

UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DESIGN
MESTRADO EM DESIGN

ISIS LISBÔA VALLE FERREIRA

SEDIMENTOS DE UM ECOSSISTEMA LITORÂNEO:
experimentações com pó de exoesqueleto de caranguejo orientado ao design sustentável

São Luís

2024

ISIS LISBÔA VALLE FERREIRA

**SEDIMENTOS DE UM ECOSISTEMA LITORÂNEO:
experimentações com pó de exoesqueleto de caranguejo orientado ao design sustentável**

Dissertação apresentada à Universidade Federal do Maranhão, como requisito das exigências do Programa de Pós-Graduação em Design – PPGDg, para obtenção do título de Mestre em Design.

Linha de Pesquisa: Design - Materiais, Processos e Tecnologia.

Orientador: Prof. Dr. Denilson Moreira Santos.

São Luís

2024

Ficha gerada por meio do SIGAA/Biblioteca com dados fornecidos pelo(a) autor(a).
Diretoria Integrada de Bibliotecas/UFMA

FERREIRA, Isis Lisbôa Valle.

SEDIMENTOS DE UM ECOSISTEMA LITORÂNEO:
experimentações com pó de exoesqueleto de caranguejo
orientado ao design sustentável / Isis Lisbôa Valle
Ferreira. - 2024.
129 f.

Orientador(a): Denilson Moreira Santos.

Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-graduação em
Design/CCET, Universidade Federal do Maranhão, São Luís,
2024.

1. Materiais. 2. Resíduos. 3. Design. 4.
Sustentabilidade. 5. . I. Santos, Denilson Moreira. II.
Título.

ISIS LISBÔA VALLE FERREIRA

**SEDIMENTOS DE UM ECOSISTEMA LITORÂNEO:
experimentações com pó de exoesqueleto de caranguejo orientado ao design sustentável**

Aprovada em: 27 / 06 / 2024 .

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Denilson Moreira Santos (UFMA) - Orientador
Doutor em Química (UNESP)

Prof^ª. Dr^ª. Ivana Márcia Oliveira Maia (IFMA)
Doutora em Engenharia (UP - Portugal)

Prof^ª. Dr^ª. Ana Lúcia Alexandre de Oliveira Zandomeneghi (UFMA)
Doutora em Engenharia e Gestão de Conhecimento (UFSC)

Prof^ª. Dr^ª. Ingrid Gomes Braga (UEMA)
Doutora em Arquitetura e Design (UNICAM - Itália)

Para minha filha Yasmin, pela complacência e
amor.

À minha mãe, por todo o sacrifício, gentileza e
flexibilidade.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus, Nossa Senhora e meus guias, por abrir meus caminhos, me iluminar e me permitir concluir mais essa etapa da minha vida.

À minha filha Yasmin Rebecca, por ser a razão de minha existência e pela compreensão em relevar as minhas ausências em alguns momentos, e por todo o cuidado, amor, incentivo e carinho para que eu pudesse prosseguir.

À minha mãe, Socorro Reis, pelas orações e por todo o apoio, encorajamento e suporte a mim e à minha filha, nesse período de profunda dedicação. Sou eternamente grata!

Ao David Guilhon pela amizade, solicitude, estímulo, carinho e conhecimentos compartilhados, que me auxiliaram infinitamente, apaziguando minhas inquietações.

À Shirlen Cabral, à Kayalla Winnie e Saulo Simões, amigos maravilhosos que o mestrado me deu, a qual pude dividir as tensões, angústias, inseguranças, conhecimentos e também risadas fantásticas. Espero que nossa amizade perdure por toda a vida.

Ao meu orientador Prof. Dr. Denilson Santos por sua sapiência e principalmente por sua tranquilidade e paciência singular, me viabilizando ferramentas e materiais indispensáveis, além de me direcionar com carinho e dedicação para que eu realizasse a pesquisa.

Ao Laboratório de Design Cerâmico - UFMA, pela estrutura essencial para o desenvolvimento dos ensaios, enriquecidos pelos saberes e coordenação de meu orientador.

Aos meus companheiros de mestrado, pelo aporte, união e apoio recíproco, que proporcionaram dias mais leves nessa intensa jornada! E principalmente ao nosso querido e cortês José Ricardo, que nos deixou precocemente.

Aos professores maravilhosos que compõem o corpo docente do Programa de Pós-Graduação em Design – PPGDg/UFMA, por todo o acolhimento e conhecimento compartilhado, que nos auxiliaram para as etapas serem concluídas com louvor e sabedoria.

Não posso esquecer de D. Nilde, do corpo de conservação da UFMA e de Valério e Emanuel, os guardas da segurança do Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas — CCET, pelo carinho, torcida e preocupação.

Agradeço também, à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES, pelo fomento da bolsa de estudos, que assegurou e contribuiu significativamente para a elaboração desta pesquisa.

Enfim, agradeço a todos àqueles que contribuíram direta e indiretamente para a realização desta investigação científica. Muito obrigada!

“O futuro não é um lugar onde estamos indo, mas um lugar que estamos criando. O caminho para ele não é encontrado, mas construído e o ato de fazê-lo muda tanto o realizador quanto o destino”.

Antoine de Saint-Exupéry

RESUMO

No decorrer da evolução humana, junto às inúmeras benesses provenientes dos avanços da ciência e tecnologia, o consumo exacerbado, a exploração desenfreada dos recursos naturais e o intenso descarte de resíduos sólidos, vêm causando detrimento ambiental significativo. Logo, com o intuito de promover um prognóstico futuro favorável, é primordial haver uma reflexão e direcionamento para alternativas eficazes e sustentáveis, a fim de otimizar a qualidade de vida, oferecendo perspectiva às gerações futuras e ao ecossistema. Ao refletir sobre a imensidão que compreende a esfera do design e o domínio de interferência que detém, é essencial atrelar o processo projetual às questões ambientais. Seja mediante a reflexão, criação e/ou aprimoramento de materiais já existentes a partir da exploração de ideias inovadoras e tecnologias, possibilitando novas aplicações e possíveis soluções aos desafios ambientais atuais. À vista disso, este estudo aborda o aproveitamento de compósitos orientados à sustentabilidade através da atribuição dos resíduos de exoesqueleto de caranguejo descartados pelos bares localizados na Avenida Litorânea de São Luís – MA, em massa cerâmica vermelha. Nesse contexto, pretende-se analisar o efeito da incorporação destes materiais e suas características quanto às propriedades físicas e mecânicas, como proposta de aplicação em novos ciclos produtivos. A investigação se deu através dos percentuais de 5%, 10% e 15% de resíduos. Estes, foram submetidos à três temperaturas de queima, sendo elas 950 °C, 1000 °C e 1050 °C. Mediante os resultados, antecipa-se que a pesquisa comprovou um aumento relevante na resistência da cerâmica elaborada com as composições de 5% e 10% de resíduos de caranguejo. Estas, foram submetidas à temperatura de queima de 1000 °C. Logo, os resultados comprovam a importância de pesquisas que estimulam a reflexão sobre os impactos ambientais e a novas maneiras de elucidar ou minimizar os efeitos gerados pela forma de descarte e consumo. Além disso, instiga a novos estudos acerca do assunto, favorecendo as áreas do design de produtos, materiais e engenharias.

Palavras-chave: materiais; resíduos; design; sustentabilidade.

ABSTRACT

In the course of human evolution, along with the countless benefits of advances in science and technology, exacerbated consumption, the unbridled exploitation of natural resources and the intense disposal of solid waste have caused significant environmental detriment. Therefore, in order to promote a favorable future prognosis, it is essential to reflect on and target effective and sustainable alternatives in order to optimize quality of life, offering prospects for future generations and the ecosystem. Reflecting on the immensity of the sphere of design and its domain of interference, it is essential to link the design process to environmental issues. Whether it's through reflection, creation and/or improvement of existing materials through the exploration of innovative ideas and technologies, enabling new applications and possible solutions to current environmental challenges. In view of this, this study addresses the use of sustainability-oriented composites through the allocation of crab exoskeleton waste discarded by bars located on Avenida Litorânea in São Luís - MA, in red ceramic mass. In this context, the aim is to analyze the effect of incorporating these materials and their characteristics in terms of physical and mechanical properties, as a proposal for application in new production cycles. The investigation was carried out using percentages of 5%, 10% and 15% waste. These were subjected to three firing temperatures: 950 °C, 1000 °C and 1050 °C. Based on the results, it is anticipated that the research showed a significant increase in the strength of ceramics made with 5% and 10% crab waste. These were subjected to a firing temperature of 1000 °C. Therefore, the results prove the importance of research that stimulates reflection on environmental impacts and new ways of elucidating or minimizing the effects generated by the form of disposal and consumption. It also encourages new studies on the subject, favoring the areas of product design, materials and engineering.

Keywords: materials; waste; design; sustainability.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Proporção de material para confecção de corpos de prova (valor unitário)	81
Tabela 2 - Equação para determinar absorção de água.....	86
Tabela 3 - Equação para determinar porosidade aparente	86
Tabela 4 - Equação para determinar densidade aparente.....	87
Tabela 5 - Equação para determinar perda ao fogo	87
Tabela 6 - Equação para determinar retração linear	88
Tabela 7 - Equação para determinar módulo de ruptura à flexão	90
Tabela 8 - Análise visual dos corpos de prova pós-sinterização	105

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Absorção de Água (AA) e Porosidade Aparente em função do percentual de resíduo de caranguejo (RC)	98
Gráfico 2 - Densidade Aparente (DA) e Perda ao Fogo (PF) em função do percentual de resíduo de caranguejo (RC)	100
Gráfico 3 - Retração Linear (LR) após a queima em função do percentual de resíduo de caranguejo (RC).....	101
Gráfico 4 - Resistência à flexão (RF) em função da deformação para as composições contendo 0%, 5%, 10% e 15% (respectivamente A, B, C e D) de RC queimadas na temperatura de 950 °C	102
Gráfico 5 - Resistência à flexão em função da deformação para as composições contendo 0, 5, 10 e 15% (respectivamente A, B, C e D) de RC queimadas na temperatura de 1000 °C ..	103
Gráfico 6 - Resistência à flexão em função da deformação para as composições contendo 0, 5, 10 e 15% (respectivamente A, B, C e D) de RC queimadas na temperatura de 1050 °C ..	104

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Classificação dos Resíduos Sólidos quanto à origem.....	23
Figura 2 - Classificação dos Resíduos Sólidos quanto à periculosidade.....	24
Figura 3 - Classificação dos Materiais Compósitos	33
Figura 4 - Urna funerária marajoara em cerâmica.....	39
Figura 5 - Processo de fabricação artesanal de artefato em cerâmica	46
Figura 6 - Classificação da argila	49
Figura 7 - Classificação do barro.....	50
Figura 8 - Área de mangue em Atins localizado em Barreirinhas - MA.....	53
Figura 9 - Caranguejo-uçá em toca no manguezal em Atins-Barreirinhas/MA.....	56
Figura 10 - Infográfico da metodologia.....	74
Figura 11 - Argila vermelha, natural, proveniente do município de Rosário - MA	76
Figura 12 - Exoesqueleto de caranguejo limpo e desidratado	76
Figura 13 - Pó de vidro.....	77
Figura 14 - Feldspato.....	77
Figura 15 - Caulim.....	78
Figura 16 – Paquímetro digital, peneira metálica e recipientes utilizados para manipular as matérias-primas	79
Figura 17 - Processo de elaboração do material	80
Figura 18 – Materiais peneirados	80
Figura 19 - Homogeneização e preparação de mistura	81
Figura 20 - Preparação dos corpos de provas.....	82
Figura 21 - Ficha de ensaios para temperatura referente à 950 °C.....	83
Figura 22 - Ficha de ensaios para temperatura referente à 1000 °C.....	83
Figura 23 - Ficha de ensaios para temperatura referente à 1050 °C.....	84
Figura 24 - Secagem dos corpos de prova em estufa	84
Figura 25 - Gráfico do processo de sinterização	85
Figura 26 - Ensaio de absorção de água	86
Figura 27 - Máquina Universal de Ensaios	88
Figura 28 - Dispositivo de Flexão para ensaios.....	89
Figura 29 - Principais telas do software utilizado	89
Figura 30 - Primeira remessa de amostras a 850 °C.....	92
Figura 31 - Amostras submetidas à 900 °C	92

Figura 32 - Amostras submetidas à 950 °C	93
Figura 33 - Amostras submetidas à 1050 °C	93
Figura 34 - Amostras submetidas à 1000 °C	94
Figura 35 - Peças armazenadas se desmanchando	94
Figura 36 - Tentativa com feldspato.....	95
Figura 37 - Amostras com pó de vidro e quartzo, respectivamente	96
Figura 38 – Antes e depois da sinterização das peças finais	97
Figura 39 - Tipos de falhas observadas	106
Figura 40 - Diferença nas tonalidades conforme percentual de RC, temperatura de queima e tempo decorrido.....	107
Figura 41 - Painel semântico para auxiliar no processo criativo.....	108
Figura 42 - Produtos confeccionados	109

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AA	Absorção de Água
ABCERAM	Associação Brasileira de Cerâmica
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
CaCO ₃	Carbonato de Cálcio
CaO	Óxido de Cálcio
CO ₂	Dióxido de Carbono
CP	Corpo de Prova
DA	Densidade Aparente
DRX	Difração de Raio-X / Difractometria de Raio-X
ICMBio	Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade
ISO	International Organization for Standardization (Organização Internacional de Normalização)
MPa	Megapascal
MRF	Módulo de Ruptura à Flexão
NBR	Norma Brasileira de Regulamentação
NuGeo	Núcleo Geoambiental
ODS	Objetivos de Desenvolvimento Sustentável
ONU	Organização das Nações Unidas
PA	Porosidade Aparente
PF	Perda ao Fogo
PNRS	Plano Nacional de Resíduos Sólidos
RC	Resíduo de Caranguejo
RF	Resistência à Flexão
RL	Retração Linear
RSI	Resíduos Sólidos Industriais
RSU	Resíduos Sólidos Urbanos
UEMA	Universidade Estadual do Maranhão
UNESCO	United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura)

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	15
1.1. Objetivos.....	17
1.1.1. Objetivo geral.....	17
1.1.2. Objetivos específicos	17
1.2. Hipótese.....	17
1.3. Justificativa.....	18
1.4. Estrutura do trabalho.....	20
2. ASPECTOS TEÓRICOS	21
2.1. Resíduos sólidos: uma problemática ambiental.....	22
2.1.1. Impactos socioambientais: uma preocupação constante.....	26
2.1.2. Aproveitamento de resíduos sólidos: uma tendência sustentável	29
2.2. Materiais compósitos: infinitas possibilidades	31
2.2.1. Seleção, processamento e aplicações: aspectos complexos.....	34
2.3. Cerâmica: um material milenar	38
2.3.1. Considerações relevantes sobre a cerâmica	42
2.3.2. Argila ou barro? Caracterizando a matéria-prima	47
2.4. Mangue: um ecossistema singular na Amazônia Legal.....	51
2.4.1. Caranguejo-uçá	55
2.4.2. Pinçando possibilidades: aplicabilidade e aspectos tecnológicos do exoesqueleto de caranguejo.....	58
2.5. Design e sustentabilidade na pesquisa de materiais: convergência criativa.....	60
2.5.1. Biomimética: novas perspectivas para o design	63
2.5.2. Design e artesanato pelos fluxos sustentáveis	66
3. MÉTODOS E TÉCNICAS.....	71
3.1. Etapas metodológicas.....	72
3.2. Processo produtivo: aspectos técnicos.....	75
3.2.1. Caracterização das matérias-primas, materiais e equipamentos	75
3.2.2. Elaboração do material	79
3.2.3. Procedimento de conformação.....	81
3.2.4. Secagem	84
3.2.5. Processo de sinterização	85
3.3. Propriedades tecnológicas.....	85

3.3.1. Absorção de água (AA)	85
3.3.2. Porosidade aparente (PA)	86
3.3.3. Densidade aparente (DA).....	87
3.3.4. Perda ao fogo (PF)	87
3.3.5. Retração linear (RL)	87
3.3.6. Módulo de ruptura à flexão (MRF).....	88
3.3.7. Análise Visual.....	90
3.3.8. Aplicação	90
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	91
4.1. Percursos do processo produtivo.....	91
4.2. Análise dos corpos de prova.....	98
4.2.1. Considerações sobre as propriedades tecnológicas.....	98
4.2.2. Considerações gerais sobre a análise visual.....	105
4.3. Análise do procedimento de conformação.....	108
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS E SUGESTÕES PARA ESTUDOS FUTUROS.....	110
5.1. Sugestões para estudos futuros	111
REFERÊNCIAS	112
APÊNDICES	120

1. INTRODUÇÃO

Ao analisar o panorama atual, onde o estilo de vida consumista anseia pelas inovações tecnológicas, o ato de “conceber” vai além de sua estética e função. Faz-se necessário refletir com um olhar minucioso, de maneira universal, principalmente, no que concerne quanto aos impactos ambientais provenientes do ciclo produtivo e do ecossistema em si. Assim, é primordial considerar formas criativas, sustentáveis e ecoeficientes na adoção de novos modelos para a elaboração de projetos, a fim de valorizar os recursos naturais e técnicas existentes.

Progressivamente, a humanidade experienciou inúmeras descobertas e invenções que modificaram o modo de vida da sociedade e de todo o ecossistema. Ao considerar os problemas e as condições atuais do planeta, o designer pode e deve ter um papel fundamental, tornando-se “parte da solução”, a partir de sua missão ética de promover uma melhora na qualidade do mundo (Manzini, 2008). Logo, é crucial buscar alternativas eficazes por meio de experimentos objetivando o desenvolvimento de projetos e pesquisas que estabeleçam as questões ambientais como uma prioridade.

Todavia, há uma linha tênue entre a escolha dos métodos e materiais adequados para acontecer a sustentabilidade em si, propriamente dita, de maneira que não gere mais resíduos e não cause impactos negativos ao meio ambiente. Para tal, é necessário considerar fatores importantes desde a concepção até o descarte. Manzini e Vezzoli (2002) reiteram a necessidade de propor um cenário em que seja possível visualizar um futuro promissor, de modo que isso possa antecipar alguns aspectos, assumindo um papel de catalisador de energias projetuais e recursos sociais, a fim de contribuir para a posteridade.

Mediante projetos de design com enfoque nas questões sustentáveis, é possível conectar de maneira harmônica a natureza às iniciativas humanas. Leal (2002, p. 185) assegura que “o design é ecológico por definição: tem raízes na natureza e seus resultados contribuem para o ajuste entre grupos humanos e seu ambiente”. Por conseguinte, as pesquisas acadêmicas constituem uma expressiva relevância nas questões de aprimoramento das tecnologias e inovações, essencialmente na esfera do design.

Com o cenário vigente quanto aos aspectos ambientais, tópicos que abordam temáticas sustentáveis considerando os descartes de resíduos são fundamentais. Há uma infinidade de oportunidades de estudos com tais enfoques, que podem suceder em resultados e alternativas eficazes a inúmeras problemáticas, as quais a maioria delas possui relação direta ao consumo e descarte de resíduos.

Ao versar sobre tais questões, é possível citar como exemplo, o projeto de Lopes (2020), que idealizou a elaboração de embalagens a partir de carapaças de caranguejo-uçá, utilizando particulados desproteinizados do caranguejo e Poli (acetato de vinila), como matéria-prima para fabricação de embalagens.

Pesquisas que abordam este tipo de problemática envolvendo sedimentos de caranguejo, apresentam soluções viáveis e sustentáveis para minimizar a degradação causada por seu descarte, uma vez que este, é gerador de muitos resíduos, dificultando sua absorção pelo ecossistema. Desta maneira, este problema ambiental destaca uma das matérias-primas a serem estudadas nesta pesquisa.

Tal interesse surgiu a partir da observação sobre o consumo e descarte do caranguejo-uçá nos bares localizados na orla marítima de São Luís - MA, onde há uma comercialização semanal considerável e descarte inadequado do exoesqueleto dos caranguejos consumidos. Diante de tais observações, surgiram alguns questionamentos aos quais, a referida pesquisa tem em vista apresentar, de maneira preliminar, propostas viáveis e condizentes com a problemática observada.

Conforme Castro (2001, p. 41), “todos os passos [...] - elaboração do projeto, identificação e seleção dos estudos, extração dos dados, avaliação da qualidade, análise, apresentação e interpretação dos resultados - são guiados pela pergunta da pesquisa”. Assim, a questão propõe esclarecer a seguinte pergunta: “Como os resíduos do exoesqueleto de caranguejo descartados pelos bares da Avenida Litorânea, localizada em São Luís - MA, podem ser reaproveitados e incorporados a outros materiais de modo a agregar benefícios sustentáveis, funcionais e econômicos?”.

À vista disso, este estudo aborda o aproveitamento de compósitos orientados à sustentabilidade através da atribuição dos resíduos de exoesqueleto de caranguejo descartados pelos bares localizados na Avenida Litorânea de São Luís - MA, em massa cerâmica vermelha. Nesse contexto, pretende-se analisar o efeito da incorporação destes materiais e suas características quanto às propriedades físicas e mecânicas ao ser submetido a processos de conformação, como proposta de aplicação na fabricação de produtos artesanais.

Partindo desse pressuposto, há as questões envolvendo as propriedades tecnológicas, características, uso e aplicações destes materiais, objetivando não gerar e/ou reduzir a quantidade de resíduos sólidos descartados. Tais questões, se apresentam como um fator decisivo para as inovações serem eficazes e funcionais. Nesta esfera, o designer pode atuar desenvolvendo novos materiais, produtos e técnicas, estudando e/ou analisando a composição,

características e possíveis aplicações de materiais existentes, visando propor melhorias e soluções inovadoras para a área do design de produto, materiais e engenharias.

1.1. Objetivos

1.1.1. Objetivo geral

Analisar o efeito da incorporação do pó do exoesqueleto de caranguejo em massa cerâmica vermelha como proposta de aproveitamento orientado à sustentabilidade, mediante a aplicação na fabricação de produtos artesanais, com base nas diretrizes do design.

1.1.2. Objetivos específicos

- Elaborar o estado da arte sobre o uso de resíduos em massa cerâmica vermelha orientados à sustentabilidade;
- Realizar ensaios com as composições contendo resíduos do pó do exoesqueleto de caranguejo;
- Determinar as propriedades tecnológicas das composições cerâmicas desenvolvidas;
- Aplicar o compósito na fabricação de produtos artesanais.

1.2. Hipótese

Na esfera acadêmica, pesquisas que abrangem o aproveitamento de resíduos sólidos via compósitos sustentáveis, demonstram haver a possibilidade de contribuir de maneira positiva para o meio ambiente, comunidade e comércio regional. Alguns materiais quando adicionados à massa cerâmica podem favorecer de maneira satisfatória e peculiar às suas propriedades.

Para a realização desta pesquisa, foram escolhidos o caranguejo e a massa cerâmica vermelha como matérias-primas e objeto de estudo. Vale ressaltar que ambos são encontrados em abundância no Estado do Maranhão. Abreu *et al.* (2013, p. 631) afirmam que “as carapaças de caranguejo são fontes ricas em quitina. No Brasil, as principais áreas de ocorrência e produção deste crustáceo estão concentradas nas regiões Norte e Nordeste, as quais contribuem com 70% da produção nacional”.

Quanto à massa cerâmica vermelha, Magalhães *et al.* (2021, p. 82090) asseguram que “o estado do Maranhão possui um grande número de jazimentos de argilas, matéria-prima que abastece a indústria de cerâmica vermelha local”. Esse fator, dá-se especialmente a questões geológicas, condicionadas à região. Nesse contexto, há também a questão financeira e social. Morais (2015, p. 18) reitera que “a indústria cerâmica possui relevância nacional e regional,

possibilitando a movimentação financeira e a oferta de empregos, crescendo consideravelmente nos últimos anos”.

A relevância da argila na região maranhense, vai muito além de suas características físicas e mecânicas. Representa a identidade de comunidades através da produção artesanal de artefatos, movimentando a economia local, uma vez que, é um material encontrado facilmente na natureza, em abundância e de baixo custo e processamento.

Contudo, a argila é um recurso natural não-renovável, o qual para a fabricação do material cerâmico, é utilizada em seu processamento convencional, uma quantidade considerável apenas adicionada à água. Além disso, conforme Paz, Holanda e El-Deir (2015, p. 286), “observando o quantitativo necessário para abastecer uma indústria cerâmica, percebe-se que há uma necessidade de planejamento da exploração e uso dos recursos naturais não renováveis, pois estes podem se tornar escassos e inviabilizar determinados processos produtivos”.

Tais fatores, fazem com que seja imprescindível a incorporação de outros materiais tendo em vista reduzir o uso deste elemento natural para preservar sua existência. Logo, uma alternativa viável é a incorporação de outros materiais como o pó do exoesqueleto de caranguejo, o qual é uma matéria-prima renovável.

Portanto, formulou-se a hipótese de que o pó do exoesqueleto de caranguejo, possa ser aproveitado e associado à massa cerâmica vermelha, visando potencializar as características e propriedades de tal material, possibilitando novas aplicações. Dessa forma há a possibilidade de contribuir para a redução dos resíduos gerados e agregar valor local e ao material em si.

1.3. Justificativa

Com o passar dos anos, a exploração desenfreada dos recursos naturais e o intenso descarte de resíduos sólidos vem causando um aumento considerável no impacto ambiental, reforçando a necessidade de haver uma preocupação maior quanto à sustentabilidade, escassez de matérias-primas e descarte de materiais. Conforme Araújo *et al.* (2009, p. 16) “o crescimento populacional nos centros urbanos tem agravado o problema do gerenciamento dos resíduos sólidos gerados pelos habitantes, causados, principalmente, pelo volume de lixo produzido e pelo estilo de vida consumista”.

Com o avanço da ciência e da tecnologia, vêm surgindo inúmeros novos materiais, permitindo que o âmbito do design possa se mostrar cada vez mais eficiente e inovador. Ao criar e/ou aprimorar materiais já existentes a partir da exploração de novas ideias e tecnologias, possibilita novas aplicações e possíveis soluções às problemáticas preexistentes.

Uma alternativa sustentável e tecnológica é a utilização e aproveitamento destes resíduos para novos processos produtivos que podem apresentar características inovadoras quanto às questões estéticas e funcionais, além de apresentar um custo reduzido, e ser uma opção ecológica e social. Ao abordar tais questões, é relevante citar como exemplo a incorporação do pó do exoesqueleto de caranguejo em outros materiais.

Existem inúmeras possibilidades de aproveitamento destes resíduos nos mais variados segmentos, desde o âmbito da nutrição ao da construção civil, aos quais os resíduos de caranguejo podem ser utilizados para gerar matéria-prima de valor comercial. As diferentes condições de extração e produção desses resíduos, assim como as suas propriedades e grau de pureza que definirão a sua aplicação (Ribeiro, 2017).

Dessa forma, os resíduos (parte não comestível do animal, como o exoesqueleto) provenientes de crustáceos têm sido utilizados como matéria-prima para a produção de materiais com maior valor agregado (Hamed; Ozogul; Regenstein, 2016). Um novo direcionamento para esses materiais é essencial para a descoberta e aplicabilidade em novos produtos, movimentando a economia e oferecendo novas oportunidades à sociedade, além de minimizar os impactos causados ao meio ambiente pelo descarte inadequado.

Outro aspecto interessante a salientar, que envolve o caranguejo e a argila, é quanto à questão de ambos serem extraídos da natureza. Conforme Terceiro, Santos e Correia (2013, p. 95) “a costa do Estado do Maranhão possui a maior extensão de manguezais do país”. O caranguejo-uçá é o segundo maior crustáceo encontrado no manguezal, constituindo a espécie mais explorada para o consumo humano (Olmos; Silva, 2003). Outra característica favorável a esse ecossistema devido à rica hidrografia, é a presença de sedimentos como a argila que é a base da massa cerâmica vermelha.

Ambos os materiais apresentam características favoráveis na análise das propriedades tecnológicas, trazendo benefícios para o meio ambiente ao reduzir o descarte de resíduos e destiná-los a novos fins. Além disso, podem contribuir gerando lucro para as comunidades locais, beneficiando o aspecto econômico, cultural e regional. Logo, propostas como essa em questão, proporciona benesses visando a melhoria na qualidade de vida, harmonizando para que se atinjam alguns dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável¹ – ODS (ONU, 2018).

Assim, o referido projeto se alinha a duas ODS's que compõem os objetivos: 9 – Indústria, inovação e infraestrutura e 12 - Consumo e produção responsáveis. Ao promover o

¹ São uma convocação global à ação para combater a pobreza e preservar o clima e o meio ambiente, estabelecidos pela Organização das Nações Unidas (ONU), mediante uma agenda mundial, com metas e objetivos, que visam assegurar o bem-estar, a paz e a prosperidade de toda a humanidade.

crescimento econômico inclusivo e sustentável vinculado ao desenvolvimento de uma atividade produtiva e artesanal, quando aplicado em comunidades locais, pode promover a criação de empregos, estimular o empreendedorismo, a criatividade e a inovação. Além disso, há a oportunidade de fomentar o turismo por meio da cultura e da identidade dos produtos regionais.

Direcionando-o ao setor industrial, fomenta a inovação e fortalece a pesquisa científica, apoiando a evolução tecnológica, com atenção especial à necessidade de uma gestão sustentável e à utilização eficiente dos recursos naturais locais como a argila. Outro aspecto relevante é a redução dos impactos ambientais gerados pelo descarte de sedimentos de caranguejo na região litorânea de São Luís. Ao orientar a utilização e reciclagem, garante-se mais segurança à cidade e à comunidade, além de salvaguardar a saúde humana, o meio ambiente e o patrimônio cultural e natural maranhense.

Por conseguinte, aspira-se que este trabalho possa contribuir de maneira relevante com as áreas do design de produtos, materiais e engenharias, mediante sua fundamentação teórica e em pesquisas que envolvam compósitos cerâmicos. Além disso, pretende-se incentivar a comunidade acadêmica a novos estudos mais aprofundados acerca do assunto com ênfase na sustentabilidade.

1.4. Estrutura do trabalho

O referido trabalho é constituído por cinco seções. Na primeira seção é apresentado a contextualização do tema, abordando o escopo introdutório, condensando a delimitação da pesquisa, pergunta, objetivos, hipótese e justificativa.

Em sequência, na segunda seção, são fundamentados os aspectos teóricos contemplando o aproveitamento dos resíduos sólidos e os impactos socioambientais. Da mesma forma, é explanado sobre os materiais compósitos e seus atributos, além da caracterização e dos elementos essenciais relacionados aos aspectos tecnológicos e às aplicabilidades do exoesqueleto de Caranguejo-uçá. Igualmente, faz-se uma apresentação sobre a cerâmica vermelha, sua matéria-prima, as características e aplicações, relacionando o design para a sustentabilidade na pesquisa de materiais compósitos, no âmbito da Amazônia Legal.

A terceira seção explana sobre a abordagem da pesquisa, caracterizando-a e descrevendo as etapas metodológicas necessárias para o seu desenvolvimento, conceituando os valores e apresentando os aspectos técnicos do processo produtivo. Posteriormente, na quarta seção, dá-se início às apresentações dos resultados e discussões, mediante as análises das metodologias aplicadas, assim como todo o percurso trilhado para se conquistar as considerações finais e sugestões para estudos futuros, na quinta e última seção.

2. ASPECTOS TEÓRICOS

Nesta seção é apresentado um compilado sobre os aspectos teóricos inerentes ao desenvolvimento da pesquisa em questão, com enfoque na concepção por meio do aproveitamento de resíduos orientados à sustentabilidade. Igualmente, há a preocupação em valorizar os recursos naturais locais e apresentar novas perspectivas de aplicação através do processo projetual do design, impulsionando o território e agregando valor aos artefatos cerâmicos.

Logo, ao ressignificar e direcionar o olhar a novas possibilidades de aplicação ao exoesqueleto de caranguejo e à argila, é possível fortalecer os sistemas produtivos locais e movimentar a economia de maneira sustentável. Queluz (2020, p. 8) reitera que “o design e os conceitos acionados em seus discursos são situados no tempo e no espaço, dinamizados e relativizados nos atos de projetar, consumir e usar, em diálogo com os valores sociais e culturais”.

A idealização projetual engloba aspectos singulares que se convergem em uma perspectiva plural e complexa, resultante da harmonia entre a utilização de técnicas criativas e abordagens metodológicas. Krucken (2009, p. 42) declara que “existem vários conceitos e interpretações associadas ao design. A palavra refere-se tanto ao *desenho* como ao *projeto* e ao *planejamento* de produtos, serviços e sistemas”.

Para tal, é primordial percorrer etapas conectando conceitos, técnicas e experiências através da observação e demais aspectos relevantes, captados de maneira multidisciplinar e transversal. Ao agregar conhecimentos de forma holística no aporte teórico, o designer viabiliza o desenvolvimento de projetos singulares com amplas possibilidades por meio da troca e aplicação de sabedorias.

O design é uma atividade projetual integrada a várias áreas do conhecimento, estabelecendo relações múltiplas para a solução de problemas de concepção e produção de imagens e objetos que têm por alvo atender às necessidades do homem e da comunidade – sem esquecer o forte impacto ambiental dos processos (Leal, 2002, p. 203).

Portanto, a fundamentação teórica a seguir é um percurso indispensável para a compreensão da relevância desta pesquisa ao abordar sobre os sedimentos em questão. Mediante pesquisas acadêmicas como esta, na qual o design converge com áreas distintas, é possível apresentar os benefícios obtidos através do aproveitamento de tais compósitos, orientando-os a um viés sustentável, por meio da concepção de um processo projetual ecoeficiente.

2.1. Resíduos sólidos: uma problemática ambiental

Há algumas décadas, o mundo começou a despertar para a importância das questões ambientais ao sentir as mudanças ocasionadas no planeta. Em 1992, foi realizada na cidade do Rio de Janeiro, a Conferência da Organização das Nações Unidas (ONU) sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento (ECO-92 ou Rio-92). Esta, foi uma das primeiras conferências ambientais, a qual se destacou por abordar as mudanças climáticas e as questões da biodiversidade e ecossistema.

No decorrer dos anos, a preocupação com a preservação ambiental tem tido destaque em debates complexos, principalmente entre as grandes nações e o setor industrial. Ao abordar sobre tais questões, faz-se necessário explanar previamente de maneira sucinta sobre alguns aspectos técnicos, uma vez que, a problemática que envolve os resíduos sólidos detém uma preocupação ambiental especial e demanda uma classificação singular para melhor entendimento da dimensão do problema.

Ao estabelecer de maneira geral que resíduo é tudo aquilo que sobra de determinada essência ou matéria, é comum equipará-lo ao lixo. Contudo, há divergências entre tais denominações. Segundo Ferreira (2010, p. 471), lixo é “o que se varre da casa, da rua, e se joga fora; entulho. Coisa imprestável”. Ao denominar resíduo, Ferreira (2010, p. 661) assegura que é “o que resta de qualquer substância; resto”.

Outros autores vão mais além quanto à definição e estendem a explicação ao incorporar a palavra “sólido”. Conforme Ribeiro e Morelli (2009, p. 19), “a palavra lixo origina-se do latim *lix*, que significa cinzas ou *lixívia*. [...] A denominação resíduo sólido, *residuu*, do latim, significa o que sobra de determinadas substâncias, e a palavra sólido é incorporada para diferenciá-los de, gases e líquidos”. Dessa forma, generalizando é possível sintetizar que:

Resíduos são todas as “coisas” indesejadas geradas na produção ou consumo de bens. Em outras palavras, ninguém quer gerar resíduos. Mas, na prática, a massa de resíduos sólidos gerada pela sociedade industrial é muito superior à massa de produtos consumidos: todos os bens que consumimos ao final da sua vida útil serão resíduos (Ribeiro; Morelli, 2009, p. XV).

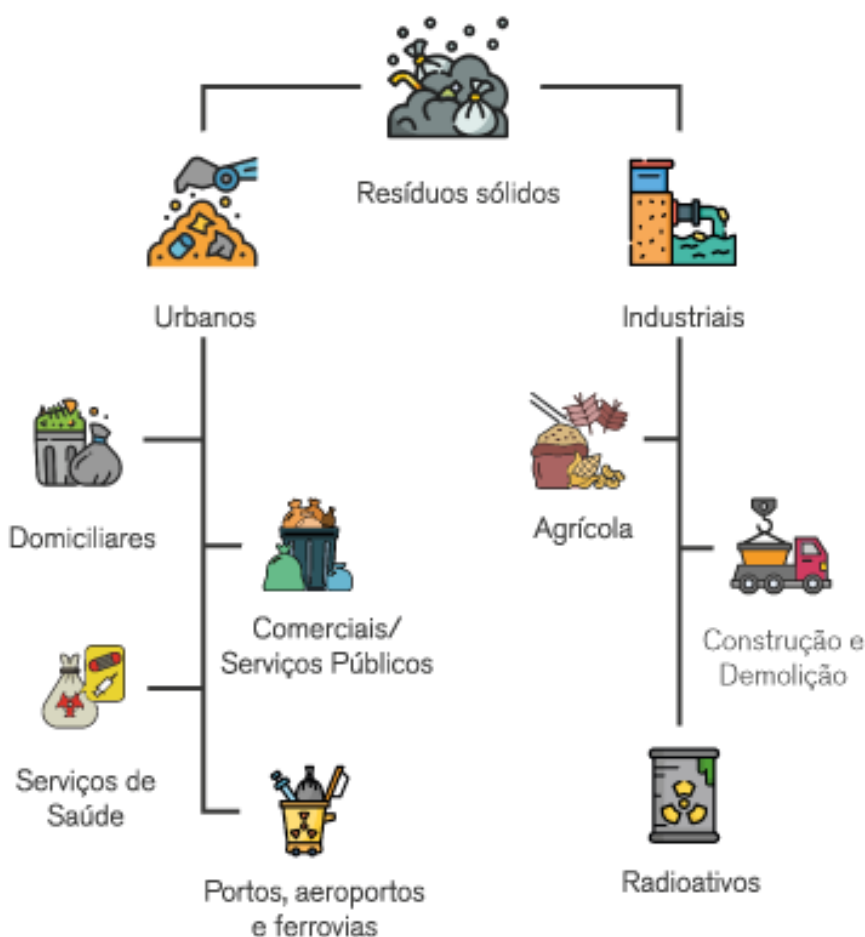
Logo, ao tomar como base a classificação definida pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), em sua norma NBR 10004 (2004), é essencial considerar a identificação do processo ou atividade que lhes deu origem, assim como seus constituintes e as suas características. Isto ocorre a fim de compará-los com listagens de resíduos e substâncias que apresentam conhecido impacto à saúde e ao meio ambiente.

Tais definições podem sofrer variações conforme os conceitos próprios dos mais diversos autores, como foi visto anteriormente. Todavia, independente da forma como são conceituadas, em síntese convergem a uma denominação comum, mesmo no que tange à sua classificação. Dentre os mais variados conceitos e formas de classificar os resíduos, alguns aspectos são tidos como elementos universais.

De acordo com Ribeiro e Morelli (2009), os resíduos sólidos podem ser categorizados quanto às *características físicas* (secos e molhados), à *composição química* (orgânicos ou biodegradáveis e inorgânicos ou não biodegradáveis) e quanto à *origem* (urbanos e industriais). Esta última, quanto à origem, apresenta uma classificação mais complexa, a qual compreende subdivisões que abrangem setores distintos.

Para uma melhor compreensão desta última categoria e dos itens que a compõem, a classificação dos resíduos sólidos foi ilustrada de maneira sintética, através do infográfico apresentado na Figura 1, ao qual são dispostas duas subdivisões (Resíduos Sólidos Urbanos — RSU e Resíduos Sólidos Industriais — RSI).

Figura 1 - Classificação dos Resíduos Sólidos quanto à origem



Fonte: Elaborado pela autora, adaptado de Ribeiro e Morelli (2009)

O grupo referido ao âmbito urbano, pode ser dividido em subcategorias que abrangem os resíduos domiciliares e comerciais, assim como os resíduos de serviços públicos, do setor de saúde e dos serviços portuários, ferroviários e aéreos. Quanto à esfera industrial, estes são divididos em resíduos agrícolas, radioativos e os provenientes da construção civil referente às construções e demolições (ver figura 1).

Outra classificação importante e necessária ressaltar é quanto ao grau de periculosidade. Esta, segundo a NBR 10004 (2004), é dividida em duas classes, sendo elas: perigosos e não perigosos. A classe I é referente aos resíduos perigosos aos quais representam riscos à saúde e/ou ao meio ambiente, abrangendo os materiais inflamáveis, corrosivos, reativos, tóxicos e patogênicos. Já a classe II, se refere aos resíduos que não apresentam riscos à saúde e/ou ao meio ambiente, abrangendo os materiais não inertes e os inertes.

Os resíduos não inertes podem ter propriedades com características biodegradáveis ou até mesmo que envolvem a solubilidade em água e a combustibilidade. Enquanto os inertes, ao serem submetidos ao contato com água destilada ou desionizada, não devem apresentar nenhum de seus constituintes solubilizados em concentrações superiores aos parâmetros estipulados quanto à potabilidade da água, exceto em relação à cor, turbidez, dureza e sabor. Para melhor entendimento, ver tabela ilustrada na Figura 2.

Figura 2 - Classificação dos Resíduos Sólidos quanto à periculosidade

CLASSE I	CLASSE II	
PERIGOSOS	NÃO PERIGOSOS	
Apresenta periculosidade, em função de suas propriedades físicas, químicas ou infecto-contagiosas oferecerem risco à saúde pública , provocando mortalidade, incidência de doenças ou acentuando seus índices, e/ou riscos ao meio ambiente , quando gerenciado de forma inadequada	Não apresentam riscos à saúde e/ou ao meio ambiente	
	A	B
	NÃO INERTES	INERTES
	Podem ter propriedades, tais como: biodegradabilidade, combustibilidade ou solubilidade em água	Quando submetidos a um contato dinâmico e estático com água destilada ou desionizada, à temperatura ambiente, não tiverem nenhum de seus constituintes solubilizados a concentrações superiores aos padrões de potabilidade de água, excetuando-se aspecto, cor, turbidez, dureza e sabor
INFLAMÁVEIS CORROSIVOS REATIVOS TÓXICOS PATOGÊNICOS		

Fonte: Elaborado pela autora, adaptado de ABNT (2004)

Com base nestas classificações, os sedimentos de exoesqueleto de caranguejo, que compõem o objeto de estudo da referida pesquisa, correspondem a resíduos sólidos urbanos, molhados e orgânicos (biodegradáveis), de classe II, do tipo inerte. Logo, não apresentam riscos à saúde pública e/ou ao ecossistema. Contudo, devido à forma como é descartado diretamente no meio ambiente, pode provocar impactos socioambientais consideráveis.

Assim, o estudo de seu aproveitamento em processos alternativos se torna viável e relevante, podendo instigar a novas pesquisas e abordagens, redirecionando o descarte a perspectivas distintas, por meio de um olhar sustentável e funcional, que pode ser aplicado dentro e fora de sua regionalidade. Além disso, pode favorecer e movimentar a economia local e valorizar a territorialidade, reduzindo a problemática do descarte potencialmente inadequado.

No Brasil, com o intuito de minimizar as consequências oriundas da problemática da geração de resíduos, foi instituído no ano de 2010, a Lei n.º 12.305 referente ao Plano Nacional de Resíduos Sólidos – PNRS (Brasil, 2022). Esta lei regulamenta e estabelece as diretrizes, responsabilidades, princípios e objetivos a fim de nortear o gerenciamento e gestão dos resíduos sólidos frente às práticas sustentáveis e ambientais, estipulando que:

A ordem de prioridade na gestão e gerenciamento de resíduos sólidos estabelecida pelo art. 9º da PNRS apresenta a não geração como ação prioritária a ser adotada, seguida da redução (Brasil, 2010b). [...] é importante estimular que a produção, a distribuição e o consumo sejam repensados, incentivando, quando viável, modelos que não resultem, ou pelo menos reduzam a geração de resíduos (Brasil, 2022, p. 16).

As discussões referentes à gestão e gerenciamento dos resíduos sólidos são uma constante preocupação, a qual o PNRS representa apenas uma maneira de atenuar o cenário atual, adotando ações voltadas para mitigar os impactos gerados pelos resíduos sólidos no país, em um porvir de 20 anos. O Plano Nacional de Resíduos Sólidos (Planares) não se confunde com a Lei, visto que representa a estratégia de longo prazo em âmbito nacional para operacionalizar as disposições legais, princípios, objetivos e diretrizes da Política (Brasil, 2022, p. 12).

Ao abordar os aspectos projetuais inerentes ao campo do design, Ashby e Johnson (2011, p. 12) reiteram que “projetar respeitando o meio ambiente, geralmente, é interpretado como o esforço para ajustar o processo projetual em design de modo a corrigir a já conhecida e mensurável degradação ambiental”. Todavia, projetar a partir de tais prerrogativas requer investimento, tempo, confiança e viabilidade econômica.

Se o design é ecologicamente sensível, então também é revolucionário. Todos os sistemas [...] baseiam-se no pressuposto de que temos que comprar mais, consumir mais [...]. Para que o projeto seja ecologicamente responsável, ele terá que ser independente dos interesses do produto nacional bruto. O projetista está mais profundamente envolvido em questões de poluição do que a maioria das outras pessoas (Papanek, 1977, p. 216).

Em suma, toda e qualquer atividade humana impacta no ambiente. E, mesmo que este possua certa capacidade de absorver uma determinada quantidade sem danos duradouros, é evidente que a situação atual ultrapassa a capacidade de absorção pelo ambiente e expressa um patamar extremamente alto ao que se traduz às atividades humanas. Logo, é primordial examinar todo o processo projetual e o ciclo de vida na totalidade, considerando as reais necessidades do projeto e respeitando o ecossistema.

2.1.1. Impactos socioambientais: uma preocupação constante

É fato que as transformações ocorridas ao longo dos anos tornaram os limites do planeta cada vez mais evidentes. O progresso proporcionou inúmeras benesses à evolução humana. Todavia, em paralelo à modernidade, o estilo de vida e o modo de produção percorreram caminhos opostos à natureza. A intensa evolução no consumo acarretou problemáticas sociais e principalmente, ambientais.

A Sociedade Contemporânea baseia-se no uso de materiais para quase tudo que produz e consome. O homem desde a sua existência sempre fez uso dos recursos naturais para a sua sobrevivência. No entanto, com o avanço das civilizações, o desenvolvimento econômico e tecnológico transformou o consumo dos recursos naturais em recursos materiais, ou seja, em matérias-primas e insumos para a produção e o consumo (Arruda; Ferrolí; Librelotto, 2018, p. 62).

De fato, o estilo de vida consumista, além da crescente atividade industrial mundial e a ausência de programas eficazes de gestão de resíduos são uma problemática longínqua. Medeiros (2004, p. 15) afirma que “nossa civilização luta incessantemente para gerar e comercializar riquezas. Na luta por esses objetivos, imergimos em um ambiente em constante desintegração dos recursos naturais e do próprio humano, correndo o risco de gerar um mundo artificial”.

Através dessa busca desenfreada em acumular bens materiais, a produção de resíduos se torna um complexo contratempo. Sem haver um correto direcionamento para a deposição e/ou (re)utilização destes resíduos, a qualidade de vida humana encontra-se comprometida, inclusive para as gerações futuras, uma vez que, a maioria deles possuem elementos prejudiciais à saúde humana e ao meio ambiente.

Os recursos naturais são cada vez mais explorados a fim de gerar novos meios de consumo, seja ele por intermédio de produtos e/ou serviços. A intensidade e a velocidade com que isso ocorre não é condizente com o tempo que a natureza necessita para se recompor. Afinal, quanto maior o consumo, maior é o descarte e, nem sempre, tais variáveis são

proporcionais. Braga *et al.* (2005, p. 4) reitera que “recurso natural é qualquer insumo de que os organismos, as populações e os ecossistemas necessitam para sua manutenção. Portanto, recurso natural é algo útil”.

A deterioração ambiental é visível e avança cada vez mais, dificultando imaginar um futuro promissor, fazendo-se necessário desenvolver projetos que permitam a contínua evolução tecnológica com base em princípios de sustentabilidade e gestão integrada. Para tal, é primordial haver uma maior preocupação em relação às questões ambientais e uma intensa mudança e conscientização por parte das indústrias, órgãos governamentais e dos consumidores em geral.

Kazazian (2005, p. 8) assegura que “o desenvolvimento sustentável é ‘um desenvolvimento que concilia crescimento econômico, preservação do meio ambiente e melhora das condições sociais’”. A conscientização acerca das problemáticas ambientais deve se dar desde a idealização à concepção, objetivando neutralizar e/ou mitigar os impactos negativos gerados pelas atividades produtivas, para reorientar a sociedade quanto ao comportamento de consumo.

As questões ambientais englobam um conjunto de elementos da natureza e o seu entorno, que almejam um ambiente que reflete o equilíbrio de vida favorável em todos os sentidos. Se não houver tais mudanças no estilo de vida, consumo e produção, resultará em consequências catastróficas para a humanidade. Contudo, Manzini (2008, p. 15) afirma que:

Contrariamente aos mais comuns clichês em termos sociais e políticos, caminhar rumo à sustentabilidade é o contrário da conservação. Em outras palavras, a preservação e a regeneração de nosso capital ambiental e social significará justamente romper com as tendências dominantes em termos de estilo de vida, produção e consumo, criando e experimentando novas possibilidades.

Os impactos socioambientais e efeitos da poluição e consumo exacerbado podem ter caráter global, localizado ou regional. Todavia, as consequências são universais, uma vez que na ausência de uma transformação e adaptação para um desenvolvimento consciente, o planeta poderá entrar em colapso. Com isso há uma preocupação constante principalmente com os aspectos que tangem aos recursos naturais e todo o ciclo do processo projetual.

A sustentabilidade em si, vai além das questões ambientais, incorpora uma gama de elementos, incluindo fatores tecnológicos e econômicos. Braga *et al.* (2005, p. 5) assegura que “algo se torna recurso natural caso sua exploração, processamento e utilização não causem danos ao *meio ambiente*. Assim, na definição de recurso natural, encontramos três tópicos relacionados: *tecnologia, economia e meio ambiente*”. Logo, é fundamental utilizar os avanços

tecnológicos em prol de benfeitorias que envolvam mais que fatores puramente econômicos, visto que ambos são elementos decisivos para o controle da poluição.

Para haver um prognóstico futuro favorável é imprescindível adotar revisões comportamentais de maneira holística visando aumentar a probabilidade de sucesso, melhora na qualidade de vida e perpetuação saudável da espécie humana, direcionando a um novo paradigma. Desenvolver técnicas e abordagens que eliminem e/ou minimizem a geração de resíduos e o desperdício de recursos naturais é uma alternativa para auxiliar na resolução deste desequilíbrio. Ainda assim, não basta.

Ao relacionar o design e a sustentabilidade fazendo um parâmetro entre eles, Manzini (2008) endossa que a transição será um processo de aprendizagem social e gradual. Passível de erros e acertos (como em qualquer outro processo de aprendizagem), ao qual a humanidade aprenderá a viver melhor consumindo bem menos, de modo a regenerar a qualidade de vida do ecossistema global e dos contextos locais que habitam.

Logo, é perceptível a dimensão dos desafios. Faz-se necessário haver uma descontinuidade sistêmica, mudando a perspectiva e o centro de interesse de todo o processo projetual e de consumo, imaginando soluções alternativas e planejando diferentes combinações de habilidades e conhecimentos. Nessa perspectiva, cabe ao designer avaliar e comparar as mais variadas formas para desenvolver as soluções mais adequadas.

O ato de projetar é inerente à esfera do design. Mapear as necessidades para conceber novas ideias e resultados expressivos, faz parte de seu propósito em impactar de maneira eficaz e funcional a vida das pessoas. É um campo repleto de possibilidades onde o designer exerce o poder de transformar as experiências, observações e descobertas em produtos e/ou serviços prontamente aptos ao consumo, beneficiando o seu meio e/ou através da resolução de problemáticas socioambientais.

O design tende ao infinito – ou seja, a dialogar em algum nível com quase todos os outros campos de conhecimento. Em seu sentido mais elevado e ambicioso, o design deve ser concebido como um campo ampliado que se abre para diversas outras áreas, algumas mais próximas, outras mais distantes. [...] A grande importância do design reside, hoje, precisamente em sua capacidade de construir pontes e forjar relações num mundo cada vez mais esfacelado pela especialização e fragmentação de saberes (Cardoso, 2013, p. 118).

Pensar em termos de soluções viáveis às problemáticas ambientais, não só abre a discussão sobre o atual sistema de consumo, serviços e produtos, como também promove o encorajamento a desenvolver uma abordagem sistêmica envolvendo um melhor planejamento da idealização, produção, execução, uso e descarte. Assim, é possível almejar benefícios

englobando aspectos sociais e ambientais a partir de diretrizes coerentes e criteriosas em relação às questões que envolvem a sustentabilidade.

2.1.2. Aproveitamento de resíduos sólidos: uma tendência sustentável

A existência de resíduos sólidos está associada entre os mais graves problemas relacionados aos impactos das atividades humanas na esfera ambiental, juntamente ao processo desenfreado de extração de matérias-primas e a sua deposição inadequada. Conforme Braga *et al.* (2005, p. 216) “o desenvolvimento de nossa sociedade urbana e industrial, por não conhecer limites, ocorreu de forma desordenada, sem planejamento, à custa de níveis crescentes de poluição e degradação ambiental”.

[...] o ideal seria a não geração de resíduos. No entanto, apesar de pensamentos utópicos defenderem esta ideia, dificilmente os processos industriais deixarão de gerá-los. Então, restam duas possibilidades: buscar reduzir a geração ou buscar alternativas economicamente viáveis para reutilizar e/ou reciclar estes rejeitos (Ribeiro; Morelli, 2009, p. 59).

Uma alternativa mais adequada para sanar esse problema é a aplicação mais racional de recursos, priorizando a utilização e a minimização das perdas de materiais. Dessa forma, por meio do aproveitamento e da reciclagem é possível minimizar tais problemas através da efetivação destes processos ao garantir uma menor quantidade de resíduos armazenados, além de contribuir para a redução da exploração das jazidas de matérias-primas virgens existentes, conscientizando quanto ao uso e a destinação adequada.

Ambrósio (2021, p. 87) afirma que “a noção de design para sustentabilidade estabeleceu um novo paradigma para a área, na medida em que orientou reflexões a respeito de temas que vão além do universo restrito da produção de artefatos”. Pensar no processo projetual de maneira universal e responsável, adotando estratégias tecnológicas para uma produção mais limpa e com caráter sustentável e permanente, se tornou uma obrigatoriedade.

A evolução humana é composta de ciclos de tendências. Assim como, em um passado não muito remoto, o design enveredou pela tendência da obsolescência programada, hoje a preocupação com o ambiente assume proporções universais. Leal (2002, p. 49) assegura que “a questão é mesmo de sobrevivência: as buscas são as mesmas [...] para as mais diversas áreas, da medicina ao design. Todos nós buscamos viver mais e melhor. O desafio está em transformar esse chavão em soluções novas e criativas, com a luz do pensar e do olhar local”.

Ao redirecionar o olhar para a reciclagem e aproveitamento dos resíduos, se abre um leque de possibilidades, seja em desenvolver novos produtos com funções distintas e/ou novos materiais. Ashby e Johnson (2011, p. 160) endossam que “o material alcança progressivamente

uma espécie de maturidade, mas pode reviver sua ‘novidade’ por combinação com outros materiais, ou por novos meios de processamento para criar compósitos ou materiais híbridos”.

O desenvolvimento de materiais compósitos vem crescendo e conquistando os mais diversos segmentos de mercado. Outra vertente em crescimento é oferecer uma nova “roupagem” aos resíduos que pode estimular o interesse em seu potencial. Ashby e Johnson (2011, p. 166) reiteram que “novos materiais e materiais ‘velhos’ podem ser manipulados e modificados de modo a criar expressões de design que comunicam o que é único naquele material”. Essa é uma opção interessante a ser considerada fase inicial, estimulando o desenvolvimento de um projeto inédito e inovador.

Ressignificar os resíduos descartados como “lixo” é uma maneira ecológica, funcional e sustentável. Afinal, determinar o que é lixo é uma questão que envolve múltiplas variáveis, uma vez que depende do que o gerador do lixo, considera indesejável e sem utilidade. O viés da redução e aproveitamento de materiais permite a introdução de novas tecnologias, auxiliando no desperdício de recursos naturais e a reintrodução destes resíduos no processo produtivo, recolocando-os no mercado.

Inovações tecnológicas sustentáveis estão alinhadas ao conceito de produção mais limpa, pois devem contemplar mudanças nos produtos e processos de produção para reduzir ou eliminar o passivo ambiental antes que ele seja criado, seja reduzindo a necessidade de insumos ou reduzindo a poluição resultante da produção, distribuição e/ou consumo (Kruglianskas; Pinsky, 2014, p. 133).

A redução do uso de recursos não só determina a anulação dos impactos ambientais provenientes daquilo que não é mais utilizado, como evita a transformação, transporte e necessidade de descarte (Manzini; Vezzoli, 2002). Além disso, a transformação de tais materiais por meio do aproveitamento e reciclagem possibilita projetar componentes que podem apresentar durabilidade específica compatível com a utilização a que se destina.

Contudo, vale ressaltar que para que isto ocorra de maneira eficaz, é necessário a implementação de uma gestão adequada, que adote ações que englobam inúmeros aspectos, seja impulsionando a coleta seletiva e triagem dos resíduos, como incentivando a sociedade a novas formas de consumo. Denis (2000, p. 219) reitera que, “nesse contexto, o design de sistemas e a gestão da qualidade vêm sendo percebidos crescentemente como um meio fundamental para projetar o uso mais eficiente de recursos através do planejamento do consumo e da eliminação do desperdício”.

As medidas corretivas, embora necessárias para situações já existentes, são em geral onerosas e muitas vezes de implementação difícil. Dependem não só de a sociedade reservar os recursos necessários para implantá-las, como também da sua capacidade de acessar e aplicar técnicas e tecnologias nem sempre triviais e sob seu efetivo domínio (Braga *et al.*, 2005, p. 217).

Dessa forma, Ashby e Johnson (2011, p. 68) endossam que “um produto bem-projetado pode ultrapassar a sua vida útil de projeto por séculos, e - longe de se tornar indesejável - pode adquirir valor com a idade”. Isso se aplica à concepção de artefatos de maneira geral, sendo eles gerados a partir de novos materiais ou através do aproveitamento e transformação de resíduos. Afinal, conforme Cardoso (2013, p. 78), “os objetos não morrem; sobrevivem, nem que seja como lixo ou resíduos”.

É óbvio que não cabe somente ao designer solucionar a magnitude dos problemas ambientais relacionados ao acúmulo de lixo e descarte de resíduos. Porém, a esfera do design, em geral, pode contribuir de maneira relevante ao que cabe às etapas dos processos projetuais, considerando o ciclo de vida dos produtos por meio de uma abordagem mais abrangente e criativa. Todavia, é essencial frisar que compete a todos, de maneira universal, contribuir para haver alternativas eficientes para solucionar a problemática coletiva existente.

Denis (2000, p. 221) endossa que “é evidente que o designer não detém o poder de reverter tendências tão profundas e tão complexas nas suas ramificações; contudo, vale a pena questionar as próprias atitudes com relação à forma de proceder no trabalho e ao tipo de trabalho que se faz”. Assim, por meio de concepções engenhosas, é possível reverter ou minimizar os impactos causados ao meio ambiente através da utilização de resíduos sólidos como insumos nos processos de produção, destinando-os a novos fins.

2.2. Materiais compósitos: infinitas possibilidades

Ao desenvolver produtos, principalmente com enfoque no viés sustentável, é essencial discorrer sobre os materiais. Afinal, conforme Calegari e Oliveira (2013, p. 50), “o designer de produto concebe ideias, conceitos, desenhos e projetos que são concretizados através dos materiais”. Da mesma forma, Ashby e Johnson (2011, p. 55) declaram que “materiais são a matéria de que é feito o design de produto”. Em outras palavras, material é todo elemento que o homem emprega no desenvolvimento de objetos, artefatos e dispositivos.

De acordo com Rodrigues e Leiva (2010, p. 155), “a ponte entre a ideia e o produto é o material, e é de sua escolha adequada que depende a correta realização da ideia em objeto”. A partir do processo de seleção de materiais e da análise de suas propriedades e características é possível determinar a viabilidade e o direcionamento para sua aplicação. Contudo, os tipos de materiais mais utilizados tradicionalmente, como os de origem metálica, polimérica ou cerâmica, apresentam características singulares que podem limitar suas aplicações.

Os materiais sólidos são frequentemente classificados em três grupos principais: materiais metálicos, materiais cerâmicos e materiais poliméricos ou plásticos. Esta

classificação é baseada na estrutura atômica e nas ligações químicas predominantes em cada grupo. Um quarto grupo, que foi incorporado nesta classificação nas últimas décadas, é o grupo dos materiais compósitos (Padilha, 2000, p. 13).

As relevantes evoluções tecnológicas na esfera da engenharia de materiais levaram o homem a desenvolver outros elementos viáveis, a fim de aumentar a gama de possibilidades que concerne quanto à aplicabilidade de materiais. Rodrigues e Leiva (2010, p. 87) reiteram que “uma das alternativas mais importantes para minimizar certas limitações em aplicações estruturais é a combinação dos materiais [...], procurando conjugar suas características mais vantajosas”. Essa combinação deu origem à ampla e abrangente classe denominada materiais compósitos ou materiais conjugados, a qual o termo surgiu em meados do século XX como uma inovação promissora na esfera da engenharia de materiais.

Embora materiais multifásicos, como madeira, tijolos de argila reforçada com palha, conchas marinhas e mesmo ligas, como o aço, fossem conhecidos há milênios, o reconhecimento desse novo conceito de combinar materiais diferentes durante a fabricação levou à identificação dos compósitos como uma nova classe distinta de metais, cerâmicas e polímeros tradicionais (Callister; Rethwisch, 2018, p. 675).

Dessa forma, Rodrigues e Leiva (2010, p. 88) ratificam que os materiais compósitos são “materiais gerados pela combinação macroscópica de dois ou mais materiais distintos, apresentando uma interface bem definida entre eles”. Ou seja, na íntegra, estes materiais devem diferir em sua forma e/ou em sua composição química, de modo a se apresentarem insolúveis entre si.

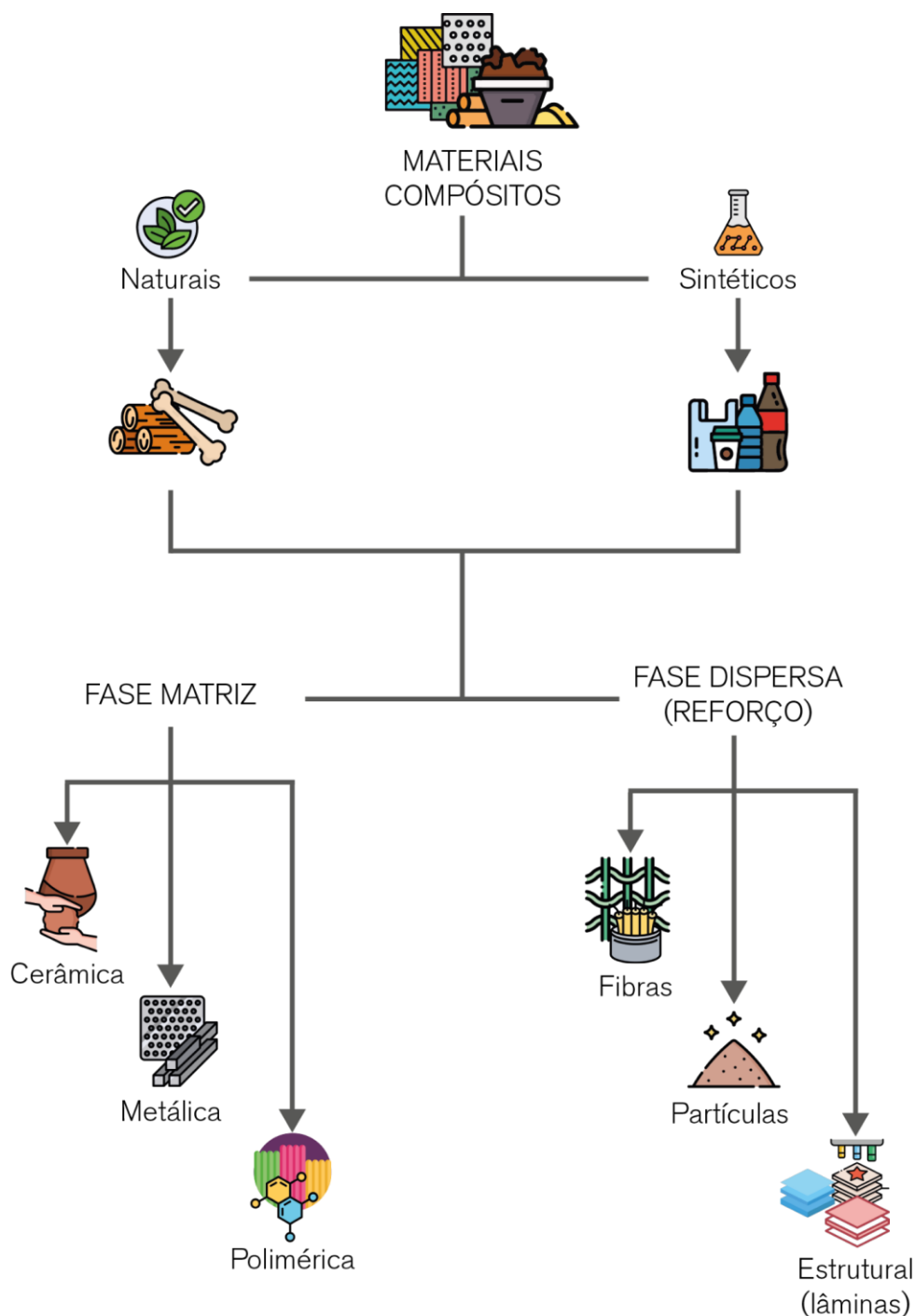
Ao definir e classificar os compósitos, alguns autores como Neto e Pardini (2016) organizam a sua estrutura em um contexto bem amplo, dividindo-os em naturais e sintéticos. Contudo, os materiais compósitos podem e devem ser classificados de maneira mais específica, conforme as suas fases e as opções de matriz. Callister Jr. (2002, p. 359), vai mais além ao esclarecer a diferença entre essa divisão:

Um compósito consiste em um material multifásico feito artificialmente, em contraste com o material que ocorre ou se forma naturalmente. [...] Dessa forma, a maioria das ligas metálicas, além de muitos materiais cerâmicos, não se enquadra nessa definição, pois as suas múltiplas fases são formadas como consequência de fenômenos naturais.

Assim, Callister Jr. (2002, p. 359) assegura que os “materiais compósitos são compostos por apenas duas fases; uma é chamada de **matriz**, que é contínua e envolve a outra fase, chamada frequentemente de **fase dispersa**”. Esta última apresenta outras nomenclaturas. Conforme Neto e Pardini (2016, p. 19), “a característica básica dos compósitos é combinar, normalmente em nível macroscópico, pelo menos, duas fases distintas denominadas de matriz e reforço”.

Ao analisar conforme a matriz e o reforço (fase dispersa), surgem outras divisões, as quais Padilha (2000, p. 21) declara que “a matriz pode ser polimérica, metálica ou cerâmica. O mesmo vale para o reforço, que pode estar na forma de dispersão de partículas, fibras, bastonetes, lâminas ou plaquetas”. O infográfico apresentado na Figura 3 exemplifica melhor esta classificação.

Figura 3 - Classificação dos Materiais Compósitos



Fonte: Elaborado pela autora, adaptado de Padilha (2000)

A incorporação de materiais distintos apresenta benefícios consideráveis. Logo, essa fusão possibilita a obtenção de atributos singulares que não era possível com os componentes isolados. As propriedades dos compósitos são influenciadas de maneira expressiva por uma infinidade de fatores e variáveis, permitindo a criação por projetistas, conforme as necessidades práticas (Neto; Pardini, 2016).

São inefáveis as infinitas possibilidades e a versatilidade destes materiais quanto às suas propriedades químicas, físicas e mecânicas, ao serem combinados em matrizes distintas, viabilizando infindáveis opções de reforço. Callister Jr. (2002, p. 359) assegura que “a maioria dos compósitos foi criada para melhorar combinações de características mecânicas, tais como a rigidez, tenacidade e resistência nas condições ambientes e a altas temperaturas”.

Ao direcionar à esfera do design, Löbach (2001, p. 162) garante que “a configuração de um produto não resulta apenas das propostas estéticas do designer industrial, mas também - fortemente - do uso de materiais e de processos de fabricação econômicos”. Logo, é necessário conhecer o perfil característico do material, de maneira abrangente, adequando às singularidades e necessidades do projeto.

2.2.1. Seleção, processamento e aplicações: aspectos complexos

Ashby, Shercliff e Cebon (2012, p. 14) afirmam que “um produto bem-sucedido — que funciona bem, tem bom valor monetário e dá prazer ao usuário — usa os melhores materiais para o serviço e explora totalmente seu potencial e características”. Em paralelo à escolha do tipo de material, selecionar o processo adequado garante o triunfo do projeto.

No âmbito do design, considerando o *briefing* como ponto inicial do processo idealizador, tais escolhas são o resultado da sondagem inicial e parcialmente pré-definidas nessa ocasião. Lima (2006, p. 12) ressalta que “num projeto de produto típico, a escolha definitiva de um ou mais materiais é formalmente estabelecida na etapa de detalhamento [...] sendo, em geral, reflexo de uma sequência de levantamentos, estudos e avaliações que vêm ocorrendo desde o início da atividade projetual”.

A escolha dos materiais é conduzida mediante a identificação e caracterização de suas propriedades. Estas, podem limitar o projeto conforme sua aplicação, fazendo-se necessário uma triagem prévia, eliminando aqueles que não cumprem os requisitos. Da mesma forma acontece com a escolha do processo a ser utilizado. Este, também pode restringir o projeto e deve ser escolhido consoante as viabilidades projetuais, sendo compatível com o procedimento exigido para a sua conformação e acabamento.

Rodrigues e Leiva (2010, p. 155) reiteram que “se a história de um produto qualquer for analisada, nota-se que no começo há uma ideia - que se tratada por um bom projeto torna-se viável, isto é, realizável técnica e economicamente, além de não ser danosa ao ambiente e ao usuário”. Logo, a conexão entre a ideia e a realização do produto, é realizada pela seleção do material. Para isto, demanda distinguir as variadas condições de trabalho que este enfrentará durante o seu uso e funcionamento, relacionadas a temperatura, esforços, vibrações, impactos, exposição ao tempo, a outros componentes e materiais, entre outros aspectos, inclusive questões socioculturais.

Ao explicar de maneira mais ampla sobre a relação da escolha dos materiais, entre a cultura e o homem, Miodownik (2015) assegura que as primeiras evidências arqueológicas mostram que o desenvolvimento de ferramentas surgiu em paralelo à atividade de criar artefatos. Esse desenvolvimento foi um forte impulsionador da tecnologia de materiais por toda a história da humanidade, baseada em razões estéticas e culturais, conectando os materiais/artefatos ao papel social via significados simbólicos e identitários.

Visto isso, é possível afirmar que os materiais possuem múltiplos significados. Dispor de uma compreensão completa ou mesmo parcial, de como os materiais se comportam em determinadas situações, considerando a sua composição e estrutura, garante ao designer a execução de um bom projeto. Löbach (2001, p. 162) explica que “a configuração de um produto não resulta apenas das propostas estéticas do designer industrial, mas também - fortemente - do uso de materiais e de processos de fabricação econômicos”. Além disso, ele enfatiza que um dos principais critérios a serem considerados na produção industrial é o uso racional dos materiais de maneira adequada. Afinal, não existe material ruim, mas sim, mal-empregado.

Para fazer algo com um material, é necessário também um processo. E não apenas um processo qualquer — aquele que escolhermos tem de ser compatível com o material que planejamos usar. Às vezes, o processo é o parceiro dominante e é preciso encontrar o material companheiro compatível com ele. É um casamento. A compatibilidade não é fácil de encontrar — muitos casamentos fracassam —, e a falha do material pode ser catastrófica, envolvendo questões de responsabilização e indenização (Ashby; Shercliff; Cebon, 2012, p. 2).

A seleção e o processamento dos materiais abrangem aspectos complexos, uma vez que o significado material se sobrepõe à sua utilidade. Há a necessidade de considerar elementos amplos que englobam desde o funcionamento do produto propriamente dito, às questões ergonômicas, estéticas e simbólicas. Tudo deve ser pensado de maneira holística, ponderando os aspectos inerentes a fabricação, comercialização, estocagem e pertinentes ao ciclo de vida do produto, assim como sua relação com o meio ambiente, desde a transformação da sua matéria-prima até o seu descarte. E, lógico, que se enquadre nas normas e legislações vigentes.

A seleção do(s) material(is) e a combinação apropriada de suas propriedades incluem considerar tanto a sua disponibilidade quanto o projeto em si, ao qual ambos, influenciarão o processo de fabricação. Rodrigues e Leiva (2010, p. 156) asseguram que “selecionar rapidamente a melhor combinação de material, forma e processo de fabricação reverte em enorme benefício para qualquer atividade técnica”. Logo, estabelecer critérios de seleção é uma opção interessante para auxiliar na aplicação mais adequada, dentre os inúmeros materiais existentes.

Lima (2006, p. 21) afirma que “em termos gerais podemos considerar que existem quatro grandes grupos ou famílias de processos que combinados de forma coerente propiciam a transformação do material em um produto ou componente, são eles: conformação, melhoria, separação e união”. Dentre tais categorias, a conformação é a que engloba os processos na qual a matéria-prima, indiferente de seu estado (líquido, sólido ou plástico), é submetida a algum tipo de ação ou esforço que possibilite alterar sua configuração inicial em outra distinta.

Consoante aos objetivos deste trabalho, o procedimento selecionado para conformar o material compósito com matriz cerâmica em estado plástico, é o processo de conformação manual. Já os processos de melhoria, envolvem as questões de acabamento, buscando aprimorar o aspecto visual e/ou tátil do artefato. Nesse caso, a vitrificação é o método selecionado, que indica a melhor opção a ser adotada.

A categoria referente a separação envolve os processos que subtraem de alguma maneira parte da matéria-prima que esteja sendo trabalhada e a união, implica em fixar partes para a aquisição de componentes. Dessa forma, o processo de separação por usinagem, utilizando o rebarbamento, assim como, a aderência por cola e a utilização mecânica de parafusos, no processo de união, é o mais adequado ao material compósito com matriz cerâmica desenvolvido neste projeto.

De maneira geral, ao tratar das técnicas de fabricação de materiais compósitos, Rodrigues e Leiva (2010, p. 90) afirmam que:

O desenvolvimento de novos materiais compostos muitas vezes está focado na inovação de seu processo de fabricação, pois compatibilizar as condições de fabricação de um sistema envolvendo diferentes tipos de materiais tradicionais talvez seja, em alguns casos, o maior desafio para o desenvolvimento do novo material compósito.

É perceptível a imensa gama de possibilidades oferecidas pelo desenvolvimento dos materiais compósitos. A aglutinação de materiais e a exploração de suas propriedades e características individuais, permite melhorias de desempenho e atributos, contribuindo para a idealização de projetos com soluções inovadoras.

Ashby, Shercliff e Cebon (2012, p. 515) asseguram que “a maioria dos materiais está sendo consumida a uma taxa que vem crescendo de modo exponencial com o tempo [...], simplesmente porque a população, bem como os padrões de vida, cresce exponencialmente”. Essa nova perspectiva, demanda novas aplicações tecnológicas para os artefatos. Contudo, ao considerar as inovações materiais na idealização de aparatos, é fundamental ressaltar a importância de alguns elementos.

Explorando sobre o conceito de inovação, Wechsler (2011), afirma que é frequentemente ligado ao processo de transformar ideias em algo que tenham valor econômico e apresentem utilidade. Partindo desse pressuposto, há uma distinção entre a invenção e a inovação, uma vez que a primeira, deriva da concepção de novos conceitos e/ou ideias, enquanto a segunda, relaciona-se com a aplicação em algo que possa ser utilizado por uma extensa escala de indivíduos, representando valor comercial. Dessa forma, a inovação não está necessariamente associada às descobertas tecnológicas, sendo habitualmente relacionada com as questões financeiras e/ou sociais.

Logo, considerar os impactos econômicos e socioambientais ao recorrer a materiais compósitos, é de suma relevância. As tecnologias utilizadas ao desenvolver tais materiais favorecem a fabricação de peças estruturais para diversas aplicações, principalmente aquelas que precisam de uma combinação de elementos que demandam elevada rigidez, resistência mecânica e leveza (Rodrigues; Leiva, 2010).

Quanto aos custos, estes apresentam uma variação conforme os tipos de materiais empregados e do processo de fabricação dos materiais compósitos. Contudo, Moura, Moraes e Magalhães (2010, p. 8) asseguram que “a generalização das aplicações em áreas tão díspares tem contribuído significativamente para a redução do preço dos materiais compósitos e, conseqüentemente, para a sua expansão”.

O uso de compósitos em estruturas, e principalmente os reforçados com o carbono, tem permitido uma significativa redução no peso destas, bem como contribuído para melhorar as resistências à corrosão e à fadiga de uma infinidade de componentes de aeronaves de última geração, plataformas marítimas de petróleo, satélites, submarinos, foguetes, veículos automotores, pás de geradores eólicos, vigas especiais e reparos para construção civil, trens de alta velocidade, artigos esportivos (como as raquetes de tênis e os tacos de golfe) e implantes ortopédicos, entre outras aplicações (Neto; Pardini, 2016, p. 29).

Lesko (2004) reitera que é fundamental compreender a realidade do mundo dos materiais e processos de fabricação, a fim de produzir artefatos bem-sucedidos. Dessa forma, ao conhecer os variados tipos de compósitos e compreender o seu comportamento característico, assim como as suas propriedades, deve-se considerar suas limitações e

competências. Isto propicia ao designer, projetar materiais que podem apresentar propriedades superiores às encontradas em ligas cerâmicas, poliméricas e metálicas, adequando aos objetivos e finalidades do projeto com custos compatíveis e impactos ambientais reduzidos.

2.3. Cerâmica: um material milenar

De maneira geral, a evolução da humanidade se deu em paralelo com os materiais, aos quais, dentre eles, a cerâmica apresenta-se como um dos mais antigos conhecidos. É improvável estabelecer com exatidão o momento em que foi descoberto o processo da transformação da argila em cerâmica.

Contudo, alguns autores, como Alexandre, Rizzo e Garcia (2020), afirmam que a cerâmica é a mais antiga das indústrias, tendo nascido no momento em que o homem começou a utilizar o barro endurecido pelo fogo. Esse processo evoluiu e passou a substituir os demais artigos, como a pedra trabalhada, a madeira e mesmo as vasilhas elaboradas a partir de frutos como o coco.

Almeida (2010, p. 26) declara que “um dos modos de refletir sobre a história das civilizações ancestrais é através da cerâmica. Por ser um dos poucos materiais que sobreviveram ao tempo, os arqueólogos puderam ter subsídios consideráveis para identificar e explicar o *modus vivendi* dos nossos antepassados”. Logo, a partir deste material milenar, uma parte da história da progressão humana foi registrada.

As primeiras cerâmicas de que se tem notícia são da pré-história: vasos de barro, sem asa, que tinham cor de argila natural ou eram escurecidas por óxidos de ferro. A cerâmica para a construção e a cerâmica artística com características industriais só surgiram na Antiguidade em grandes centros comerciais. Mais recentemente, passou por uma vigorosa etapa após a Revolução Industrial (Alexandre; Rizzo; Garcia, 2020, p. 43).

Ao direcionar para o âmbito nacional brasileiro, foi por meio dos povos indígenas que a cerâmica foi firmada via a riqueza e sabedoria de sua cultura, traduzida em seus artefatos cerâmicos. Segundo a Associação Brasileira de Cerâmica - ABCERAM (2017, p. 18), “antes mesmo do descobrimento do Brasil por Cabral, as civilizações que habitavam o País e todo o continente sul-americano já possuíam muito bem especializada a técnica envolvendo a cerâmica”.

Alexandre, Rizzo e Garcia (2020) reiteram que a cerâmica no Brasil se iniciou na Ilha de Marajó, no Estado do Pará, a qual em sua produção marajoara refletia os aspectos culturais avançados da sabedoria indígena que floresceu na ilha. Conforme estudos arqueológicos, estes artefatos, caracterizavam uma cerâmica mais singela, aparentando ter sido originária na região

amazônica há cerca de cinco mil anos e, apresentavam particularidades que evidenciavam a utilização de diversas técnicas como a raspagem, incisão, excisão e pintura, validando a complexa elaboração e especialização artesanal que possuíam.

Na Figura 4 é possível observar os detalhes que refletem o nível de complexidade dos artefatos cerâmicos produzidos pelas tribos indígenas marajoaras. Esta, representa uma urna funerária antropomórfica, datada do período entre 1000 e 1250. Dentre as técnicas utilizadas, eram extraídos elementos da natureza como urucum, caulim, jenipapo, carvão e fuligem para dar cor aos itens. Atualmente, esta peça está exposta no Museu Americano de História Natural, localizado em Nova York, Estados Unidos.

Figura 4 - Urna funerária marajoara em cerâmica



Fonte: Portal Amazônia²

² Disponível em: <https://portalamazonia.com/estados/para/ceramica-marajoara-arte-que-resiste-ao-tempo>. Acesso em 13 mar. 2023.

Assim, o tradicional uso e processamento ceramista, mesmo utilizando técnicas rudimentares, foi implementada pelos povos aborígenes via modelagens tipicamente antropomorfas, repleta de cores e formas variadas por técnicas bem apuradas. Estas, posteriormente, foram ampliadas e aperfeiçoadas com a implementação das primeiras olarias instaladas pelos portugueses.

O processo empregado pelos indígenas, no entanto, sofreu modificações com as instalações de olarias [...]. A introdução de uso do torno e das rodadeiras parece ser a mais importante dessas influências, que se fixou especialmente na faixa litorânea [...], permanecendo nas regiões interioranas as práticas manuais indígenas. Com essa técnica, passaram a ser fabricadas peças com maior simetria na forma, acabamento mais aprimorado e menor tempo de trabalho (Alexandre; Rizzo; Garcia, 2020, p. 46).

O universo que tange o material cerâmico é imenso. Sua arte conseguiu prosperar simultaneamente entre povos singulares, traçando um legado via as características culturais e identitárias de suas peças. Mesmo com sua “fragilidade”, a diversidade e a unidade são elementos característicos em comunhão. Consequentemente, se apresenta como um material multifacetado em relação ao seu significado. Ao conceituá-lo é perceptível a vasta amplitude de suas vertentes consoante ao seu uso.

Definir o que o termo “cerâmica” significa não é simples, pois não existe uma única definição sobre a qual todos concordam; existem, de facto, várias definições, dependendo do ponto de vista adotado. Assim, podemos considerar os pontos de vista de um historiador, um cientista (físico, químico, etc.), um engenheiro ou um fabricante (Boch; Niepce, 2007, p. 22).

Holisticamente, há uma variação em suas definições conforme o ponto de vista. No âmbito da Engenharia de Materiais, são considerados a composição química, estrutura, propriedades e método de preparação. Na esfera da Ciência dos Materiais, esse conceito é ampliado incluindo a maioria dos minerais e rochas. Para os físicos, a estruturação eletrônica dos sólidos e suas propriedades de condução apresentam maior relevância, enquanto os químicos atribuem uma atenção especial à natureza do vínculo das forças entre as suas ligações.

De maneira geral, Callister Jr. e Rethwisch (2018, p. 507) afirmam que os materiais cerâmicos são “materiais inorgânicos e não metálicos. [...] para os quais as ligações interatômicas são totalmente ou predominantemente iônicas, mas com alguma natureza covalente”. Além disso, vão mais adiante e definem que “o termo *cerâmica* vem da palavra grega *keramikos*, que significa ‘matéria queimada’, indicando que as propriedades desejáveis desses materiais são obtidas normalmente por meio de um processo de tratamento térmico, a uma temperatura alta, chamado queima”.

Sob o olhar histórico é possível conceituar relacionando ao conceito de terracota, fazendo uma alusão a visão do solo e seus fragmentos rochosos. Ante uma perspectiva artística,

poética e artesanal, pode ser relacionada como a arte que emana do fogo. Em suma, Mântua *et al.* (2007, p.17) complementa este conceito, traçando uma linearidade às categorias conforme sua matéria-prima e seu processo de fabricação:

O termo deriva da palavra grega para argila, *keramos*, e é frequentemente utilizado para todos os tipos de objectos feitos de terras que sofreram transformações químicas por acção do calor, quer se trate de faiança, grês, porcelana ou terracota que constituem as grandes tipologias da Cerâmica, provenientes inequivocamente das suas matérias-primas e técnicas de fabrico.

Todavia, para o âmbito do design, por ser uma ciência multidisciplinar, todas as definições são importantes e se complementam conforme a complexidade exigida no projeto a ser concebido. Manzini (2017, p. 68) resume de maneira assertiva ao afirmar que “o design é uma cultura e uma prática relativas ao modo como as coisas deveriam ser a fim de alcançar as funções e os sentidos desejados”.

O designer, possui a habilidade de percorrer os fios das problemáticas, a fim de concretizar uma ideia, objetivando atender necessidades, via condução da produção de artefatos e/ou serviços pela transformação dos materiais. Através das múltiplas facetas do material cerâmico, é possível desenvolver artigos fascinantes, que vão desde obras de arte a artefatos avançados e de alto desempenho.

Ao versar sobre os materiais cerâmicos e seu termo, Van Vlack (1970) afirma que este, é um adjetivo habitualmente utilizado para designar objetos de arte. Contudo, na esfera da engenharia, os materiais cerâmicos abrangem múltiplas variações de elementos naturais e sintéticos, tais como: vidros, tijolos, pedras, refratários para altas temperaturas, concreto, abrasivos, isolantes dielétricos, materiais magnéticos não-metálicos, vidrados para porcelana, dentre outras.

Dessa maneira, é perceptível a abrangência deste material, via todas as suas aplicações, englobando desde materiais mais corriqueiros a materiais com conteúdo tecnológico superior e aprimorado. Rodrigues e Leiva (2010, p. 45) reiteram que “de modo geral, os materiais cerâmicos ‘trabalham nos bastidores’, ou seja, por trás das cortinas, e as pessoas que se beneficiam de suas propriedades não sabem que eles estão presentes em todos esses produtos, além de muitos outros”.

Considerando as sortidas possibilidades de aplicação e seu longo processo evolutivo, mesmo com a utilização de novos materiais e tecnologias, a cerâmica permanece firme em seu espaço no mercado. Um fator crucial para isto ocorrer é pelas características de suas propriedades. Alexandre, Rizzo e Garcia (2020, p. 13) declaram que “a cerâmica é uma atividade de produção de artefato a partir da argila que se torna muito plástica e fácil de moldar

quando umedecida”. Assim, este material milenar e plurivalente, permanece a evoluir possibilitando combinações singulares, servindo como base para a criação de uma nova geração de materiais e produtos.

2.3.1. Considerações relevantes sobre a cerâmica

Antes de abordar sobre a matéria-prima da cerâmica, é indispensável discorrer brevemente sobre suas configurações fundamentais, as quais englobam a sua composição, comportamento, propriedades e classificação. Isto facilitará o entendimento dos demais aspectos inerentes à contextualização da argila e demais elementos contidos na pesquisa.

É sabido que as cerâmicas são compostos constituídos por elementos metálicos e não metálicos, os quais, de maneira geral, são óxidos, nitretos e carbetos, podendo haver em sua composição o óxido de alumínio ou alumina; o dióxido de silício ou sílica; o carbeto de silício e o nitreto de silício. Além disso, também há os materiais compostos por minerais argilosos, identificados como *cerâmicas tradicionais* (a porcelana, por exemplo), assim como o vidro e o cimento. (Callister Jr.; Rethwisch, 2018).

Conforme Rodrigues e Leiva (2010, p. 46), “os materiais cerâmicos apresentam uma série de propriedades características em decorrência do tipo de átomo e ligações químicas que os fazem ser os mais apropriados para uma série de aplicações”. Holisticamente, as propriedades dos materiais cerâmicos dependem da composição de sua estrutura e compreendem uma versátil classe.

Em relação ao seu comportamento, Callister Jr. e Rethwisch (2018) asseguram que quanto ao desempenho mecânico, os materiais cerâmicos apresentam os valores de rigidez e de resistência análogos aos dos metais, exibindo-se relativamente rígidos e resistentes. Ademais, tradicionalmente, as cerâmicas são bastante duras, o que a torna frágil e suscetível à fratura.

Segundo Simêncio (2016) mesmo que, geralmente, os materiais cerâmicos sejam considerados materiais frágeis, bastante quebradiços, em contrapartida, são muito utilizados como isoladores térmicos e elétricos. Isto se dá devido as suas ligações atômicas, as quais estas, podem ser de natureza iônica, covalente ou uma mistura entre esses dois tipos.

As ligações iônicas e covalentes presentes nessa classe de materiais, são mais resistentes que as ligações metálicas. Devido a essa característica, as cerâmicas são descritas como um material frágil, enquanto os metais são definidos como dúcteis. Logo, as propriedades físicas de qualquer cerâmica são resultados de sua estrutura cristalina e composição química (Simêncio, 2016).

De maneira geral, ao considerar suas propriedades, Van Vlack (1970, p. 215) assegura que:

Em primeiro lugar, entre essas propriedades está a condutividade elétrica baixa, a qual é consequência da imobilidade dos elétrons das ligações iônicas e covalentes. Como os materiais cerâmicos são comumente utilizados como isolantes, são importantes as suas propriedades dielétricas. Essas propriedades estão intimamente associadas com a estrutura dos cristais. Analogamente, as propriedades magnéticas dos materiais cerâmicos dependem do arranjo dos cátions e dos seus elétrons, que não pertencem à camada de valência. As propriedades mecânicas resultam das várias combinações de ligações iônicas, covalentes e de van der Waals³, que existem nas estruturas.

Para a Ciência dos Materiais é imprescindível discorrer sobre estes elementos complexos de maneira mais integral. Todavia, orientando ao âmbito do design, é possível delimitar o assunto, explanando sobre algumas propriedades de modo mais sucinto e menos técnico. Dessa forma, não será considerado todas as propriedades inerentes aos materiais cerâmicos, e sim, somente àquelas que, de alguma forma, são pertinentes à pesquisa em questão.

O design de produtos pode ser considerado uma atividade inerente e natural [...]. Os designers precisam reunir, processar e incorporar essas informações de modo eficaz [...]. O design de produtos, em particular, cobre uma imensidade de tópicos com infinitas exigências de conhecimento (Morris, 2010, p. 6).

Ao discorrer sobre a densidade dos materiais cerâmicos, Rodrigues e Leiva (2010) asseguram que esta, é inferior comparada a dos metais e, por esta razão, seus produtos são mais leves. Logo, são excelentes para aplicação na fabricação de rotores de motores a turbina. Uma vez que, o seu peso interfere na energia necessária para haver movimento e atingir a velocidade estabelecida.

Outra característica interessante é quanto a sua estabilidade química. Esta propriedade de resistir a determinadas substâncias, favorece o armazenamento de matérias como ácidos e bases. Da mesma forma, conforme Callister Jr. e Rethwisch (2018, p. 33), os materiais cerâmicos são “tipicamente isolantes a passagem de calor e eletricidade, têm baixa condutividade elétrica e são mais resistentes a temperaturas elevadas e a ambientes severos que os metais e os polímeros”.

Em razão de suas propriedades térmicas são excelentes para fabricar artefatos que resistam a altas temperaturas. Assim, são classificados como refratários. Estes, são fundamentais para a manufatura de materiais metálicos. Com relação à condutividade elétrica, além de isoladores, podem se apresentar como semicondutores a condutores e supercondutores,

³ Forças de Van der Waals é o nome genérico dado às forças de natureza eletrostática e de fraca intensidade, tipicamente de 1 a 10 kcal/mol, que existem entre átomos que não fazem parte de um reticulado cristalino, seja ele iônico ou metálico.

e até mesmo outras propriedades como a ferroeletricidade, eletricidade, piezoeletricidade, entre outras (Rodrigues; Leiva, 2010).

Outras particularidades expressivas são quanto ao comportamento magnético e à resistência ao desgaste por abrasão, demonstrando hábil propriedade magnética e resistência ao desgaste em razão de sua dureza. Em virtude do sortimento e peculiaridade de algumas propriedades, Rodrigues e Leiva (2010, p. 48) afirmam que “os materiais cerâmicos formam o ‘coração’ de todos os equipamentos eletrônicos. Atualmente, esse é um dos maiores mercados para os materiais cerâmicos”.

Em termos de progresso e ampliação tecnológica, Shackelford (2008, p. 4) assegura que “os desenvolvimentos na tecnologia de cerâmica estão expandindo sua utilidade para aplicações estruturais, sem eliminar sua fragilidade inerente e aumentando sua resistência para níveis suficientemente altos e também a fraturas”.

Em suma, uma infinidade de novos materiais cerâmicos está sendo desenvolvido e aperfeiçoado para finalidades heterogêneas, desempenhando um papel significativo em áreas distintas na indústria, como no setor de construção, próteses dentárias, na indústria metalúrgica e petroquímica, entre outras.

Cerâmicas [...]. Têm muitos aspectos atraentes. São rígidas, duras e resistentes à abrasão; conservam a resistência em altas temperaturas e resistem bem à corrosão. A maioria é boa isolante elétrica. Também têm fraquezas: diferentemente dos metais, são frágeis, e têm baixa K_{Ic} ⁴. Isso dá às cerâmicas baixa tolerância à concentração de tensões (como orifícios ou trincas) ou a altas tensões de contato (em pontos de aperto, por exemplo). Por essa razão é mais difícil projetar com cerâmicas do que com metais (Ashby; Shercliff; Cebon, 2012, p. 16).

Mesmo havendo “defeitos” em razão de algumas características peculiares, dependendo de sua finalidade, pode não onerar ou até mesmo enobrecer o artefato. Por exemplo, na fabricação de tijolos cerâmicos, suas imperfeições e furos, não irão alterar significativamente em seu propósito final, visto que estes, serão cimentados e ainda poderão receber diversos tipos de revestimentos.

Nesse caso, o importante é que os tijolos sejam fortes. Tais imperfeições em um utensílio de cozinha já não seria conveniente. Contudo, em uma obra de arte, dependendo do contexto e intenção do artista, as imperfeições poderiam ser um critério de valorização. Logo, as fraquezas do material cerâmico são variáveis e instigam ao desenvolvimento de novas técnicas para

⁴ O fator de intensidade de tensão crítico K_{Ic} descreve a resistência do material ao crescimento da trinca. Este fator de intensidade de tensão também é chamado de tenacidade da trinca ou tenacidade da fratura.

aprimorar o material. Um exemplo é a técnica da vitrificação/esmaltação, além disso, tais evoluções, auxiliam a classificar o vasto e versátil material.

Foram os ceramistas do Oriente que resolveram o problema da fragilidade e da porosidade. O primeiro passo deles foi perceber que se a cerâmica estivesse coberta por um tipo especial de cinzas, transformar-se-ia, durante o aquecimento, em uma cobertura de vidro que ficava grudada na parte exterior da peça. Essa camada de vidro selaria todos os poros na parte exterior da cerâmica, e ao variar a composição e distribuição do esmalte, as peças podiam ser coloridas e decoradas. Isso não só impediu que a água entrasse, mas de repente abriu um novo reino estético para a cerâmica (Miodownik, 2015, p. 265).

Assim, uma forma de classificar os materiais cerâmicos é pelo grau de vitrificação e aplicação final, conforme o item a ser concebido. Lima (2006) declara que quando classificadas conforme sua vitrificação, estas podem ser: brancas, estruturais, refratárias, esmaltes e vidro. Consoante sua aplicação final, são classificadas em: cerâmica vermelha, cerâmica branca, refratários, materiais de revestimento, cerâmicas avançadas, isolantes térmicos, fritas e corantes, vidros - cimento, cal e abrasivos.

Entretanto, em consonância aos objetivos e delimitações do objeto de pesquisa, será apresentada somente a cerâmica vermelha. Esta, conforme Lima (2006), corresponde à categoria que engloba telhas, tijolos, encanamentos e correlatos, sendo também conhecida como cerâmicas estruturais. São produzidas a partir de argilas “magras” e “gordas” e sua coloração avermelhada é resultante da presença de óxido de ferro em sua composição.

Na maior parte dos casos, revelam-se bastante porosas. Todavia, não interfere em aplicações mais simples, exigindo uma maior compactação da mistura a fim de aprimorar sua resistência em geral. Dentre suas propriedades, além da alta porosidade e absorção de água, apresentam baixa resistência ao impacto, mas boa resistência a altas temperaturas e à compressão. Além disso, são bons isolantes elétricos e possuem elevada resistência a choques térmicos e a produtos químicos, assim como, elevado módulo de elasticidade e baixa expansão térmica (Lima, 2006).

Quanto à sua densidade, apresenta variação conforme sua composição e compactação, podendo ser aplicada em peças decorativas e estruturais. Em relação aos processos de fabricação, os mais adequados são a prensagem úmida, a tornearia e a extrusão. À vista disso, o processo escolhido para a manufatura do artigo escolhido para o estudo é a conformação úmida manual.

A Figura 5 demonstra um exemplo de processo de fabricação de artefato cerâmico. Esta, apresenta a concepção de uma peça decorativa com função de cofre porta-moedas em formato de porquinho, confeccionada artesanalmente por um ceramista na cidade de Rosário - MA. Sua

estrutura é moldada manualmente em torno de oleiro utilizando a argila vermelha encontrada na região. Os detalhes, como as pernas, orelhas e rabo do porquinho, são adquiridos através do processo de prensagem úmida. Nota-se que durante a confecção de uma mesma peça, pode haver a aplicação de mais de um processo de fabricação. Vale ressaltar que a figura não apresenta todas as etapas percorridas para a confecção do artefato, limitando-se a apenas algumas etapas e demonstrando o processo abreviadamente.

Figura 5 - Processo de fabricação artesanal de artefato em cerâmica



Fonte: Acervo pessoal da autora (2017)

Na imagem 1, tem-se a argila previamente separada para a fabricação dos artefatos. Esta, é torneada pelas mãos habilidosas do artesão, que vai dando forma a peça, modelando-a conforme a imagem número 2. Nas representações 3 e 4 é possível observar a estrutura (corpo) da peça pronta para o processo de secagem para serem posteriormente raspadas e haver a

colocação dos detalhes (orelhas, pernas e rabos). Estes detalhes podem ser observados na imagem 5, enquanto as peças aguardam para serem queimadas. Por fim, a imagem do retângulo 6 apresenta as peças já assadas.

A cerâmica é uma atividade de produção de artefato a partir da argila que se torna muito plástica e fácil de moldar quando umedecida. Depois de submetida à secagem para retirar a maior parte da água, a peça moldada é exposta a altas temperaturas (ao redor de 1000 °C), que lhe atribuem rigidez e resistência mediante a fusão de certos componentes da massa, em alguns casos, fixando os esmaltes na superfície (Alexandre; Rizzo; Garcia, 2020, p. 13).

Assim, é perceptível a conexão crucial entre a ciência dos materiais, sua microestrutura e as propriedades. Dessa forma, o designer transpassa caminhos orgânicos, via a capacidade de mediar e/ou conceber projetos peculiares com o auxílio de materiais contidos na natureza, cujo ecossistema é um modelo inigualável e complexo de inovação.

2.3.2. Argila ou barro? Caracterizando a matéria-prima

A principal matéria-prima empregada na fabricação da cerâmica é a argila. A partir dela, dá-se início ao processo cerâmico. Rodrigues (2011, p. 27) declara que “durante toda a história, em todas as civilizações, o homem se rendeu aos fascínios de tomar uma porção da argila em suas mãos e moldá-la. Desde os povos primitivos até os mais famosos escultores utilizaram o barro para modelar, a partir de suas necessidades e seus desejos”. Assim, pelas diferentes composições do barro bruto, se deu a evolução do homem e de sua história.

Contudo, ao relacionar o barro a argila, é imprescindível pontuar algumas observações. Fagundes (2000) afirma que sob a ampla denominação de barro, há o agrupamento de uma incalculável quantidade de argilas heterogêneas compostas por diversas impurezas, matérias orgânicas e minerais, como os óxidos metálicos. Estes, associados às argilas, em múltiplas proporções, tornam a variedade do barro imensurável, assim como as suas distintas particularidades, independentemente de estarem cru ou cozidos. Em cada lugar há uma infinidade de tipos de rochas que, em contato com a água, formarão múltiplas variedades de barro.

Cada barro tem uma composição mineral diferente, apresentando, assim, características diferentes. Em geral, as pessoas usam o termo barro sem diferenciá-lo de argila, mas barro é qualquer terra misturada com água, enquanto a argila possui a capacidade de ser modelável, em maior ou menor grau. Tomado pelo homem no seu instante de vida, o barro se torna matéria da produção de instrumentos, mas, para isso, deve-se tornar argila, e argila nada mais é que um barro com minúsculas partículas, que o tornam maleável. A argila é um material abundante e, em geral, adquire, quando umedecida com água, certa plasticidade ou maleabilidade, permitindo tomar as formas que se queira dar (Rodrigues, 2011, p. 27).

As argilas, são parte integrante do solo, resultantes da decomposição de rochas feldspáticas, cujos principais elementos são a água, a sílica e o alumínio. Segundo Fagundes (2000, p. 17), “as argilas são rochas normalmente de origem sedimentar e provenientes da alteração de rochas silicatadas. Os minerais que as constituem são fundamentalmente a caulinite, a ilite ou a montemorilonite”.

São apresentados como um material natural de textura terrosa, com granulação fina e partículas fibrosas ou lamelar, aparentemente uniformes e inflexíveis. Além disso, conforme Rodrigues (2011, p. 27) “o barro possui uma história [...]. É fruto de uma ação milenar da natureza e resulta da decomposição de rochas e da quebra de pedras que se dissolveram na água e novamente se cristalizam em partículas”.

É indiscutível a amplitude substancial dessa matéria-prima, que faz parte do cotidiano humano desde os tempos remotos, sendo adaptada, moldada, evoluindo e contornando os obstáculos de suas limitações, de maneira mutável e equilibrada.

A argila, devido a sua disponibilidade em grandes quantidades, e suas características de plasticidade, resistência mecânica a verde e após a queima, e possibilidade de conformação por diferentes técnicas de processamento, é a matéria-prima utilizada na fabricação de uma série de artefatos cerâmicos. É possível fabricar peças cerâmicas com diferentes argilas, utilizando-se diversas técnicas de processamento. Entretanto, cada massa cerâmica e cada processamento dão origem a produtos com diferentes propriedades (Pureza, 2004, p. 26).

Logo, devido a essa pluralidade e por ser encontrado no ecossistema em estado que varia da pureza genuína à associados a materiais heterogêneos, que podem interferir em suas propriedades e consequentemente em sua aplicação específica, as argilas podem ser classificadas em *primárias* e *secundárias*. Da mesma forma, também é possível estabelecer algumas classificações para o barro, seja pela plasticidade, classificando-o em *barro gordo* e *barro magro*, ou pela sua coloração pós-queima, como *barros de cozedura branca* e *barros de cozedura corada*.

Fagundes (2000) assegura que as argilas primárias são aquelas que se mantêm no local de origem. Estas, são ocasionalmente conectadas a resíduos da rocha matriz, como granitos, feldspatos ou gnaisses, apresentando-se em grãos grossos e na tonalidade branca, em razão de sua pureza ou dos minerais que a constitui.

Além de puras, são pouco plásticas. Já as argilas secundárias são as que foram deslocadas por agentes naturais, para longe da rocha matriz. Devido a essa movimentação, seus grãos são mais finos e diferentes minerais são agrupados, podendo se apresentar coradas ou não. As inúmeras combinações destes materiais irão caracterizar cada tipo de argila. A tabela ilustrada na Figura 6 exibe esta classificação da argila e permite um melhor entendimento.

Figura 6 - Classificação da argila



Fonte: Elaborado pela autora, adaptado de Fagundes (2000)

Quanto a classificação do barro, em relação à sua plasticidade, Fagundes (2000) reitera que os barros gordos são demasiadamente plásticos em razão de sua forma e de suas minúsculas partículas que o constitui, além da incorporação de elevado teor de produtos orgânicos. Estes, podem ser classificados como argila secundária e costumam apresentar resistência quanto à secagem, devido ao seu elevado índice de retração, tendendo ao aparecimento de fendas e deformações.

Contrariamente, os barros magros são menos plásticos devido a maior dimensão de suas partículas e à presença elevada de materiais siliciosos e/ou calcários. Isto faz com que sejam mais friáveis e, mesmo quando umedecidos, apresentam maior facilidade em quebrar durante a modelagem. Contudo, em relação ao processo de secagem, estes se comportam melhor, no que se refere as roturas e deformações (Fagundes, 2000).

Conforme a coloração, os barros de cozedura branca possuem baixa ou nenhuma porcentagem de óxidos metálicos, apresentando tonalidade esbranquiçada após o cozimento. Logo, Fagundes (2000, p. 19) reafirma que “é corrente designar-se por *barro branco* qualquer barro que dê cozedura branca, mesmo que a sua cor em cru seja outra (frequentemente cinzento, mais ou menos carregado, até quase preto quando úmido)”.

Por conseguinte, o autor afirma que os barros de cozedura corada apresentam maiores percentuais de óxidos metálicos, lhes conferindo coloração característica após a cozedura. Dentre eles, os mais corriqueiros são os caracterizados por barro vermelho, embora haja variações em sua tonalidade em cru, podem variar entre cinzento, esverdeado, amarelo ocre e até mesmo a cores análogas após a cozedura. A tabela representada na Figura 7 descreve as

classificações referentes ao barro e permite uma melhor assimilação.

Figura 7 - Classificação do barro



PLASTICIDADE		COLORAÇÃO (PÓS-QUEIMA)	
Gordo	Magro	Branca	Corada
• Bastante plásticos; • Possuem elevado teor de produtos orgânicos; • Resistência à secagem; • Elevado índice de retração; • Tende ao aparecimento de fendas e deformações.	• Menos plásticos; • Possuem elevado teor de materiais siliciosos e/ou calcários; • Mais friáveis; • Maior fragilidade (modelagem); • Boa secagem (poucas fendas/deformações).	• Baixa ou nenhuma porcentagem de óxidos metálicos; • Tons brancos após o cozimento; • Quando cru, tom cinzento, a quase preto quando úmido.	• Maiores percentuais de óxidos metálicos; • Tons avermelhados após o cozimento; • Quando cru, varia entre cinzento, esverdeado, amarelo-ocre e cores análogas após a cozedura.

Fonte: Elaborado pela autora, adaptado de Fagundes (2000)

De modo geral, Lima (2006, p. 124) reitera que “a obtenção de produtos cerâmicos é fruto do processo iniciado pela extração de material argiloso de jazidas previamente selecionadas com base na análise da composição do solo que, em última instância, determinará a serventia do material”. Logo, inerente à pesquisa, é relevante ressaltar quanto às inúmeras reservas naturais de argilas existentes no Brasil e no Estado do Maranhão.

Diversas reservas naturais de argilas e zeólitas são encontradas no Brasil, especialmente nas regiões Nordeste e Sul. Dada à sua formação geológica, o Estado do Maranhão possui grande variedade de argilas e uma das mais expressivas reservas de zeólitas naturais do Brasil (Figueredo *et al.*, 2013, p. 52).

Assim, o seu processo produtivo apresenta diferentes estágios tecnológicos, passíveis de variações conforme os tipos de materiais utilizados em sua composição, considerando sua finalidade. Há inúmeros tipos de argila, as quais sofrem variações consideráveis, conforme o solo da região. Logo, em harmonia aos objetivos desta pesquisa, o estudo será limitado à utilização da argila vermelha adquirida no município de Rosário - MA.

2.4. Mangue: um ecossistema singular na Amazônia Legal

Embora o objeto deste estudo seja sobre a incorporação de resíduos de exoesqueleto de caranguejo em massa cerâmica vermelha, é indispensável fazer uma breve contextualização sobre o mangue, visto que, ambos os materiais, são sedimentos provenientes desse ecossistema litorâneo. Nesse sentido, é interessante abordar, mesmo que de maneira sucinta, sobre algumas características desse admirável bioma peculiar que abrange o território maranhense e, que faz parte da importante Amazônia Legal⁵.

O solo é um elemento primordial do ecossistema. A partir dele, é extraído os substratos necessários para a viabilidade da infraestrutura humana, funcionando como um patrimônio vital. Este, não se resume apenas às suas características minerais, engloba um conjunto de ecossistemas que compõem uma diversidade de biomas singulares.

Conforme o Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade - ICMBio (2018), o Brasil, é detentor da maior biodiversidade do planeta, apresentando uma das maiores riquezas de espécies existentes, equivalendo a mais de 13% da biota. Sua imensidão territorial e rica pluralidade de *habitat* terrestres e aquáticos, compreende seis valorosos biomas (Amazônia, Caatinga, Cerrado, Mata Atlântica, Pampa e Pantanal), assim como o maior sistema fluvial do planeta.

Inserido nesse contexto e direcionando ao âmbito da pesquisa, o Estado do Maranhão é pertencente a região Nordeste do Brasil, e sua parte ocidental, a partir do Golfão Maranhense, compreende a Amazônia Legal. Este, situa-se no bioma correspondente à Amazônia e apresenta um rico ecossistema costeiro, apresentando peculiaridades quanto a forma e caracterizado por inúmeras baías, estuários e reentrâncias. Dentre eles, as maiores são a desembocadura do rio Amazonas com seu delta, e o Golfão Maranhense (Martins; Oliveira, 2011).

Segundo o Núcleo Geoambiental - NuGeo, da Universidade Estadual do Maranhão - UEMA (2016), o Estado do Maranhão é considerado o oitavo maior Estado brasileiro e o segundo do Nordeste em extensão territorial. Além disso, é detentor de ampla capacidade hídrica, em especial na região Nordeste, contando com dez bacias e dois sistemas hidrográficos.

A Zona Costeira e Marinha brasileira ocupa, aproximadamente, 3,5 milhões de quilômetros quadrados. É uma das maiores faixas costeiras do mundo, com mais de 7.400 km, incluindo sistemas ambientais extraordinariamente diversos. O litoral brasileiro é composto por águas frias na costa sul e sudeste e águas quentes nas costas nordeste e norte, dando suporte a uma grande variedade de ecossistemas que incluem

⁵ Área que corresponde a aproximadamente 5 milhões de km² do território brasileiro, englobando os estados do Acre, Amapá, Amazonas, Mato Grosso, Pará, Rondônia, Roraima, Tocantins e parte do Maranhão. Foi criada em 1953, no governo de Getúlio Vargas, para instigar o desenvolvimento econômico da região amazônica brasileira.

manguezais, recifes de corais, dunas, restingas, praias arenosas, costões rochosos, lagoas e estuários, que abrigam inúmeras espécies da flora e fauna (ICMBio, 2018, p. 43).

As bacias hidrográficas e toda a sua complexa estrutura são essenciais para a biodiversidade e ecossistemas tipicamente tropicais como os manguezais. Terceiro, Santos e Correia (2013) asseguram que o manguezal é um primordial ecossistema da costa brasileira, que origina inúmeros recursos fundamentais, tais como madeira, remédios, tinturas, peixes, crustáceos e moluscos. Em torno de 85% dos manguezais do Brasil dão-se no decurso de 1.800 km do litoral norte dos estados do Amapá, Pará e Maranhão, sobretudo entre Belém - PA e São Luís - MA.

Martins e Oliveira (2011) reiteram ser na Amazônia Costeira que se estende a maior área contínua de manguezais do mundo, com cerca de 8.900 km², sendo que o litoral do estado do Maranhão, sozinho, compreende 50% do total dessa área. Além desse aspecto relevante, os autores enfatizam sobre a distribuição dos manguezais maranhenses que se encontram especificamente nas áreas de Tutóia, Araíoses, Parnaíba, Amarração, São Luís e toda a região das reentrâncias maranhenses desde Alcântara.

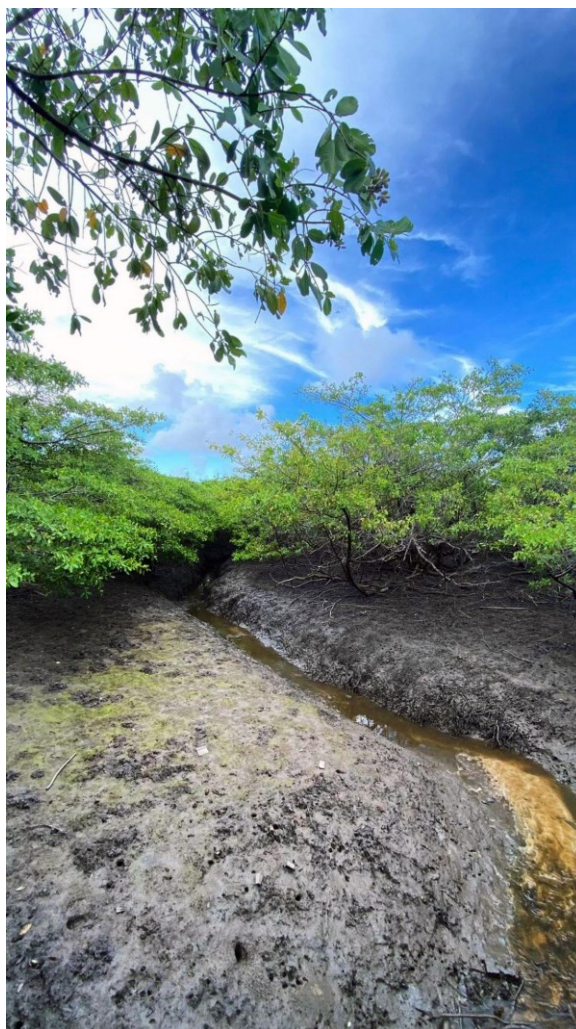
Logo, alguns caracteres interessantes como o regime de macro marés, a alta pluviosidade, umidade, além da vasta hidrografia e composição de sedimentos adequados no solo, como silte e argila, propiciam ao Estado do Maranhão, as características favoráveis a esse ecossistema. Além disso, o transforma no Estado que possui a maior extensão de manguezais do país (Terceiro; Santos; Correia, 2013).

Conforme Martins e Oliveira (2011), esta notória classificação, deve-se principalmente à exuberância e o desenvolvimento estrutural dos manguezais nessa região. Isto se dá tanto por condições ambientais favoráveis, quanto pelo baixo impacto das atividades humanas em uma porção significativa dessa costa. Assim, os impactos humanos mais expressivos são habitualmente encontrados nas sedes municipais e em seus arredores, além das áreas turísticas.

Ao versar sobre elementos mais específicos, Martins e Oliveira (2011) asseguram que as forçantes ambientais desse sistema são caracterizadas, em especial, pelas amplas variações na altura das marés, mudanças na salinidade, elevados aportes de água doce por rios e chuvas intensas. Outros aspectos consideráveis são quanto às temperaturas quentes, tropicais (em média de 26 °C) e as altas taxas de sedimentação e erosão. Dessa maneira, vale ressaltar que a salinidade é um componente muito variável nesse sistema.

A Figura 8 apresenta como exemplo, o manguezal situado na região do povoado de Atins, na cidade de Barreirinhas - MA.

Figura 8 - Área de mangue em Atins localizado em Barreirinhas - MA



Fonte: Acervo pessoal da autora (2023)

Sujeito ao regime de marés, os manguezais compõem um heterogêneo ecossistema litorâneo que apresenta condições propícias à reprodução e alimentação de diversas espécies, representando um valioso e frutífero fomentador de nutrientes, bens e serviços. Santos, Alves e Pimentel (2020, p. 3) afirmam que “os manguezais brasileiros têm grande importância socioeconômica e, historicamente, esses ecossistemas têm sido explorados como fonte de extração de recursos naturais para a subsistência das populações tradicionais”.

A dinâmica da ocupação humana no litoral maranhense favorece a premissa de que os manguezais também são atores na construção da história do Maranhão e não apenas um cenário passivo, por onde a história se tem desenrolado. Se a lâmina do machado e o fogo das caieiras têm contribuído para direcionar a história dos manguezais, eles, por sua vez, têm ajudado a escrever a história das sociedades no litoral do Maranhão. Os produtos fornecidos pelos manguezais têm sido utilizados pelos grupos humanos desde a pré-história, e na América Pré-Colombiana há amplos registros da extração de corantes, fibras, resinas, madeira e proteínas de origem animal [...]. Estudos realizados nos litorais do Pará e do Maranhão revelam que os recursos dos manguezais

têm sido extraídos por mais de 4.000 anos com a presença de cerâmica e outros artefatos (Martins; Oliveira, 2011, p. 96).

É perceptível a relevância desse bioma singular. A Amazônia Legal, em particular, a Amazônia Costeira, com ênfase no litoral maranhense, é uma unidade geográfica natural que fornece uma ampla gama de benesses e uso para a humanidade, principalmente quanto à funcionalidade de seus manguezais. Há toda uma conexão entre a fauna, a flora e seus ecossistemas associados às raízes ancestrais que englobam elementos sociais, religiosos, econômicos, históricos e técnicos.

O solo do manguezal caracteriza-se por ser úmido, salgado, lodoso, pobre em oxigênio e muito rico em nutrientes. Por possuir grande quantidade de matéria orgânica em decomposição, por vezes apresenta odor característico, mais acentuado se houver poluição. Essa matéria orgânica serve de alimento à base de uma extensa cadeia alimentar, como, por exemplo, crustáceos e algumas espécies de peixes. O solo do manguezal serve como habitat para diversas espécies, como caranguejos (Nunes; Mendonça, 2013, p. 38).

Logo, inserido nesse bioma, encontra-se ambas as matérias-primas deste estudo. Contudo, nesta etapa, será discorrido de maneira introdutória sobre o segundo material, o caranguejo. Conforme Castro (1986 *apud* Terceiro, Santos e Correia, 2013, p. 95), “o caranguejo-uçá [...] constitui-se, como um dos principais recursos pesqueiros estuarinos, em virtude de sua grande abundância e da facilidade de captura, a qual não exige métodos e técnicas sofisticadas, impedindo, deste modo, o controle efetivo da sua produção total”.

Assim, ao explicar sobre o favorecimento na produção do caranguejo-uçá, Vale (2017) reitera que os Estados do Maranhão e Pará, seguido do Piauí, extraem toneladas anuais deste recurso, que representa significativa relevância para os seres humanos, tanto como fonte de alimentação, como renda via comercialização. No entanto, o consumo do crustáceo acaba gerando enorme produção de resíduos, em razão de seu exoesqueleto representar aproximadamente entre 50 a 60% de seu volume corpóreo.

A partir dessa prévia e breve contextualização sobre o bioma a que está inserido e à problemática ambiental causada por seu consumo e consequente descarte de resíduos, é pertinente ressaltar que o estudo não será delimitado a uma localização geográfica propriamente dita. Afinal, a área de manguezais situada na Amazônia Costeira é ampla e não é interessante, nem tampouco justo, estabelecer tais limites. Visto que, consoante aos objetivos deste trabalho, o foco está direcionado a apresentar uma proposta eficiente e sustentável, a fim de mitigar os impactos causados pelo descarte dos resíduos do exoesqueleto de caranguejo, favorecendo o ecossistema e à comunidade.

2.4.1. Caranguejo-uçá

Conforme Boos, Pinheiro e Magris (2016), existem aproximadamente 68.000 espécies descritas de crustáceos, com 2.500 delas, catalogadas no Brasil. Suas características apresentam variações conforme o desenvolvimento e particularidades climáticas e geológicas de seu bioma. Assim, em uma mesma família, pode haver várias espécies. Logo, há uma infinidade de espécies de caranguejo registradas no Brasil, fazendo-se necessário classificar o caranguejo, a qual será um dos objetos deste estudo.

A família Ucididae Števíć, 2005, pertence à superfamília Ocypodoidea Rafinesque, 1815. É uma das 71 famílias de crustáceos decápodos composta por um único gênero – *Ucides* Rathbun, 1897 [...], representado por duas espécies: *Ucides cordatus* (Linnaeus, 1763) e *Ucides occidentalis* (Ortmann, 1987) (Pinheiro; Santos; Souza; João; Dias-Neto; Ivo, 2016, p. 441).

Dessa forma, consoante à pesquisa, os resíduos de exoesqueleto a serem trabalhados serão os do caranguejo-uçá, *Ucides cordatus* (Linnaeus, 1763), decapoda Ucididae. Segundo Pinheiro *et al.* (2016), as espécies do gênero *Ucides* são habitualmente denominadas como caranguejo-uçá ou caranguejo-verdadeiro (*U. cordatus*) e caranguejo rojo ou guariche (*U. occidentalis*). Essas espécies são facilmente identificadas em estuários de regiões tropicais e subtropicais contidas nas regiões que compõem as Américas, junto a galerias construídas na região intertidal e, representam uma das espécies endêmicas das áreas de manguezal. Este, é um ecossistema relativamente diminuto no planeta, sendo limitado às zonas costeiras tropicais e subtropicais.

Quanto a sua aparência física, Souza (2018) reitera que o caranguejo-uçá é caracterizado por possuir carapaça subelíptica, com tonalidade que varia de cinza azulada a arroxeada e quelípodes⁶ com tamanhos desiguais, tanto em machos quanto em fêmeas. Outra característica interessante sobre o *Ucides cordatus* é que estes apresentam dimorfismo sexual externo, facilitando a diferenciação entre machos e fêmeas pela configuração do abdome e por uma franja de cerdas existente nos pereópodes⁷ dos exemplares machos. Esta característica é reduzida ou inexistente nas fêmeas.

Em suma, é uma espécie que apresenta elevada idade de maturidade sexual, longevidade e baixa mortalidade natural, podendo medir 100 mm de largura de carapaça e pesar 350g na fase adulta. Sua reprodução é do tipo sazonal, ocorrendo de maneira mais intensa durante os meses que equivalem às estações do ano relativas à primavera e verão, com ênfase para o mês

⁶ Primeiro par de pernas dos crustáceos, que forma uma grande pinça.

⁷ Patas utilizadas para locomoção (pernas ambulatoriais) dos crustáceos.

de janeiro, onde há uma acentuação no ciclo reprodutivo (Pinheiro; Santos; Souza; João; Dias-Neto; Ivo, 2016, p. 445).

A Figura 9 demonstra o caranguejo e a toca tipicamente elaborada pela espécie, em um manguezal localizado no povoado de Atins, situado na cidade de Barreirinhas - MA. Os caranguejeiros⁸ mais experientes conseguem distinguir facilmente qual o sexo do exemplar e determinar um tamanho médio do caranguejo que está entocado, analisando a dimensão da toca e pelos vestígios na entrada causadas pelas cerdas existentes nos pereópodes característicos dos machos.

Figura 9 - Caranguejo-uçá em toca no manguezal em Atins-Barreirinhas/MA



Fonte: Acervo pessoal da autora (2023)

Dentre suas inúmeras peculiaridades, o caranguejo executa um papel primordial para a subsistência da fauna e da flora do mangue, ao revirar o solo para fazer suas tocas e estocar folhas em sua galeria. Esta ação, oxigena e distribui os nutrientes, além de reter a matéria orgânica por mais tempo no manguezal. Tais nutrientes, são posteriormente levados para o mar, pelos ciclos de maré. Além disso, o modo como se alimenta é outra forma de sustentar uma complexa teia trófica ao se nutrir das folhas que caem das árvores ricas em compostos fenólicos e com pouca degradabilidade (Vasconcelos, 2008).

O caranguejo-uçá é uma espécie notória por sua ampla relevância, principalmente quanto a esfera econômica, representando um importante recurso pesqueiro para as comunidades ribeirinhas. Silva (2008) assegura que a atividade de captura ou catação do caranguejo-uçá em manguezais brasileiros é realizada com as mãos nuas ou auxiliada por

⁸ Indivíduos que apanham e/ou vendem caranguejos.

instrumentos adaptados. Esta, ocorre nos horários da baixa-mar e, representa uma das mais importantes fontes de subsistência para as comunidades que vivem próximas a esses ambientes. Todavia, seus benefícios são mais abrangentes.

Brabo (2009, p. 26) declara que “a carne de caranguejo é considerada um alimento altamente nutritivo, por possuir elevado teor de proteínas e baixo teor de lipídeos, contribuindo para a saúde humana [...], além de apresentar ácidos graxos [...] benéficos ao organismo”. Nesse contexto, Ribeiro e Fernandes (2018, p. 137) afirmam que “a extração e comercialização desse recurso é intensa em função da sua elevada procura para a gastronomia local e regional, o que certamente tem auxiliado no crescente impacto sobre [...] produção de resíduos sólidos advindos do beneficiamento de sua carne”.

Além de seus valores gastronômicos e nutricionais, outro elemento pertinente é quanto à composição química de sua carapaça. Lopes (2020) assegura que as cascas de crustáceos são rígidas e apresentam particularmente em sua composição carbonato de cálcio (CaCO_3), quitina e proteína, que podem variar conforme a espécie. Além disso, a rigidez e a estabilidade térmica do exoesqueleto se dão em razão da incorporação do CaCO_3 à quitina.

Ao retratar sobre a composição de sua carapaça, pode surgir questionamentos sobre a sua decomposição natural, visto que as mesmas são bastante resistentes. Assim, é oportuno mencionar que não há como determinar um período exato, visto que, fatores ambientais como temperatura, salinidade, umidade, poluição, presença de organismos decompositores, região, entre outros, oscilam continuamente.

Tais aspectos interferem diretamente no processo de deterioração e, consequentemente, podem influenciar sobre o tempo gasto, para haver a sua decomposição integral, levando alguns meses, ou até mesmo alguns anos, conforme as condições expostas. A heterogeneidade e opulência da biomassa que se encontra disponível nos manguezais, variam em função da composição dos bosques, do material adjacente aos rios, dos detritos transportados pelas marés, e do consumo pela macrofauna, sendo todos cruciais ao processo de decomposição e reaproveitamento de nutrientes (Christofolletti, 2005).

Logo, é perceptível a pluralidade de sua relevância, quer seja econômica, gastronômica ou ecológica, via processos de reciclagem nutricional e revolvimento do solo, e/ou durante a ingestão de resíduos orgânicos vegetais, à formação e manutenção de galerias. Suas características e propriedades apresentam peculiaridades atrativas e relevantes ao beneficiamento de seus sedimentos. Assim, a utilização e aplicação de seu substrato destinando-o a novos fins é uma forma de reverter o destino do resíduo do exoesqueleto à matéria-prima, a fim de dar continuidade a um novo ciclo produtivo.

2.4.2. Pinçando possibilidades: aplicabilidade e aspectos tecnológicos do exoesqueleto de caranguejo

No cenário vigente, em que os hábitos fomentam o consumo exacerbado, aspirando inovações tecnológicas e potencializando a geração de resíduos e descarte, o ato de projetar vai além. Exige uma reflexão rigorosa e vigilante, de maneira ampla, principalmente, quanto as questões relacionadas aos impactos ambientais oriundos da sequência produtiva de artefatos.

Para a elaboração de projetos, é importante considerar opções inovadoras, eficientes e que não prejudiquem o meio ambiente, com o intuito de preservar os recursos naturais e todo o ecossistema. Baxter (2000, p. 51) afirma que “a criatividade é o coração do design, em todos os estágios do projeto. O projeto mais excitante e desafiador é aquele que exige inovações de fato”.

Atualmente cresce o interesse em reaproveitar os resíduos a fim de reduzir custos, proporcionar melhorias técnicas e mitigar os impactos ambientais. Dessa forma, tem surgido várias alternativas e pesquisas visando reutilizar os sedimentos pesqueiros. Lopes (2020, p. 14) assegura que “a transformação de diferentes resíduos tem se tornado uma solução para gerar materiais. O descarte inadequado de resíduos de atividades pesqueiras causa diversos impactos ambientais, a destacar os sólidos provenientes do beneficiamento do caranguejo-uçá (*Ucides cordatus*)”.

Logo, alternativas funcionais e eficazes para a sua aplicabilidade nas mais diversas áreas, vem se tornando cada vez mais frequente. Diversos pesquisadores têm apontado alternativas para a aplicação dos resíduos produzidos no beneficiamento do caranguejo-uçá, quer seja no âmbito da construção civil, ou sob a forma de adubo orgânico (Santos; Alves; Pimentel, 2020). Além dessas opções, há outras aplicações com estes resíduos, uma vez que em sua composição química apresentam outros nutrientes favoráveis a diferentes finalidades.

A quitina é um polissacarídeo com alto valor comercial e muito presente na composição do exoesqueleto do caranguejo-uçá. Esta, pode ser transformada em quitosana via processos de desacetilação. A quitosana é um biopolímero natural modificado, muito utilizado na indústria de alimentos para a formulação de filmes e revestimentos comestíveis a fim de prolongar a vida útil dos produtos alimentícios (Vale, 2017).

Em ensaios de difração de raios-x (DRX), Bayuseno *et al.* (2022) observaram picos de difração correspondentes à calcita (CaCO_3), ou seja, a maior parte do exoesqueleto é constituído de carbonato de cálcio, que se decompõe em CaO (óxido de cálcio ou cal) e CO_2 (dióxido de carbono). Além destes atributos, os aspectos tecnológicos de suas características permitem a

aplicação dos resíduos do exoesqueleto de caranguejo nas mais variadas esferas que vão desde embalagens biodegradáveis a rações para aves, ou na incorporação em sistemas triaxiais utilizando caulim, feldspato e quartzo, inclusive, em concreto para pré-moldados.

São inúmeros estudos realizados visando formular alternativas sustentáveis ao que tange o beneficiamento dos detritos do exoesqueleto de caranguejo, para aprimorar e/ou avaliar elementos específicos, como a sua resistência mecânica agregada a outros materiais e descobrir novas finalidades.

Ashby e Johnson (2011, p. 163) reiteram que “a maioria dos novos materiais para design surge por meio da comercialização de pesquisas, isto é, por meio do desenvolvimento impulsionado pela ciência”. Logo, é indispensável conectar observações, conceitos e técnicas para gerar soluções eficientes e criativas às problemáticas. Novos materiais em sua grande maioria representam o ponto de partida para os designers - eles inspiram e podem ser manipulados para se obter produtos que nunca haviam parecido possíveis antes (Ashby; Johnson, 2011).

Em síntese, a inovação se faz cada vez mais necessária para o desenvolvimento de novas técnicas, produtos, materiais, estilos de vida e conceitos. Uma vez que, analisando as circunstâncias evolutivas, identificou-se a necessidade de uma preocupação ambiental com todo o processo produtivo, assim como na redução de custos de produção e democratização de acesso às ferramentas e tecnologias.

Baxter (2000, p. 2) reitera que “o desenvolvimento de novos produtos é uma atividade complexa, envolvendo diversos interesses e habilidades, [...] é necessariamente uma solução de compromisso. Diversos tipos de interesses devem ser satisfeitos”. Todavia, a problemática que envolve as questões ambientais deve ser estabelecida como uma prioridade. Assim, até onde se deve ir ou fazer para satisfazer as necessidades humanas?

A logística atual determina ameaçadoramente o futuro da humanidade. Conforme Kazazian (2005, p. 28), “a natureza não tem dogma. Entender as relações dinâmicas que nela se produzem é a primeira etapa a superar para obter respostas à complexidade das dificuldades encontradas”. Dessa forma, possibilitar novos destinos e ciclos aos resíduos de exoesqueleto de caranguejo e demais sedimentos, auxilia de maneira benéfica e produtiva na recomposição do ecossistema e na perpetuação de seu fenômeno autorregulador.

Mediante projetos de design voltados à concepção de novos materiais, é possível pinçar oportunidades para gerar alternativas expressivas. Estas, surgirão na grande maioria das vezes por meio de pesquisas envolvendo temáticas como esta em questão e pela articulação de ideias convergidas em experimentações a fim de serem validadas e reproduzidas. Logo, identificar as

necessidades da sociedade e do meio ambiente para criar projetos que tragam benefícios relevantes é uma forma expressiva e interessante de estimular a reflexão sobre o descarte de resíduos e sua reutilização, consoante o propósito do designer.

2.5. Design e sustentabilidade na pesquisa de materiais: convergência criativa

Vincular a esfera do design aos aspectos materiais é um acontecimento constante. Todavia, o design incorpora muito mais do que elementos tangíveis. Contempla uma esfera ampla, holística e multifacetada, que envolve parte do cotidiano humano e tem por desígnio a materialização de artefatos, elucidação de problemáticas, transmissão de ideias e sugestão de opções funcionais e eficazes às mais heterogêneas e eventuais questões existentes. Logo, é presumível que o design seja mais que aparência. Leal (2012, p. 11) assegura que “o design representa um feliz casamento entre a técnica e a estética, entre beleza e funcionalidade”.

É fato que o design possui uma forte relação com os materiais e assim, sua conexão com a tecnologia se torna inevitável. Ambos se apresentam em constante evolução, sendo refinados por séculos, se adequando à modernidade e ao progresso. Em paralelo, os modelos de produção e consumo são fortemente atrelados ao dispêndio exacerbado de recursos naturais e consequente geração de resíduos, exigindo uma postura habilidosa e criativa, objetivando os aspectos ambientais de maneira sustentável.

A transição rumo à sustentabilidade será um processo de aprendizagem social no qual os seres humanos aprenderão gradualmente, através de erros e contradições – como sempre acontece em qualquer processo de aprendizagem-, a viver melhor consumindo (muito) menos e regenerando a qualidade do ambiente, ou seja, do ecossistema global e dos contextos locais onde vivem (Manzini; Vezzoli, 2002, p. 27).

Sampaio *et al.* (2018, p. 19) assegura que “atualmente, vivemos em tempos de mudanças de paradigmas, em que o ecocentrismo é uma meta e o caminho que nos leva a ele traz melhorias em termos ambientais e sociais”. Modificar arquétipos antropocêntricos implantados no alicerce cultural demanda ética, disposição, engenhosidade, além de empenho intelectual, científico e tecnológico. A acentuada exploração dos recursos naturais, consumada no transcorrer do progresso cultural, científico e tecnológico, resultou em infortúnios biológicos e ecológicos para a humanidade.

Conceber projetos em design no panorama atual exige iminente responsabilidade quanto à questão ambiental, assim como vincular habilidades criativas para desenvolver propostas inovadoras, visando mitigar a geração de resíduos, via o mapeamento e análise dos materiais e o ciclo de vida dos produtos. Ao adotar tal postura e assimilar a relevância de seu contexto, o

leque de possibilidades se expande permitindo agregar valor ao processo produtivo e às suas práticas projetuais, reformulando o fabrico de artefatos, utilizando menos energia e recursos.

Todavia, esta preocupação não é casual e nem tampouco recente. Diversos autores, seja da esfera do design ou além dela, destacam a relevância em adotar critérios inovadores para a prática de um design sustentável, destacando o primordial papel do designer na construção do futuro ao propor soluções ecologicamente corretas e sistêmicas. Para tal é essencial, que haja a disposição de se opor às ações alienadas, de se submeter aos anseios do mercado e do consumo.

A ideia da função social do design e de seu papel na promoção de mudanças em direção a uma sociedade mais justa e que privilegie uma relação mais harmônica com a natureza, ancorada em novas visões a respeito do significado do termo “desenvolvimento”, não é nova. Autores do campo do design como Maldonado (1972), Papanek (1977) e Bonsiepe (1978), entre outros, constatando os problemas sociais e ambientais decorrentes do modelo de desenvolvimento vigente nas sociedades ocidentais e emulados para o resto do planeta – processo com o qual o design em muito contribuiu –, já destacavam, desde a década de 1970, a importância de uma nova teoria da prática do design (Oliveira; Franzato; Gaudio, 2017, p. 125).

É sabido que um atributo peculiar à área do design é sua multidisciplinaridade e habilidade de conectar distintos aspectos, harmonizando em resultados singulares. Afinal, é um campo transversal, incontestavelmente interligado aos domínios em que há a demanda de um alto aperfeiçoamento com enfoque na inovação. Ao projetar, o designer necessita de competência e criatividade, uma vez que o artefato concebido não é apenas uma materialidade e constitui uma ampla representação informativa.

Para Flusser (2007), todo artefato é elaborado pelo ato de configurar um elemento sucedendo um propósito. Dessa forma, partindo da perspectiva etimológica, a fabricação equivale ao sentido literal de dar forma a algo (termo in + formação) e, analisada em sentido ampliado, fabricar equivale a informar. Assim, origina-se o significado menos frequente, relativo a “fabricar” como um invento ou delinear ideias e/ou versões.

O designer de produtos dispõe de notável potencial quanto a possibilidade de influenciar via sua criação, se tornando uma arma poderosa para conscientizar sobre as questões sustentáveis. Flusser (2007, p. 12) assegura que “todo objeto manufaturado, por sua vez, tem como meta transformar as relações do usuário com seu entorno de modo a tirar dele, algum proveito. Ao concretizar uma possibilidade de uso, o artefato se faz modelo e informação”.

Logo, é perceptível a valia e dimensão do design. Este, se apresenta como uma peça fundamental apto a despertar desejos, propor mudanças socioeconômicas, tecnológicas e sociodemográficas a fim de solucionar problemáticas utilizando-se de técnicas engenhosas e funcionais com foco no usuário e em seu ambiente. Manzini (2008) reitera que pelo fato de os designers ocuparem-se com as interações cotidianas dos seres e seus artefatos, além de serem

atores sociais, podem ser considerados parte da solução mais do que quaisquer outros, assegurando um papel especial.

O fato é que as ações humanas vêm desencadeando desequilíbrios ambientais que tendem a intensificar com a escassez de recursos naturais, se tornando um problema universal. A tecnologia é uma ferramenta que pode e deve ser utilizada para auxiliar na resolução de tais problemas. Kruglianskas e Pinsky (2014, p. 100) garantem que “no aspecto tecnológico, as redes sociais e a colaboração estão cada vez mais se intensificando, o que provoca a partilha e a discussão de ideias e fatos”.

Assim, promover a colaboração entre pessoas com diferentes competências, promovendo a troca de saberes técnicos e tácitos, favorece a sinergia entre a tríade sociedade, academia e indústria, possibilitando se chegar a soluções até então inimagináveis. Esse é um modo de inovar combinando distintas perspectivas, a fim de aprimorar produtos e serviços através da criatividade e participação direta. Além disso, é uma excelente ferramenta para disseminar a conscientização sobre os impactos ambientais oriundos do estilo de vida consumista e consequente descarte de resíduos.

A inovação e os processos criativos são inerentes a todos e não são aspectos fechados a campos específicos. Propostas que abrangem múltiplas áreas e, visam potencializar as características e propriedades dos materiais e/ou apresentar novas possibilidades de aplicação mediante resultados diferenciados, apresentam inúmeros benefícios.

O engajamento e a cooperação via redes de apoio, viabiliza soluções criativas e articula a implementação de um olhar responsável, além de contribuir para a redução dos resíduos gerados, agregando maior valor local e aos materiais em si, evidenciando técnicas e conhecimentos, tanto tácitos quanto explícitos.

Nessa perspectiva, há inúmeras maneiras de estimular a comunidade acadêmica a novos estudos com ênfase na sustentabilidade, a fim de fomentar pesquisas que englobam a atribuição e reaproveitamento de resíduos e/ou compósitos sustentáveis a outros materiais, integrando as ODS's, a educação e a sociedade. Arquitetar benesses conscientes, vindouras à humanidade e ao planeta, é um percurso que requer muitas parcerias e conscientização, visto que, todos os seres humanos são importantes agentes construtores do futuro.

A abertura de espaço para troca de experiências, diálogos e conhecimentos obtidos entre projetos, sejam eles similares, complementares ou heterogêneos, potencializa e amplia as possibilidades de uma inovadora e completa transformação, beneficiando toda a diversidade biológica. É primordial percorrer caminhos orgânicos a fim de promover projetos singulares, funcionais e eficientes. Logo, buscar maneiras criativas é outra questão essencial.

Ao buscar inspiração para entender e facilitar o desenvolvimento de projetos ecoeficientes, o próprio ecossistema, pode estimular a centelha necessária para o lampejo criativo, visto que é um modelo natural, inigualável e complexo de inovação. Assim, uma maneira interessante e criativa é idealizar utilizando-se a ciência da biomimética. Este, será o modelo inspirador adotado para a concepção do artefato da referida pesquisa.

2.5.1. Biomimética: novas perspectivas para o design

Ao projetar, o designer permeia inumeráveis aspectos que influenciam diretamente nas decisões do projeto. Analisando conforme o contexto, pode haver uma mudança completa ou apenas exigir um novo direcionamento para a idealização e materialização do mesmo. Mediante as questões relevantes e inerentes ao cenário, além das inspirações, as metodologias e ferramentas que configuram o processo projetual são aspectos primordiais ao ato de “criar”.

Assim, Krucken (2009, p. 42) declara que “existem vários conceitos e interpretações associadas ao design. A palavra refere-se tanto ao desenho como ao projeto e ao planejamento de produtos, serviços e sistemas”. Logo, o ato de conceber abrange aspectos singulares que se unem em uma perspectiva plural e complexa, consequência do equilíbrio entre a aplicação de técnicas criativas e abordagens metodológicas.

O projetista promove comunicação e faz parte de um sistema mais amplo e isso implica em responsabilidades éticas/ambientais. As complexas relações associadas a um projeto durante o tempo, muitas vezes não são previstas em projeto, frequentemente saem do controle de seu criador. É aí que entra a importância de compreender a teoria dos sistemas complexos no contexto do design. Já que, qualquer coisa projetada e posta no mundo fará parte de um ecossistema (Queiroz; Rattes; Barbosa, 2017, p. 128).

Sob essa ótica, analisar como a natureza opera, se adapta e se aprimora mediante às incontáveis adversidades, é uma alternativa a ser utilizada como premissa para a concepção e idealização de soluções hábeis e inteligentes. Pela bio inspiração, produtos e processos mais sustentáveis podem ser criados com a união entre o design e a natureza. Todavia, associar o complexo sistema da natureza à heterogênea atividade projetual do design não é uma tarefa fácil, mas instiga e inspira a repensar o ofício de projetar.

É essencial compreender de forma holística a atuação de elementos naturais distintos para agregar conhecimentos na concepção de produtos. Afinal, conforme Ashby e Johnson (2011), produtos são parte do ambiente em que vivemos e evoluem por meio da inovação. Além disso, reiteram haver várias formas de se pensar em inovação e diversas maneiras de descrevê-la.

Observando como a natureza opera na criação das suas espécies, pode-se transpor este mesmo método no desenvolvimento de produtos, construções ou sistemas artificiais.

[...] Através do método da Analogia, pode-se imitar características estruturais, formais, funcionais ou de interpretação abstrata da natureza para aplicação em artefatos artificiais (Arruda, 2018, p. 9).

Pela ciência da biomimética é possível compreender holisticamente aspectos essenciais à aplicação do processo projetual. Meira (2008, p. 1) assegura que “a ciência Biomimética (de *bios*, significando vida, e *mimesis*, significando imitação) é constituída por um método inovador que visa soluções sustentáveis seguindo o exemplo da natureza, na qual se utiliza de padrões e estratégias de sobrevivência dos sistemas biológicos”.

A partir dessa premissa, a concepção dos artefatos refletirá perspectivas complexas que vão desde os princípios que abordam as questões estético-visuais quanto a simbologia, semântica e funcionalidade. Assim, poderão ser observadas as peculiaridades e abstrações de elementos naturais por meio de analogias a fim de agregá-las aos processos de constituição dos artefatos e/ou serviços.

É pertinente esclarecer que há outras nomenclaturas que apresentam similaridade ao associar as concepções humanas à natureza, favorecendo ao equívoco. Arruda (2018, p. 10) afirma que “Biônica, Biodesign e Biomimética são facilmente confundíveis, pois suas origens, conceitos, métodos e bases de investigação são realmente muito semelhantes, embora existam algumas diferenças”. Entretanto, podem ser considerados equivalentes quanto a sua finalidade.

A Bioinspiração, o Biodesign, a Biomimetics, a Biônica ou a Biomimética, entre tantos outros termos, nos mostram relações próximas entre si, e uma forma de abordagem cada vez mais complexa. Isso nos permite considerá-los como termos similares para um único propósito: aprender com a natureza a viver num mundo ao qual nós pertencemos, que nos gerou. E sonha com um mundo onde o artificial se relaciona com o natural harmoniosamente, aprofundando relações de qualidade, criando ambientes saudáveis e construtivos (Queiroz; Rattes; Barbosa, 2017, p. 136).

Visto isto, vale ressaltar que, consoante aos parâmetros estabelecidos nesta pesquisa, o termo escolhido como modelo inspirador para auxiliar na concepção do artefato é a biomimética. Portanto, o assunto será restringido a essa ciência e não será ampliada a elucidação dos demais termos citados. Assim, os aspectos norteadores desta ciência são o funcionamento e organização dos procedimentos e os fenômenos da natureza.

Ao dissertar sobre como o homem absorve visualmente os elementos naturais, Baxter (2000, p. 40) assegura que “a habilidade para reconhecer padrões naturais seria uma qualidade inata do homem, assim como a sua habilidade para reconhecer faces humanas. Isso teria uma profunda influência na maneira de julgarmos o estilo de produtos”. Logo, características e aspectos naturais podem ter um efeito duradouro na forma como um produto é percebido e concebido, uma vez que a natureza se comporta de modo sábio e excepcional.

Adotar esse processo criativo para gerar projetos em design, possibilita ampliar os estímulos através da observação e investigação via as múltiplas ocorrências que compreende o ecossistema. Ainda que o foco principal do projeto não esteja intrinsecamente conectado, minuciosidades podem favorecer a criatividade. As sutilezas e especificidades dos componentes, de sua comunicação estética, estrutural e/ou funcional, são repletas de informações que podem auxiliar a solucionar adversidades específicas e enriquecer a experiência do observador.

Entretanto, a inspiração é discordante de plagiar. Sá e Viana (2020, p. 139) reiteram que “o ato de simplesmente imitar ou copiar organismos, processos e sistemas reduz as possibilidades criativas de inserção desta prática nas atividades tecnológicas”. Na esfera do design, a inspiração e o pensamento criativo são fundamentais para a ampliação e incremento do ato de inovar.

Kleon (2013, p. 19) assegura que “quanto mais ideias boas você tiver coletado, mais fontes terá para poder escolher quais irão te influenciar”. Proporcionar estímulos para ultrapassar as barreiras existentes pode auxiliar o designer a obter soluções e ideias criativas e inovadoras. Cada ação sinaliza uma nova concepção. A compreensão humana abrange um complexo sistema cambiante conforme as transmutações e estímulos.

Tendo em vista que o ser humano é inerente ao ato de “criar” e pertence ao ecossistema, é fundamental considerar a si como parte de uma linhagem criativa para expandir e incentivar os horizontes do processo criativo, aprimorando suas ferramentas. Qualquer coisa, que seja criada ou que seja feita com um propósito se torna uma ferramenta e, as forças e inclinações particulares são responsáveis pelas multiplicidades no processo inventivo (Ashton, 2016).

A destreza pessoal de percepção permite extrair informações vitais do ambiente, incluindo aspectos não cognitivos e inconscientes. Estes, estimulam a dinâmica lúdica das atividades via as pluralidades naturais existentes na natureza. Salles (2006, p. 18), considera interessante ressaltar sobre “‘o pensamento em criação’ e ‘o modo como o artista se relaciona com o seu entorno’ no ato de ‘fazer empréstimos’ quando se tem em conta o tempo no processo de criação”.

Ter a natureza como referência é uma maneira de avaliar o que é adequado e funcional a partir de seus padrões ecológicos, servindo para auxiliar no aprendizado e nas transformações inventivas da humanidade em sua totalidade. Considerando tais aspectos, é uma forma de valorizar os componentes do ecossistema e favorecer novos caminhos para as descobertas.

A pesquisadora americana Janine Benyus, ao dissertar sobre a biomimética, afirmou que esta, é a ciência que identifica os elementos que compõem a natureza e se põe a estudar os seus

modelos para depois imitá-los e/ou se inspirar em seus processos para solucionar problemas humanos (Benyus, 1997). Ademais, a autora ressalta que tais soluções devem ter a natureza como uma tríade, ou seja, vista como um modelo, como medida e como mentora.

Ao versar sobre aspectos inerentes ao processo projetual, os conhecimentos adquiridos ao longo das observações de seu meio e experiências vivenciadas, somadas à capacidade de análise e assimilação do contexto das adversidades, aprimoram as habilidades criativas que, quando sistematizadas, possuem papel relevante para o desenvolvimento de projetos. As peculiaridades destas ações possuem a capacidade de evidenciar a subjetividade complexa do ato de idealizar, como um símbolo inerente à condição humana.

Se faz cada vez mais necessária a aliança dos conceitos de funcionalidade, estética e economia (sustentabilidade). O processo criativo do projeto é um dos responsáveis por dar essa resposta de otimização do produto e por isso tem muito a crescer em se apropriar dos princípios naturais (Detanico; Teixeira; Silva, 2010, p. 102).

Diante do atual cenário de degradação ambiental, há a urgente necessidade de refletir sobre as catastróficas influências das ações humanas na natureza e de direcionar o desenvolvimento de produtos para processos sustentáveis e responsáveis. Inspirar-se na biomimética para propor soluções baseadas nas dinâmicas naturais e otimizar o funcionamento de produtos visando um melhor aproveitamento dos recursos e com menor custo de energia é benéfico para a humanidade.

2.5.2. Design e artesanato pelos fluxos sustentáveis

Ao refletir sobre a imensidão que abrange a esfera do design e o poderio de interferência que detém, é perceptível que os aspectos inerentes ao campo vão muito além de seus fundamentos e, em muitos parâmetros, apresenta uma forte relação com o viés das artes, principalmente com o artesanato. Na verdade, design, artesanato e sustentabilidade são 3 elementos que caminham habitualmente juntos. Esta tríade engloba aspectos essenciais ao ato de criar, tendo elementos interdependentes.

Quais são as razões básicas e subjacentes para a criação (concepção, fabricação, construção, manufatura) de todas as inúmeras formas de materiais visuais? As circunstâncias são muitas, algumas vezes claras e diretas, outras, multilaterais e sobrepostas. O principal fator de motivação é a resposta a uma necessidade, mas a gama de necessidades humanas abrange uma área enorme. Podem ser imediatas e práticas, tendo a ver com questões triviais da vida cotidiana, ou podem estar voltadas para necessidades mais elevadas de autoexpressão de um estado de espírito ou de uma ideia (Dondis, 1997, p. 183).

Ao versar sobre a natureza e as questões sustentáveis, é possível compará-la a um torneio com seus ciclos inconstantes, complexos e extensos, as quais suas relações e processos

vitais são correlatos, integrados e cambiantes. Da mesma forma, o artesanato e o design possuem particularidades semelhantes quanto aos procedimentos projetuais e suas relações com os mais variados aspectos socioeconômicos e culturais, devendo apresentar consonância entre os processos, garantindo a manutenção dos ecossistemas.

Assim como a sustentabilidade é um tema obrigatório, para o designer, otimizar a qualidade de vida e oferecer perspectiva às gerações futuras, além de assegurar sua identidade, cultura e história, é primordial. O artesão, por estar constantemente mais conectado com os aspectos que regem seu ambiente, principalmente quanto aos fluxos naturais e socioculturais, percorre caminhos mais informais, muitas vezes inconscientemente, mas que culmina em objetivos similares.

Sob uma ótica mais holística, o design, quando atrelado ao viés artesanal, propicia o redirecionamento para novos conceitos por meio de intervenção, seja através da absorção e viabilização de trocas de experiências e conhecimentos e/ou pelo desenvolvimento de novas técnicas e possibilidades de aplicações. A atuação do designer permite cruzar caminhos que abrangem desde aspectos estéticos ao enfatizar o esmero técnico de artefatos a um novo direcionamento na forma de apresentar seus produtos e serviços.

Leal (2002, p. 191) afirma que “a identidade nacional pode ser percebida tanto nos objetos produzidos por nossos artesãos quanto no design que neles se inspiram”. A fruição de ideias criativas a fim de direcionar a novas maneiras de “fazer” e apresentar os artefatos, estimula a produção artesanal, sistematizando tecnologias atualizadas e valorizando questões socioambientais, culturais e econômicas. Por essa união, é possível conscientizar sobre a preservação do ecossistema e valorizar as artes populares, via intervenção do designer.

A atividade produtiva artesanal apresenta uma riqueza singular quanto a sua diversidade de recursos biológicos e culturais, as quais as questões étnicas possuem enorme relevância, transmitindo aspectos identitários e históricos através da arte concebida por mãos criativas. Em muitas comunidades, as práticas artesanais se apresentam como um fator crucial nas questões sociais e econômicas de inúmeras famílias, sendo a principal fonte geradora de trabalho e renda.

David e Vargas (2018, p. 9) asseguram que “os produtos artesanais [...] reúnem, cada um a seu modo, pertencimento, identidade, memória e saberes, compondo a rica e diversa cultura dos povos”. Logo, o ofício de conceber, muitas vezes por técnicas rústicas e tradicionais, via práticas manuais do saber e do fazer, representa não apenas o sustento, mas também simboliza a identidade e as relações construídas através das gerações com o ambiente em que se encontram.

A cadeia produtiva do fazer artesanal é habitualmente realizada via processos sustentáveis, pela aplicação de técnicas tradicionais aperfeiçoadas pela experiência e vivência. O olhar cuidadoso e criativo do artesão percebe e aproveita os muitos presentes que a natureza oferece e os transforma em artefatos repletos de valores particulares, respeitando os recursos locais, assim como seus fluxos e ciclos naturais. Todavia, com os avanços tecnológicos e o atual desejo frenético de consumo, buscar formas sustentáveis é determinante para haver a perpetuação de tais valores e práticas.

A aproximação entre designers e artesãos é, sem dúvida, um fenômeno de extrema importância pelo impacto social e econômico que gera e por seu significado cultural. Ela está mudando a feição do objeto artesanal brasileiro e ampliando em muito o seu alcance. Nessa troca, ambos os lados têm a ganhar. O designer passa, no mínimo, a ter acesso a uma sabedoria empírica, popular, à qual não teria entrada por outras vias, além de obter um mercado de trabalho considerável. O artesão, por sua vez, tem ao menos a possibilidade de interlocução sobre a sua prática e de um intervalo no tempo para refletir sobre ela (Borges, 2011, p. 137).

Freitas (2017) reitera que o artesanato se faz presente no cotidiano humano, desde os povos ancestrais, emanando das necessidades individuais, de alimentação, proteção e expressão. A carência de tais elementos, originou um processo empírico, de evolução funcional e produtiva, instituindo ocupações sociais específicas, favorecendo a formação do artesanato e na multiplicidade de gêneros de artesãos. Nos tempos vigentes, o viés artesanal assume novas perspectivas que visam revitalizar as relações ambientais e suas atividades.

No panorama atual, é essencial refletir sobre as questões que envolvem os aspectos socioculturais, valores históricos e, principalmente, quanto aos impactos ambientais, relacionados às questões dos artefatos e seus ciclos de vida. Uma parte significativa da sociedade detém uma visão superficial e volátil em relação ao design, priorizando a valorização de artefatos amparados em modismos, negligenciando os fluxos socionaturais.

É indiscutível a importância evolutiva e a forma orgânica da progressão humana. Todavia, é necessário instigar a conscientização sobre o processo projetual e salientar que o design vai muito além de desenvolver artefatos fundamentados na estética. Borges (2011, p. 26) afirma que “se a contemporaneidade diluiu as fronteiras entre áreas do conhecimento e atividades em geral, o fez mais ainda naquelas que, por natureza, tem múltiplas facetas como artesanato e o próprio design”.

Nessa perspectiva, o processo projetual do design apresenta grandes similaridades ao fazer artesanal. Atrelar as metodologias e ferramentas de design aos fluxos e processos projetuais das práticas artesanais, é uma combinação interessante e vantajosa para inúmeros

aspectos. O artesanato é uma cadeia específica para um produto de relevância singular que conjuga diversos valores: social, cultural, simbólico, econômico e mercantil (Keller, 2011).

Uma grande quantidade de bom design evolui: o design é testado, áreas problemáticas são descobertas e modificadas, e depois ele é continuamente submetido a novos testes e modificado até que o tempo, a energia e os recursos se esgotem. Esse processo natural de design é característico dos produtos construídos [...] cada novo objeto pode ser ligeiramente diferenciado do modelo anterior; as modificações eliminam pequenos problemas, fazem pequenos aperfeiçoamentos ou testam novas ideias. Com o passar do tempo, esse processo resulta em artigos funcionais, que proporcionam prazer e satisfação estética (Norman, 2018, p. 190).

Associar design e artesanato vai além de ser uma estratégia que objetiva benesses em vertentes variadas, mas se apresenta como uma forma de instigar à reflexão sobre a própria relevância da natureza projetual. Caracas *et al.* (2017, p. 7) assegura que “pensar a produção artesanal na contemporaneidade implica o entendimento de que a mudança, a ressignificação e a interação entre os atores sociais envolvidos na criação dos artefatos são instâncias inerentes ao próprio saber artesanal”.

Logo, experienciar como o artesanato é abordado em meio à sua herança cultural, diversidade de materiais, técnicas e valores coletivos e compreender que essa troca de práticas, saberes e sentidos envolve construir novos paradigmas, viabiliza a uma relevante percepção quanto às práticas sustentáveis. Quando o designer percebe, dentre as inúmeras limitações e dificuldades, a fascinante união entre a técnica, estética e ética, favorece a idealização de projetos que valorizam não só os ciclos naturais que compõem o ecossistema, como as práticas artesanais de maneira geral.

Tanto do ponto de vista mais abrangente, mais global, como do ponto de vista mais regional, o artesanato tem sido considerado como uma atividade que gera amplo desenvolvimento. [...] A estratégia adotada pela UNESCO⁹ visa a preservação e o fortalecimento do artesanato, através da promoção da aproximação e do diálogo entre artesanato e design, como aspectos separados, mas interdependentes da mesma realidade criativa e econômica (Freitas, 2017, p. 22).

Santos *et al.* (2016), reitera que o artesanato se torna o produto do conhecimento de longa duração, que remete ao passado, à história e à tradição como um discurso sobre o mundo moderno, induzindo o homem a dialogar com a sua capacidade inventiva. Assim, promove a percepção de maneira mais ampla sobre a complexa necessidade de valorizar os recursos locais e o ofício dessa rica arte manual, respeitando os aspectos culturais e ambientais.

⁹ A Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura (UNESCO) é uma agência das Nações Unidas (ONU), fundada em 4 de novembro de 1946, e com sede em Paris. Atua nas áreas da Educação, Ciências Naturais, Ciências Humanas e Sociais, Cultura e Comunicação e Informação.

Atualmente, a relevância social e artística do artesanato em si, é reconhecida e, eventualmente, ganha nova classificação quando recebe a interferência do designer ou de outros especialistas, tendo maior visibilidade e saindo do anonimato. Quando isto ocorre, o artefato passa a referenciar *status*, afetividades e desejos. Mizanzuk, Portugal e Beccari (2013, p. 27) asseguram que “ao usarmos artefatos [...], assumimos e montamos discursos que, sendo ou não de nossa tradição, posicionam-nos no mundo de maneira mais ou menos singular”.

Dessa maneira, o legado do artesanato, assim como a esfera do design, é frequentemente vinculado aos aspectos estético e funcionais. Tais atividades consistem em dominar todo o ciclo produtivo dos artefatos, assim como determinar sua usabilidade. A partir desta, é possível atribuir discussões sobre conceitos, buscando táticas e estratégias eficientes que valorizem os aspectos materiais e abstratos por meio de novas perspectivas, com base em um pensamento crítico.

Segundo Abreu e Dias (2021, p. 103), “encontrar uma nova maneira de projetar, de solucionar problemas, de apresentar novas formas tangíveis daquilo que vem das emoções, desejos e afeto do usuário é um dos maiores desafios para o designer”. Além disso, conforme Mizanzuk, Portugal e Beccari (2013, p. 26), “a ‘utilidade’ é, sem dúvida, um dos grandes bens de mercado que se busca atualmente”.

A partir dessa premissa, é possível afirmar que o design faz parte de uma herança intangível, arraigada no patrimônio imaterial, que apresenta forte influência em relação às tecnologias por meio de abordagens criativas, com o dever de direcionar o processo projetual à sustentabilidade. Em suma, ao relacionar com o artesanato, quer seja por interferências naturais, orgânicas e/ou externas, as artes populares manuais vão resistindo e reorganizando os aspectos e expressões artísticas para dar continuidade à sua história com vitalidade, veemência, dialogando em harmonia com as questões ambientais.

3. MÉTODOS E TÉCNICAS

Esta seção visa descrever os processos metodológicos desenvolvidos durante a pesquisa. Tais processos, tem por finalidade auxiliar, através da aplicação de métodos científicos, a descoberta das respostas para as questões observadas e levantadas. Santos (2018, p. 15) assegura que “um método ‘científico’ refere-se ao corpo de protocolos, ferramentas e critérios organizados de forma lógica no processo de desenvolvimento do conhecimento, seja para expandir os limites do conhecimento atual, seja para aperfeiçoar conhecimentos existentes”.

A pesquisa serve como um ponto de partida para uma investigação, a partir de um questionamento e/ou problema. Para ser válida, é necessário ser apoiada em fatos observados e provados. Neste sentido, este trabalho corresponde a uma pesquisa de cunho aplicada, com natureza explanatória e abordagem quantitativa experimental, auxiliada por levantamento bibliográfico.

Santos (2018, p. 200) reitera que “o objetivo de uma pesquisa que adota o método ‘experimento’ é descobrir os níveis das variáveis que produzem a melhor propriedade de interesse possível”. Dessa maneira, ao adotar o exoesqueleto de caranguejo e os outros componentes da massa cerâmica como matérias-primas para desenvolvimento de estudo, estima-se que as experimentações realizadas com a atribuição dos materiais poderão apontar qual a viabilidade e melhor uso do material cerâmico obtido. Assim, visa-se agregar benefícios sustentáveis, funcionais e econômicos, com ênfase nos setores industrial, social e ambiental.

Segundo Marconi e Lakatos (2002, p. 20), a pesquisa aplicada é aquela que “caracteriza-se por seu interesse prático, isto é, que os resultados sejam aplicados ou utilizados, imediatamente, na solução de problemas que ocorrem na realidade”. Ao caracterizar um problema de pesquisa com abordagem explanatória, “via de regra requer o uso de método de natureza quantitativa, como experimentos. Frequentemente estes estudos estão relacionados a perguntas do tipo ‘quanto’ e ‘como.’” (Santos, 2018, p. 215).

Considerando, que pelo menos uns 40 bares/restaurantes comercializam a iguaria, é presumível serem comercializadas pela orla da Avenida Litorânea, 4.800 porções semanais, totalizando 19.200 unidades de caranguejos/semana. Dessa forma, em 28 dias, serão descartados os sedimentos de pelo menos 76.800 unidades de caranguejo. Estas, são descartadas, na grande maioria das vezes, sem qualquer tratamento ou processo de coleta seletiva.

Portanto, tal estudo tem por objetivo analisar a atribuição dos resíduos de exoesqueleto de caranguejo descartados pelos bares localizados na Avenida Litorânea de São Luís – MA, em

massa cerâmica vermelha. Esta, propõe o aproveitamento, orientado à sustentabilidade, através da aplicação na fabricação de produtos artesanais, por meio de processos de conformação. Para tal, fez-se necessário entender o efeito da incorporação de tais materiais.

3.1. Etapas metodológicas

Para o desenvolvimento do trabalho, houve a necessidade de elaborar um prévio levantamento teórico mapeando o estado da arte e analisando os dados contidos na literatura sobre o uso de resíduos de compósitos em massa cerâmica vermelha orientados à sustentabilidade. Igualmente, foi pertinente verificar o uso do pó do exoesqueleto de caranguejo e suas aplicações tecnológicas e demais temas citados acerca dos materiais propostos a serem empregados.

Santos (2018, p. 206) reitera que “o primeiro passo, imprescindível, para a elaboração de um protocolo de pesquisa associado a um experimento é a análise crítica do problema de pesquisa, particularmente as variáveis envolvidas e a dinâmica conhecida de suas relações”.

Após a etapa de coleta e análise de dados, é primordial a realização de testes e ensaios normatizados com a incorporação destes resíduos à massa cerâmica vermelha, através da confecção de corpos-de-prova, visando descrever as características e propriedades tecnológicas das composições cerâmicas desenvolvidas. Vale ressaltar que estes ensaios foram realizados com o intuito de avaliar as propriedades das composições contendo diferentes percentuais de resíduo de caranguejo (RC), permitindo definir melhores aplicabilidades.

Quanto ao material cerâmico, é pertinente evidenciar que, este trabalho é uma adaptação da metodologia utilizada por Guimarães (2015) e Guilhon (2016), que consiste em analisar a adição de resíduos em massa cerâmica segundo a composição das amostras, objetivando a utilização em processos de conformação.

Tais autores desenvolveram composições cerâmicas distintas, as quais Guimarães (2015) abordou a atribuição de resíduos de ossos e de rochas em massa cerâmica branca. Realizou primeiramente uma análise quantitativa sobre as propriedades tecnológicas, tais como a porosidade, densidade, absorção de água, retração linear, perda ao fogo e módulo de ruptura à flexão e, em um segundo momento, foi feita uma análise qualitativa quanto ao aspecto visual do material conformado.

Guilhon (2016) retratou sobre a incorporação de resíduos de rochas ornamentais em massa cerâmica vermelha, analisando as amostras a partir da confecção de corpos de prova preparados através da composição de cinco formulações diferentes de resíduos, expondo-as à

três temperaturas distintas de queima. O autor também realizou posteriormente uma análise visual das peças confeccionadas.

Quanto ao resíduo de caranguejo (RC), segue-se metodologia similar à apresentada pelos autores Santos, Alves e Pimentel (2020), que se baseia em avaliar a resistência mecânica de concreto com adição de pó de exoesqueleto do Caranguejo-Uçá. Esta, utilizou somente a carapaça do caranguejo e tem por finalidade fazer uma avaliação em diferentes níveis de inclusão do resíduo, em substituição à massa do agregado miúdo (areia). É fundamental destacar que, para o desenvolvimento do estudo, foram confeccionados corpos de prova triaxiais, agregando pó de vidro aos três constituintes básicos, feldspato, caulim e argila.

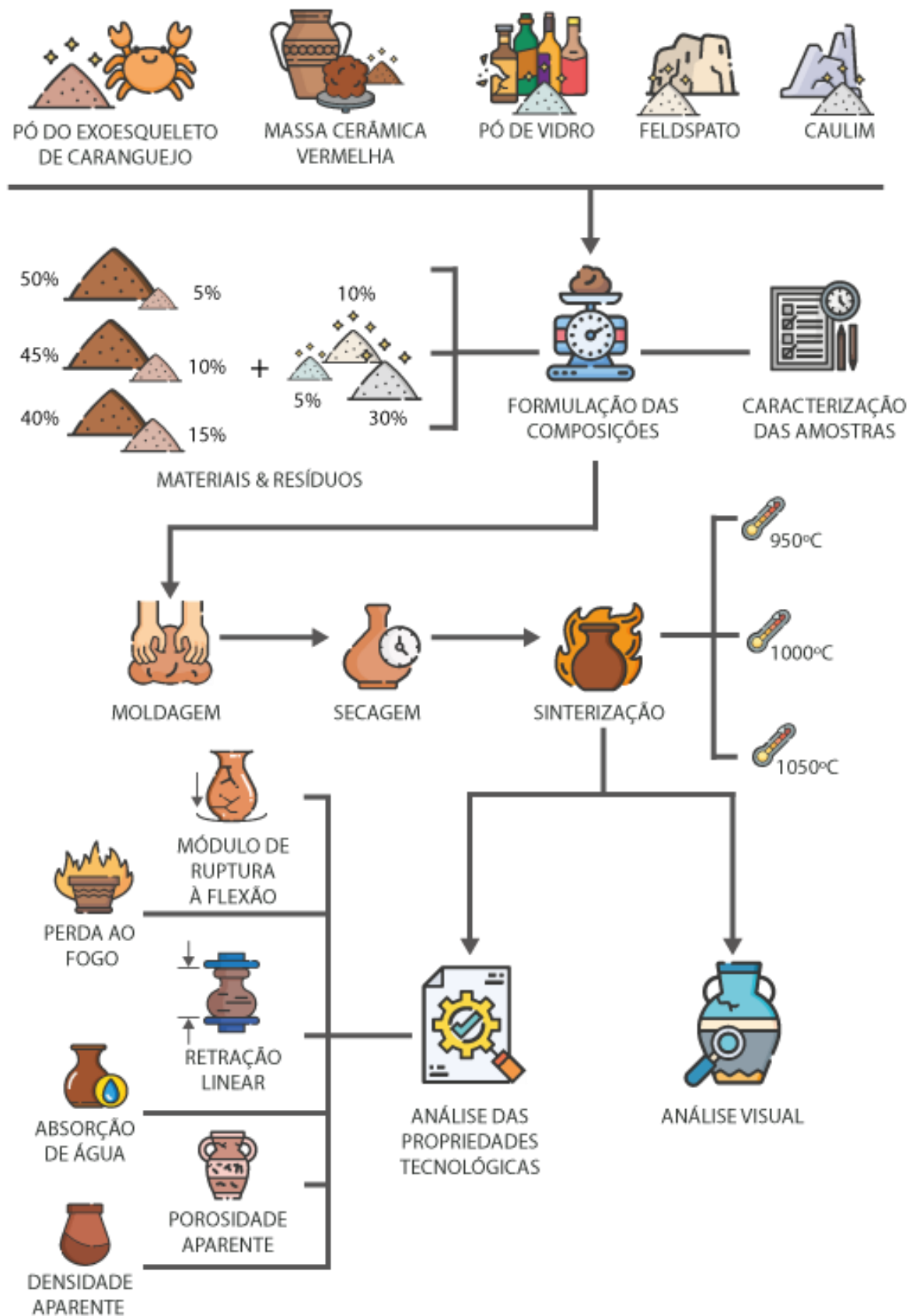
Além disso, ao agregar no processo, outros materiais como o pó de vidro, garante-se também a sustentabilidade mediante o aproveitamento de mais um resíduo, reconduzindo-o a um novo ciclo produtivo. Uma vez que, o tipo de vidro escolhido para ser utilizado foi o vidro de cal de soda, usado em garrafas, recipientes, tubulação, janelas, entre outros.

Após o período de descanso e secagem, os corpos de prova foram expostos à queima em três temperaturas diferentes, sendo elas 950 °C, 1000 °C e 1050 °C. Conforme a análise dos resultados das experimentações das amostras quanto às propriedades tecnológicas foi possível estabelecer quais apresentaram melhor desempenho.

Estas, referiram-se à absorção de água (AA), porosidade aparente (PA), densidade aparente (DA), perda ao fogo (PF), retração linear (RL) e módulo de ruptura à flexão (MRF) ou resistência à flexão (RF). A partir disso, foi possível determinar a aplicabilidade e adaptação por conta das diferenças dos percentuais de RC, conferindo a viabilidade técnica trabalhada e as suas potencialidades.

Vale ressaltar que foram definidas três temperaturas de queima e que para cada temperatura foram elaborados três corpos de prova de cada composição, no intuito de verificar-se a dispersão dos resultados encontrados. Além disso, salienta-se que todas as etapas e resultados obtidos durante os ensaios normatizados, foram rigorosamente registradas em imagens e catalogadas em fichas, planilhas e gráficos. Complementando a explanação prévia, a Figura 10 ilustra melhor as etapas metodológicas adaptadas e aplicadas no estudo em questão.

Figura 10 - Infográfico da metodologia



Fonte: Elaborado pela autora, adaptado de Guilhon (2016)

Segundo Santos (2018, p. 206), “dentre todos os métodos de pesquisa, é do experimento que se espera o maior grau de replicabilidade”. É pertinente ressaltar que, a metodologia aplicada e a estrutura necessária para a execução do experimento em questão, não incorporou técnicas, equipamentos e materiais de alto custo.

3.2. Processo produtivo: aspectos técnicos

Esta seção secundária é destinada a descrever e caracterizar os aspectos técnicos relativos aos ensaios e procedimentos experimentais que precedem o processo produtivo, realizados em laboratório. Consoante Prodanov e Freitas (2013, p. 74), “para a elaboração de uma pesquisa científica, é imprescindível conhecer os procedimentos e percursos a serem realizados, desde o início até sua finalização, além da divulgação dos novos conhecimentos desenvolvidos”.

Logo, após a realização da etapa referente à formulação, planejamento, coleta de dados e informações sobre o tema anteposto, deu-se início ao desenvolvimento e aplicação dos ensaios. Vale ressaltar que, a pesquisa em design orientada ao estudo dos materiais, apresenta suma importância e exprime um viés múltiplo. Ainda que a esfera de atuação do designer seja ampla e holística, fundindo-se a áreas técnicas, difere-se das pesquisas de engenharia.

Moura (2011, p. 66) assegura que “podemos inferir que o design é uma ação contemporânea de tradução e, ao mesmo tempo, de influência na vida do homem a partir dos objetos, sistemas, serviços, métodos e processos concebidos, desenvolvidos e produzidos”. Assim, sua metodologia percorre caminhos mais fluidos, buscando uma análise crítica e sistêmica sobre os materiais e sua relação com a realidade que o cerca.

3.2.1. Caracterização das matérias-primas, materiais e equipamentos

Conforme Guilhaon (2016, p. 59), “para que se possa prosseguir com a parte prática de qualquer experimento, é necessário conhecer os materiais e ferramentas que serão neles empregados”. Dessa forma, para os ensaios faz-se necessário explanar, mesmo que brevemente, sobre as misturas das matérias-primas com os resíduos que fazem parte deste trabalho. São elas:

- *Argila vermelha*, com prévio tratamento a fim de reduzir as impurezas da massa. Esta, foi proveniente do município de Rosário – MA (Figura 11);

Figura 11 - Argila vermelha, natural, proveniente do município de Rosário - MA



Fonte: Acervo pessoal da autora (2023)

- *Exoesqueleto de Caranguejo-Uçá*, em estado desidratado. Este, foi previamente lavado com água corrente e passando posteriormente por secagem *in natura*, mediante exposição à luz solar (Figura 12).

Figura 12 - Exoesqueleto de caranguejo limpo e desidratado



Fonte: Acervo pessoal da autora (2023)

- *Pó de vidro*, previamente triturado e peneirado em peneira granulométrica metálica (Figura 13).

Figura 13 - *Pó de vidro*



Fonte: Acervo pessoal da autora (2024)

- *Feldspato*, adquirido de fornecedor da cidade de São Paulo, Paschoal Giardullo Massas EPP. (Figura 14).

Figura 14 - *Feldspato*



Fonte: Acervo pessoal da autora (2024)

- *Caulim*, adquirido de fornecedor da cidade de São Paulo, Paschoal Giardullo Massas EPP. (Figura 15).

Figura 15 - Caulim



Fonte: Acervo pessoal da autora (2024)

Para o manuseio das matérias-primas e preparação do material durante a elaboração dos ensaios, houve a exigência da manipulação de alguns materiais, como:

- *Recipientes plásticos (vasilhames, bacias e peneira doméstica);*
- *Colheres e espátulas metálicas;*
- *Garrafas de vidro;*
- *Pilão metálico;*
- *Liquidificador;*
- *Borrifador spray;*
- *Água;*
- *Vaselina industrial;*
- *Fita crepe;*
- *Lápis e caneta.*

Além da utilização de materiais mais simples e alguns, triviais do cotidiano, foi imprescindível a manipulação de alguns equipamentos mais elaborados. Estes, foram empregados visando a obtenção de dados mais precisos para facilitar a medição correta e validação dos dados. Marconi e Lakatos (2003, p. 195) reiteram que “o uso de instrumentos adequados possibilita a realização de observações mais refinadas do que aquelas proporcionadas apenas pelos sentidos”.

A Figura 16 retrata alguns desses materiais.

Figura 16 – Paquímetro digital, peneira metálica e recipientes utilizados para manipular as matérias-primas



Fonte: Acervo pessoal da autora (2023)

Quanto aos equipamentos, são eles:

- *Molde metálico;*
- *Prensa hidráulica;*
- *Peneira granulométrica metálica (60 mesh¹⁰);*
- *Balança digital de precisão;*
- *Paquímetro digital;*
- *Estufa elétrica;*
- *Forno elétrico.*

3.2.2. Elaboração do material

Para ser possível dar início aos ensaios e elaborar o material, foi primordial que cada matéria-prima fosse previamente submetida a algumas etapas, visando a diminuição de sua granulometria e homogeneização. Dessa maneira, os resíduos de exoesqueleto, previamente limpos e desidratados, foram triturados em pilão metálico, para posterior peneiração.

Todavia, foi observado que esta técnica demandava esforço físico e tempo considerável, apresentando resultados insuficientes. Visto isto, para facilitar os processos de trituração e peneiração, optou-se por utilizar um liquidificador para uma trituração mais eficiente dos resíduos, conforme demonstrado na Figura 17.

¹⁰ É o número de abertura por polegada existente em uma peneira.

Figura 17 - Processo de elaboração do material

Fonte: Acervo pessoal da autora (2023)

Após a etapa de trituração e redução dos fragmentos dos resíduos do exoesqueleto de caranguejo, o material foi passado em peneira de 60 mesh e, armazenado em garrafa de vidro. Com a argila e o vidro, o processo foi similar. Contudo, não houve a necessidade de utilizar o liquidificador, visto que apenas triturando manualmente com o pilão e peneirando, obtiveram-se facilmente as condições ideais do material, estando apto para a realização dos ensaios, conforme a Figura 18.

Quanto ao caulim e feldspato, foram apenas peneirados para garantir a mesma granulometria dos demais, visto que ambos já se encontravam preparados. O material retratado à esquerda da figura, é o resíduo de exoesqueleto de caranguejo, seguido da argila vermelha e do vidro.

Figura 18 – Materiais peneirados

Fonte: Acervo pessoal da autora (2023)

Posteriormente, com todos os materiais beneficiados, fez-se a pesagem separadamente, em balança digital, utilizando vasilhames plásticos, conforme a seguinte proporção indicada na Tabela 1. Este procedimento fez parte da confecção dos corpos de prova necessários para a realização dos ensaios.

Tabela 1 - Proporção de material para confecção de corpos de prova (valor unitário)

Corpo de prova (75g)	Pó de exoesqueleto de caranguejo	Argila	Pó de vidro	Feldspato	Caulim
A	0%	55%	5%	10%	30%
B	5%	50%	5%	10%	30%
C	10%	45%	5%	10%	30%
D	15%	40%	5%	10%	30%
Total	55%		45% (fixo)		

Fonte: Elaborado pela autora (2023)

Desta forma, após a pesagem, os materiais foram misturados e, prontamente, foram dispostos em recipiente plástico e umedecidos com água mediante borrifador. A quantidade média de água borrifada ficou em torno de 10% da massa cerâmica. Em seguida, essa massa umedecida foi passada em crivo doméstico, para desaglomeração. E, só assim, esteve apto para a confecção dos corpos de prova. Na Figura 19 é possível visualizar os materiais pesados e a etapa descrita.

Figura 19 - Homogeneização e preparação de mistura

Fonte: Acervo pessoal da autora (2023)

3.2.3. Procedimento de conformação

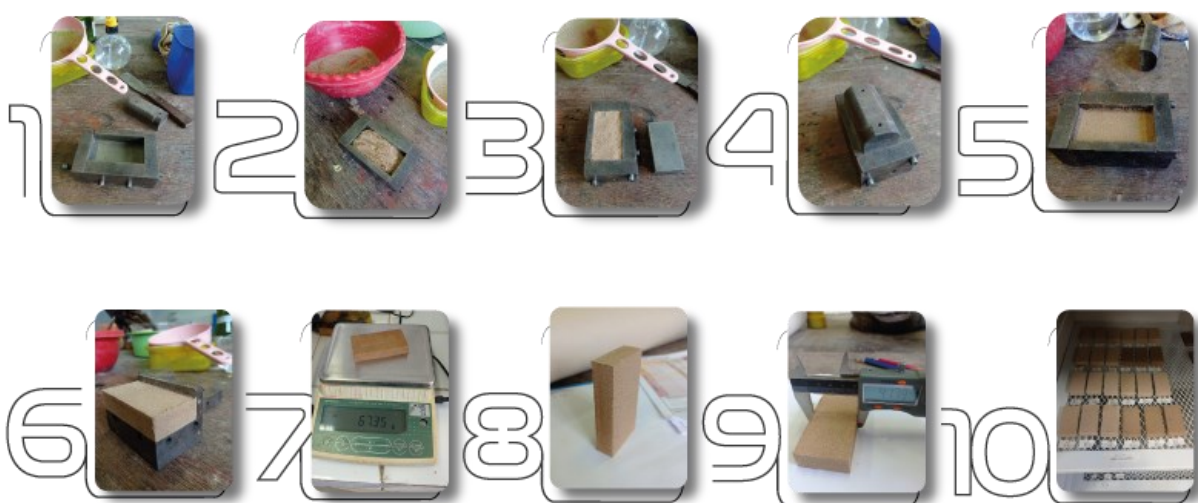
A realização dos ensaios exigiu a confecção de 3 corpos de prova para cada temperatura de queima com diferentes percentuais de resíduo, totalizando 36 corpos de prova. Ou seja, para cada temperatura de queima (950 °C, 1000 °C e 1050 °C), fez-se necessário a elaboração de 12 corpos de prova, que correspondem a 3 corpos de prova (CP) para cada percentual de resíduo, respectivamente, 0%, 5%, 10% e 15% de RC.

Lima (2006, p. 32) reitera que “a necessidade de reprodução de uma determinada peça em unidades idênticas implica na utilização de dispositivos que garantam a repetição o mais

homogênea possível: o molde”. Para a conformação, foi utilizado molde metálico parafusado, embebido levemente em vaselina líquida industrial, visando facilitar a remoção das amostras e garantir a integridade das mesmas.

Assim sendo, o material homogeneizado foi acomodado no molde e compactado em prensa hidráulica uniaxial por 50 segundos a 1MPa¹¹. O molde, conformou amostras com dimensões aproximadas a 80 mm de comprimento e 40 mm de largura. Quanto à espessura, apresentou variações conforme a quantidade de material colocado. Todavia, foram confeccionados corpos de prova com $\cong 75\text{g}$ de material. Assim, as amostras apresentaram uma espessura aproximada a 15 mm. A Figura 20 ilustra a etapa.

Figura 20 - Preparação dos corpos de provas



Fonte: Acervo pessoal da autora (2023)

Vale ressaltar que para um controle mais efetivo, todas as amostras foram pesadas em balança digital de precisão (0,01 g) e medidas com paquímetro digital (precisão 0,01 mm). Para a anotação dos resultados, foi elaborado 3 fichas de ensaios, distintas, conforme a variável temperatura. Para cada série de percentual de resíduo elaborada, foi definida uma codificação. Por exemplo, as amostras referentes à série de 10% de RC, que foram submetidas à queima a 950 °C, receberam o código C1/950, C2/950 e C3/950.

Essa mesma codificação foi utilizada para nomear as demais amostragens para os ensaios com as demais temperaturas, modificando apenas a numeração após a letra (referente ao percentual de resíduo) e ao número da amostra. Por exemplo, os corpos de provas submetidos

¹¹ Mega Pascal (MPa) é uma unidade de medida, onde Pascal (Pa) é a unidade padrão de pressão e tensão no Sistema Internacional de Unidades (SI). Sua força equivale a 1 newton (N) distribuída uniformemente sobre uma superfície plana de 1 m².

à queima a 1000 °C, receberam o código B1/1000, B2/1000, B3/1000 e assim por diante. Dessa maneira, as demais amostras são diferenciadas pela numeração central considerando a temperatura a que serão submetidas. Estas, podem ser observadas nas Figuras 21, 22 e 23.

Figura 21 - Ficha de ensaios para temperatura referente à 950 °C

FICHA DE ENSAIOS											950 °C									
TEMPERATURA		DIÁRIO DE AÇÕES				MASSAS (g)				DIMENSÕES APÓS (mm)										
950 °C		DATA (d/m/a)								CONFORMAÇÃO			SECAGEM			QUEIMA				
SÉRIE (%)	CÓDIGO DE CORPO DE PROVA	CONFORMAÇÃO	SECAGEM	QUEIMA	TESTE DE IMERSÃO	TESTE DE MASSA ÚNIDA	PÓS-CONFORMAÇÃO	SECA (m)	PÓS-QUEIMA (m)	IMERSA (m)	UNIDA (m)	COMPRIMENTO	LARGURA	ALTURA	COMPRIMENTO	LARGURA	ALTURA	COMPRIMENTO	LARGURA	ALTURA
A (EXOESQ. 0%)	A1/950																			
	A2/950																			
	A3/950																			
	MÉDIA A/950																			
B (EXOESQ. 5%)	B1/950																			
	B2/950																			
	B3/950																			
	MÉDIA B/950																			
C (EXOESQ. 10%)	C1/950																			
	C2/950																			
	C3/950																			
	MÉDIA C/950																			
D (EXOESQ. 15%)	D1/950																			
	D2/950																			
	D3/950																			
	MÉDIA D/950																			
MATERIAIS/RESÍDUOS											OBSERVAÇÕES									
A	EXOESQ. CARANG. 0%		ARGILA 55%		VIDRO 5%		FELDSPATO 10%		CAULIM 30%		1. A duração da secagem é a partir da data de conformação até a data indicada em SECAGEM (DIÁRIO DE AÇÕES); 2. A data referente ao início da queima é a data de secagem, com retirada do forno na data indicada em QUEIMA (DIÁRIO DE AÇÕES).									
B	EXOESQ. CARANG. 5%		ARGILA 50%		VIDRO 5%		FELDSPATO 10%		CAULIM 30%											
C	EXOESQ. CARANG. 10%		ARGILA 45%		VIDRO 5%		FELDSPATO 10%		CAULIM 30%											
D	EXOESQ. CARANG. 15%		ARGILA 40%		VIDRO 5%		FELDSPATO 10%		CAULIM 30%											

Fonte: Elaborado pela autora, adaptado de Guilhon (2016)

Tais diferenciações nas codificações podem ser melhor observadas comparando as figuras referentes às fichas de ensaios, na coluna designada ao código de corpo de prova, conforme as Figuras 21 e 22.

Figura 22 - Ficha de ensaios para temperatura referente à 1000 °C

FICHA DE ENSAIOS										1000 °C										
TEMPERATURA		DIÁRIO DE AÇÕES					MASSAS (g)				DIMENSÕES APÓS (mm)									
1000 °C		DATA (d/m/a)									CONFORMAÇÃO			SECAGEM			QUEIMA			
SÉRIE (%)	CÓDIGO DE CORPO DE PROVA	CONFORMAÇÃO	SECAGEM	QUEIMA	TESTE DE IMERSÃO	TESTE DE MASSA ÚNIDA	PÓS-CONFORMAÇÃO	SECA (m)	PÓS-QUEIMA (m)	IMERSA (m)	UNIDA (m)	COMPRIMENTO	LARGURA	ALTURA	COMPRIMENTO	LARGURA	ALTURA	COMPRIMENTO	LARGURA	ALTURA
A (EXOESQ. 0%)	A1/1000																			
	A2/1000																			
	A3/1000																			
	MÉDIA A/1000																			
B (EXOESQ. 5%)	B1/1000																			
	B2/1000																			
	B3/1000																			
	MÉDIA B/1000																			
C (EXOESQ. 10%)	C1/1000																			
	C2/1000																			
	C3/1000																			
	MÉDIA C/1000																			
D (EXOESQ. 15%)	D1/1000																			
	D2/1000																			
	D3/1000																			
	MÉDIA D/1000																			
MATERIAIS/RESÍDUOS										OBSERVAÇÕES										
A	EXOESQ. CARANG. 0%	ARGILA 55%	VIDRO 5%	FELDSPATO 10%	CAULIM 30%	1. A duração da secagem é a partir da data de conformação até a data indicada em SECAGEM (DIÁRIO DE AÇÕES). 2. A data referente ao início da queima é a data de secagem, com retirada do forno na data indicada em QUEIMA (DIÁRIO DE AÇÕES).														
B	EXOESQ. CARANG. 5%	ARGILA 50%	VIDRO 5%	FELDSPATO 10%	CAULIM 30%															
C	EXOESQ. CARANG. 10%	ARGILA 45%	VIDRO 5%	FELDSPATO 10%	CAULIM 30%															
D	EXOESQ. CARANG. 15%	ARGILA 40%	VIDRO 5%	FELDSPATO 10%	CAULIM 30%															

Fonte: Elaborado pela autora, adaptado de Guilhon (2016)

A metodologia adotada para identificação das amostras foi uma maneira eficaz e funcional para auxiliar na diferenciação dos corpos de prova.

Figura 23 - Ficha de ensaios para temperatura referente à 1050 °C

FICHA DE ENSAIOS											1050 °C									
TEMPERATURA		DIÁRIO DE AÇÕES					MASSAS (g)					DIMENSÕES APÓS (mm)								
1050 °C		DATA (d/m/a)										CONFORMAÇÃO			SECAGEM			QUEIMA		
SÉRIE (%)	CÓDIGO DE CORPO DE PROVA	CONFORMAÇÃO	SECAGEM	QUEIMA	TESTE DE IMERSÃO	TESTE DE MASSA UMIDA	PÓS-CONFORMAÇÃO	SECA (m)	PÓS-QUEIMA (m)	IMERSA (m)	UMIDA (m)	COMPRIMENTO	LARGURA	ALTURA	COMPRIMENTO	LARGURA	ALTURA	COMPRIMENTO	LARGURA	ALTURA
A (EXOESQ. 0%)	A1/1050																			
	A2/1050																			
	A3/1050																			
	MÉDIA A/1050																			
B (EXOESQ. 5%)	B1/1050																			
	B2/1050																			
	B3/1050																			
	MÉDIA B/1050																			
C (EXOESQ. 10%)	C1/1050																			
	C2/1050																			
	C3/1050																			
	MÉDIA C/1050																			
D (EXOESQ. 15%)	D1/1050																			
	D2/1050																			
	D3/1050																			
	MÉDIA D/1050																			
MATERIAIS/RESÍDUOS											OBSERVAÇÕES									
A	EXOESQ. CARANG. 0%		ARGILA 55%		VIDRO 5%		FELDSPATO 10%		CAULIM 30%		1. A duração da secagem é a partir da data de conformação até a data indicada em SECAGEM (DIÁRIO DE AÇÕES). 2. A data referente ao início da queima é a data de secagem, com retirada do forno na data indicada em QUEIMA (DIÁRIO DE AÇÕES).									
B	EXOESQ. CARANG. 5%		ARGILA 50%		VIDRO 5%		FELDSPATO 10%		CAULIM 30%											
C	EXOESQ. CARANG. 10%		ARGILA 45%		VIDRO 5%		FELDSPATO 10%		CAULIM 30%											
D	EXOESQ. CARANG. 15%		ARGILA 40%		VIDRO 5%		FELDSPATO 10%		CAULIM 30%											

Fonte: Elaborado pela autora, adaptado de Guilhon (2016)

3.2.4. Secagem

O processo de secagem ocorreu durante 4 dias de exposição ao ar livre, acrescido de 24 horas em estufa elétrica, a uma temperatura de 110 °C. Este processo se deu para todos os corpos de prova confeccionados, conforme demonstrado na Figura 24.

Figura 24 - Secagem dos corpos de prova em estufa

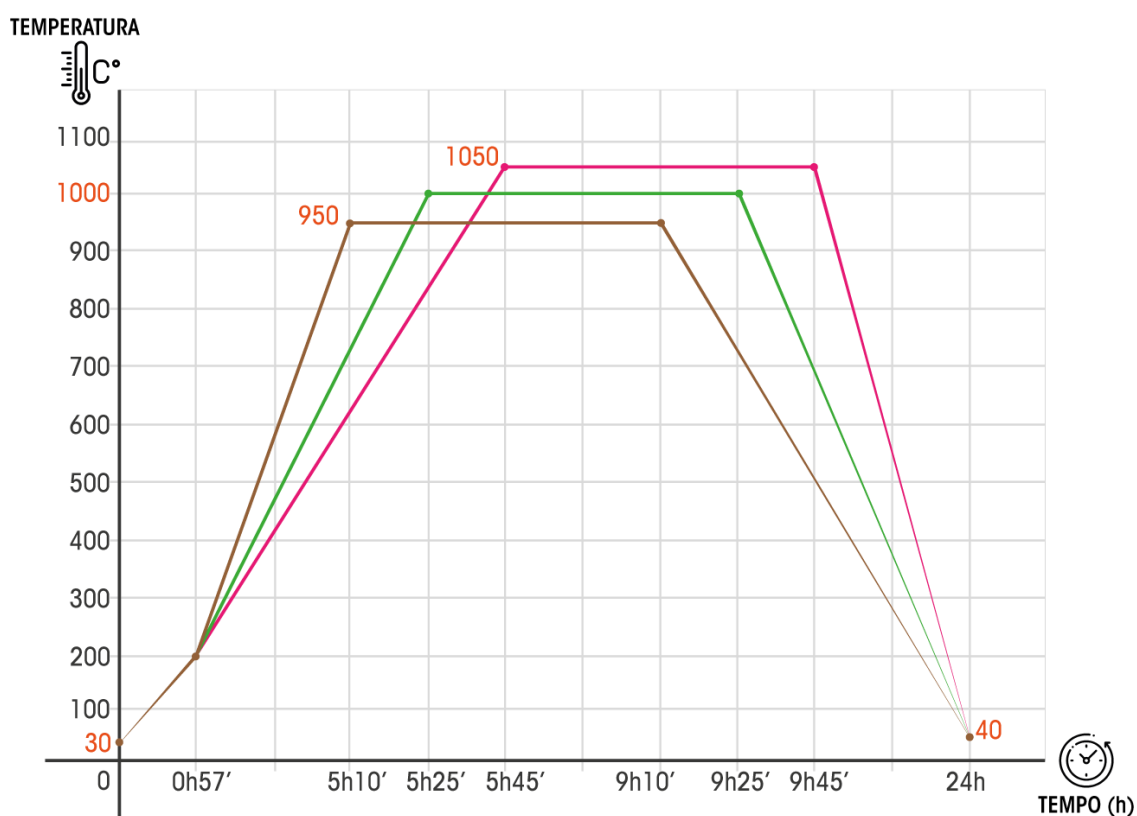


Fonte: Acervo pessoal da autora (2023)

3.2.5. Processo de sinterização

A etapa de sinterização dos CP's foi realizada utilizando forno elétrico, em 3 momentos distintos, conforme as temperaturas de queima pré-estabelecidas (950 °C, 1000 °C e 1050 °C). A taxa de aquecimento foi de 3°/min e o patamar de queima foi de 4 horas para todas as temperaturas. Os ciclos de queima para as três temperaturas são apresentados no gráfico da Figura 25.

Figura 25 - Gráfico do processo de sinterização



Fonte: Elaborado pela autora (2023)

3.3. Propriedades tecnológicas

Quanto às propriedades tecnológicas, foram empregados seis métodos, visando analisar as propriedades físicas e mecânicas do material elaborado.

3.3.1. Absorção de água (AA)

O procedimento para obtenção do parâmetro de absorção de água, obedeceu à norma ABNT NBR 15270-2 (2023), consistindo na imersão dos corpos de prova em água por 24 horas (Figura 26) após serem secos em uma estufa à temperatura de 110 °C até atingirem uma massa constante.

Figura 26 - Ensaio de absorção de água

Fonte: Acervo pessoal da autora (2023)

A absorção é calculada pela equação na Tabela 2.

Tabela 2 - Equação para determinar absorção de água

$AA = \frac{(M_u - M_s)}{M_s} \times 100$	
AA	Absorção de água (%)
m_u	Massa do corpo de prova úmido (g)
m_s	Massa do corpo de prova seco (g)

Fonte: Elaborado pela autora, adaptado de ABNT NBR 15270-2 (2023)

3.3.2. Porosidade aparente (PA)

Para determinar a porosidade aparente, os corpos de prova foram imersos em água até eliminação de bolhas e pesados em balança hidrostática, obtendo assim a massa imersa. Com um papel-toalha, o excesso de água foi retirado da superfície dos corpos de prova que foram novamente pesados, obtendo-se assim, a massa úmida saturada. Com esses valores foi possível calcular a porosidade aparente utilizando-se a equação da Tabela 3.

Tabela 3 - Equação para determinar porosidade aparente

$PA = \frac{(M_u - M_s)}{(M_u - M_i)} \times 100$	
PA	Porosidade aparente (%)
m_u	Massa do corpo de prova úmido (g)
m_s	Massa do corpo de prova seco (g)
m_i	Massa do corpo de prova imerso (g)

Fonte: Elaborado pela autora, adaptado de ABNT NBR ISO 10545-3 (2020)

3.3.3. Densidade aparente (DA)

Outra questão a ser analisada foi a densidade aparente das amostras após a queima. Esta, foi determinada consoante a equação da Tabela 4.

Tabela 4 - Equação para determinar densidade aparente

$DA = \frac{M_q}{M_u - M_i} \times \rho_{H_2O}$	
DA	Densidade aparente (g/cm ³)
M _q	Massa do corpo de prova seco após sinterização (g)
M _u	Massa úmida do corpo de prova (g)
M _i	Massa do corpo de prova imerso (g)
ρ _{H₂O}	Densidade da água ≈ 1 g/cm ³

Fonte: Elaborado pela autora, adaptado de ABNT NBR ISO 10545-3 (2020)

3.3.4. Perda ao fogo (PF)

Consiste em verificar a diferença de massa das amostras antes e depois da sinterização (queima), indicando também a perda de matéria orgânica, água e decomposição de carbonatos. Para a realização deste teste necessitou-se apenas das massas dos corpos-de-prova antes e após a queima. Segundo Moscon *et al.* (2024) determina-se a perda ao fogo através da equação da tabela 5.

Tabela 5 - Equação para determinar perda ao fogo

$PF = \frac{(M_{sa} - M_q)}{M_{sa}} \times 100$	
PF	Perda ao fogo (%)
m _{sa}	Massa seca antes da queima (g)
m _q	Massa seca após a queima (g)

Fonte: Elaborado pela autora, adaptado de Moscon *et al.* (2024)

3.3.5. Retração linear (RL)

Grandeza que exprime o quanto o corpo de prova diminui de tamanho após a queima. Esta retração, ocorre sobretudo em virtude da união das partículas durante a sinterização, ocasionando a diminuição da quantidade de poros e, conseqüente, retração. O procedimento para sua determinação foi o seguinte: após a etapa de queima, os corpos de prova foram medidos

novamente e, através da equação na Tabela 6, foi possível determinar a retração linear após a queima.

Tabela 6 - Equação para determinar retração linear

$RL = \frac{(L_s - L_q)}{L_q} \times 100$	
RL	Retração linear (%)
L _s	Comprimento do corpo de prova seco antes da queima (mm)
L _q	Comprimento do corpo de prova seco depois da queima (mm)

Fonte: Elaborado pela autora, adaptado de Moscon *et al.* (2024)

3.3.6. Módulo de ruptura à flexão (MRF)

A propriedade de módulo de ruptura a flexão (MRF), costuma ser chamada apenas de resistência à flexão (RF), maneira como foi tratada neste trabalho. Consoante à ABNT NBR ISO 10545-4 (2020), para obter os valores que indicam a RF dos corpos de prova, fez-se necessário, testes em laboratório, utilizando maquinário apropriado para ensaios, aplicando carga a uma velocidade constante de 0,5 mm/min sobre os corpos de prova. Para tal, foi utilizado a Máquina Universal de Ensaio Biopdi, modelo 100 kN, observável na Figura 27.

Figura 27 - Máquina Universal de Ensaio



Fonte: Biopdi¹²

¹² Disponível em: <https://biopdi.com.br/ensaio-mecanicos/maquina-universal-de-ensaio/10000kgf/>. Acesso em 12 abr. 2024.

Para a realização do ensaio, foi essencial que o CP ficasse apoiado em um dispositivo de flexão de três pontos, com distância entre os apoios de 60 mm. Este, pode ser contemplado na Figura 28.

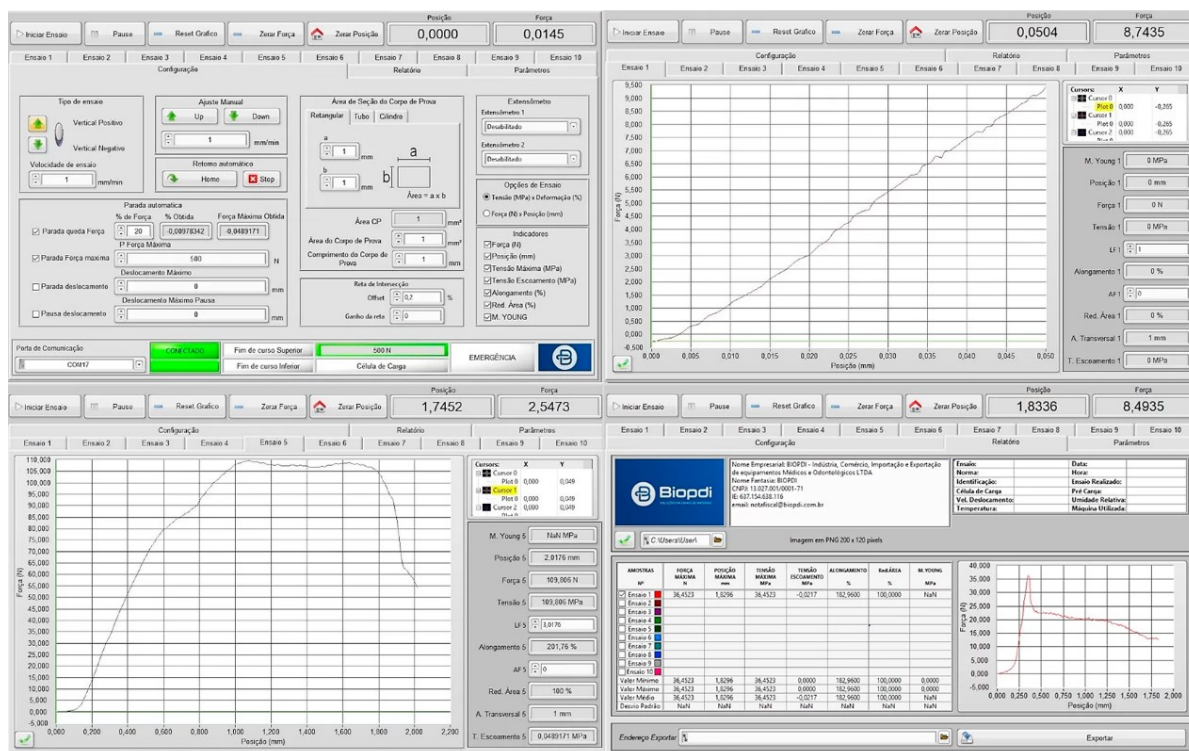
Figura 28 - Dispositivo de Flexão para ensaios



Fonte: Acervo pessoal da autora (2024)

A Máquina Universal de Ensaios foi conectada ao computador, permitindo acompanhar e registrar todos os dados obtidos durante o ensaio. Na Figura 29, é possível visualizar as telas principais do software utilizado.

Figura 29 - Principais telas do software utilizado



Fonte: Biopdi¹³

¹³ Disponível em: <https://biopdi.com.br/ensaios-mecanicos/maquina-universal-de-ensaios/10000kgf/>. Acesso em 12 abr. 2024.

Após essa etapa, os resultados de força e deformação são utilizados para obtenção da RF e da deformação referente à RF máxima. Ambas calculadas através das respectivas equações contempladas na Tabela 7.

Tabela 7 - Equação para determinar módulo de ruptura à flexão

$RF = \frac{3P_{\max} L}{2wh^2} \quad \epsilon_f = \frac{6vh}{L^2}$	
RF	Ruptura à flexão (MPa)
P	Carga máxima (N)
L	Distância entre apoios (mm)
w	Largura do corpo de prova (mm)
h	Espessura do corpo de prova (mm)
ϵ_f	Deformação relativa (%)
v	Flecha de deformação na flexão (mm)

Fonte: Elaborado pela autora, adaptado de ABNT ISO 10545-4 (2020)

3.3.7. Análise Visual

A análise visual dos corpos de prova, tiveram como referência a ABNT NBR ISO 10545-2 (2020). Vale ressaltar que esta, é uma substituta da ABNT NBR 13818 (1997), que foi utilizada como base para a realização dos ensaios das pesquisas de Guimarães (2015) e Guilhon (2016). Tal análise visou especificar as características dimensionais e de qualidade superficial das amostras.

Para esse procedimento, os corpos de prova foram colocados em uma superfície plana e uniforme para ser efetuado a identificação de deformidades perceptíveis a olho nu (bolhas, lascas, pintas, manchas, furos, ondulações, trincas e empenos) e posterior análise cromática, mediante os dados obtidos através das observações anotadas.

3.3.8. Aplicação

Visando explorar a atuação do material, após a conclusão dos ensaios, foram selecionadas as composições com melhores resultados para serem aplicadas na fabricação de artefatos cerâmicos a partir das composições contendo 5% e 10% de resíduos de caranguejo e submetidos à temperatura de 1000 °C.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A média de resíduos de caranguejo descartados pelos bares situados na orla da Avenida Litorânea de São Luís - MA, pode oscilar consideravelmente conforme a época do ano e a popularidade dos estabelecimentos. No entanto, é possível estimar uma média de comercialização semanal de 120 porções com 4 unidades de caranguejo por estabelecimento.

Assim, visando os parâmetros da sustentabilidade e englobando os aspectos funcionais e econômicos, através do aproveitamento dos resíduos de tais materiais, é possível agregar benefícios, viabilizando a sua aplicação para áreas diversas.

Em suma, este estudo visa analisar e caracterizar as propriedades tecnológicas da incorporação dos resíduos de exoesqueleto de caranguejo à massa cerâmica vermelha, a fim de destinar para posterior aplicação a um novo artefato distinto e/ou dar continuidade a um ciclo de produção já existente em alguma comunidade local.

O intuito é diminuir os impactos ambientais, movimentar a economia da região, gerar lucros e contribuir de maneira positiva para o meio ambiente, para a comunidade e para o comércio local, objetivando realçar também como um elemento identitário.

Todavia, como toda pesquisa com caráter experimental, é inevitável explorar inúmeras variáveis para que se possa chegar a valores que apresente as propriedades mais interessantes. Logo, esta seção irá explanar sobre a trajetória percorrida para atingir o desfecho vislumbrado inicialmente, apresentando os resultados e discutindo sobre as análises dos procedimentos empregados.

4.1. Percursos do processo produtivo

A princípio, foi estabelecido alguns parâmetros para o desenvolvimento da pesquisa, dentre eles, o tipo de resíduo, materiais, percentis e temperatura de queima. Dessa maneira, os ensaios foram iniciados apenas com a incorporação do pó do exoesqueleto de caranguejo à massa cerâmica vermelha (argila), mediante os percentuais de 0%, 10%, 20%, 30% e 40% de resíduos.

Posteriormente, foram submetidos à três temperaturas de queima distintas, sendo elas 850 °C, 900 °C e 950 °C. Assim, foram confeccionados três CP's para cada percentual, totalizando 45 amostras. Para cada processo de sinterização, foram utilizados 15 (quinze) CP's, sendo três para cada percentual.

A primeira remessa foi submetida à temperatura de 850 °C, com taxa de aquecimento de 3°/min. O patamar de queima foi de 4 horas, com temperatura inicial de 30 °C e temperatura

final de 40 °C. Ao desfecho das 24 horas do início do processo de sinterização, logo após abrir o forno, foi possível verificar que alguns percentis apresentavam rachaduras.

Ao tentar manuseá-las, constatou-se que as amostras confeccionadas com 30% e 40% de resíduos de caranguejo apresentavam estrutura extremamente frágil ao ponto de se desmanchar, conforme o registro na Figura 30. A primeira imagem à esquerda, corresponde aos modelos no forno, antes do início do processo de queima.

Figura 30 - Primeira remessa de amostras a 850 °C



Fonte: Acervo pessoal da autora (2023)

Após uma análise visual dos modelos, surgiram várias inquietações e hipóteses quanto ao motivo do que teria causado tal resultado. À primeira vista, a impressão obtida era de que a temperatura não teria sido suficiente. Assim, a fim de evitar o desperdício de material, foi preparado outra remessa menor, para submeter à temperatura de 900 °C. Este novo ensaio pode ser contemplado na Figura 31.

Figura 31 - Amostras submetidas à 900 °C



Fonte: Acervo pessoal da autora (2023)

A nova remessa também apresentou rachaduras como a anterior. Contudo, os modelos ficaram um pouco mais firmes, podendo ser manuseados sem desmanchar. Também foi

percebido que, quanto maior o percentual de resíduos de exoesqueleto de caranguejo agregado, mais frágil aparentava. Todavia, conforme o aumento de temperatura de queima, as peças iam ficando mais resistentes. Logo, um novo lote foi preparado em quantidade reduzida, para ser submetido à temperatura de 950 °C, como demonstrado na Figura 32.

Figura 32 - Amostras submetidas à 950 °C



Fonte: Acervo pessoal da autora (2023)

A princípio, as peças submetidas à temperatura de 950 °C aparentavam uma maior resistência. Ficaram razoavelmente firmes e sólidas, porém ainda não apresentava o resultado visual esperado. Assim, as peças sinterizadas foram armazenadas em uma caixa de papelão e, as primeiras alterações foram feitas, estipulando novas temperaturas, sendo 950 °C, 1000 °C e 1050 °C. Para o novo lote foi utilizado a quantidade de 15 amostras e, estas foram submetidas a 1050 °C para se ter uma ideia melhor da viabilidade e resistência das peças. Esta nova etapa, pode ser visualizada na Figura 33.

Figura 33 - Amostras submetidas à 1050 °C



Fonte: Acervo pessoal da autora (2023)

Quanto à análise visual preliminar, a nova remessa apresentou um resultado admissível. Com isso, foi dado continuidade, produzindo novos corpos de prova para serem submetidos à temperatura de 1000 °C, como ilustra a Figura 34.

Figura 34 - Amostras submetidas à 1000 °C



Fonte: Acervo pessoal da autora (2023)

Ao término do processo de sinterização de cada temperatura, as peças eram guardadas em caixas de papelão e armazenadas em local seco e arejado. Contudo, ao terminar a última etapa, percebeu-se que algumas peças que estavam guardadas começaram a se decompor ao menor toque, indicando que novas alterações deveriam ser feitas. Este percalço pode ser visualizado na Figura 35.

Figura 35 - Peças armazenadas se desmanchando



Fonte: Acervo pessoal da autora (2023)

Tendo em vista esse resultado inesperado, foi iniciado novos testes incluindo outros materiais para aumentar a resistência e dar uma espécie de “liga” ao material compósito, mas sempre com o enfoque na questão da sustentabilidade, englobando os aspectos funcionais e econômicos. Logo, surgiu a ideia de agregar feldspato para atuar como um fundente, agindo como uma espécie de cimento, no intuito de aumentar a resistência e durabilidade das amostras.

A importância de um material fundente na massa cerâmica está relacionada com sua capacidade de diminuir a temperatura de formação de fase líquida durante o processo de queima. Este líquido formado tende a preencher as cavidades do corpo cerâmico, dependendo da sua viscosidade, eliminando assim a porosidade (Riella; Franjdlich; Durazzo, 2002, p. 34).

Assim, foi confeccionado novos CP's agregando este novo material, tendo a amostra 20% de feldspato, 30% de resíduo de exoesqueleto de caranguejo e 50% de argila. Para esse novo teste, foram confeccionados apenas 2 CP's e submetidos posteriormente à temperatura de 950 °C. A Figura 36 retrata melhor essa nova etapa.

Figura 36 - Tentativa com feldspato



Fonte: Acervo pessoal da autora (2023)

Após a sinterização, foi percebido que ainda havia a necessidade de novas mudanças, visto que as peças apresentaram rachaduras em um dos lados de sua estrutura. Prontamente, foi iniciado uma nova jornada, surgindo a ideia de agregar o caulim e o pó de vidro.

O caulim é um argilomineral, que opera como um elo e também oferece uma melhor maleabilidade para modelagem da peça. Conforme Albuquerque *et al.* (2007, p. 301), “nas peças cerâmicas, os argilominerais atuam como uma liga para os constituintes no estado verde; também conferem plasticidade para modelagem do corpo quando na presença de água”.

Quanto ao vidro, Luz e Ribeiro (2008) asseguram que este resíduo quando incorporado em misturas cerâmicas apresentam um bom potencial como um novo fundente, e possibilitam a obtenção de uma fase vítrea durante a queima. Dessa maneira, quando aquecido ao ponto de derreter, atua como uma cola preenchendo os poros, aumentando a permeabilidade das peças, além de auxiliar no controle da dilatação e distorção da cerâmica.

Ao longo dessas mudanças, percebeu-se que as temperaturas mais altas apresentavam peças com maior qualidade, então foi estipulado as temperaturas de queima a partir de 950 °C, 1000 °C e 1050 °C. Sendo assim, foi elaborado mais dois CP's distintos, sendo o primeiro com 15% de resíduo de exoesqueleto de caranguejo, 40% de argila, 10% de feldspato, 30% de caulim e 5% de pó de vidro. O segundo, obteve a mesma composição, diferenciando apenas o quartzo ao invés do pó de vidro. Esta nova amostra foi submetida a 950 °C.

A figura 37 demonstra o antes e depois do processo de sinterização.

Figura 37 - Amostras com pó de vidro e quartzo, respectivamente



Fonte: Acervo pessoal da autora (2023)

A amostra contendo o pó de vidro, além de apresentar análise visual preliminar satisfatória, possui o diferencial de ter mais um resíduo, comumente descartado, que pode ser aproveitado em um novo ciclo produtivo, possibilitando agregar benefícios técnicos e sustentáveis. Bó, Silva e Oliveira (2009, p. 1) reiteram que “o vidro não é um produto biodegradável, ou seja, quando descartado na natureza, ele não se decompõe. Por isso é necessário que seja reciclado”.

A incorporação de resíduo de vidro a produtos fabricados à base de argila é uma alternativa considerada natural devido à compatibilidade entre a composição química destes produtos e a do vidro, que é essencialmente formada por sílica (SiO_2), com um pequeno percentual de óxido de sódio (Na_2O) e de óxido de cálcio (CaO). Muitos estudos têm sido realizados no mundo todo, visando a incorporação desse resíduo na massa cerâmica para melhoria das propriedades tecnológicas dos produtos cerâmicos (Zaccaron *et al.*, 2019, p. 2).

Dessa forma, após uma análise visual, foi optado por dar continuidade com a amostra que agrega pó de vidro e, chegando-se finalmente, aos percentis atuais e definitivos. Na figura 38 é possível visualizar o antes e depois do processo de sinterização das peças, submetidas às temperaturas de 950 °C (imagens superiores), 1000 °C (imagens centrais) e 1050 °C (imagens inferiores).

Figura 38 – Antes e depois da sinterização das peças finais



Fonte: Acervo pessoal da autora (2023)

Posteriormente ao processo de sinterização, as peças foram novamente pesadas e medidas antes de dar prosseguimento aos demais ensaios necessários.

4.2. Análise dos corpos de prova

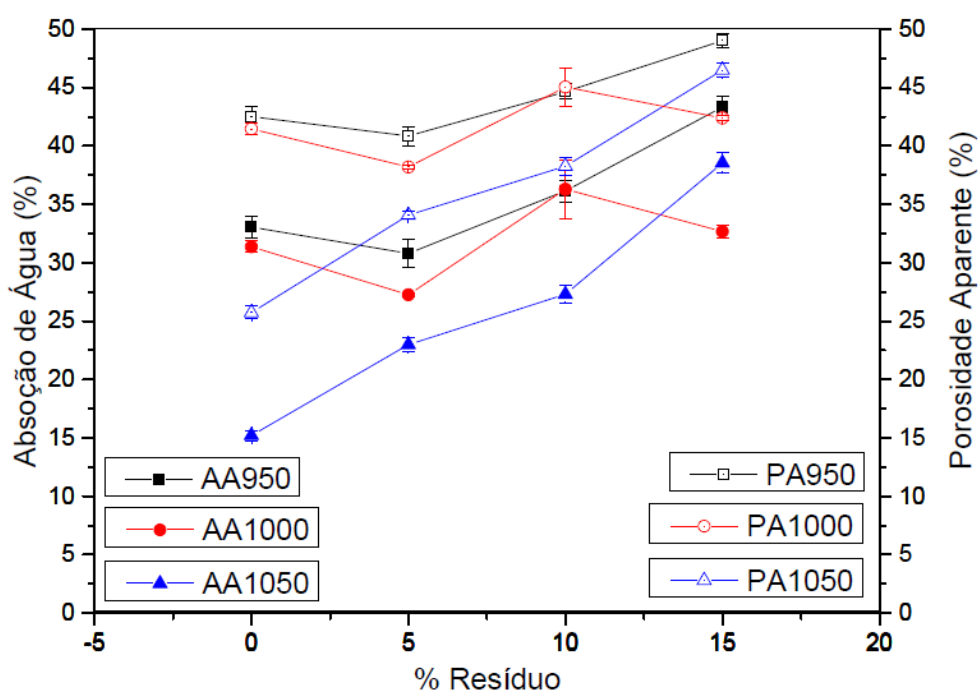
Após o preparo dos 36 corpos de prova (CP's), foi dado início aos ensaios normatizados para obtenção das particularidades e propriedades do material obtido. Vale ressaltar que os CP's, foram elaborados com as composições anteriormente citadas, em molde metálico, previamente untado com vaselina líquida industrial. Esta, serve como um desmoldante eficaz e não altera as propriedades do material.

Para auxiliar a conformação, foi utilizado a prensa hidráulica. Em seguida, os CP's foram dispostos ao ar livre durante 4 dias para secagem, acrescido de 24h em estufa elétrica a 110 °C, antes de serem sinterizados em forno elétrico com as temperaturas previamente estabelecidas e indicadas na metodologia. É pertinente frisar que ao final de cada etapa, todas as amostras eram submetidas à pesagem e medição.

4.2.1. Considerações sobre as propriedades tecnológicas

As primeiras propriedades tecnológicas do material a serem analisadas foi quanto à absorção de água (AA) e porosidade aparente (PA). O Gráfico 1 apresenta conjuntamente a AA e a PA em função do percentual de resíduo de caranguejo (RC) (0%, 5%, 10% e 15%) para três diferentes temperaturas de queima (950 °C, 1000 °C e 1050 °C).

Gráfico 1 - Absorção de Água (AA) e Porosidade Aparente em função do percentual de resíduo de caranguejo (RC)



Fonte: Elaborado pela autora (2024)

Ao analisar o gráfico, é possível verificar que os resultados de absorção de água (AA) são corroborados pelos resultados de porosidade aparente (PA). Já nas composições queimadas a 950 °C, observa-se que, para 0% de RC, ocorre uma AA de 33%, que diminui ligeiramente quando a composição passa a ter 5% de RC, voltando a aumentar para as composições com 10% e 15% de RC.

Com até 5% de RC, e considerando que as partículas são pequenas, sabe-se que essas partículas finas auxiliam no preenchimento dos poros, diminuindo a AA. Para percentuais maiores de RC, a AA eleva-se proporcionalmente, devido à decomposição da matéria orgânica ainda presente no resíduo. Isto, gera gases resultantes em maior porosidade e, portanto, maior AA.

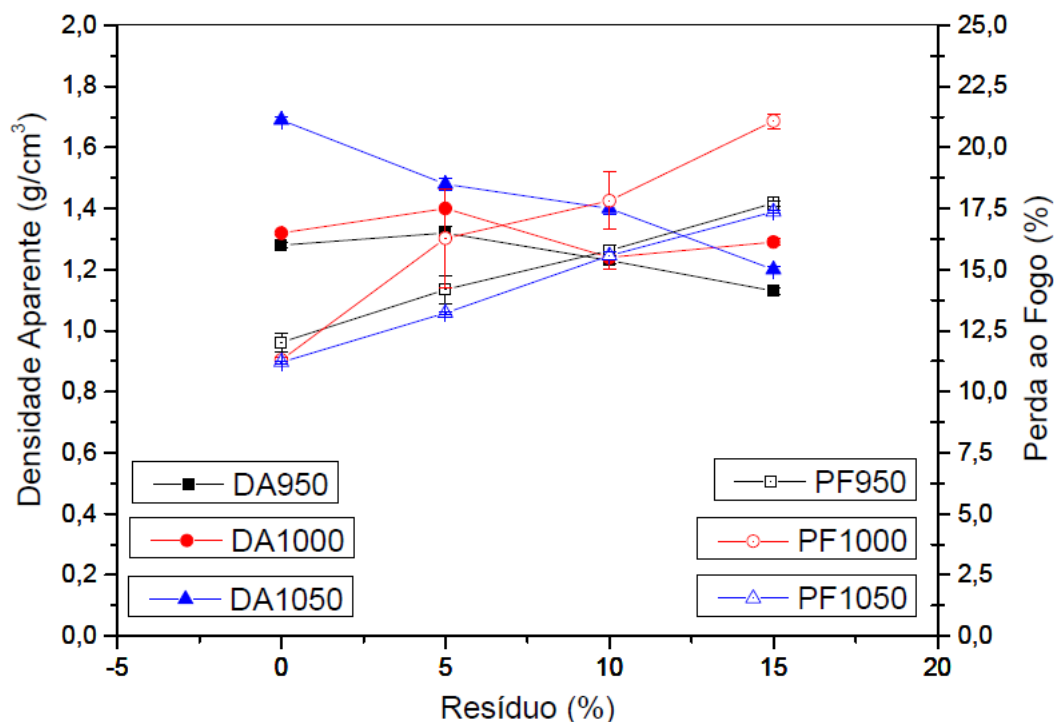
O comportamento da PA para essa temperatura de queima (950 °C) foi o mesmo, como esperado. O aumento da porosidade para 10% e 15% de RC, também se deve à decomposição da calcita (CaCO_3), que libera gás CO_2 , gerando poros durante sua saída. Logo, quanto mais resíduo, maior a geração de gases e maior a porosidade. É pertinente ressaltar que, essa temperatura mais baixa (950 °C), afeta diretamente o processo de sinterização, que não se torna tão efetivo, impossibilitando a eliminação da porosidade, ou seja, a melhor densificação do material.

Para as composições queimadas a 1000 °C, percebeu-se uma ligeira diminuição da AA e da PA, resultando da melhor sinterização da cerâmica devido à temperatura de queima mais alta. O comportamento alterou-se para a composição com 15% de RC, pois se esperava que a AA fosse maior do que para a composição com 10%, o que não ocorreu. É imprescindível frisar que um dos componentes resultantes da decomposição do RC é a cal viva (CaO), que tende a formar uma fase líquida em altas temperaturas, preenchendo poros e diminuindo a porosidade.

Logo, quando as composições foram queimadas a 1050 °C, a AA apresentou um comportamento quase linear, aumentando proporcionalmente ao incremento no percentual de RC, o que ocorreu da mesma forma com a PA. A queima na temperatura mais alta levou a uma melhor sinterização da cerâmica, resultando em maior densificação ou redução de poros. Todavia, em média, o aumento da temperatura de queima resulta na melhor impermeabilização do material, ou seja, redução da porosidade.

Quanto à análise das propriedades tecnológicas referentes à densidade aparente (DA) e perda ao fogo (PF), o Gráfico 2 apresenta conjuntamente a DA e a PF em função do percentual de RC (0%, 5%, 10% e 15%) para três diferentes temperaturas de queima (950 °C, 1000 °C e 1050 °C).

Gráfico 2 - Densidade Aparente (DA) e Perda ao Fogo (PF) em função do percentual de resíduo de caranguejo (RC)



Fonte: Elaborado pela autora (2024)

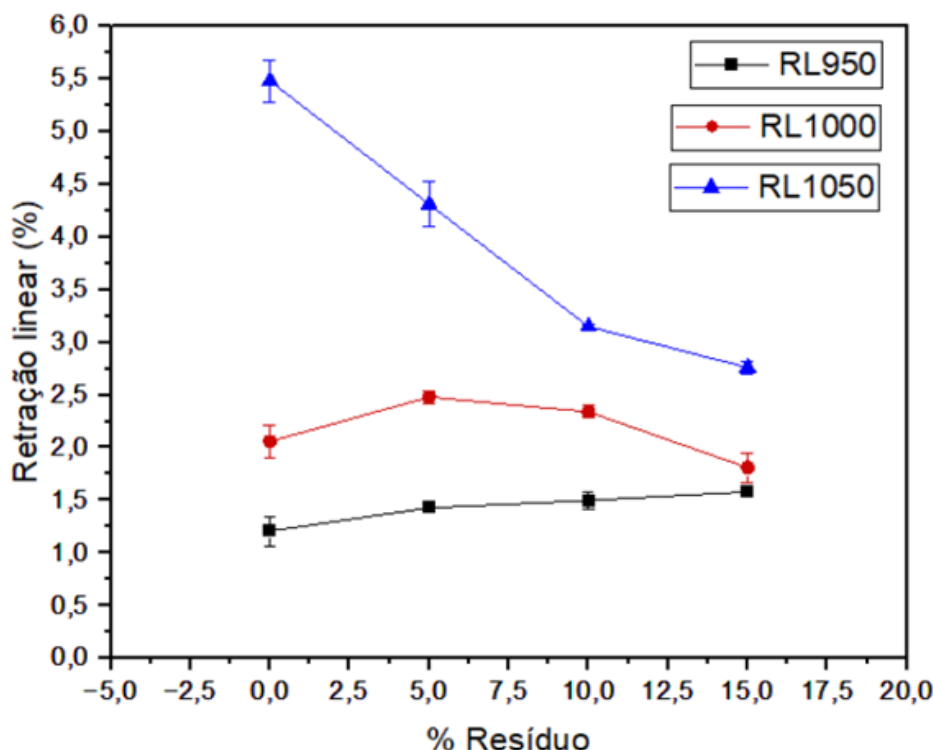
Ao considerar a elevação da temperatura de queima, foi percebido que a DA tende a aumentar para as composições com 0%, 5% e 10% de RC. Todavia, ocorre uma pequena inversão para as composições com 15%, mostrando que a composição queimada a 1050 °C tem uma DA menor que quando queimada a 1000 °C. Isto se dá, devido à eliminação do CO₂, resultante da decomposição do RC, deixando a composição menos densa.

Com o aumento do percentual de RC, há uma discreta tendência de queda da DA, resultado da decomposição da matéria orgânica contida no RC e da decomposição do próprio RC, liberando CO₂ e, como consequência, gerando poros e diminuindo a densidade. Com relação à PF, o gráfico mostra um direcionamento quase linear de elevação da PF com o aumento do percentual de RC, sendo mais elevada para as composições queimadas a 1000 °C.

Isto ocorre, provavelmente, devido à maior decomposição do resíduo nessa temperatura, uma vez que esse aumento progressivo da PF se relaciona à decomposição da matéria orgânica contida no RC e à decomposição da própria calcita. Traçando um comparativo com os resultados de AA e de DA, verifica-se uma relação inversa, claramente observável nos Gráficos 1 e 2, a qual uma cerâmica com elevada AA tende a ter a DA reduzida.

Quanto às propriedades relacionadas à retração linear (RL), o Gráfico 3 apresenta a RL após a queima em função do percentual de RC (0%, 5%, 10% e 15%) para três diferentes temperaturas de queima (950 °C, 1000 °C e 1050 °C).

Gráfico 3 - Retração Linear (LR) após a queima em função do percentual de resíduo de caranguejo (RC)



Fonte: Elaborado pela autora (2024)

Observando a temperatura de queima de 950 °C, notamos que a RL sofre uma pequena elevação em relação ao aumento no percentual de resíduo, passando de 1,2% a 1,5% para a composição com 15% de resíduo. Tal comportamento se deve à redução de matéria orgânica contida no resíduo e à decomposição do mesmo.

Ao considerarmos a temperatura de queima de 1000 °C, a composição sem RC apresenta uma RL de 2%, resultado da maior densificação do material, devido ao aumento de temperatura de queima. Também foi percebido que a RL se eleva para 2,5% quando o percentual de RC passa a 5%, apresentando uma redução gradual para 10% e 15% de RC, efeito que se deve à menor densificação do RC.

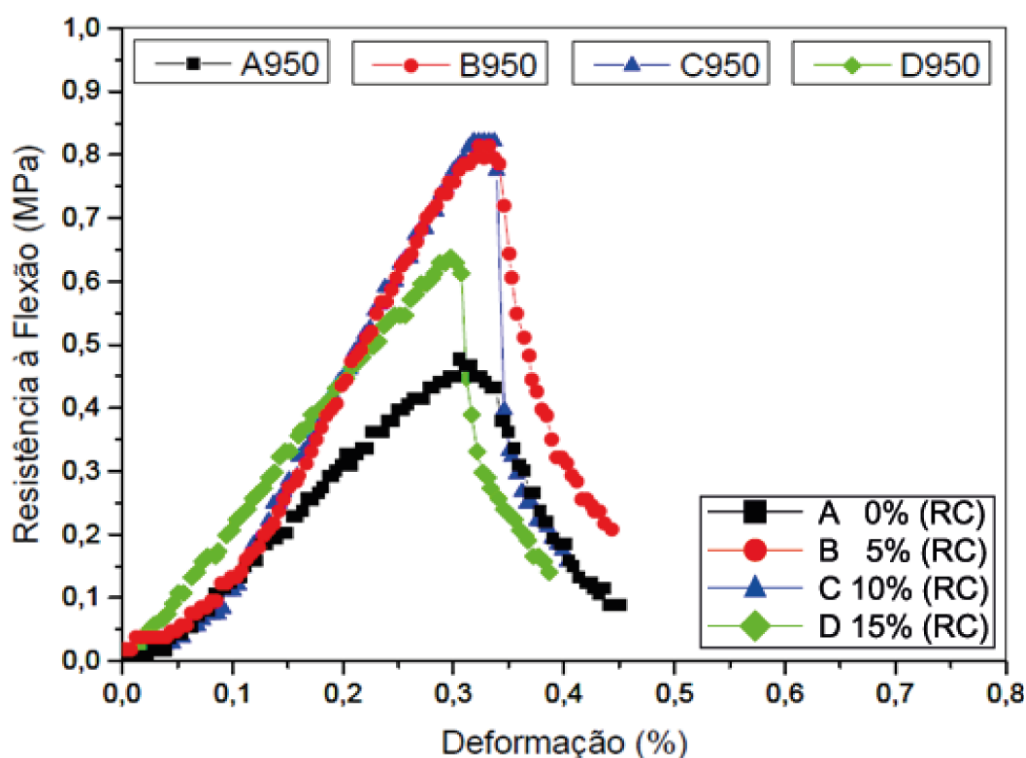
Ao atingir 1050 °C de temperatura de queima, observou-se uma RL de 5,5% para a composição com 0% de RC, que, à medida que o percentual de RC na composição aumentava, apresentava uma diminuição progressiva até atingir 2,75% para 15% de RC. Logo, o material

RC, rico em carbonato de cálcio, atua como agente de preenchimento que reduz a RL durante a queima.

Isso ocorre porque o material não sofre a mesma contração que a argila pura, uma vez que, o carbonato de cálcio (CaCO_3) no exoesqueleto de caranguejo decompõe-se a temperaturas elevadas formando o óxido de cálcio (CaO) e liberando dióxido de carbono (CO_2). Com isto, a formação de CO_2 cria poros na estrutura, o que reduz a RL.

Ao discutir sobre o módulo de resistência à flexão (MRF) ou somente resistência à flexão (RF), o Gráfico 4 apresenta a RF em função da deformação para as composições com 0%, 5%, 10% e 15% de RC queimadas a 950 °C.

Gráfico 4 - Resistência à flexão (RF) em função da deformação para as composições contendo 0%, 5%, 10% e 15% (respectivamente A, B, C e D) de RC queimadas na temperatura de 950 °C



Fonte: Elaborado pela autora (2024)

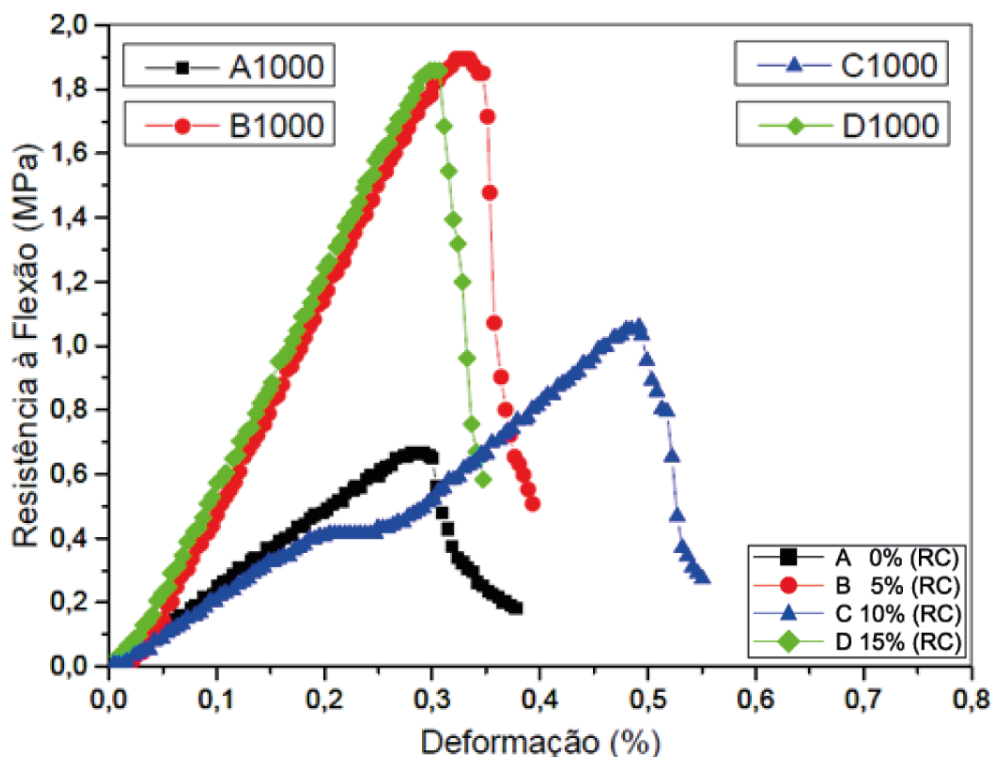
Ao analisar as quatro composições, verificou-se que todas apresentaram comportamentos semelhantes, com uma pequena elevação na resistência para as composições com RC. Além disso, os maiores valores foram alcançados nas composições com 5% e 10% de RC, respectivamente B950 e C950.

Quanto às deformações referentes à máxima resistência, considerando todas as composições, se mantiveram em torno de 0,35%, indicando que a influência do RC foi

insignificante no comportamento de deformação. Portanto, a adição de RC pode resultar no aumento da resistência à flexão da cerâmica em estudo.

Outros aspectos ponderados, podem ser observados no Gráfico 5. Este, apresenta a RF em função da deformação para as composições com 0%, 5%, 10% e 15% de RC queimadas a 1000 °C.

Gráfico 5 - Resistência à flexão em função da deformação para as composições contendo 0, 5, 10 e 15% (respectivamente A, B, C e D) de RC queimadas na temperatura de 1000 °C



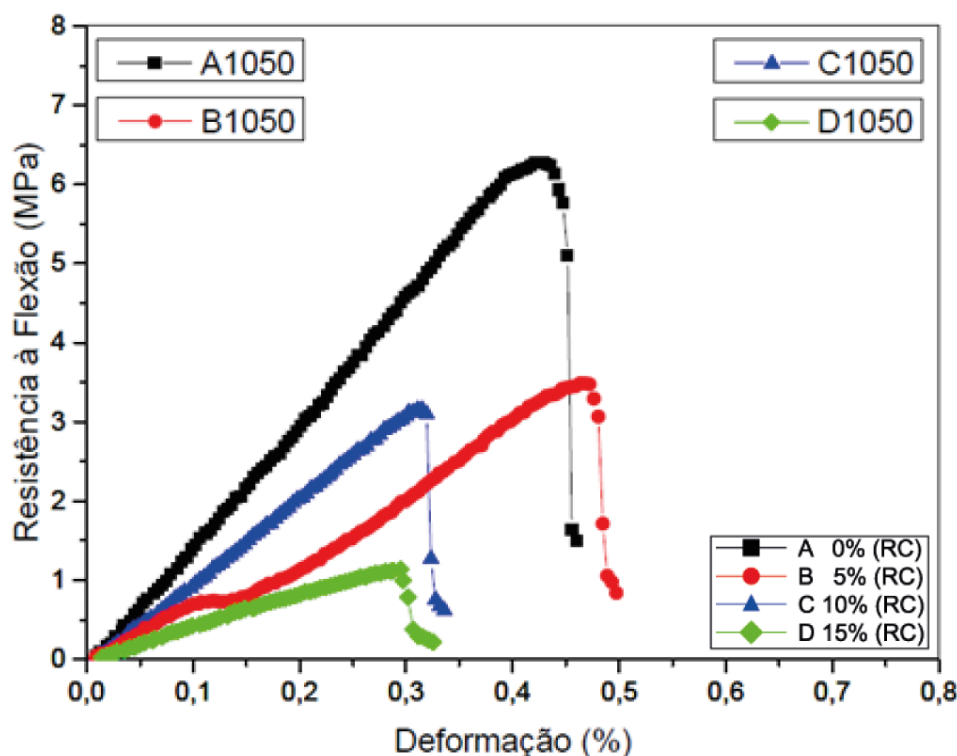
Fonte: Elaborado pela autora (2024)

Constata-se a elevação da resistência à flexão em todas as composições contendo RC. A composição com 0% de RC apresentou uma RF de 0,65 MPa, e a composição com 10% sofreu um leve acréscimo, chegando a 1,1 MPa, enquanto as composições com 5% e 15% de RC praticamente dobraram a RF, chegando próximo a 2 MPa.

Quanto às deformações relativas, às máximas RF's reduziram para aproximadamente 0,3%, exceto para a composição com 10% de RC (C1000), que deformou aproximadamente 0,5% na máxima RF. Logo, a queima a temperaturas mais elevadas resulta em melhor sinterização do material, refletindo no aumento da RF.

Dessa maneira, o Gráfico 6 apresenta a RF em função da deformação para as composições com 0%, 5%, 10% e 15% de RC queimadas a 1050 °C.

Gráfico 6 - Resistência à flexão em função da deformação para as composições contendo 0, 5, 10 e 15% (respectivamente A, B, C e D) de RC queimadas na temperatura de 1050 °C



Fonte: Elaborado pela autora (2024)

Ao averiguar os dados referentes à queima a 1050 °C, foi constatado que esta favoreceu principalmente a composição com 0% de resíduo, aumentando a RF acima de 6 MPa, devido à melhor densificação. Além disso, as composições com resíduo também elevaram a RF em comparação à queima a 950 °C e 1000 °C, refletindo a provável formação de fase vítrea, decorrente da composição do resíduo, rico em calcita, e do pó de vidro inserido. É pertinente destacar que a fase vítrea funciona como ligante, melhorando a aderência entre as partículas, consequentemente favorecendo maior densificação e elevação da RF. Quanto à deformação geral foi pouco alterada, variando entre 0,3 e 0,47%.

Considerando as composições queimadas a 950 °C e 1000 °C, a elevação da RF nas composições contendo RC em comparação à composição sem RC é evidente, exceto quando a queima ocorreu a 1050 °C, onde a composição com 0% de RC se mostrou mais resistente. Isso é decorrente do aumento da sinterização, principalmente devido ao vidro contido, que favorece a formação de fase líquida, preenchendo os poros e densificando o material.

Assim, as composições contendo RC apresentaram uma RF inferior para a temperatura de queima de 1050 °C, comparada à composição com 0% de RC, reflexo da geração de gases da decomposição da matéria orgânica contida no resíduo e da geração de CO₂ a partir da

decomposição dele. No entanto, revelaram elevação da RF quando comparadas com as composições queimadas a 950 °C e 1000 °C.

Com tais resultados, conclui-se que a adição de RC contribui para o aumento da resistência da cerâmica nas temperaturas de queima de 950 °C e 1000 °C, quando comparadas com a composição sem RC queimada nessas temperaturas. Mesmo considerando uma maior RF da composição com 0% de RC queimada a 1050 °C, as composições com RC que alcançaram valores maiores de RF comparativamente às mesmas quando queimadas nas temperaturas de 950 °C e 1000 °C, não devem ser descartadas. Logo, este resultado estimula a utilização do RC, pois a queima em temperaturas mais baixas é uma busca constante quando se pensa em economia de energia e no aproveitamento de resíduos sólidos.

4.2.2. Considerações gerais sobre a análise visual

No que concerne à verificação estética, foi utilizado o método da análise visual de cada corpo de prova, a fim de identificar sinais particulares, identificando as imperfeições existentes, traçando um comparativo aos CP's que não apresentam a adição do resíduo de exoesqueleto de caranguejo.

Para tal, foi elaborado uma tabela para anotação das falhas detectadas, com o intuito de determinar uma análise contendo a média aritmética pertinente aos defeitos de cada composição, assim como sua frequência e os melhores resultados. Isto pode ser observado na Tabela 8. Vale ressaltar que tais imperfeições foram catalogadas por face.

Tabela 8 - Análise visual dos corpos de prova pós-sinterização

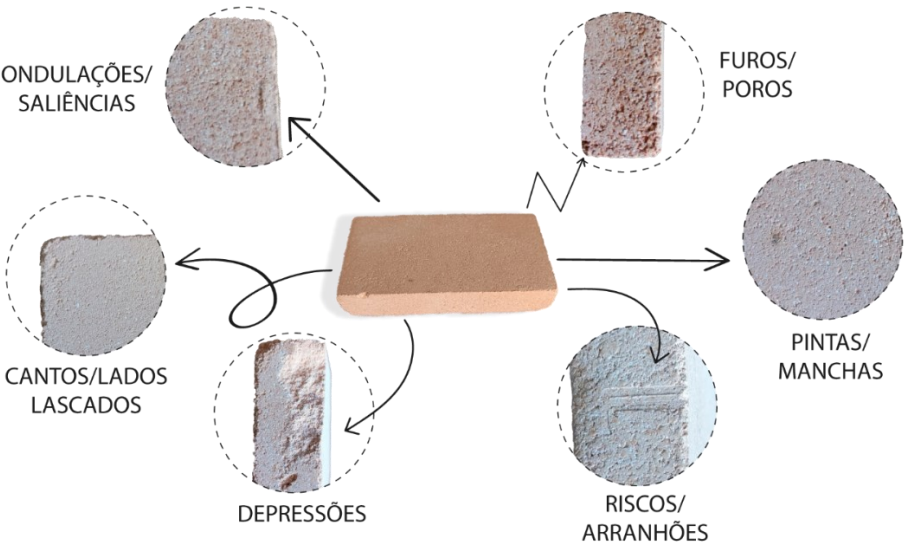
CORPOS DE PROVA	Ondulações/ Saliências	Furos/Poros	Pintas/ Manchas	Depressões	Riscos/ Arranhões	Arestas lascadas	Total	Total por composição	Média Aritmética
A1/950 (0%)	00	02	00	02	00	08	12	30	10
A2/950 (0%)	00	01	00	01	00	07	09		
A3/950 (0%)	00	00	00	01	00	08	09		
B1/950 (5%)	01	01	00	00	00	04	06	20	6,66
B2/950 (5%)	01	00	00	01	00	05	07		
B3/950 (5%)	00	01	00	02	00	04	07		
C1/950 (10%)	00	00	00	02	00	05	07	19	6,33
C2/950 (10%)	00	00	00	00	00	06	06		
C3/950 (10%)	01	00	00	01	00	04	06		
D1/950 (15%)	01	00	00	01	00	04	06	19	6,33
D2/950 (15%)	01	01	00	00	00	05	07		
D3/950 (15%)	00	01	00	01	00	04	06		

A1/1000 (0%)	01	01	00	01	00	05	08	29	9,66
A2/1000 (0%)	00	00	02	01	01	07	11		
A3/1000 (0%)	00	01	00	01	01	07	10		
B1/1000 (5%)	02	00	00	00	00	05	07	18	6
B2/1000 (5%)	01	01	00	00	00	03	05		
B3/1000 (5%)	01	00	00	01	00	04	06		
C1/1000 (10%)	00	00	00	01	01	04	06	17	5,66
C2/1000 (10%)	01	00	00	01	00	04	06		
C3/1000 (10%)	00	00	01	00	01	03	05		
D1/1000 (15%)	01	00	00	01	01	03	06	17	5,66
D2/1000 (15%)	00	00	00	00	01	04	05		
D3/1000 (15%)	01	00	00	00	01	04	06		
A1/1050 (0%)	01	03	00	00	00	04	08	23	7,66
A2/1050 (0%)	00	03	01	00	00	03	07		
A3/1050 (0%)	01	02	01	00	00	04	08		
B1/1050 (5%)	01	00	00	00	00	05	06	19	6,33
B2/1050 (5%)	01	00	00	00	00	05	06		
B3/1050 (5%)	01	01	00	00	00	05	07		
C1/1050 (10%)	01	00	00	00	01	03	05	16	5,33
C2/1050 (10%)	01	00	01	00	00	03	05		
C3/1050 (10%)	02	00	00	00	01	03	06		
D1/1050 (15%)	00	00	01	00	00	04	05	16	5,33
D2/950 (15%)	01	01	01	01	00	03	07		
D3/1050 (15%)	00	00	01	00	00	03	04		
TOTAL	23	20	9	9	20	162	243	243	6,74

Fonte: Elaborado pela autora (2024)

Para um melhor entendimento do tipo de imperfeições encontradas, a Figura 39 ilustra as falhas mais observadas.

Figura 39 - Tipos de falhas observadas



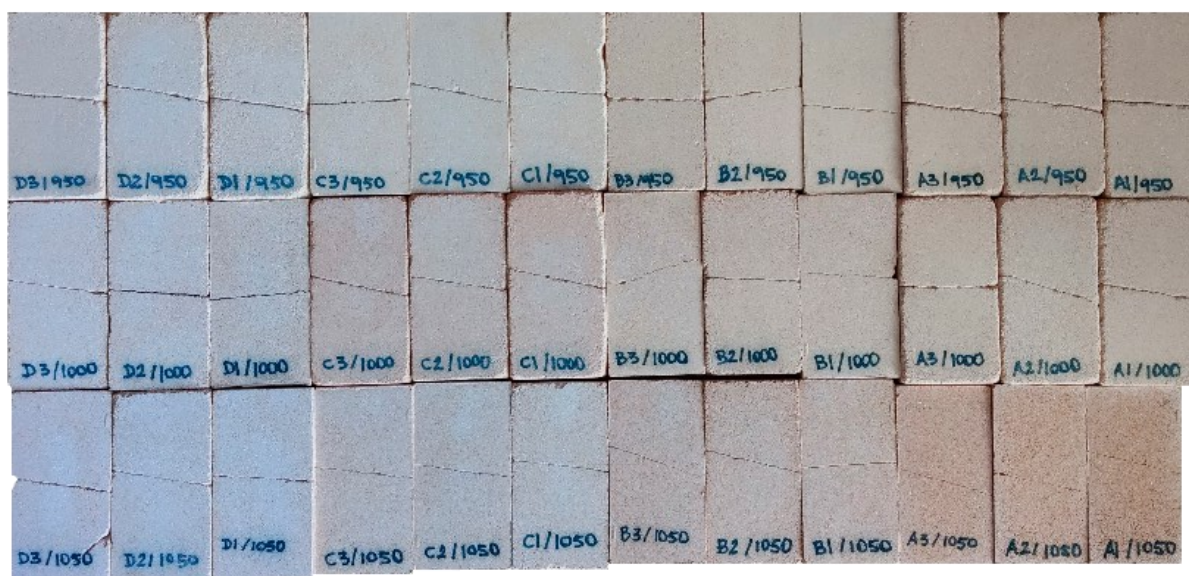
Fonte: Elaborado pela autora (2024)

Ao todo, foram catalogados 243 problemas superficiais, os quais em sua maioria foram relacionados às arestas lascadas, contabilizando 162. Estas imperfeições, podem ser solucionadas mediante um maior controle e cuidado durante a confecção dos CP's. Além delas, foi observado 23 ondulações/saliências, 20 furos/poros, 20 depressões, 9 pintas/manchas e 9 riscos/arranhões.

Outra particularidade observada foi quanto às diferenças de tonalidade da superfície dos CP's, conforme percentual, sinterização e o tempo decorrido. Logo, conforme a temperatura de queima, as tonalidades das amostras se tornam mais acentuadas. Em contrapartida, quanto mais resíduos são incorporados, as cores se tornam mais claras. Também, foi percebido que, conforme o tempo passa, as peças vão perdendo a vivacidade de sua coloração.

Na Figura 40 é possível observar essa diferença nas tonalidades. A primeira fila corresponde às amostras submetidas à 950 °C, a segunda, corresponde às peças submetidas à 1000 °C e a terceira, à 1050 °C. Quanto à composição, estão em ordem decrescente, se apresentando da esquerda para a direita, como D (15% de RC), C (10% de RC), B (5% de RC) e A (0% de RC).

Figura 40 - Diferença nas tonalidades conforme percentual de RC, temperatura de queima e tempo decorrido



Fonte: Acervo pessoal da autora (2024)

Constatou-se que a incorporação dos resíduos proporcionou uma paleta com tonalidade salmão-claro, após a sinterização, bem diferente do tom avermelhado quando a argila vermelha é utilizada pura. Esta tonalidade mais alva também se deu pela incorporação do feldspato e do caulim que possuem coloração clara.

4.3. Análise do procedimento de conformação

Mediante os resultados obtidos após os ensaios normatizados, foi selecionado duas composições e uma temperatura de queima, para fazer a aplicação do material. Sendo assim, foram confeccionados 4 produtos distintos, sendo 2 com a composição de 10% e 2 com a composição de 5%. Todas as peças foram conformadas de maneira manual e posteriormente submetidas a 1000 °C. Para a conformação dos produtos foi elaborado um painel semântico para auxiliar no processo criativo, uma vez que foi estabelecido a biomimética como inspiração.

Este, pode ser observado na Figura 41.

Figura 41 - Painel semântico para auxiliar no processo criativo



Fonte: Elaborado pela autora (2024)

Logo, foram confeccionados 3 puxadores para mobiliário em estilo botão/bola e 1 utilitário doméstico, sendo este, um suporte/apoio para descanso de colheres. Quanto ao processo de conformação, todos os produtos foram conformados facilmente de maneira manual e lixados delicadamente após a secagem e novamente após a sinterização, com lixa n.º 100.

O processo de secagem para a produção das peças, foi apenas ao ar livre por 3 dias antes de passar pelo processo de sinterização. Considerando os dados adquiridos a respeito das propriedades tecnológicas do material, sugere-se sua aplicação em utensílios domésticos, revestimento interno de parede e itens decorativos.

Os artigos elaborados com o material obtido, podem ser visualizados na Figura 42.

Figura 42 - Produtos confeccionados



Fonte: Acervo pessoal da autora (2024)

Os produtos das imagens 1 e 3, foram conformados com a composição de 10% de RC e os produtos das imagens 2 e 4, foram confeccionados com 5% de RC. Os puxadores das imagens 1 e 4, tiveram a inspiração do caranguejo, enquanto o puxador da imagem 2 foi inspirado pelas raízes do mangue. Quanto ao suporte/apoio para descanso de colheres, não houve personalização para evidenciar que até mesmo utilitários comuns ao cotidiano, podem receber a aplicação da ciência da biomimética, mediante a utilização de cores, texturas e formas.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS E SUGESTÕES PARA ESTUDOS FUTUROS

Após as avaliações dos dados e discussões sobre as etapas percorridas, concluiu-se que a adição de resíduos de caranguejo contribui de maneira benéfica e significativa com o material cerâmico em aspectos tecnológicos e ecológicos, sendo viável o aproveitamento destes resíduos orgânicos. Em relação à sustentabilidade, o aproveitamento dos resíduos à massa cerâmica, além de diminuir a quantidade de sedimentos descartados de maneira irregular, proporciona um novo direcionamento, auxiliando na diminuição da quantidade de argila utilizada para o processo de fabricação do material cerâmico.

O aproveitamento dos resíduos de caranguejo juntamente com o vidro proporcionou uma maior resistência ao material obtido. Conforme há a decomposição da matéria orgânica durante a queima, elementos como o carbonato de cálcio existentes no exoesqueleto de caranguejo, em conjunto com o vidro, atuam como agentes de preenchimento dos poros, reduzindo a retração linear e auxiliando na densificação do material.

Mesmo que a quantidade de resíduos aplicada influencie diretamente na porosidade e absorção de água, foi percebido que o aumento na temperatura de queima converte-se em resultados cada vez melhores na questão de impermeabilização do material, reduzindo sua porosidade e consequentemente, menor absorção de água. Além disso, devido à possibilidade de queima em temperaturas mais baixas, como 950 °C e 1000 °C, contribui eficazmente para a economia de energia.

Quanto à questão estética e visual, as tonalidades obtidas conforme o percentual de resíduos empregados apresenta uma paleta de cores claras, de aparência agradável, que possibilita maior facilidade de personalização. Portanto, em consonância com os aspectos citados, a experiência com os sedimentos de caranguejo promove não somente aplicações em utensílios domésticos, itens decorativos e revestimentos internos para paredes, mas também estimula a reflexão, análise e discussões sobre outros aspectos relevantes.

Aspira-se que este trabalho ressalte principalmente a importância em direcionar um olhar acurado sobre as questões que envolvem os impactos ambientais, as relações de consumo, além dos aspectos materiais, socioculturais e valores históricos. Esta é uma forma eficaz e relevante de contribuição, ao provocar uma reflexão quanto a relevância do material cerâmico e instigar a novos estudos acerca do assunto, favorecendo as áreas do design de produtos, materiais e engenharias, assim como as comunidades artesanais do estado do Maranhão.

5.1. Sugestões para estudos futuros

A pesquisa em questão propôs a realização de um experimento que identificou as características do compósito cerâmico, mediante ensaios e análises. Logo, observou-se haver algumas questões que podem ser explicadas, proporcionando tópicos instigantes para serem abordados em momento posterior. Dessa maneira, acredita-se que possam emergir novas pesquisas a partir das seguintes questões:

- Estudar a mesma proposta de experimento com temperaturas e percentuais diferentes, aspirando a viabilidade para outras aplicações;
- Investigar de maneira mais aprofundada quanto às propriedades tecnológicas mediante outras análises como a granulometria, análise térmica, entre outros;
- Pesquisar quais as causas para a degradação do material quando utilizado apenas o RC e argila;
- Avaliar a possibilidade de aproveitamento de outros sedimentos de animais que possuem carapaças/conchas, em argila vermelha;
- Estudar a viabilidade de aplicação em comunidades artesanais e/ou em pequenas indústrias;
- Averiguar sobre o comportamento, a longo prazo, do material confeccionado com o resíduo de caranguejo.

REFERÊNCIAS

- ABREU, S. M. B. M.; DIAS, M. R. A. C. **O significado dos materiais e objetos: um novo olhar para além do ambiente construído.** Pensamentos em Design - Revista online. v. 1, n. 1. Belo Horizonte, 2021.
- ABREU, F. O. M. S. *et al.* **Propriedades e características da quitosana obtida a partir do exoesqueleto de caranguejo-uçá utilizando radiação de microondas.** Revista Polímeros, v. 23, n. 5, 2013.
- ALBUQUERQUE, F. R.; SANTOS, I. M. G.; LIMA, S. J. G.; CÁSSIA-SANTOS, M. R.; SOLEDADE, L. E. B.; SOUZA, A. G.; MARTINELLI, A. E. **Planejamento experimental aplicado à otimização de massas cerâmicas contendo matérias-primas naturais.** Cerâmica, v. 53, p. 300-308, 2007.
- ALEXANDRE, J.; RIZZO, I.; GARCIA, F. **Caminhos de Barro: nossa história.** Rio de Janeiro: EdUENF, 2020.
- ALMEIDA, F. L. **Mulheres recipientes: recortes poéticos do universo nas artes visuais.** São Paulo: Cultura Acadêmica, 2010.
- AMBRÓSIO, Marcelo. **Do que se trata? Educação em Design para a Sustentabilidade.** 2021. Tese (Doutorado em Design) - Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo, Programa de Pós-Graduação em Design, São Paulo, 2021.
- ARAÚJO, F. J. F. *et al.* **Aplicação do composto orgânico produzido a partir de caranguejo-uçá *Ucides cordatus cordatus* no cultivo de feijão caupi *Vigna unguiculata* (L.) Walp.** Engenharia Ambiental - Espírito Santo do Pinhal, v. 6, n. 3, p. 015-035, set./dez. 2009.
- ARRUDA, A. J. V. (org.). **Métodos e processos em biônica e biomimética: a revolução tecnológica pela natureza.** [livro eletrônico]. Série [designNATUREZA]: Ensaios sobre Design, Biônica e Biomimética. São Paulo: Blucher, 2018.
- ARRUDA, A. J. V.; FERROLI, P. C. M.; LIBRELOTTO, L. I. (orgs.). **Design, artefatos e sistema sustentável.** São Paulo: Blucher, 2018.
- ASHBY, M.; JOHNSON, K. **Materiais e design: arte e ciência da seleção de materiais no design de produto.** Rio de Janeiro: Elsevier, 2011.
- ASHBY, M.; SHERCLIFF, H.; CEBON, D. **Materiais: engenharia, ciência, processamento e projeto.** Rio de Janeiro: Elsevier, 2012.
- ASHTON, Kevin. **A história secreta da criatividade.** [recurso eletrônico] / 1 ed., Rio de Janeiro: Sextante, 2016.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CERÂMICA - ABCERAM. **Seis décadas de conquistas e superação de desafios.** São Paulo: BB Editora, 2017.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10004: Resíduos sólidos - Classificação.** Rio de Janeiro, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 10545-2:** Placas cerâmicas - Parte 2: Determinação das dimensões e qualidade superficial. Rio de Janeiro, 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 10545-3:** Placas cerâmicas - Parte 3: Determinação da absorção de água, porosidade aparente, densidade relativa aparente e densidade aparente. Rio de Janeiro, 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 10545-4:** Placas cerâmicas - Parte 4: Determinação da carga de ruptura e módulo de resistência à flexão-Classificação. Rio de Janeiro, 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 13818:** Placas cerâmicas para revestimento – Especificação e métodos de ensaios. Rio de Janeiro, 1997.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15270-2:** Componentes cerâmicos: blocos e tijolos para alvenaria - Parte 2: Métodos de ensaios. Rio de Janeiro, 2023.

BAXTER, Mike R. **Projeto de produto:** guia prático para o design de novos produtos. São Paulo: Blucher, 2000.

BAYUSENO, A. P., PRASETYA, A. I., ISMAIL, R., SETIYANA, B., JAMARI, J. **Reuse of waste crab shells for synthesis of calcium carbonate as a candidate biomaterial.** Rasāyan J. Chem. ISSN 0974-1496, e-ISSN 0976-0053, CODEN: RUCABP, Vol 15. Nº 1, 523-528, January - March, 2022.

BENYUS, J. M. **Biomimética:** inovação inspirada pela natureza. 6. ed. São Paulo: Cultrix, 1997.

BÓ, Marcelo Dal; SILVA, Luciano; OLIVEIRA, Vilmar de. **Fabricação de Vetrosas com a Utilização de Resíduos de Vidro Plano e Vidro de Bulbo de Lâmpadas.** Revista Cerâmica Industrial, v. 14, n. 4, julho/agosto, 2009.

BOCH, Philippe; NIEPCE, Jean-Claude. **Materiais cerâmicos:** processos, propriedades e aplicações. Londres: ISTE Ltd, 2007.

BOOS, H.; PINHEIRO, M.A.A.; MAGRIS, R.A. 2016. **O processo de avaliação do risco de extinção dos crustáceos no Brasil: 2010-2014.** Cap. 1: p. 28-34. In: Pinheiro, M. & Boos, H. (Org.). Livro Vermelho dos Crustáceos do Brasil: Avaliação 2010-2014. Porto Alegre, RS, Sociedade Brasileira de Carcinologia - SBC, 466 p., 2016.

BORGES, Adélia. **Design + Artesanato:** o caminho brasileiro. São Paulo: Editora Terceiro Nome, 2011.

BRABO, M. F. **Adequações tecnológicas no beneficiamento do caranguejo-uçá *Ucides cordatus* (Linnaeus, 1763) desenvolvido na comunidade de Caratateua, município de Bragança, Estado do Pará, Brasil.** 2009. (Mestrado em Ciência Animal) - Universidade Federal do Pará, Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal, Belém, 2009.

BRAGA, B. *et al.* **Introdução à engenharia ambiental.** São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2005.

BRASIL. Constituição de 1988. **BRASIL.** Lei n.º 12.305, de 2 de agosto de 2010.

BRASIL, Sistema Nacional de Informações sobre a Gestão dos Resíduos Sólidos. **Plano Nacional de Resíduos Sólidos**. 2022.

CALEGARI, E. P.; OLIVEIRA, B. F. **Um estudo focado na relação entre design e materiais**. Revista Projética, Londrina, v.4, n.1, p. 49-64, jan/jun. 2013.

CALLISTER JR., W. D. **Ciência e Engenharia de Materiais: uma introdução**. 5 ed. Rio de Janeiro: LTC, 2002.

CALLISTER JR., W. D.; RETHWISCH, D. G. **Ciência e Engenharia de Materiais: uma introdução**. 9 ed. Rio de Janeiro: LTC, 2018.

CARACAS, L. *et al.* **Mestiço: design e produto cerâmico no Maranhão**. São Luís: EDUFMA, 2017.

CARDOSO, Rafael. **Design para um mundo complexo**. São Paulo: Cosac Naify, 2013.

CASTRO, A. A. **Elaboração e Apresentação de Comunicação Científica**. Formulação da Pergunta de Pesquisa, 41–47, 2001. Disponível em: http://www.usinadepesquisa.com/metodologia/wp-content/uploads/2010/08/lv5_rsl04.pdf. Acesso em: jul. 2022.

CASTRO, A. C. L. 1986 **Aspectos bioecológicos do caranguejo-uçá, *Ucides cordatus cordatus* (Linnaeus, 1763) no estuário do Rio dos Cachorros e Estreito do Coqueiro, São Luis – MA**. Bol. Lab. Hidrobiol., São Luis MA, 7:7-26.

CHRISTOFOLETTI, R. A. **Ecologia trófica do caranguejo-uçá *Ucides cordatus* (Linnaeus, 1763) (Crustacea, Ocypodidae) e o fluxo de nutrientes em bosques de mangue, na região de Iguape (SP)**. 2005. (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, 2005.

DAVID, C. D.; VARGAS, D. L. (orgs.). **Saberes tradicionais e artesanato: expressões culturais do campo brasileiro**. São Leopoldo: Oikos, 2018.

DENIS, Rafael Cardoso. **Uma introdução à história do design**. São Paulo: Edgard Blucher, 2000.

DETANICO, F. B.; TEIXEIRA, F. G.; SILVA, T. K. **A biomimética como Método para o Projeto de Produto**. Revista Design e Tecnologia. v. 2, dez. 2010.

DONDIS, Donis A. **Sintaxe da linguagem visual**. 2ª ed. São Paulo: Martins Fontes, 1997.

FAGUNDES, Arlindo. **Manual Prático de Introdução à Cerâmica**. Lisboa: Editorial Caminho, 2000.

FERREIRA, Aurélio Buarque de Holanda. **Mini Aurélio: o dicionário da língua portuguesa**. Curitiba: Positivo, 2010.

FIGUEREDO, G.P. *et al.* **Caracterização de argilas do Estado do Maranhão visando o seu uso como matéria-prima para aplicações industriais**. Congresso Brasileiro de Cerâmica, 57. Congresso Iberoamericano de Cerâmica, 5. maio, 2013, Natal, RN, Brasil. Disponível em: https://abceram.org.br/wp-content/uploads/area_associado/57/PDF/01-007.pdf. Acesso em: 08 jul. 2022.

FLUSSER, Vilém. **O mundo codificado: por uma filosofia do design e da comunicação.** São Paulo: Cosac Naify, 2007.

FREITAS, Ana Luiza Cerqueira. **Design e artesanato: uma experiência de inserção da metodologia de projeto de produto.** São Paulo: Blucher, 2017.

GUILHON, David. **Análise da adição de resíduos de rochas ornamentais em massa cerâmica vermelha para a utilização em processos de conformação por prensagem.** 2016. Dissertação (Mestrado em Design) – Universidade Federal do Maranhão, Programa de Pós-Graduação em Design, São Luís, 2016.

GUIMARÃES, K. L. M. **Análise da adição de ossos bovinos e rochas ornamentais em massa cerâmica branca para a utilização em processos de conformação.** São Luís: 2015. 117 f. Dissertação (Mestrado em Design) – Programa de Pós-Graduação em Design. Universidade Federal do Maranhão, São Luís, 2015.

HAMED, I.; OZOGUL, F.; REGENSTEIN, J. M. **Industrial applications of crustacean by products (chitin, chitosan, and chitooligosaccharides): a review.** Trends in Food Science & Technology, v. 48, p. 40-50, 2016.

INSTITUTO CHICO MENDES DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE - ICMBio. **Livro Vermelho da Fauna Brasileira Ameaçada de Extinção: Volume I.** 1. ed. Brasília, DF: ICMBio/MMA, 2018.

KAZAZIAN, Thierry. **Design e desenvolvimento sustentável: haverá a idade das coisas leves.** São Paulo: Editora Senac São Paulo, 2005.

KELLER, Paulo. **Artesanato em debate: Paulo Keller entrevista Ricardo Gomes Lima.** Revista Pós-Ciências Sociais. PPGCS/UFMA. v. 8, n.15, p.187-209, São Luís: EDUFMA, 2011.

KLEON, Austin. **Roube como um artista: 10 dicas sobre criatividade.** [livro eletrônico]. 1 ed., Rio de Janeiro: Rocco Digital, 2013.

KRUCKEN, Lia. **Design e território: valorização de identidades e produtos locais.** São Paulo: Studio Nobel, 2009.

KRUGLIANSKAS, I.; PINSKY, V. C. **Gestão estratégica da sustentabilidade: experiências brasileiras.** Rio de Janeiro: Elsevier, 2014.

LEAL, Joice Joppert. **Um olhar sobre o design brasileiro.** São Paulo: Objeto Brasil; Instituto Uniemp; Imprensa Oficial do Estado, 2002.

LESKO, Jim. **Design industrial: materiais e processos de fabricação.** São Paulo: Edgard Blucher, 2004.

LIMA, M. A. M. **Introdução aos Materiais e Processos para Designers.** Rio de Janeiro: Editora Ciência Moderna Ltda., 2006.

LÖBACH, Bernd. **Design Industrial: bases para a configuração dos produtos industriais.** São Paulo: Blucher, 2001.

LOPES, J. A. M. **Embalagens a partir de carapaças de caranguejo-uçá (*Ucides cordatus*)**. 2020. Dissertação (Mestrado em Engenharia Industrial). Universidade Federal do Pará. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Industrial. Belém, 2020.

LUZ, A. P.; RIBEIRO, S. **Uso de pó de vidro como fundente para produção de grês porcelanato**. Revista Matéria, v. 13, n. 1, p. 96-103, 2008.

MAGALHÃES, R. da S. *et al.* **Propriedades e aplicações industriais e argilas do estado do Maranhão**. Brazilian Journal of Development. Curitiba, v.7, n.8, p. 82090-82108 aug. 2021.

MÂNTUA, A. A. *et al.* **Normas de Inventário - Cerâmica: artes plásticas e artes decorativas**. Lisboa: Instituto dos Museus e da Conservação, 2007.

MANZINI, Ezio. **Design para a inovação social e sustentabilidade: comunidades criativas, organizações colaborativas e novas redes projetuais**. Rio de Janeiro: E-papers, 2008.

MANZINI, Ezio. **Design: quando todos fazem design - uma introdução ao design para a inovação social**. São Leopoldo: Ed. UNISINOS, 2017.

MANZINI, Ezio; VEZZOLI, Carlo. **O Desenvolvimento de Produtos Sustentáveis: os requisitos ambientais dos produtos industriais**. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2002.

MARCONI, Marina de Andrade; LAKATOS, Eva Maria. **Técnicas de Pesquisa: planejamento e execução de pesquisas, amostragens e técnicas de pesquisas, elaboração, análise e interpretação de dados**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

MARTINS, M. B.; OLIVEIRA, T. G. (orgs.). **Amazônia Maranhense: Diversidade e Conservação**. Belém: MPEG, 2011.

MEDEIROS, Fernanda Luiza Fontoura de. **Meio Ambiente: direito e dever fundamental**. Porto Alegre: Livraria do Advogado, 2004.

MEIRA, Gerson Luiz. **A biomimética utilizada como ferramenta alternativa na criação de novos produtos**. II Encontro de Sustentabilidade em Projeto do Vale do Itajaí - ENSUS, abr., 2008.

MIODOWNIK, Mark. **De que são feitas as coisas: as curiosas histórias dos maravilhosos materiais que formam o mundo dos humanos**. São Paulo: Blucher, 2015.

MIZANZUK, I.; PORTUGAL, D. B.; BECCARI, M. **Existe design?: indagações filosóficas em três vozes**. Teresópolis: 2AB, 2013.

MORAIS, Maria Monize de. **Gerenciamento de resíduos sólidos na indústria de cerâmica vermelha: um múltiplo estudo de caso na região de desenvolvimento do sertão do São Francisco de Pernambuco**. Dissertação (Mestrado). Recife, 2015.

MORRIS, Richard. **Fundamentos de design de produto**. Porto Alegre: Bookman, 2010.

MOSCON, L. B. P.; SAGRILLO, V. P. D.; REIS, A. S.; JUNKES, J. A.; GALDINO, A. G. S.; NEVES, M. S.; FERREIRA, E. P. **Desenvolvimento de massa argilosa para cerâmica**

vermelha com incorporação de resíduos. Revista Observatorio De La Economia Latinoamericana, Curitiba, v. 22, n. 6, p. 01-26, 2024.

MOURA, M. F. S. F.; MORAIS, A. B.; MAGALHÃES, A. G. **Materiais Compósitos: Materiais, Fabrico e Comportamento Mecânico.** Porto: Publindústria, 2010.

MOURA, Monica. **Pesquisa em design: olhares e descobertas, criação e invenção.** Em Estudo e Pratica de metodologia em design nos cursos de pós-graduação. Organizado por Denise Westin e Luiz Antonio L. Coelho. 2011

NETO, L. F.; PARDINI, L. C. **Compósitos estruturais: ciência e tecnologia.** São Paulo: Blucher, 2016.

NORMAN, Donald A. **O design do dia a dia.** [recurso eletrônico]. 1 ed. Rio de Janeiro: Anfiteatro, 2018.

NUNES, J. L. S.; MENDONÇA, M. A. (orgs.). **Biodiversidade Marinha da Ilha do Maranhão.** São Luís: EDUFMA, 2013.

OLIVEIRA, A. J. de; FRANZATO, C.; GAUDIO, C. D. (orgs.). **Ecovisões projetuais: pesquisas em design e sustentabilidade no Brasil.** [livro eletrônico]. São Paulo: Blucher, 2017.

OLMOS, F.; SILVA E SILVA, R. **Guará: ambiente, flora e fauna dos manguezais de Santos-Cubatão.** São Paulo: Empresa das Artes, 2003.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS - ONU. **Os Objetivos do Desenvolvimento Sustentável no Brasil.** 2018. Disponível em: <https://brasil.un.org/>. Acesso em 04 fev. 2023.

PADILHA, A. F. **Materiais de engenharia: microestrutura e propriedades.** Curitiba: Hemus, 2000.

PAPANEK, Victor. **Diseñar para el mundo real.** Madrid: Hermann Blume Ediciones, 1977.

PAZ, Y. M.; HOLANDA, R. M.; EL-DEIR, S. G. **Uso da argila no processo produtivo da cerâmica vermelha: Um estudo de caso no município de Paudalho, Pernambuco.** Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável. v. 10, n.1, p. 283 - 289, jan.- mar., 2015.

PINHEIRO, M.A.A.; SANTOS, L.C.M.; SOUZA, C.A.; JOÃO, M.C.A.; DIAS-NETO, J.; IVO, C.T.C. 2016. **Avaliação do Caranguejo-uçá, Ucides cordatus (Linnaeus, 1763) (Decapoda: Ucididae).** Cap. 33: p. 441-458. In: Pinheiro, M. & Boos, H. (Org.). Livro Vermelho dos Crustáceos do Brasil: Avaliação 2010-2014. Porto Alegre, RS, Sociedade Brasileira de Carcinologia - SBC, 466 p., 2016.

PRODANOV, C. C.; FREITAS, E. C. **Metodologia do Trabalho Científico: Métodos e Técnicas da Pesquisa e do Trabalho Acadêmico.** [recurso eletrônico]. 2 ed. Novo Hamburgo: Feevale, 2013.

PUREZA, J. C. C. **Utilização de resíduos industriais de baixa granulometria em massas cerâmicas de argila vermelha: aspectos tecnológicos e ambientais.** 2004. 148 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Minas, Metalurgia e de Materiais. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2004.

QUEIROZ, N.; RATTES, R.; BARBOSA, R. **Biônica e Biomimética no contexto da complexidade e sustentabilidade em projeto**. Cap. 7: p. 127-143. In: Arruda, A. J. D. (org.). Design & Complexidade [livro eletrônico]. Série [designCONTEXTO]: Ensaio sobre Design, Cultura e Tecnologia. São Paulo: Blucher, 2017.

QUELUZ, M. L. P. (org.). **Design & Cultura Material: outros olhares**. Curitiba: EDUTFPR, 2020.

RIBEIRO, Ana Gracy Oliveira. **Produção de Quitosana a partir dos Caranguejos Dilocarcinus pagei Stimpson, 1861, capturados no Município de Itacoatiara (AM)**. Dissertação (Mestrado). Itacoatiara, 2017.

RIBEIRO, M. S. G.; FERNANDES, M. E. B. **Aproveitamento de resíduos sólidos do caranguejo-uçá: alternativa de renda e uso sustentável**. Inc.Soc., Brasília, DF, v.12, n.1, p.134-140, jul./dez. 2018.

RIBEIRO, D. V.; MORELLI, M. R. **Resíduos sólidos: problema ou oportunidade?** Rio de Janeiro: Interciência, 2009.

RIELLA, H. G.; FRANJNDLICH, E. U. C.; DURAZZO, M. **Caracterização e Utilização de Fundentes em Massas Cerâmicas**. Revista Cerâmica Industrial, v. 7, n. 3, maio/junho, 2002.

RODRIGUES, Maria Regina. **Cerâmica**. Vitória: UFES, Núcleo de Educação Aberta e a Distância, 2011.

RODRIGUES, J. A.; LEIVA, D. R. (orgs.). **Engenharia de materiais para todos**. São Carlos: EduFSCar, 2010.

SÁ, A. A. M. de.; VIANA, D. M. **Design e biomimética: uma revisão sobre o estado da arte no cenário brasileiro**. Revista Mix Sustentável. v. 7, n. 1, p. 137-150, dez., 2020.

SALLES, Cecília Almeida. **Redes da criação: construção da obra de arte**. São Paulo: Horizonte, 2006.

SAMPAIO, C. P. *et al.* **Design para a sustentabilidade: dimensão ambiental**. Curitiba: Insight, 2018.

SANTOS, A. L. S. S.; ALVES, M. M.; PIMENTEL, Z. M. N. **Adição de resíduos de caranguejo-uçá, *Ucides cordatus* (Linnaeus, 1763) em concreto para pré-moldados: sustentabilidade para os atores da cadeia produtiva na costa norte da Amazônia brasileira**. Revista Research, Society and Development, v. 9, n. 9, 2020.

SANTOS, Aguinaldo dos. **Seleção do método de pesquisa: guia para pós-graduando em design e áreas afins** / Aguinaldo dos Santos. - Curitiba, PR: Insight, 2018.

SANTOS, D. M.; NORONHA, R. G.; CARACAS, L. B.; CESTARI, G. A. V. (orgs.). **Artesanato no Maranhão: práticas e sentidos**. São Luís: EDUFMA, 2016.

SHACKELFORD, James F. **Introdução à ciência dos materiais para engenheiros**. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2008.

SILVA, M. M. T. da. **Bioecologia e produção comercial do caranguejo-uçá (*Ucides cordatus* Linnaeus, 1763) em Quatipurú, Pará.** 2008. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Pará. Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal, Belém, 2008.

SIMÊNCIO, E. C. A. **Ciência dos materiais.** Londrina: Editora e Distribuidora Educacional S.A., 2016.

SOUSA, D. B. **Potencial extrativo e biologia reprodutiva do caranguejo-uçá, *Ucides cordatus*, Linnaeus 1763 em manguezais do litoral maranhense, Brasil.** 2018. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Recursos Aquáticos e Pesca, Universidade Estadual do Maranhão. São Luís, 2018.

TERCEIRO, A. M.; SANTOS, J. J. S.; CORREIA, M. M. F. **Caracterização da sociedade, economia e meio ambiente costeiro atuante à exploração dos manguezais no estado do Maranhão.** Revista de Administração e Negócios da Amazônia, v.5, n.3, set/dez. 2013.

UEMA - Universidade Estadual do Maranhão. **Bacias hidrográficas e climatologia no Maranhão.** Centro de Ciências Agrárias. Núcleo Geoambiental - NuGeo. São Luís, 2016.

VALE, Diego Alves do. **Filmes e revestimentos comestíveis do Caranguejo-uçá (*Ucides cordatus*) com aplicação em postas de Serra (*Scomberomorus brasiliensis*) congeladas.** 2017. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Pesca, Fortaleza, 2017.

VAN VLACK, L. H. **Princípios de ciência dos materiais.** São Paulo: Ed. Edgard Blucher, 1970.

VASCONCELOS, J. L. A. **Biologia do caranguejo-uçá e perfis sócio econômico e etnobiológico dos coletores em duas áreas de manguezais em Ilhéus-BA.** 2008. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual de Santa Cruz. Programa Regional de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente - Ilhéus, BA: UESC/PRODEMA, 2008.

WECHSLER, S. M. **Criatividade e inovação no contexto brasileiro.** In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE CRIATIVIDADE E INOVAÇÃO, 1., 2011, Manaus. Anais – Trabalhos Completos. Manaus: UFAM, 2011.

ZACCARON, A.; FRIZZO, R.G.; ZANONI, E.T; *et al.* **Efeito da adição de resíduo de vidro em massa de cerâmica de alvenaria.** Revista Matéria, v.24, n.4, 2019.

APÊNDICES

APÊNDICE 01 – Fichas de ensaios para anotação dos dados dos corpos de prova

950 °C

950 °C

FICHA DE ENSAIOS

950 °C

SÉRIE (%)

CÓDIGO DE CORPO DE PROVA

A1/950

A2/950

A3/950

MÉDIA A/950

B1/950

B2/950

B3/950

MÉDIA B/950

C1/950

C2/950

C3/950

MÉDIA C/950

D1/950

D2/950

D3/950

MÉDIA D/950

TEMPERATURA

950 °C

DIÁRIO DE AÇÕES

DATA (d/m/a)

CONFORMAÇÃO

SECAGEM

QUEIMA

TESTE DE IMERSÃO

TESTE DE MASSA ÚMIDA

MASSAS (g)

PÓS-CONFORMAÇÃO

SECA (ms)

PÓS-QUEIMA (mq)

IMERSA (mi)

ÚMIDA (mu)

DIMENSÕES APÓS (mm)

CONFORMAÇÃO

SECAGEM

QUEIMA

COMPRIIMENTO

LARGURA

ALTURA

COMPRIIMENTO

LARGURA

ALTURA

A (EXOESQ. 0%)

B (EXOESQ. 5%)

C (EXOESQ. 10%)

D (EXOESQ. 15%)

EXOESQ. CARANG. 0%

EXOESQ. CARANG. 5%

EXOESQ. CARANG. 10%

EXOESQ. CARANG. 15%

ARGILA 55%

ARGILA 50%

ARGILA 45%

ARGILA 40%

VIDRO 5%

VIDRO 5%

VIDRO 5%

VIDRO 5%

FELDSPATO POTÁSSICO 10%

FELDSPATO POTÁSSICO 10%

FELDSPATO POTÁSSICO 10%

FELDSPATO POTÁSSICO 10%

CAULIM 30%

CAULIM 30%

CAULIM 30%

CAULIM 30%

OBSERVAÇÕES

1. A duração da secagem é a partir da data de conformação até a data indicada em SECAGEM (DIÁRIO DE AÇÕES);

2. A data referente ao início da queima é a data de secagem, com retirada do forno na data indicada em QUEIMA (DIÁRIO DE AÇÕES).

FICHA DE ENSAIOS

1000 °C

TEMPERATURA 1000 °C		DIÁRIO DE AÇÕES					MASSAS (g)				DIMENSÕES APÓS (mm)									
SÉRIE (%)	CÓDIGO DE CORPO DE PROVA	DATA (d/m/a)				PÓS-CONFORMAÇÃO	SECA (ms)	PÓS-QUEIMA (mq)	IMERSA (mi)	ÚMIDA (mu)	CONFORMAÇÃO			SECAGEM			QUEIMA			
		CONFORMAÇÃO	SECAGEM	QUEIMA	TESTE DE IMERSÃO						TESTE DE MASSA ÚMIDA	COMPRIMENTO	LAGURA	ALTURA	COMPRIMENTO	LAGURA	ALTURA	COMPRIMENTO	LAGURA	ALTURA
A (EXOESQ. 0%)	A1/1000																			
	A2/1000																			
	A3/1000																			
B (EXOESQ. 5%)	B1/1000																			
	B2/1000																			
	B3/1000																			
C (EXOESQ. 10%)	C1/1000																			
	C2/1000																			
	C3/1000																			
D (EXOESQ. 15%)	D1/1000																			
	D2/1000																			
	D3/1000																			
		MÉDIA D/1000									OBSERVAÇÕES									
		MATERIAIS/RESÍDUOS																		
A	EXOESQ. CARANG. 0%	ARGILA 55%	VIDRO 5%	FELDSPATO POTÁSSICO 10%	CAULIM 30%	1. A duração da secagem é a partir da data de conformação até a data indicada em SECAGEM (DIÁRIO DE AÇÕES);														
B	EXOESQ. CARANG. 5%	ARGILA 50%	VIDRO 5%	FELDSPATO POTÁSSICO 10%	CAULIM 30%	2. A data referente ao início da queima é a data de secagem, com retirada do forno na data indicada em QUEIMA (DIÁRIO DE AÇÕES);														
C	EXOESQ. CARANG. 10%	ARGILA 45%	VIDRO 5%	FELDSPATO POTÁSSICO 10%	CAULIM 30%															
D	EXOESQ. CARANG. 15%	ARGILA 40%	VIDRO 5%	FELDSPATO POTÁSSICO 10%	CAULIM 30%															

FICHA DE ENSAIOS										1050 °C									
TEMPERATURA		DIÁRIO DE AÇÕES						MASSAS (g)				DIMENSÕES APÓS (mm)							
1050 °C		DATA (d/m/a)						PÓS-QUEIMA (mq)				CONFORMAÇÃO			SECAGEM			QUEIMA	
SÉRIE (%)	CÓDIGO DE CORPO DE PROVA	CONFORMAÇÃO	SECAGEM	QUEIMA	TESTE DE IMERSÃO	TESTE DE MASSA ÚMIDA	PÓS-CONFORMAÇÃO	SECA (ms)	PÓS-QUEIMA (mq)	IMERSA (mi)	ÚMIDA (mu)	COMPRIMENTO	LARGURA	ALTURA	COMPRIMENTO	LARGURA	ALTURA		
A (EXOESQ. 0%)	A1/1050																		
	A2/1050																		
	A3/1050																		
B (EXOESQ. 5%)	B1/1050																		
	B2/1050																		
	B3/1050																		
C (EXOESQ. 10%)	C1/1050																		
	C2/1050																		
	C3/1050																		
D (EXOESQ. 15%)	D1/1050																		
	D2/1050																		
	D3/1050																		
		MÉDIA D/1050																	
MATERIAIS/RESÍDUOS																		OBSERVAÇÕES	
A	EXOESQ. CARANG. 0%	ARGILA 55%	VIDRO 5%	FELDSPATO POTÁSSICO 10%	CAULIM 30%	1. A duração da secagem é a partir da data de conformação até a data indicada em SECAGEM (DIÁRIO DE AÇÕES);													
B	EXOESQ. CARANG. 5%	ARGILA 50%	VIDRO 5%	FELDSPATO POTÁSSICO 10%	CAULIM 30%	2. A data referente ao início da queima é a data de secagem, com retirada do forno na data indicada em QUEIMA (DIÁRIO DE AÇÕES).													
C	EXOESQ. CARANG. 10%	ARGILA 45%	VIDRO 5%	FELDSPATO POTÁSSICO 10%	CAULIM 30%														
D	EXOESQ. CARANG. 15%	ARGILA 40%	VIDRO 5%	FELDSPATO POTÁSSICO 10%	CAULIM 30%														

FICHA DE ENSAIOS										1000 °C										
TEMPERATURA		DIÁRIO DE AÇÕES					MASSAS (g)					DIMENSÕES APÓS (mm)								
1000 °C																				
SÉRIE (%)	CÓDIGO DE CORPO DE PROVA	DATA (d/m/a)					PÓS-CONFORMAÇÃO	SECA (ms)	PÓS-QUEIMA (mq)	IMERSA (mi)	ÚMIDA (mu)	CONFORMAÇÃO			SECAGEM			QUEIMA		
		CONFORMAÇÃO	SECAGEM	QUEIMA	TESTE DE IMERSÃO	TESTE DE MASSA ÚMIDA						LARGURA	ALTURA	COMPRIMENTO	LARGURA	ALTURA	COMPRIMENTO	LARGURA	ALTURA	
A	A1/1000	09/03/24	13/03/24	15/03/24	25/03/24	26/03/24	74,48	65,41	58,06	32,12	76,00	79,48	41,92	14,45	78,46	41,38	14,36	76,95	40,59	14,13
B	A2/1000	09/03/24	13/03/24	15/03/24	25/03/24	26/03/24	74,52	65,69	58,17	32,55	76,40	79,48	41,70	14,66	78,47	41,15	14,60	76,72	40,38	14,32
	A3/1000	09/03/24	13/03/24	15/03/24	25/03/24	26/03/24	74,57	65,50	58,14	32,47	76,68	79,40	41,70	14,91	78,42	41,15	14,72	76,82	40,47	14,45
	MÉDIA A/1000					74,52	65,53	58,12	32,38	76,36	79,45	41,77	14,67	78,45	41,23	14,56	76,83	40,48	14,30	
	B1/1000	09/03/24	13/03/24	15/03/24	25/03/24	26/03/24	74,40	67,17	55,18	30,99	70,24	79,27	41,74	13,19	77,77	41,05	13,12	75,81	40,01	12,52
C	B2/1000	09/03/24	13/03/24	15/03/24	25/03/24	26/03/24	74,47	66,55	55,20	30,77	70,31	79,37	41,73	13,42	77,82	40,95	13,39	75,86	39,93	13,06
	B3/1000	09/03/24	13/03/24	15/03/24	25/03/24	26/03/24	74,59	64,26	55,27	30,82	70,25	79,41	41,94	13,40	77,67	41,08	13,23	75,80	40,91	12,96
	MÉDIA B/1000					74,49	65,99	55,22	30,86	70,27	79,35	41,80	13,34	77,75	41,03	13,25	75,49	40,28	12,85	
	C1/1000	09/03/24	13/03/24	15/03/24	25/03/24	26/03/24	74,32	66,59	55,60	30,97	77,40	79,57	41,80	15,41	78,76	41,36	15,27	76,96	40,38	14,90
D	C2/1000	09/03/24	13/03/24	15/03/24	25/03/24	26/03/24	74,56	66,60	54,50	30,11	73,65	79,54	41,74	14,54	78,33	41,14	14,42	76,44	40,25	14,09
	C3/1000	09/03/24	13/03/24	15/03/24	25/03/24	26/03/24	74,68	67,43	54,75	30,91	73,66	79,43	41,71	14,48	78,37	41,25	14,32	76,53	40,24	14,00
	MÉDIA C/1000					74,52	66,87	54,95	30,66	74,90	79,51	41,75	14,81	78,49	41,25	14,67	76,64	40,29	14,33	
	D1/1000	09/03/24	13/03/24	15/03/24	25/03/24	26/03/24	75,03	65,35	51,78	28,95	68,39	78,87	41,82	13,10	77,36	40,92	12,99	76,09	40,14	12,74
	D2/1000	09/03/24	13/03/24	15/03/24	25/03/24	26/03/24	74,45	65,36	51,39	28,44	68,44	79,23	41,82	13,16	77,68	41,03	13,00	76,22	40,37	12,75
	D3/1000	09/03/24	13/03/24	15/03/24	25/03/24	26/03/24	74,46	65,25	51,48	28,51	68,35	79,21	41,79	13,10	77,84	40,97	12,92	76,36	40,31	12,69
	MÉDIA D/1000					74,65	65,32	51,55	28,63	68,39	79,10	41,81	13,12	77,63	40,97	12,97	76,22	40,27	12,73	
	MATERIAIS/RESÍDUOS										OBSERVAÇÕES									
A	EXOESQ. CARANG. 0%	ARGILA 55%	VIDRO 5%			FELDSPATO POTÁSSICO 10%	CAULIM 30%			1. A duração da secagem é a partir da data de conformação até a data indicada em SECAGEM (DIÁRIO DE AÇÕES);										
B	EXOESQ. CARANG. 5%	ARGILA 50%	VIDRO 5%			FELDSPATO POTÁSSICO 10%	CAULIM 30%			2. A data referente ao início da queima é a data de secagem, com retirada do forno na data indicada em QUEIMA (DIÁRIO DE AÇÕES);										
C	EXOESQ. CARANG. 10%	ARGILA 45%	VIDRO 5%			FELDSPATO POTÁSSICO 10%	CAULIM 30%													
D	EXOESQ. CARANG. 15%	ARGILA 40%	VIDRO 5%			FELDSPATO POTÁSSICO 10%	CAULIM 30%													

FICHA DE ENSAIOS

1050 °C

TEMPERATURA		DIÁRIO DE AÇÕES				MASSAS (g)				DIMENSÕES APÓS (mm)									
1050 °C																			
SÉRIE (%)	CÓDIGO DE CORPO DE PROVA	DATA (d/m/a)				PÓS-CONFORMAÇÃO	SECA (ms)	PÓS-QUEIMA (mq)	IMERSA (mi)	ÚMIDA (mu)	CONFORMAÇÃO			SECAGEM			QUEIMA		
		CONFORMAÇÃO	SECAGEM	QUEIMA	TESTE DE IMERSÃO						TESTE DE MASSA ÚMIDA	COMPRIIMENTO	LARGURA	ALTURA	COMPRIIMENTO	LARGURA	ALTURA	COMPRIIMENTO	LARGURA
A	A1/1050	10/03/24	15/03/24	18/03/24	25/03/24	26/03/24	74,55	64,19	57,03	32,02	65,98	79,14	41,72	13,09	40,53	12,88	72,87	38,37	12,26
	A2/1050	10/03/24	15/03/24	18/03/24	25/03/24	26/03/24	74,59	64,35	57,11	32,04	65,70	79,01	41,68	13,06	40,52	12,91	72,51	38,34	12,18
	A3/1050	10/03/24	15/03/24	18/03/24	25/03/24	26/03/24	74,64	64,46	57,22	32,12	65,73	79,43	41,90	12,70	40,88	12,54	73,12	38,66	11,81
		MÉDIA A/1050					74,59	64,33	57,12	32,06	65,80	79,19	41,77	12,95	40,64	12,78	72,83	38,46	12,08
B	B1/1050	10/03/24	15/03/24	18/03/24	25/03/24	26/03/24	74,24	63,58	55,14	30,87	67,61	79,38	41,86	13,14	41,10	13,06	74,41	39,22	12,62
	B2/1050	10/03/24	15/03/24	18/03/24	25/03/24	26/03/24	74,43	63,81	55,40	30,80	67,97	79,43	41,62	13,41	40,87	13,24	74,32	39,02	12,67
	B3/1050	10/03/24	15/03/24	18/03/24	25/03/24	26/03/24	74,43	63,81	55,38	30,51	68,47	79,12	41,77	13,50	40,97	13,37	74,30	39,21	12,81
		MÉDIA B/1050					74,37	63,73	55,31	30,73	68,02	79,31	41,75	13,35	40,98	13,22	74,34	39,15	12,70
C	C1/1050	10/03/24	15/03/24	18/03/24	25/03/24	26/03/24	74,69	62,99	53,11	29,37	67,73	79,16	41,93	13,04	41,15	12,90	75,22	39,76	12,49
	C2/1050	10/03/24	15/03/24	18/03/24	25/03/24	26/03/24	74,70	63,03	53,16	29,82	67,20	79,38	41,97	12,90	41,14	12,73	75,34	39,78	12,32
	C3/1050	10/03/24	15/03/24	18/03/24	25/03/24	26/03/24	74,78	62,91	53,23	30,10	68,10	79,27	41,71	13,36	41,02	13,12	75,28	39,55	12,73
		MÉDIA C/1050					74,72	62,98	53,17	29,76	67,68	79,27	41,87	13,10	41,10	12,92	75,28	39,70	12,51
D	D1/1050	10/03/24	15/03/24	18/03/24	25/03/24	26/03/24	74,34	63,64	52,61	29,47	73,10	79,43	41,78	14,98	41,28	14,90	76,36	40,12	14,49
	D2/1050	10/03/24	15/03/24	18/03/24	25/03/24	26/03/24	74,35	63,62	52,56	29,22	72,27	79,31	41,72	14,62	41,22	14,51	76,39	40,15	14,12
	D3/1050	10/03/24	15/03/24	18/03/24	25/03/24	26/03/24	74,54	63,86	52,74	29,21	73,40	79,47	41,86	14,74	41,54	14,66	76,48	40,36	14,19
		MÉDIA D/1050					74,41	63,71	52,64	29,30	72,92	79,40	41,79	14,78	41,35	14,69	76,41	40,21	14,27
MATERIAIS/RESÍDUOS										OBSERVAÇÕES									
A	EXOESQ. CARANG. 0%	ARGILA 55%	VIDRO 5%	FELDSPATO POTÁSSICO 10%	CAULIM 30%	1. A duração da secagem é a partir da data de conformação até a data indicada em SECAGEM (DIÁRIO DE AÇÕES);													
B	EXOESQ. CARANG. 5%	ARGILA 50%	VIDRO 5%	FELDSPATO POTÁSSICO 10%	CAULIM 30%	2. A data referente ao início da queima é a data de secagem, com retirada do forno na data indicada em QUEIMA (DIÁRIO DE AÇÕES).													
C	EXOESQ. CARANG. 10%	ARGILA 45%	VIDRO 5%	FELDSPATO POTÁSSICO 10%	CAULIM 30%														
D	EXOESQ. CARANG. 15%	ARGILA 40%	VIDRO 5%	FELDSPATO POTÁSSICO 10%	CAULIM 30%														

APÊNDICE 03 – As três dimensões de medição das peças

