINER Jürgen; PEIXOTO, Paulo Vargas (2000), **Deficiências minerais em animais de fazenda, principalmente bovinos em regime de campo**

SA, Luciano Moraes; GOMES, Paulo Cezar; ALBINO Luiz Fernando Teixeira; ROTAGNO Horácio Santiago; D'AGOSTINI Priscila, 2004. **Exigência nutricional de cálcio e sua biodisponibilidade em alguns alimentos para frangos de corte, no período de 1 a 21 dias de idade**

SALGUEIRO, S., Rostagno, H., Hannas, M., Carvalho, T., Maia, R., & Pessoa, G. (2014). **Digestibilidade do cálcio de ingredientes para suínos, avaliada por meio de dois métodos**. Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia, 66(5), 1539-1546.

MAGRI, Maria Elisa et al..... **Otimização do processo de nitrificação com o uso de conchas de ostras como material suporte em reatores aeróbios com biomassa fixa**. Eng Sanit Ambient, Florianópolis, v. 18, n. 2, p.123-130, abr. 2013. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/esa/v18n2/a04v18n2.pdf>>. Acesso em: 04 jun. 2019.

BOICKE, A. L.;Acchar, W.;Sant´anna, F. S. P.;Hotza, D. (2004). **Utilização de conchas de ostras como carga para produtos de policloreto de vinila (PVC)**.

DE PAULA, L. F.; ALVES, A. C.; ALVES, H. C. S.; RIBEIRO, E. A.; A. G. B.;
MADURRO; MADURRO, J. M., 03/02/2014. **Diretrizes para a construção de um
moinho de bolas para a moagem de sólidos em laboratórios**

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ. Sistema de Bibliotecas.
Normas para elaboração de trabalhos acadêmicos. Curitiba: UTFPR, 2009.