



**ESCOLA DE ENGENHARIA
FACULDADE DE ARQUITETURA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DESIGN**

Tatiana Eder da Rocha Lago

**CARACTERIZAÇÃO E IMPREGNAÇÃO POLIMÉRICA DO PORONGO (*LAGENARIA
SICERARIA*) VISANDO APLICAÇÃO NO DESIGN DE BIOJOIAS**

Porto Alegre

2013



**ESCOLA DE ENGENHARIA
FACULDADE DE ARQUITETURA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DESIGN**

Tatiana Eder da Rocha Lago

**CARACTERIZAÇÃO E IMPREGNAÇÃO POLIMÉRICA DO PORONGO (LAGENARIA
SICERARIA) VISANDO APLICAÇÃO NO DESIGN DE BIOJOIAS**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-graduação em Design da Universidade Federal do Rio Grande do Sul para obtenção do Grau de Mestre em Design.

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Lauren da Cunha Duarte.

Porto Alegre

2013

Tatiana Eder da Rocha Lago

**CARACTERIZAÇÃO E IMPREGNAÇÃO POLIMÉRICA DO PORONGO (LAGENARIA SICERARIA)
VISANDO APLICAÇÃO NO DESIGN DE BIOJOIAS**

Esta Dissertação foi julgada adequada para obtenção do Título de Mestre em Design, e aprovada em sua forma final pelo Programa de Pós-Graduação em Design da UFRGS.

Porto Alegre, 22 de novembro de 2013.

Prof. Dr. Fábio Teixeira
Coordenador do Programa de Pós-Graduação em Design da UFRGS

Banca Examinadora:

Prof.^a Dr.^a Lauren da Cunha Duarte
Orientadora
Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Prof. Dr. Carlos Gustavo Martins Hoelzel
Universidade Federal de Santa Maria

Prof. Dr. Wilson Kindlein Jr.
Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Prof. ^a Dr.^a Annelise Kopp Alves
Universidade Federal do Rio Grande do Sul

AGRADECIMENTOS

À minha família, de modo especial aos meus pais, pelo apoio, incentivo e confiança nesta e em outras jornadas.

À minha orientadora, professora Lauren Duarte, pela dedicação com a qual me guiou neste caminho e, especialmente, pelo seu modo positivo de ser, que contagia e acalma.

Ao professor Carlos Hoelzel, pelo apoio em mais essa pesquisa com laços gauchescos.

Aos professores do LdSM, Prof. Wilson Kindlein Jr., Prof. Fábio Pinto da Silva, Prof.^a Liane Roldo, Prof. Luis Henrique Cândido pela disponibilidade em compartilhar o conhecimento.

Aos colegas do LdSM, especialmente, Rodolfo Dalla Costa, Wagner Rossi, Felipe Palombini, Martin Rheinheimer, Mariana Pohlmann, Lara Elena e Sidnei Pedrotti.

À Clarice Marchese, do LAMIR (UFPR), pela recepção, pela atenção e por todo o auxílio envolvendo as análises microtomográficas. Ao Antonio Takimi pela realização da análise termogravimétrica no LACER.

Aos colegas da UFSM, Darcy Wiethan pelo auxílio na adaptação dos equipamentos e Wagner Garcia, pela dedicação com que contribuiu nos testes de impregnação polimérica e absorção de água.

À Mariana Cidade, amiga que me acolheu de braços abertos desde o primeiro dia em que cheguei na UFRGS. Às minhas amigas Camila Mroginski e Mariana Piccoli pela alegria com que dividimos o mesmo teto porto-alegrense neste período.

Ao Mateus pela contribuição nesta pesquisa, pela motivação e parceria constantes.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq e à Pró-reitoria de Pós-Graduação da UFRGS (Edital Pró-pesquisa/2012) pelos auxílios concedidos.

“Do chimarrão do meu povo,
Há sempre um algo de novo
No clarear de um outro dia.”

“Chimarrão e Poesia” de Jayme Caetano Braun

RESUMO

Materiais naturais são aplicados com restrições na joalheria por serem facilmente degradados e alterarem suas características estéticas em função das condições do ambiente. O porongo é um fruto que possui forte ligação simbólica com a cultura gaúcha por ser utilizado como recipiente (cuia) para tomar o chimarrão. Na fabricação de cuias são utilizados cerca de 50% do fruto gerando um grande volume de resíduos no processo, passível de ser aplicado em produtos. Desse modo, a presente pesquisa objetiva estudar e aplicar métodos de tratamento para o porongo, a fim de viabilizar a utilização desse material natural no design de joias, visando manter sua integridade física e química. Nesse sentido, primeiramente, foi realizada a caracterização do porongo por meio de técnicas como microscopia eletrônica de varredura, microscopia estereoscópica, análise termogravimétrica e microtomografia computadorizada (Micro-CT). Além disso, foram estudadas técnicas de tratamento que visam à durabilidade, além de melhorar as propriedades físicas e mecânicas de outros materiais naturais como, por exemplo, a madeira. A partir da hipótese de que técnicas semelhantes poderiam obter sucesso se aplicadas ao porongo, devido às similaridades na composição e estrutura de ambos os materiais, foram selecionados e adaptados métodos de tratamento para o porongo. Os resultados de Micro-CT indicam que o porongo possui 54% de volume poroso, sendo que a grande maioria dos poros são conectados, configurando permeabilidade. Com isso, optou-se por impregnação polimérica como método de tratamento e foram ensaiadas três concentrações de soluções contendo: metilmetacrilato (MMA), metanol (MeOH) e peróxido de benzoíla (PBO), em três condições de impregnação: 30 min de vácuo + 30min de imersão, 30 min de vácuo + 24h de imersão e imersão simples. Os melhores resultados foram obtidos com 30 min de vácuo + 24h de imersão. Estatisticamente, as diferentes proporções de MMA/MeOH não influenciam nos níveis de impregnação. As amostras foram submetidas a ensaios de absorção de água para avaliar a impregnação, indicando que aquelas que continham mais material polimerizado, por consequência, absorveram menos água. Por fim, o porongo foi novamente analisado por microtomografia e teve sua porosidade reduzida de 54% para aproximadamente 39% indicando um método potencialmente eficiente para o tratamento do porongo, visando a aplicação no design de biojoias.

Palavras-chaves: porongo, tratamento de materiais, biojoias, design de joias.

ABSTRACT

Natural materials are restrictively applied on jewelry because they are easily degraded and change their aesthetic characteristics due to ambient conditions. The gourd is a fruit that has a symbolic link with the “gaúcho” culture because it is widely used as a container (“cuia”) to drink the “chimarrão”. In the manufacture process of “cuias” it is utilized about 50% of the fruit, generating a large volume of wastes, which can be applied in products of higher earned value. Thus, this research aims to study and implement methods for the gourd improvement to enable the use of this natural material in jewelry design, through improvements of its physical and chemical integrity, in order to valorize artifacts and customs of the “gaúcho” culture. Accordingly, first the gourd characterization is performed through techniques such as scanning electron microscopy, stereoscopic microscopy, thermal analysis and computed microtomography. Moreover, in the present research will be studied treatment techniques that seeks to prolong durability and improve the physical-mechanical properties of other natural materials, such as polymer impregnation of wood. Probably, this technique can be successfully applied to gourd due to similarities in the composition and structure of both materials. Based on the theoretical approach developed, improvement methods to the gourd will be selected and adapted. Furthermore, it will be presented some preliminary results of impregnation. The present research also foresees the design biojewels collection using gourd treated. From the hypothesis that similar techniques could be applied to succeed gourd, due to similarities in the composition and structure of both materials, methods of improvement to the gourd were selected and adapted. The Micro-CT results indicate that the gourd has 54% of porous volume, whereas the great majority of the pores are connected by configuring permeability. Thus, it was decided by impregnation polymer as a method of improvement and were tested three concentrations of solutions containing: methyl methacrylate (MMA), methanol (MeOH) and benzoyl peroxide (PBO) in three conditions impregnation: 30 min vacuum + 30min immersion, 30min vacuum + 30 min 24h of immersion and immersion simple. The best results were obtained at 30 minutes + vacuum 24h of immersion. Statistically, different proportions of MMA/MeOH do not influence the levels of impregnation. The samples were tested for water absorption to evaluate the impregnation, indicating that those containing more polymerized material, therefore, absorbed less water. Finally, the gourd was again analyzed by microtomography and its porosity was reduced from 54% to approximately 39% indicating a method for improvement of potentially efficient gourd.

Key-words: gourd, materials treatment, biojewelry, jewelry design.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Chimarrão. Fonte: (A e B) Flickr (2013).	18
Figura 2 – Ciclo de beneficiamento e utilização do porongo.	21
Figura 3 - Exemplos de resíduos do porongo provenientes do beneficiamento da cuia. (A) resíduos dos cortes de centralização da aba; (B) frutos com superfície rugosa e (C) formas que fogem ao padrão comercial.	21
Figura 4 - Exemplos de sementes e cascas.	27
Figura 5 – Biojoias com sementes.	28
Figura 6 – Biojoias com madeira..	29
Figura 7 – Biojoias com fibras vegetais.	31
Figura 8 – Biojoias com casca de coco.....	32
Figura 9 - Biojoias com porongo da designer Tatiana Lago. Fotografia: Patrício Orozco-Contreras. Fonte: Lago (2010).....	32
Figura 10 - Porongueiro: (A) início da frutificação (B) plantação (C e D) frutos verdes. Fonte: modificado de Sítio e Arte (2012).	33
Figura 11 - Formatos de porongo.	34
Figura 12 - Parte interna do fruto (escala gráfica aproximada).	34
Figura 13 - Aplicações do porongo..	35
Figura 14 – Colheita dos frutos: (A) porongos secos na lavoura. Fonte: Sítio e Arte (2012); (B) estoque de frutos. Fonte: FAFIUV (2012).	36
Figura 15 – Beneficiamento do porongo realizado na Fábrica de Cuias Pires	36
Figura 16 - Fluxograma do método utilizado.	46

- Figura 17 – Amostras de porongos seccionadas por corte a laser. (A) Frutos secos cortados, (B) seções do porongo (tamanho aproximado 15x15mm) com as bordas escurecidas pela ação do laser e (C) amostras de porongo com as bordas lixadas. 47
- Figura 18 – Microtomógrafo da *SkyScan*, modelo 1172, no Laboratório de de Análise de Minerais e Rochas da UFPR. (A) Equipamento com o compartimento de amostras aberto e (B) fechado; (C) porta amostra com exemplar de porongo (15x15mm) fixado por massa de modelar e (D) detalhe da câmera CCD que detecta as projeções. 49
- Figura 19 - Esquema de uma análise por microtomografia computadorizada. Fonte: FERNANDES *et al.*, 2009. 50
- Figura 20 - Processo de aquisição de imagens e reconstituição das seções tomográficas em fatias da amostra. (A) exemplo de amostra; (B) esquema do sentido da aquisição das seções tomográficas e (C) posição das fatias na amostra. 51
- Figura 21 - Seleção da ROI. 52
- Figura 22 - Processo de binarização no software *CTan*. 53
- Figura 23 - Amostra e exemplos possíveis binarizações no *software CTan*. 54
- Figura 24 - Resultado do teste de imersão em resina poliéster. (A) Amostra cortada após a secagem da resina e (B) detalhe da parte interna da amostra não apresentando sinais de impregnação. 56
- Figura 25 – Equipamento para pré-teste de impregnação. (A) bomba de vácuo e pressão e (B) câmara dotada de (C) manovacuômetro. 56
- Figura 26 - Amostras sendo impregnadas por (A) imersão simples e (B) amostras no interior da câmara, antes de ser lacrada e submetida ao vácuo. 57
- Figura 27 - Bomba a vácuo com funil adaptado. 60
- Figura 28 – Conjunto de amostras ensaiadas por impregnação a diferentes concentrações, os pequenos cortes foram utilizados para numerar amostras. 60
- Figura 29 - Amostras de porongo após polimerização. (A) Amostra com excesso de polimerização (seta) e (B) estrutura metálica para evitar o contato com o papel alumínio. 61
- Figura 30 - Comparação da morfologia interna do porongo. (A) Camada mais externa, de cor mais escura onde a linha pontilhada indica a borda da fatia de porongo, vista lateralmente e (B) interior poroso do fruto. 64

- Figura 31 - Croqui esquemático do porongo com a localização espacial das amostras e imagens eletrônicas de varredura (BSE) obtidas por MEV de amostra de porongo para três faces distintas: (A) superfície interna do porongo, onde pode-se observar as finas paredes das cavidades (B) superfície lateral e (C) superfície externa, de morfologia mais lisa e homogênea. 65
- Figura 32 - Imagens eletrônicas de varredura para a comparação entre as superfícies (A) interna raspada e (B) interna lixada. As áreas assinaladas indicam a comparação de uma mesma configuração estrutural antes e depois do processo de lixamento. 66
- Figura 33 – Fatias das amostras A1 e A2 com detalhes da mensuração dos poros no *software CTAn*. 68
- Figura 34 – Volume virtual 3D da Região de Interesse (ROI) das amostras A1, A2, B1 e B2. As quatro imagens superiores representam os poros das amostras em cinza escuro e a porção sólida em cinza claro. Enquanto que as imagens inferiores (A1', A2', B1' e B2') simulam o volume sólido das amostras. 69
- Figura 35 - Quantificação das porosidades total (PT), aberta (PA) e fechada (PF) para as três diferentes regiões da amostra B1 utilizando o *software CTAn*. 70
- Figura 36 - Comparação entre fatias obtidas por microtomografia de (A) antes e (B) após o tratamento por impregnação. 80

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Investimento em materiais.....	58
Tabela 2 - Quantidades de soluto (MMA), solvente (MeOH) e catalisador (PBO) para a solução impregnante.....	58
Tabela 3 - Métodos de impregnação utilizados.	59
Tabela 4 - Média das porosidades de quatro amostras: A1, A2, B1, B2	69
Tabela 5 - Análise da distribuição normal: amostras dos métodos 30 min + 30 min imersão e 30 min + 24h de imersão das soluções 70/30; 80/20; 90/10.	44
Tabela 6 - Análise da distribuição normal: amostras do método de imersão simples nas soluções 70/30; 80/20; 90/10.	44
Tabela 7 - Teste de variância (ANOVA) para o método 30min + 24h imersão.....	75
Tabela 8 - Análise da distribuição normal: amostras no teste de absorção de água nas soluções 70/30, 80/20 e 90/10 nos três métodos utilizados.....	78
Tabela 9 - Teste de variância (ANOVA) para absorção de água nas amostras submetidas ao método 30min + 24h imersão.....	78
Tabela 10 - Porosidade das amostras polimerizadas.	81

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Gráficos termogravimétricos para a casca e o corpo do porongo	71
Gráfico 2 - Resultado do método de impregnação 30min vácuo + 30min imersão, indicando as variações percentuais de massa (%) em função dos estágios da impregnação..	72
Gráfico 3 - Resultado do método de impregnação 30min vácuo + 24h imersão, indicando as variações percentuais de massa (%) em função dos estágios da impregnação	73
Gráfico 4 - Resultado do método de impregnação imersão simples, indicando as variações percentuais de massa em função dos estágios da impregnação.....	73
Gráfico 5 - Resultado do teste de absorção de água, no método 30min vácuo + 30min imersão, indicando as variações percentuais de massa em função do tempo de imersão em água.	76
Gráfico 6 - Resultado do teste de absorção de água, no método imersão simples, indicando as variações percentuais de massa em função do tempo de imersão em água.	77
Gráfico 7 - Resultado do teste de absorção de água, no método 30min vácuo + 24h imersão, indicando as variações percentuais de massa em função do tempo de imersão em água.....	77

SUMÁRIO

Resumo	6
Abstract	7
Lista de Figuras	8
Lista de Tabelas	11
Lista de Gráficos	12
Sumário	13
Capítulo 1	16
Introdução	16
1.1. Delimitação do tema e definição do problema	18
1.2. Objetivos	20
1.2.1. Objetivo Geral	20
1.2.2. Objetivos Específicos.....	20
1.3. Justificativa	20
Capítulo 2	23
Fundamentação Teórica	23
2.1. Biojoias	23
2.1.1. Exemplos de aplicação de materiais naturais na joalheria.....	26
2.2. O porongo	33
2.3. Tratamentos para materiais naturais	37
2.3.1. Sementes e cascas.....	38
2.3.2. Madeira	40
2.3.2.1. <i>Impregnação de madeiras</i>	41
2.3.3. Osso	45

Capítulo 3.....	46
Materiais e métodos	46
3.1. Materiais	47
3.2. Métodos de caracterização.....	47
3.2.1. Microscopia eletrônica de varredura (MEV).....	47
3.2.2. Microscopia estereoscópica.....	48
3.2.3. Análise termogravimétrica	48
3.2.4. Microtomografia computadorizada	48
3.2.4.1. <i>Aquisição e reconstituição das seções</i>	50
3.2.4.2. <i>Seleção da ROI (Region of interest), binarização, análises 3D e construção do volume virtual 3D</i>	51
3.2.4.3. <i>Construção do volume virtual 3D</i>	54
3.3. Métodos para tratamento	55
3.3.1. Secagem das amostras de porongo	55
3.3.2. Ensaio preliminares de impregnação	55
3.3.3. Métodos de impregnação polimérica	57
3.3.4. Polimerização	60
3.3.5. Avaliação dos níveis de impregnação	61
3.4. Teste de absorção de água	63
Capítulo 4.....	64
Resultados	64
4.1. Caracterização do porongo.....	64
4.1.1. Caracterização da macro e da microestrutura.....	64
4.1.2. Caracterização química do porongo	71
4.2. Ensaio de impregnação polimérica	71
4.2.1. Teste de normalidade para métodos de impregnação.....	74
4.2.2. Análise de variância (ANOVA) para métodos de impregnação.....	75
4.3. Teste de absorção de água	76
4.3.1. Teste de normalidade para teste de absorção de água.....	78
4.3.2. Análise de variância (ANOVA) para teste de absorção de água	78
4.4. Microtomografia após tratamento do porongo: Análise do preenchimento por impregnação	79

Capítulo 5.....	82
Considerações finais.....	82
Referências Bibliográficas.....	85
Referências das Imagens	90

Capítulo 1

INTRODUÇÃO

O design trabalha com a configuração de produtos que mediam as relações sociais, tanto do ponto de vista funcional quanto comunicativo, de modo que influencia na construção de valores, nas relações, nas práticas e nos hábitos das pessoas (SANTOS, 2005). Nesse sentido, surge a possibilidade de que, por meio do design, soluções sejam desenvolvidas, utilizando-se dos recursos e potencialidades locais, atendendo necessidades de usuários situados em contextos específicos, favorecendo a divulgação das características culturais.

Lia Krucken (2009) ressalta que uma tendência no design é agregar valor aos produtos por meio do fortalecimento e resgate das identidades locais. Essas ações, principalmente em economias emergentes, podem contribuir com o aumento dos investimentos e o reconhecimento do design no mercado como criador de inovações e possibilidades ligadas ao território e a promoção deste, por meio de produtos e serviços.

Além disso, os produtos com referências locais podem atingir alcance global. Segundo Moraes (2004), o sucesso no desenvolvimento dos produtos locais pode ser atribuído à busca de elementos que apontem para conceitos de sentido múltiplo e plural, híbrido e sincrético, mas que, ao mesmo tempo, possuam fortes signos de uma cultura autóctone.

É fundamental que o designer possua a capacidade de aglutinar novas tendências ao conhecimento adquirido pela história sociocultural, costumes e hábitos da cultura estudada, para obtenção de um produto com identidade (CASTRO, 2007). Desse modo, evidencia-se a relevância dos estudos sobre cultura e identidade local como campo de pesquisa do design e, ainda, como fonte de inspiração e de resgate de técnicas, elementos, materiais, símbolos e costumes presentes na sociedade. Lia Krucken (2010) afirma que uma das principais tarefas no designer atuante nesta área é dinamizar os recursos do território e valorizar seu

patrimônio cultural imaterial, sendo que para isso é fundamental reconhecer e tornar reconhecíveis os valores e qualidades locais.

A identidade cultural pode ser expressa por diversos suportes, como por exemplo, linguagem, costumes, indumentárias, culinária. Entretanto, no contexto desta pesquisa, o conceito é abordado pela relação entre artefatos¹ e usuários. É por meio da escolha e do uso desses elementos que o sujeito se relaciona com a sociedade, comunicando seus valores pessoais e sua visão de mundo. Os artefatos refletem personalidade uma vez que estão ligados à construção da imagem do indivíduo perante a sociedade, permitindo o reconhecimento deste como pertencente a determinado grupo (SANTOS, 2000).

Nesse contexto, destacam-se as joias, as quais, desde a antiguidade, são produtos utilizados como referência de pertencimento a tribos ou grupos sociais, sendo identificador de status, hierarquia e poder. Joias podem ser consideradas artefatos que desempenham a função de adornar e enfeitar o corpo humano. Além disso, está ligada aos desejos do homem e sua capacidade de elaborar novas linguagens e, com elas, significados eficientes na construção de identidades (GOLA, 2008).

Na joalheria, busca-se agregar valor aos produtos, munindo-se de valores atribuídos e percebidos. Contudo, essa atribuição de valor não necessariamente irá se dar pelo uso de metais nobres e gemas, visto que, de acordo com Faggiani (2012), os valores atribuídos e percebidos nos produtos podem estar relacionados a: valores intrínsecos (custo do material utilizado); valores de uso (relação entre custo de aquisição e o benefício proporcionado no uso); valores simbólicos (valor agregado e dimensão cultural, elementos que são capazes de servirem como forma de identificação, diferenciação e/ou afirmação social) e valores afetivos (carga emotiva que o produto carrega e lembranças que ele é capaz de proporcionar) (FAGGIANI, 2012).

Dentre os supracitados modos de agregar valor às joias surge a proposta das biojoias, peças que utilizam em sua configuração materiais naturais de origem orgânica, obtidos de um vegetal ou animal, em conjunto ou não, com os metais comuns à área da joalheria (INFOJOIA, 2012a). Às biojoias pode ser atribuído o conceito de valorização e resgate cultural, uma vez que muitos materiais naturais são característicos de uma determinada

¹ Artefato é um objeto que é fabricado, ou seja, feito pela incidência da ação humana sobre a matéria-prima. (CARDOSO, 2012).

região. Dessa forma, surge a oportunidade de interação entre design, cultura e território para o desenvolvimento de novos produtos que retomem as características locais de uma região. Nesse contexto, esta dissertação sugere o uso do porongo (*Lagenaria siceraria*), material natural do qual é feita a cuia do chimarrão, no design de biojoias.



Figura 1 - Chimarrão. Fonte: (A e B) Flickr (2013).

No entanto, para que a aplicação do porongo se torne possível na área da joalheria, partiu-se do princípio de que o material natural precisa estar em coerência com os requisitos de uma joia. Sabendo-se que os materiais orgânicos são facilmente degradados e, por este motivo, aplicados com restrições na joalheria, a pesquisa objetiva o estudo de tratamentos para o porongo, que atuem como uma barreira de proteção contra às condições variáveis do ambiente e ao ataque de micro-organismos, prolongando a vida útil do material. Assim, faz-se necessário delimitar o tema abordado, do qual surge o problema de pesquisa deste estudo.

1.1. DELIMITAÇÃO DO TEMA E DEFINIÇÃO DO PROBLEMA

Os materiais naturais de origem orgânica são utilizados em produtos desde o início da humanidade até o presente século XXI. No entanto, com o surgimento dos materiais sintéticos, os materiais naturais são cada vez menos consumidos. De acordo com Lima (2006), essa substituição justifica-se, em alguns casos, porque os materiais naturais apresentam menor resistência a esforços frequentes, podem se degradar quando expostos a

intempéries e, geralmente, alteram suas características físicas em condições adversas do ambiente.

As evoluções industrial e tecnológica colaboraram para o surgimento de materiais com propriedades adequadas à função de cada produto, inclusive ao proporcionar a utilização desses em distintos contextos. Por outro lado, alguns materiais naturais permanecem sendo empregados, dentre outros motivos, por constituírem uma fonte renovável de matéria-prima, pela sua eficiência na função desempenhada ou pelos hábitos culturais de uma população. Estes dois últimos, por exemplo, são razões pelas quais o porongo é um material natural presente nos costumes gaúchos até os dias atuais.

No contexto relacionado à cultura, design e tecnologia este estudo busca tornar viável tecnicamente a aplicação do porongo no design de biojoias. A viabilidade pretendida liga-se à manutenção das características físicas, químicas e estéticas do material natural quando aplicado à joalheria. A joia “é documento que resiste ao tempo, é patrimônio impregnado de sentimentos e de história” (GOLA, 2008, p. 15). Tal citação expõe a expectativa intrínseca à joia de que seja um objeto durável. Ou seja, ao adquirir uma peça confeccionada de metais e materiais naturais, o usuário não espera se deparar com a porção orgânica em estágio de decomposição. Além disso, peças que utilizam essa combinação de materiais tornam-se susceptíveis a deformações/modificações em sua estrutura, em decorrência de efeitos externos, como por exemplo, dilatação por absorção de água – fenômeno que ocorre nas madeiras e também no porongo, relacionado às características higroscópicas destes materiais.

Desse modo, considerando as expectativas em relação ao produto, listam-se os requisitos para que o porongo se torne um material viável tecnicamente na joalheria: dimensões estáveis quando exposto à umidade, preservação de suas características estéticas, pouca susceptibilidade à degradação e biodeteriorização. Nesse sentido, o presente estudo aborda o seguinte problema de pesquisa:

Como viabilizar a aplicação do porongo no design de biojoias?

1.2. OBJETIVOS

1.2.1. Objetivo Geral

Estudar e aplicar métodos de tratamento, visando prolongar a integridade física e química, a fim de viabilizar tecnicamente a utilização do porongo no design de biojoias.

1.2.2. Objetivos Específicos

- Estudar métodos de tratamento aplicados a outros materiais naturais;
- Caracterizar o porongo quanto a sua microestrutura;
- Verificar a eficiência dos métodos de tratamento utilizados, quanto à absorção de água e à manutenção das características estéticas (cor e brilho) do porongo.

1.3. JUSTIFICATIVA

De acordo com Bisognin e Silva (2004), a plantação de porongo configura-se como uma importante cultura agrícola para o Rio Grande do Sul (RS). Mesmo exercendo pouco impacto em nível nacional, o cultivo do fruto é de grande importância para a agricultura familiar gaúcha, sendo a principal fonte de renda para dezenas de pequenos agricultores do RS (SILVA, 2005), devido à ampla utilização do material para a confecção de cuias para o chimarrão. Segundo dados da Emater-RS (Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural), no ano de 2011, a safra de porongo gerou cerca de 11,2 milhões de frutos aproveitáveis no RS (GLOBO, 2012).

Na fabricação de cuias, o beneficiamento do porongo ocorre da seguinte maneira (Figura 2): é realizado um corte no fruto separando a parte superior (Fig. 2B) a ser utilizada no processo, enquanto que o restante é descartado, sendo posteriormente incinerado ou triturado para adubo. Esse resíduo do processo corresponde aproximadamente a 50% de material em cada fruto.

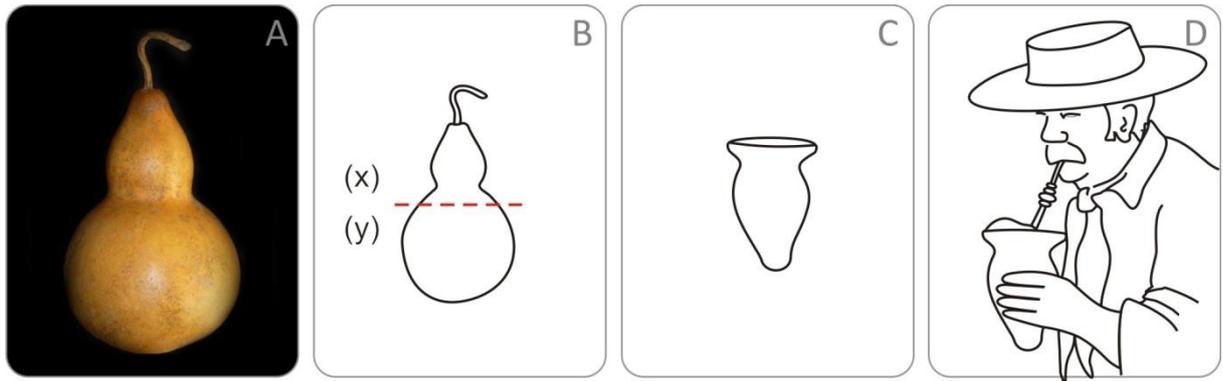


Figura 2 – Ciclo de beneficiamento e utilização do porongo. (A) imagem do fruto (modificada de BASTOS, 2010); (B) representação gráfica do fruto e do corte (em vermelho) que o secciona, sendo a parte superior, indicada por “x”, utilizada na fabricação de cuias, e a porção inferior, indicada por “y”, resíduo desse processo; (C) representação gráfica de uma cuia e (D) representação de figura de gaúcho tomando chimarrão.

Além dos resíduos gerados no corte do fruto, no qual é selecionada apenas a parte necessária à cuia, também existem rejeitos que são provenientes do controle de qualidade da produção, como por exemplo: cortes de centralização da aba, extraídos provavelmente no acabamento da cuia buscando aprimorar seu formato; frutos com superfície rugosa, apresentando inúmeras imperfeições e formas que fogem ao padrão comercial, que não teriam valor comercial (Figura 3).



Figura 3 - Exemplos de resíduos do porongo provenientes do beneficiamento da cuia. (A) resíduos dos cortes de centralização da aba; (B) frutos com superfície rugosa e (C) formas que fogem ao padrão comercial.

Dessa forma, observando o expressivo volume de resíduos gerados a partir do corte das áreas úteis às produção de cuias e, ainda, o possível aproveitando de partes menores provenientes do controle de qualidade, salienta-se a oportunidade de buscar uma nova aplicação para o material natural, que contemple o desenvolvimento de produtos de maior valor agregado.

O segmento de joias no Brasil vem buscando, no decorrer dos últimos anos, fortalecer sua identidade por meio da tendência de valorização dos recursos locais e dos símbolos culturais do país. Fazer uso dessas características, considerando a imensa flora e explorando os valores brasileiros é um dos caminhos de contribuição do designer para o

desenvolvimento de produtos inovadores. Neste contexto, destaca-se o incentivo ao artesanato promovido pelo SEBRAE, que também contempla a área das biojoias, sendo caracterizado como um mercado em expansão e com potencial de exportação (SEBRAE, 2012).

A função simbólica da joia também pode ser explorada a fim de propor materiais mais coerentes com a preocupação ambiental, uma vez que esta é uma das tendências no consumo de produtos e as pessoas estão mais sensíveis a propostas não agressivas ao ambiente. Segundo Niemeyer (2010), aos requisitos da atividade do design, mais recentemente, foi acrescido o da ecoeficiência, visto que as questões de sustentabilidade tornaram-se mais urgentes, considerando que todo o resultado do fazer em design tem repercussões ambientais.

Nesse contexto, a aplicação do porongo no design justifica-se também pela implementação de um material proveniente de uma fonte renovável e do reaproveitamento de uma quantidade razoável ($\pm 50\%$) de resíduos por fruto. Assim, propõem-se novos materiais e conceitos ao setor joalheiro, que se destaca, de modo geral, na exploração de recursos minerais de fontes não renováveis, como as gemas e o ouro.

Capítulo 2

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O presente capítulo aborda o conceito de biojoias, que explora de modo consciente e valoriza de modo criativo a rica flora brasileira. Neste contexto, são apresentados exemplos de biojoias desenvolvidas por designers brasileiros e, inclusive, algumas peças que utilizam porongo em sua composição.

Na sequência, são fundamentadas as características, origem e outras aplicações do material foco desta pesquisa. Esta abordagem apresenta a ligação do porongo com a cultura gaúcha, citando os motivos pelos quais é utilizado até os dias atuais, as espécies, o plantio, a colheita e o processo produtivo das cuias.

Por fim, é descrita a necessidade do tratamento de materiais naturais visando aplicação no design de biojoias. Neste sentido, retomam-se os conceitos da joalheria e as expectativas dos consumidores em relação a esses produtos. Assim, a fundamentação teórica é complementada com uma revisão de métodos de tratamento já empregados em outros materiais naturais, a fim de prolongar sua vida útil. Este levantamento serviu como embasamento para a seleção dos procedimentos mais adequados a serem aplicados ao porongo, com o intuito de atingir os objetivos da pesquisa.

2.1. BIOJOIAS

Jóias são objetos de ornamento que possuem um significado e expressam o desejo humano pelo embelezamento do corpo. Desde a antiguidade, as jóias são utilizadas para enfeitar, agradar, seduzir, demonstrar sentimentos e poderes. Porém, mais do que isso, desde que o homem passou a sentir a vontade de se diferenciar entre os demais, elas assumem a responsabilidade de demonstrar o status de determinada pessoa em seu contexto social.

A joia é geralmente associada ao luxo, a um mundo de riqueza, sofisticação e beleza, no qual os ornamentos pessoais são capazes de fornecer uma forma de expressão do gosto pessoal e da época vivida, pois a evolução da joalheria está intrinsecamente relacionada com a história da civilização e sua evolução. De acordo com Corbetta (2007), os sinais ou códigos que o homem escolhe para se adornar são as formas pelas quais seu corpo se relaciona com o mundo e com os outros, são como uma linguagem. Em cada sociedade, em cada cultura há uma forma de projeção, de simulação do mundo expressada através desses códigos, e a joia assume esse mesmo papel.

No período Paleolítico o homem utilizava adornos que eram confeccionados com elementos naturais, como ossos, presas de animais, minerais, cascalho e âmbar, amarrados a tiras de couro ou fibras vegetais. Já nessa época o significado dos adornos não era meramente decorativo, pois também representavam troféus de caça, proporcionando status ao indivíduo em sua ordem social (GOLA, 2008).

A Mesopotâmia é considerada o berço da ourivesaria, já os sumérios foram os primeiros a deixar registros escritos sobre suas técnicas de produção e a habilidade de trabalhar o ouro. Assim, desde sua descoberta e início de sua fundição, o ouro desempenha um papel fundamental na joalheria; e a atração pelos materiais belos e raros, desperta ainda mais o desejo pelo embelezamento do corpo. Os ornamentos feitos em ouro estão entre os mais antigos objetos de metal feitos pelo homem (CARDOSO, 2010).

Após descoberta das Américas, o ouro do Brasil passou a ser explorado pelos Portugueses. Com a expedição das Bandeiras em 1699, cerca de 514 kg de ouro encontrados no Rio da Velhas, Minas Gerais, foram enviados a Portugal, iniciando o ciclo do Ouro no Brasil (MAGTAZ, 2008). Em 1808, muitos ourives e lapidários vieram para a colônia junto com a Corte Portuguesa. Deste modo, durante muito tempo, a joalheria foi cópia do que se criava na Europa (GOLA, 2008).

A partir da segunda metade do século XX, a joalheria brasileira deixou de seguir somente os padrões europeus. A introdução do design proporcionou significativas mudanças na joia brasileira: novas ideias, novos conceitos e também novos materiais passaram a ser utilizados pelos designers para exprimir sua criatividade (MAGTAZ, 2008).

Além disso, segundo Machado (2010), a tendência que promete se estabelecer de modo mais predominante na joalheria é a valorização do sentido particular que os objetos adquirem na relação que experimentam com cada indivíduo. A eficiência da comunicação

entre o tema das joias e o universo sensível dos consumidores passa a determinar as decisões de compra, mais do que o preço objetivo da mercadoria. “O valor dos objetos é percebido, cada vez mais, por um conjunto de atributos que envolvem o design, a moda e os fatores emocionais, do que propriamente pelo preço de sua materialidade” (MACHADO, 2010, p. 9).

Se, por um lado, os consumidores estão cada vez mais críticos com o consumo dos supérfluos; por outro, estão sensíveis aos objetos que expressam valores considerados, de modo particular, essenciais e que remetem aos significados mais individuais. Este comportamento de compra sugere escolhas mais específicas, motivadas por razões subjetivas (MACHADO, 2010).

Considerando-se essas razões subjetivas da compra e o significado dos produtos, pode-se afirmar que, o sentido de valor do design pode ser construído a partir das experiências estéticas de cada consumidor, independente do valor monetário dos materiais dos quais a joia é feita. Toda essa experiência é formada ao longo da vida do indivíduo e, por isto, tem ligação direta com a bagagem cultural que ele carrega.

Assim, baseada em significados que podem ser atribuídos e nos fatores também determinantes de valor, a joalheria encontra meios de atualização, revendo seus conceitos e paradigmas. De acordo com Magtaz (2008), as fronteiras entre a joalheria, escultura, arte performática e a moda estão em constante expansão; e não existem mais preconceitos quanto à utilização de técnicas não-convencionais e novos materiais.

A natureza é a grande fornecedora de matéria-prima para a joalheria. As gemas, por exemplo, dentre as quais podem ser citadas as de origem natural, que englobam minerais e rochas, e as de origem orgânica, como o âmbar, o coral e as pérolas, são exemplos de materiais naturais comumente extraídos da natureza para criação de joias. Entretanto, com criatividade e diversidade de materiais, muitos designers, artistas e artesãos, baseados nas tendências atuais supracitadas, têm ido além e incorporado às joias outros tipos de materiais naturais (MAGTAZ, 2008), denominando essa nova proposta de biojoia.

Biojoia é um termo relativamente recente na história da joalheria, mas já amplamente empregado nas regiões mais próximas à Floresta Amazônica, visto que esta região é produtora de uma grande diversidade de materiais naturais. A palavra biojoia define peças que são produzidas com material de origem orgânica, vegetal ou animal, como sementes,

folhas, frutos, madeiras, ossos, chifres e couros, em conjunto ou não com materiais considerados preciosos, como a prata e o ouro (INFOJOIA, 2012a).

Antes conhecidas como “bijuterias finas”, por utilizarem metais preciosos, as biojoias ainda confundem definições, pois surgem dúvidas quanto a sua diferença em relação às peças de bijuteria que são vendidas em feiras de artesanato, por exemplo. Para realizar esta diferenciação, podem ser considerados três fatores principais: o design das peças, os conceitos atribuídos a elas e a tecnologia empregada em sua concepção. A designer amazonense Rita Prossi, considerada uma das pioneiras no desenvolvimento de biojoias, fala sobre o assunto:

Um design inovador, um resgate cultural, aprofundamento de pesquisa nas iconografias, no folclore e em nossas raízes, ou seja, uma joia com a história de cada região brasileira. A biojoia marca o surgimento de uma joia alternativa, leve, solta, com identidade e valor agregado (INFOJOIA, 2012a).

As biojoias são peças que tem se consolidado no mercado por valorizar e difundir a cultura nacional e natureza diversificada do país. Muitos designers brasileiros propõem o uso de materiais naturais locais em conjunto com metais nobres e gemas. Aproveitando condições oferecidas pela riquíssima flora brasileira, estes profissionais tem buscado parcerias com comunidades indígenas, associações e cooperativas artesãs, e utilizado cores, formas e texturas para compor peças originais e que valorizem os materiais nativos, bem como a identidade cultural de algumas regiões do país.

A próxima seção trata de exemplificar o bem-sucedido trabalho destes designers na criação de biojoias. São apresentadas peças constituídas por materiais de origem vegetal: sementes, cascas, madeiras, fibras vegetais, casca de coco e porongo.

2.1.1. Exemplos de aplicação de materiais naturais na joalheria

As sementes são um dos recursos naturais mais empregados nas biojoias brasileiras. Açaí, tucumã, murumuru, babaçu, paxiúba, jarina, ouriço, carnaúba, bacaba, buritirana, jupati (Figura 4) são alguns dos materiais já utilizados na confecção de biojoias. Certas sementes, como o açaí, por exemplo, podem ser tingidas de diversas cores e esta

possibilidade é bastante explorada com o intuito de imprimir às peças mais atratividade (MARIA OITICICA, 2012; ECOJOIAS, 2012).

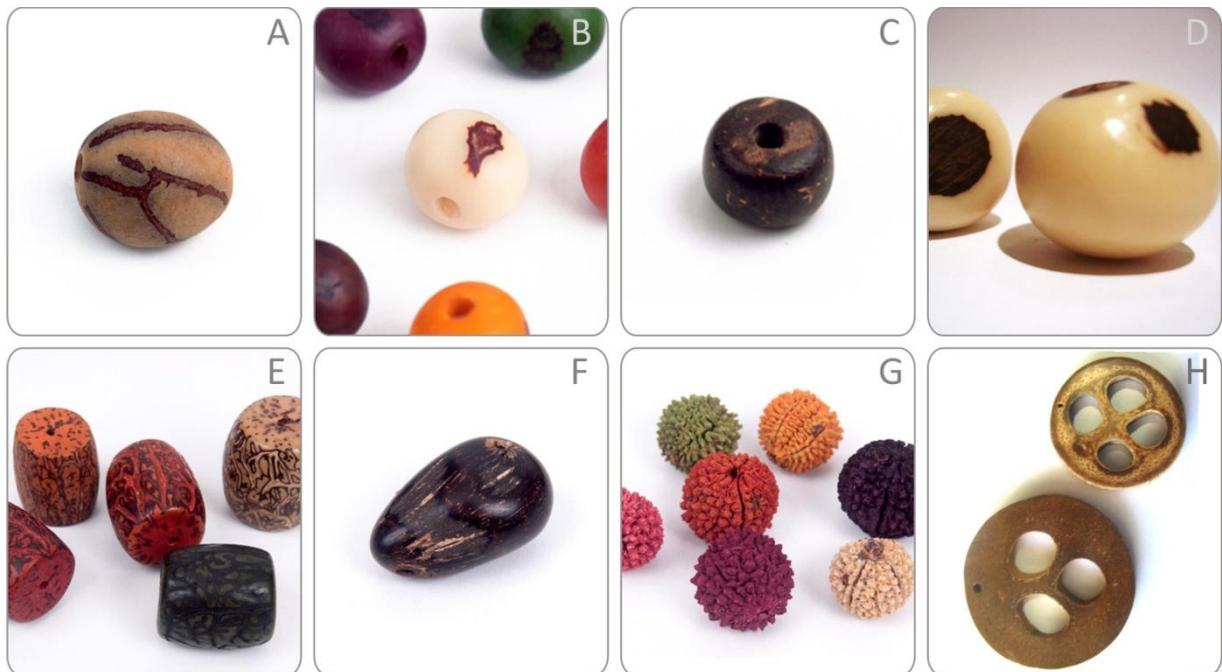


Figura 4 - Exemplos de sementes e cascas. (A) carnaúba; (B) açaí; (C) tucumã; (D) jarina; (E) Jupati; (F) murumuru; (G) mutamba (H) babuçu. Fonte: modificado de Maria Oiticica (2012) e Gabriela Lisboa (2013).

A jarina também é um material passível de coloração, porém quando polida mantendo-se sua cor natural, fica muito semelhante ao marfim de origem animal. Por essa característica passou a ser conhecida como marfim da Amazônia ou marfim vegetal. E, uma vez que a utilização do material de origem animal foi banida a partir do final dos anos 1980, a jarina vem sendo utilizada em sua substituição como matéria-prima para biojoias e artesanatos diversos (COSTA *et al.*, 2008). A jarina possui uma dureza que permite ser esculpida; com isso, pesquisas revelam que o material também é passível de desbaste por usinagem CNC, o que aumenta as possibilidades de agregar valor à amêndoa aliando-se design e tecnologia (ALOISE *et al.*, 2011).

Segundo Felix (2007), o beneficiamento das sementes para o artesanato e biojoias, de modo geral, é realizado com a utilização de equipamentos que vão desde ferramentas manuais, materiais rústicos adaptados até aqueles movidos à eletricidade como politrizes, furadeiras e serras elétricas. Ainda segundo a autora, os materiais mais difíceis de serem trabalhados nestas condições são a jarina, o paixubão, o tucumã e o coco-da-Bahia, pois são considerados muito duros.

Dentre os materiais citados, são encontradas as seguintes biojoias que também utilizam metais nobres associados (Figura 5).



Figura 5 – Biojoias com sementes. (A) Anel em semente de açaí e palha da designer Rita Prossi. Fonte: Rita Prossi (2012); (B, C e D) Pingente em prata e semente de tucumã; pingente de ouriço de castanha do Brasil, jarina, ouro e diamantes; anel em madeira amazônica, semente de tucumã, abalone e prata da designer Nany Schaedler. Fonte: modificado de Nany Schaedler (2012); (E) Brincos em prata e semente de murumuru da designer Maria Oiticica. Fonte: Maria Oiticica (2012); (F) Anel “Pão de açúcar” em semente de tucumã e prata da designer Angelsea Camargo. Fonte: modificado de Angelsea Camargo (2012).

Outro material explorado no design brasileiro de biojoias é a madeira devido a sua grande diversidade de tons e de texturas. Além disso, é uma matéria-prima de fácil usinabilidade, permitindo, assim, a utilização de diversos formatos. Entretanto, um dos principais desafios encontrados no emprego da madeira são os efeitos causados pelo seu contato com a água. O material é higroscópico, ou seja, absorve umidade do ar. Assim, é comum a peça dilatar ou contrair ao longo do dia, devido às condições climáticas do local onde se encontra. Essa alteração de dimensões torna-se um problema principalmente quando a madeira é emoldurada por componentes em metal. Outro infortúnio é que as peças podem também perder o brilho quando em contato com a água, e serem atacadas por insetos e bactérias quando não tratadas adequadamente (INFOJOIA, 2012b). Na Figura 6 são apresentados alguns exemplos de biojoias que utilizam madeira, as criações são de designers brasileiros.



Figura 6 – Biojoias com madeira. (A e B) Braceletes em ouro e madeira da designer Marília Capisani. Fonte: Marília Capisani (2012); (C) Anel em ouro e madeira da Joalheria Natan. Fonte: Ramo Joalheiro (2012); (D) Bracelete em prata e madeira da designer Camilla Marcondes. Fonte: Hefestos Design (2012); (E) Anel de madeira certificada e quartzo rutilado da designer Mércia Stela. Fonte: Mãos da Terra (2012); (F) Anel em prata e madeira da Joalheria Denoir. Fonte: Infojoia (2012b).

Já dentre as fibras vegetais que se destacam em aplicação nas biojoias estão: a palha de arumã, a palha de buriti e o capim dourado. O arumã é um tipo de cana que possui superfícies planas que suportam o corte de tiras bem finas. Geralmente, estas são tratadas, trançadas e tingidas para tornarem-se matéria-prima para confecção de cestos, peneiras e outros utensílios; costume herdado dos índios habitantes do Rio Negro na Amazônia. Porém, mais recentemente, a palha do arumã passou a ser utilizada na criação de biojoias (MARIA OITICICA, 2012).

Já o buriti é uma das mais singulares palmeiras do Brasil, é uma espécie abundante no Cerrado, as folhas geram a palha utilizada no artesanato e na confecção de biojoias. As folhas jovens do buriti também produzem uma fibra muito fina, a “seda” do buriti, usada pelos artesãos na fabricação de peças feitas com o capim-dourado (ISPN, 2012).

O capim dourado é uma espécie de fio fino e macio com cor e brilho semelhante ao do ouro. No Brasil é encontrado somente na região do Jalapão, no bioma cerrado, no Estado do Tocantins. O artesanato feito em capim dourado na região é certificado pelo INPI (Instituto Nacional de Propriedade Intelectual) com a certificação de Região Geográfica, na categoria

Indicação de Procedência, a qual delimita uma área conhecida pela fabricação de certos produtos.

O Naturatins (Instituto Natureza do Tocantins) percebeu a necessidade de estabelecer algumas medidas em relação ao capim dourado, devido ao crescimento do interesse pelo material e ao seu consumo desordenado, visando zelar pelo recurso ambiental. Assim, a portaria nº 362/2007 regulamenta que o manejo e coleta do capim dourado só podem ser realizados por associados, entidades comunitárias de artesãos e extrativistas devidamente credenciados (NATURATINS, 2007).

A regulamentação ainda proíbe a comercialização e transporte do capim dourado *in natura* na região, fazendo com que o material só possa sair da região em peças já produzidas pela comunidade, visando assim a sustentabilidade ambiental, social e econômica do local. O principal beneficiamento do capim dourado é sua “costura”, que é feita com fios de seda retirado dos buritis, mais especificamente, das folhas que nascem no topo da planta, que são desfiadas e tratadas para ser usadas como linha (KOMANI, 2012).

A designer Meire Bonádio, por exemplo, utiliza o capim dourado em suas criações e faz parte de uma cadeia produtiva que envolve, aproximadamente, 50 famílias que trabalham de forma artesanal na cidade de Ponte Alta, no Tocantins. Como o material não aceita facilmente ser dobrado, as peças já vem da cidade trabalhadas nas formas que irão compor as biojoias. A designer cria os formatos (sejam mandalas, quadrados, triângulos ou outros), envia por e-mail para os artesãos, com explicações e desenhos para que possam ser confeccionados (INFOJOIA, 2012a). Alguns exemplos de biojoias com fibras naturais podem ser observados na Figura 7.



Figura 7 – Biojoias com fibras vegetais. (A) Brinco e (B e C) anéis feitos em ouro e capim dourado da designer Meire Bonádio. Fonte: MBEX (2012); (D) Brinco com palha de arumã rajada da designer Rita Prossi. Fonte: Rita Prossi (2012); (E) Brinco em metal banhado a ouro e palha de buriti. Fonte: modificado de Babel da Artes (2012); (F) Brinco em metal banhado a ouro e palha de buriti. Fonte: modificado de Airu (2012).

A casca de coco é uma matéria-prima empregada há bastante tempo na confecção de biojoias. Pois, desde meados do século XIX, a técnica de coco e ouro tornou-se comum em Diamantina, Minas Gerais. Atualmente, a cidade possui seis oficinas que utilizam a técnica, incluindo a Joalheria Pádua, aberta e em funcionamento desde 1888 (TEIXEIRA *et al.*, 2011). O coco permite ser cortado e esculpido com facilidade, sendo que a técnica consiste basicamente na incrustação de filetes, pontos de ouro e gemas no material.

O coqueiro é de origem asiática e foi introduzido no Brasil pouco depois da chegada dos Portugueses. Adaptou-se rapidamente ao nosso clima e hoje tem sua identidade intimamente ligada com nossa cultura. Conhecido como coco-da-Bahia, seu fruto é amplamente usado na alimentação, através do consumo de sua água e polpa, extração do óleo e também na fabricação de cosméticos, sabão, velas e fluidos para freio de avião. A casca do coco é utilizada na produção de artesanatos, cordas, tapetes, chapéus, etc (MARIA OITICICA, 2012). Na Amazônia, a produção de coco vem aumentando devido à extração da fibra contida na casca de seu fruto, a qual é usada para fabricação de colchões, estofados de automóveis, entre outros (ECOJOIAS, 2012). Atualmente, a casca do coco continua sendo aplicada a biojoias por designers brasileiros (Figura 8).



Figura 8 – Biojoias com casca de coco. (A) Anel em prata e casca de coco da designer Fernanda Spilborghs. Fonte: modificado de Infojoia (2012d); (B e C) Pingente em ouro e coco; anel em prata e coco da designer Eliana Schussel. Fonte: Schussel Design (2012).

A utilização de porongo em biojoias, tal como propõe a presente pesquisa, foi previamente estudada no trabalho de conclusão de graduação desta autora (LAGO, 2010). Juntamente com a prata, o porongo foi utilizado no desenvolvimento de uma coleção de joias, denominada Coleção Caigüá (Figura 9). O trabalho teve como referência projetual a cuia do chimarrão. Desse modo, as peças baseiam-se principalmente na vista de topo e no perfil da cuia, explorando a textura do material, bem como o seu contraste com a prata (LAGO, 2010). Outros trabalhos fazendo o uso do porongo não foram encontrados.



Figura 9 - Biojoias com porongo da designer Tatiana Lago. Fotografia: Patrício Orozco-Contreras. Fonte: Lago (2010).

Certos materiais são tão característicos de determinada região de origem, que acabam sendo associados às experiências e memórias visuais que o ser humano é capaz de guardar dos lugares conhecidos. Por esse motivo, algumas biojoias podem ser encontradas como *souvenirs* de suas regiões: o campim-dourado, por exemplo, retoma a região do Cerrado, enquanto que as sementes de açaí, o babaçu e a jarina lembram a Amazônia.

Neste contexto, aliando-se design e tecnologia, propõe-se valorizar a cultura do Rio Grande do Sul por meio da aplicação do porongo em biojoias. Para tanto, tem-se como requisito o tratamento do material viabilizando tecnicamente seu emprego, o que torna necessário o conhecimento prévio de suas características. Assim, a próxima seção aborda

uma breve fundamentação teórica sobre o porongo, sendo que poucos trabalhos científicos foram encontrados a respeito da espécie em questão.

2.2. O PORONGO

O porongo é originário da África e das Américas sendo cultivado para diferentes finalidades e usos (BISOGNIN e SILVA, 2004). Proveniente de uma planta chamada porongueiro (Figura 10), o porongo é um fruto pertencente à família de plantas *Cucurbitaceae*, que compreende 118 gêneros e 825 espécies, sendo caracterizada pela presença, dentre outros, de abóboras, melancias, melões e pepinos.

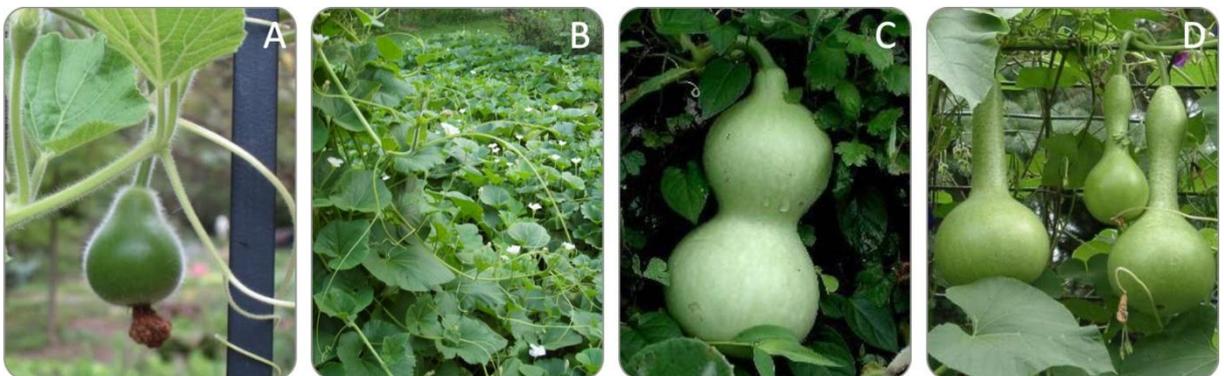


Figura 10 - Porongueiro: (A) início da frutificação (B) plantação (C e D) frutos verdes. Fonte: modificado de Sítio e Arte (2012).

O cultivo do porongo é difundido no Rio Grande do Sul, uma vez que o material é utilizado na fabricação de cuias para o chimarrão. Segundo Barbieri (2006), na região destaca-se a espécie *Lagenaria siceraria*, conhecida também como cabaça. O Banco Ativo de Germoplasma de Cucurbitáceas da Embrapa (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária) conta com 21 variedades locais de porongo catalogadas. Destas, oito produzem frutos que são utilizados para fazer cuia; sete são conhecidas como chuchu-porongo, cujo fruto imaturo é usado na culinária; e os outros seis têm tamanhos e formatos bem distintos, com usos variados no artesanato.

De acordo com Bastos (2010), dentre os gêneros conhecidos do porongueiro, existem espécies que possuem bulbos arredondados, ovalados ou compridos; podendo ser grandes ou pequenos assemelhando-se ao formato do número cardinal oito, a garrafas ou jarras. A região de estreitamento nos frutos que possuem duas protuberâncias é denominada popularmente como “pescoço” (Figura 11).



Figura 11 - Formatos de porongo. (A) com pescoço (seta) e (B) arredondados (escala gráfica aproximada).

Sobre as características do porongo, pode-se dizer que enquanto verde, o fruto possui uma casca mole. Porém, seguindo-se o processo de secagem, a casca passa a ficar rígida, o que a permite proteger o fruto. As cores e texturas da casca do porongo passam por tons verdes lisos ou rajados e, quando secos, vão do amarelo claro ao marrom escuro. A parte interna é formada por uma espécie de cortiça e uma fibra clara, porosa e rugosa (Fig. 12) (BASTOS, 2010).



Figura 12 - Parte interna do fruto (escala gráfica aproximada).

O porongo é um material versátil, pois devido às suas características de rigidez, leveza, impermeabilidade da casca e, ainda, por ser de fácil cultivo, torna-se produto utilitário e decorativo em diferentes povos e culturas, sendo muito difundido no artesanato. No passado, o porongo já foi utilizado para a estocagem de alimentos e como utensílio para refeições, servindo como tigelas, pratos e colheres. Já uma aplicação que persiste até os dias atuais é como moringa para transporte e armazenamento de líquidos (BASTOS, 2010). Além disso, o porongo pode ser empregado como matéria-prima em diversos instrumentos musicais, sendo utilizado como amplificador acústico em chocalhos, berimbaus, maracas, xequerês e rabecas (Figura 13).



Figura 13 - Aplicações do porongo. (A e B) moringas; (C e D) artesanato; (E e F) luminárias; (G e H) instrumentos musicais: chocalho e berimbau. Fonte: Porongo e cabaça (2012).

Entretanto, de acordo com Bisognin e Silva (2004), somente no Rio Grande do Sul o porongo configura-se como uma importante cultura agrícola, é cultivado principalmente nas regiões de Santa Maria e Vicente Dutra, sendo que duas variedades de porongo são plantadas: casco fino e casco grosso. O tipo casco fino é um fruto de tamanho e formato muito variados, o que reduz a percentagem do material industrializável, uma vez que na fabricação de cuias são utilizados frutos com formatos característicos. Já o porongo casco grosso é um fruto maior que o anterior, de menor produtividade, mas as cuias atingem maior preço de comercialização.

A cultura do porongo é adaptada a clima quente, assim o plantio pode ser feito ao término do período de risco de geadas na região sul, entre agosto e outubro. Cerca de 150 dias após o plantio, já ocorreu a secagem natural dos frutos na lavoura e a colheita pode ser realizada para a produção de cuias. Ao ser colhido, o fruto é colocado à sombra para que obtenha uma secagem lenta (Figura 14) (BISOGNIN e SILVA, 2004).



Figura 14 – Colheita dos frutos: (A) porongos secos na lavoura. Fonte: Sítio e Arte (2012); (B) estoque de frutos. Fonte: FAFIUV (2012).

Depois de seco, o fruto é cortado e passa por um processo de limpeza, marcando o início da fabricação da cuia. Nogueira (2010) descreve que o método produtivo (Figura 15) envolve a uniformização e centralização da aba, lixamento da parte interna e, em alguns modelos, criação de outros elementos decorativos, como bocal de alumínio, gravação de desenhos com buril e tratamentos com ácido ou maçarico (produzindo tonalidades de vermelho escuro, marrom claro e preto). Ao fim do processo, as cuias recebem o acabamento final com polidor, utilizando cera e um motor de alta rotação, para realçar o brilho do porongo.



Figura 15 – Beneficiamento do porongo realizado na Fábrica de Cuias Pires, em Santa Maria, RS. (A) motor de rotação para lixamento da parte interna; (B) gravação de desenhos com buril; (C) colocação do bocal de alumínio e (D) motor de alta rotação para polimento com cera.

Deve-se salientar que outros materiais já foram empregados na confecção de cuias, tais como madeira, cerâmica, vidro e polímeros; sendo que alguns desses ainda são encontrados no mercado atualmente. Essas foram tentativas de se buscar outras alternativas de matéria-prima em períodos diversos da história, porém nenhum outro material se mostrou tão eficiente para cuia quanto o porongo. O recipiente confeccionado com este material natural não modifica o sabor do chimarrão, não permite que a erva fique

'lavada' precocemente e não altera a temperatura da água (LESSA, 1986). Dessa forma, a permanência da cuia de porongo para sorver o chimarrão deve-se, além da eficiência do material, à forte ligação simbólica do objeto com a tradição gaúcha, já que o hábito de tomar o mate em roda, passando a cuia de mão em mão, traduz uma das maiores características atribuídas ao povo gaúcho: a hospitalidade. Segundo Fagundes (1980), o mate, quer no núcleo familiar, ou entre amigos, desempenha uma função agregadora. E, esse contexto, faz com que os artefatos que envolvem o costume desempenhem um papel simbólico e afetivo na vida das pessoas.

Assim, visando a aplicação do porongo na área da joalheria torna-se necessário buscar métodos de tratamento para o material, que prolonguem sua vida útil, evitando sua degradação e biodeterioração e que colaborem com suas propriedades físicas, preservando suas características estéticas. Pesquisas envolvendo o tratamento de porongo não foram encontradas na literatura, por isso fez-se um levantamento de métodos aplicados a outros materiais naturais, visando definir alguns procedimentos a serem testados no porongo.

2.3. TRATAMENTOS PARA MATERIAIS NATURAIS

Na confecção das biojoias, logo após a coleta, a matéria-prima pode passar por alguns processos, como desumidificação, lixamento, moldagem, corte, imunização contra micro-organismos, furação, tingimento e polimento. Apesar dos processos de secagem e imunização, aos quais as sementes e insumos são submetidos, ainda é necessário que se tenham alguns cuidados especiais para que as peças mantenham sua vitalidade natural: guardar as peças em local seco e arejado, evitar contato com água e com produtos químicos, exposição ao sol ou a temperaturas muito elevadas (ECOJOIAS, 2012).

Isto é, o uso de materiais naturais na joalheria requer cuidados especiais. As sementes, por exemplo, são matéria viva e, dependendo às condições a que são expostas podem degradar, germinar, aumentar e diminuir de tamanho ou tornar-se ambiente favorável para proliferação de micro-organismos. Na grande maioria das referências pesquisadas pôde-se observar que os tratamentos utilizados são paliativos, envolvendo a desinfestação pré-existente nos materiais, sem preocupar-se com métodos de impermeabilização preventivos.

Nesse sentido, o tratamento dos materiais precisa ser desenvolvido previamente à confecção das biojoias e funcionar como uma “barreira” aos efeitos externos. Além disso, a presente pesquisa não tem a intenção de propor a aplicação do porongo triturado para formação de compósitos e sim utilizá-lo mantendo suas características estéticas. Por isso, serão abordados nesta fundamentação apenas tratamentos que envolvam a impregnação ou o recobrimento superficial dos materiais.

2.3.1. Sementes e cascas

Como a maioria dos procedimentos utilizados no tratamento de sementes são realizados na própria comunidade que faz a coleta do material, muito do conhecimento é transmitido de geração para geração, sendo difícil obter acesso a estas informações em pesquisas científicas. Como exemplo, o artesão Dácio Rodrigues que trabalha com a produção de bijuterias e biojoias há mais de 15 anos, diz utilizar métodos que mantêm segredos, pois foram aprendidos com os indígenas do Acre (INFOJOIA, 2012c). Além disso, existem pesquisadores que não tem interesse em divulgar suas descobertas, pois possuem solicitações de patente em andamento.

Um das principais preocupações quanto às sementes são os patógenos (micro-organismos que se encontram em misturas ou diretamente associados ao material). Dentre os danos que são causados por estes micro-organismos podem ser citados: deformações, enrugamento, manchas e podridões. Felix (2007) comenta que é comum a utilização de materiais tóxicos, como óleo diesel, querosene, brometo de metila, fungicidas e cupinídeos, que podem causar certos danos à saúde, como alergias na pele, dependendo da exposição do indivíduo ao produto.

Em sua pesquisa, Felix (2007) estudou e analisou os tipos mais comuns de fungos presentes nas sementes mais utilizadas por artesãos brasileiros. Além disso, avaliou a eficiência do tratamento com solução de óleos vegetais na prevenção contra a proliferação destes micro-organismos em sementes. O trabalho começa com a desinfestação das sementes por meio da imersão em solução de álcool 50% por 2 minutos e, em seguida, com solução de hipoclorito de sódio 1% por 1 minuto. Na sequência, as sementes foram lavadas por três vezes em água destilada. Após, as amostras foram submetidas ao tratamento com

óleos, a autora apenas explica que a solução é composta por 5 óleos vegetais, sendo 4 deles extraídos de florestas nativas do Brasil e 1 importado, pois a composição e as concentrações utilizadas na solução encontram-se em sigilo de patente. Posteriormente ao tratamento, as sementes foram expostas às colônias de fungos isoladas, e os resultados evidenciaram a eficiência da solução de óleos, erradicando ou inibindo o crescimento dos fungos, demonstrando potencial aumento da longevidade das sementes para aplicação em artesanato (FELIX, 2007).

Matos e Rodrigues (2007) explicam que antes das sementes serem armazenadas, devem ser desinfetadas em uma solução de álcool e água, e posteriormente em água e hipoclorito de sódio, em coerência com o processo apresentado por Felix (2007). Entretanto, os autores acrescentam que os óleos utilizados para proteção contra o desenvolvimento de fungos e outros micro-organismos são os óleos naturais andiroba, copaíba, eucalipto, bálsamo do Canadá ou cedro, que podem ser aplicados às sementes de forma isolada ou em combinações. Os autores, igualmente, não revelam as concentrações. A designer Gabriela Lisbôa conta que as cascas de coco utilizadas em suas biojoias também são tratadas com óleos naturais, enfatizando o uso do óleo de eucalipto, que além de evitar a deterioração, o lubrifica (INFOJOIA, 2012a).

Métodos mais tecnológicos também têm sido utilizados para o aumento da vida útil dos materiais naturais orgânicos. A irradiação gama (fonte isótopo cobalto-60) garante a preservação dos materiais por um período conhecido como “tempo de prateleira” por eliminar os patógenos atrelados a eles – como fungos e bactérias – de acordo com o gemólogo Maurício Favacho, pesquisador do IPEN (Instituto de Pesquisa Energéticas e Nucleares). Ou seja, a técnica elimina qualquer foco de infestação pré-existente que causaria uma consequente deterioração do material. O gemólogo ainda enumera três ações propostas pela radiação gama: (1) esterilização, que elimina os patógenos; (2) polimerização, que aumenta a dureza dos materiais e (3) as modificações, que permitem, inclusive, alterar a cor do material (INFOJOIA, 2012c). A irradiação também tem contribuído com a indústria internacional e nacional de gemas e joias, pois a aplicação de energia nuclear pode ser utilizada para modificação, intensificação ou até mesmo aquisição total de cores em gemas (FAVACHO, 2011).

Os tratamentos de materiais que propõe a utilização de óleos em sementes, por exemplo, garantem o aumento da longevidade em até doze vezes mais que as não tratadas

(MATOS e RODRIGUES, 2007). Já a irradiação gama não atua como uma barreira de proteção quanto aos micro-organismos, uma vez que a técnica garante só a erradicação dos focos de infestação já presentes no material. Desse modo, aparentemente, os tratamentos supracitados não são adequados aos objetivos da presente pesquisa.

2.3.2. Madeira

A madeira é um material que, apesar de muito conhecido e amplamente utilizado, apresenta características que restringem seu emprego. Sobre as madeiras é possível encontrar uma ampla diversidade de estudos científicos que apresentam técnicas de preservação, como a impregnação com polímeros.

O ourives Paulo Tavares desenvolveu um método que utiliza resina e pigmentos orgânicos para realizar a impermeabilização da madeira e para fazer peças que são chamadas por ele de gemas vegetais. Extraídas das árvores das espécies breu branco, jatobá e pinho, as resinas naturais são capazes de fazer o preenchimento dos poros da madeira, deixando-a impermeável, estável quanto às suas dimensões e mantendo sua cor. De acordo com o ourives, os testes comprovaram que o aumento da vida útil de uma joia com madeira, pode ser comparado a de uma pérola (INFOJOIA, 2012b).

Outra proposta de tratamento para madeira é a “troca” da seiva da madeira verde por uma solução que contém elementos preservantes, o que a torna mais resistente a fungos e cupins. O creosoto e o pentaclorofenol são exemplos de produtos empregados, assim como os compostos de vários sais, como os ácidos arsênico, bórico, crômico e sulfatos de cobre e zinco, bicromato de potássio ou sódio, entre outros (INFOJOIA, 2012a).

Contudo, a impregnação com polímeros sintéticos é a técnica mais utilizada em madeiras, a fim de melhorar suas propriedades físicas e prolongar sua vida útil. Para que a impregnação seja possível em um determinado material, é necessária a existência de permeabilidade ou porosidade, que permita a incorporação dos compostos.

2.3.2.1. Impregnação de madeiras

Realizou-se um levantamento de métodos de impregnação polimérica que tinham, dentre outros objetivos, prolongar a vida útil da madeira e melhorar suas propriedades físicas e mecânicas. A madeira é um material natural muito utilizado no setor moveleiro e na construção civil devido à versatilidade com que permite ser aplicada, elevada resistência mecânica, fácil obtenção e trabalhabilidade. Entretanto, sua utilização pode ser restringida por peculiaridades como instabilidade dimensional (ocasionada pela secagem ou pela variação da umidade relativa do ar) e susceptibilidade ao ataque de fungos e insetos (STOLF, 2005). Com isso, técnicas de tratamento da madeira que visam ampliar suas áreas de aplicação, aumentando sua durabilidade, estabilidade dimensional e propriedades mecânicas já foram amplamente estudadas e testadas por pesquisadores.

De acordo com Baysal *et al.* (2007) e Yildiz *et al.* (2005), um dos métodos importantes de tratamento da madeira consiste no preenchimento do lúmen e de sua parede celular com monômeros vinílicos, que podem ser: estireno, cloreto de vinila, acetato de vinila, óxido de etileno, metilmetacrilato, dentre outros. A deposição dessas substâncias nos espaços vazios da madeira, seguida de polimerização, consiste na técnica conhecida como impregnação.

Com a impregnação, o polímero une-se a estrutura da madeira pelo preenchimento dos capilares, vasos e outros espaços vazios, constituindo um compósito (ELVY *et al.*, 1995) chamado compósito polímero-madeira (CPM). Segundo Lima (2006), os compósitos são materiais formados por dois ou mais componentes, resultando em um somatório de distintas propriedades, que conferem um desempenho superior ao que, individualmente, estes materiais não poderiam atingir.

O princípio da impregnação *in situ* dá-se pela aplicação de uma mistura na madeira por métodos de imersão, vácuo e pressão (ou a combinação destes) durante um determinado período de tempo e, posteriormente, pela polimerização deste material por aquecimento ou por técnicas de radiação (KARTAL *et al.*, 2004). A mistura utilizada é geralmente composta de um monômero e um aditivo, este pode ter função catalisadora (iniciador de polimerização), como o peróxido de benzoíla; preventiva contra fungos, como o ácido bórico e o bórax; solvente, para aumentar o volume da madeira, como o metanol; agente de acoplamento, como o vinil-triacetoxissilano, etc (ELVY *et al.*, 1995; HUSAIN *et al.*, 1996; YILDIZ *et al.*, 2005; STOLF, 2005; BAYSAL, *et al.*, 2007).

A impregnação polimérica da madeira é capaz de prevenir as paredes celulares do encolhimento em resposta à perda de umidade e de reduzir os níveis de absorção de água do material, provendo uma eficiência anti-inchamento (ELVY *et al.*, 1995; BAYSAL *et al.*, 2007). Como a umidade é considerada um dos fatores que colaboram para a deterioração da madeira, a impregnação também tem potencial para reduzir a susceptibilidade do material a esse fenômeno (MATHIAS *et al.*, 1991), que pode ocorrer pela ação de micro-organismos, fungos, insetos e cupins (KARTAL *et al.*, 2004). Devido a isso, a maioria dos processos de impregnação utiliza monômeros hidrofóbicos de modo que menos água seja absorvida em condições úmidas (ELVY *et al.*, 1995).

Além disso, métodos de impregnação polimérica apontam aumento significativo nas propriedades mecânicas dos CPMs quando comparados às madeiras não tratadas. A partir do preenchimento dos espaços vazios do material pela adição de monômeros, resistência à compressão, dureza e resistência à abrasão podem ser melhoradas. Com isso, cresce a competitividade estrutural dos compósitos feitos a partir de madeira de baixa densidade (YILDIZ *et al.*, 2005), ampliando as aplicações de materiais com essas características.

Sendo assim, os CPMs apresentam, geralmente, propriedades mecânicas superiores, maior estabilidade dimensional, maior resistência química e à degradação biológica e níveis reduzidos de absorção de água em relação à madeira não impregnada (SCHNEIDER e WITT, 2004). Conforme Yildiz *et al.* (2005), esses compósitos ganham aplicação comercial nos casos em que as melhorias em propriedades físicas específicas podem ser utilizadas como vantagem.

A maioria das pesquisas utiliza na composição da mistura polimérica os monômeros: estireno (ST) e metilmetacrilato (MMA), principalmente por serem substâncias hidrofóbicas e de custo acessível. Os compósitos formados pelo uso conjunto de MMA+ST foram mais eficientes em alguns ensaios do que aqueles constituídos de apenas um monômero (BAYSAL *et al.*, 2007). Já estudos como o de Kartal *et al.* (2004) enfatizam a preservação do material natural e por isso propõem o uso de éter alilglicidílico (AGE), apontado como um potencial monômero para a conservação da madeira.

Os métodos de aplicação da mistura à madeira podem envolver vácuo, pressão ou imersão. A imersão consiste no simples mergulho do material natural no monômero. Porém, em alguns casos, como na pesquisa de Husain *et al.* (1996), a madeira é colocada

previamente em um solvente capaz de inchá-la. Na sequência, o solvente é substituído pelo monômero, o qual vai penetrar na parede celular.

Outras pesquisas (ELVY *et al.*, 1995; YILDIZ *et al.*, 2005; KARTAL *et al.*, 2004) utilizam o método de vácuo seguido de imersão. As amostras são submetidas ao vácuo em uma câmara e, ainda neste sistema, o monômero é inserido. Logo depois o vácuo é retirado e a impregnação prossegue a condições normais de temperatura e pressão (CNTP). Na pesquisa de Stolf (2005), o sistema utilizado envolve vácuo, deposição da mistura e pressão; enquanto que Baysal *et al.* (2007) e alguns ensaios de Husain *et al.* (1996) valem-se da sequência: vácuo, inserção do monômero, seguido novamente de vácuo. Os ensaios que fazem uso de equipamentos são, de modo geral, mais caros. Porém, de acordo com Husain *et al.* (1996), enquanto que as taxas de impregnação alcançam 60% em CNTP após 24h, chegam a 110% durante o mesmo período, sob vácuo.

Antes e após cada ensaio de impregnação as massas das amostras foram mensuradas a fim de definir as taxas de impregnação e de poder compará-las com os resultados obtidos nos ensaios das propriedades físicas, no decorrer do estudo. Vários fatores podem influenciar no alcance de altos níveis de impregnantes: os monômeros, os aditivos, o processo escolhido e as características da madeira. Dentre estas, principalmente a porosidade do material exerce influência nos índices de impregnação e, conseqüentemente, nas propriedades físicas melhoradas por meio do processo (STOLF, 2005). Assim, segundo Elvy *et al.* (1995), madeiras menos densas geralmente apresentam maiores níveis de absorção do monômero.

Passada a etapa da impregnação monomérica, tem-se a polimerização que pode ser feita de duas maneiras: calor ou radiação gama, sendo que este último foi observado apenas na pesquisa de Husain *et al.* (1996), acredita-se que em função dos custos envolvidos no processo. A polimerização feita por calor utiliza iniciadores: compostos que com o aumento da temperatura facilmente se decompõem em radicais livres, sendo um processo mais simples e econômico.

A maioria dos trabalhos faz uso de uma pequena sequência estratégica posterior à impregnação: o excesso de solução nas amostras é limpo com papel toalha e, antes do processo de polimerização, separadamente, as madeiras são enroladas em uma folha de papel alumínio evitando a volatilização do monômero até o momento da cura. Depois de curadas, em alguns trabalhos (ELVY *et al.*, 1995; YILDIZ *et al.*, 2005; HUSAIN, *et al.*, 1996) as

amostras são retiradas dos equipamentos, desembrulhadas e posicionadas novamente no forno com o objetivo de remover o monômero não polimerizado.

As características dos processos apresentados foram agrupadas no Quadro 1, facilitando a observação entre as semelhanças e diferenças nas pesquisas.

Quadro 1 - Resumo dos materiais e processos utilizados na impregnação polimérica de madeiras.

Referência	Madeira	Monômero	Catalisador	Aditivo	Impregnação	Polimerização	Finalização
Stolf (2005)	Eucalyptus grandis e Pinus caribaea var. hondurensis	MMA ST	1,24% Peróxido de benzoíla	-	Vácuo por 30 min; inserção no monômero; seguido de pressão (0,66 MPa)	T= 60° C t= 48h Folha de Al	-
Husain <i>et al.</i> (1996)	Simul (salmalia malabarica)	MMA	-	MeOH como agente de inchamento / 1% Carbamida substituindo uso do vácuo	Vácuo (50 mm Hg) a 70° C por 24h; inserção no monômero; seguido por 24h de vácuo ou 700h de imersão	Radiação gama Saco de polietileno (PE)	Forno 100° C
Baysal <i>et al.</i> (2007)	Pinheiro silvestre (pinus sylvestris L.)	ST MMA ST + MMA (50:50; v:v)	Peróxido de benzoíla	Bórax e ácido bórico como agente conservador (pré-tratamento)/ divinil benzeno como agente de reticulação	Vácuo (760 mm Hg -1) por 30 min; inserção do monômero; vácuo por 30 min	T= 90° C t= 4h Folha de Al	-
Elvy <i>et al.</i> (1995)	Pinheiro radiata (Pinus radiata) e Blackbutt (eucalyptus pilularis)	MMA	Peróxido de benzoíla e Peróxido de lauroílo / acelerador = dimetilnilina (DMA)	Vinil triacetóxisilano como agente de acoplamento (pré-tratamento)	Vácuo (<5mm Hg): seguido por 90 min de imersão em CNTP	T= 70° C t= 5h	Forno 103° C
Yildiz <i>et al.</i> (2005)	Pinheiro-marítimo (Pinus pinaster Ait.) e Álamo (Populus x. euramericana cv.)	ST MMA ST + MMA (65:28; p:p)	2% Peróxido de benzoíla	5% de divinil benzeno como agente de reticulação	Vácuo (<70mm Hg) por 30 min; inserção do monômero; 24h de imersão em CNTP	T= 90° C t= 24h Folha de Al	Forno 103° C
Kartal <i>et al.</i> (2004)	Madeira Sugi (Cryptomeria japonica D. Don)	MMA MMA + AGE (éter alilglicídico) (1:1; v:v)	-	DOT (octaborato dissódico tetrahidradato) como limitador da lixiviação do boro (pré-tratamento)	Vácuo (660 mm Hg) 30 min; seguido de 24h de imersão em CNTP	T= 100° C t= 4h Folha de Al	-

Cabe salientar a importância do uso de aditivos, como por exemplo, nos compósitos preparados na pesquisa de Elvy *et al.* (1995): visando aumentar a adesão do polímero às fibras da madeira, as amostras foram pré-tratadas com o agente de acoplamento vinil-triacetoxissilano, em uma concentração com metanol (MeOH). Utilizaram-se catalisadores e aceleradores que permitem que a polimerização seja iniciada em temperatura ambiente, permitindo, ao contrário dos tradicionais métodos por aquecimento, praticamente nenhuma

perda de monômero. A morfologia das amostras observada por microscopia eletrônica de varredura (MEV) mostra evidente a adesão da mistura às fibras. Além disso, o pré-tratamento com silano influenciou as propriedades mecânicas e a estabilidade dimensional em comparação aos compósitos constituídos somente por madeira e MMA.

2.3.3. Osso

O tratamento de impregnação polimérica de ossos bovinos foi feito por Roese (2009), que utilizou métodos baseados em processos tipicamente empregados em madeiras. O estudo tinha como objetivo desenvolver um compósito com menor absorção de água e consequente inchamento que o osso em seu estado natural. Para tanto, os ensaios da pesquisa envolveram a impregnação do material com o monômero vinílico metilmetacrilato (MMA), avaliando a influência do vácuo, de pressão positiva e distintas concentrações de promotor de difusão (MeOH) na solução impregnante.

Após a impregnação, o material foi polimerizado *in situ* em temperatura de 90°C, utilizando como catalisador o peróxido de benzoíla. Os resultados mostraram que o uso do vácuo, de metanol 20% v:v aceleraram a absorção do MMA pelo osso, gerando assim um maior teor impregnante no compósito.

A partir das referências supracitadas definiram-se as amostras e os métodos a serem empregados na presente pesquisa. Foram utilizados diferentes concentrações de soluções, bem como distintos processos impregnantes para comparar a influência destes na eficiência da impregnação.

Capítulo 3

MATERIAIS E MÉTODOS

O presente capítulo define os materiais e os métodos utilizados na pesquisa. Os métodos englobam a caracterização do porongo bem como os processos impregnantes testados. O fluxograma abaixo (Figura 16) apresenta a sequência das atividades desenvolvidas.

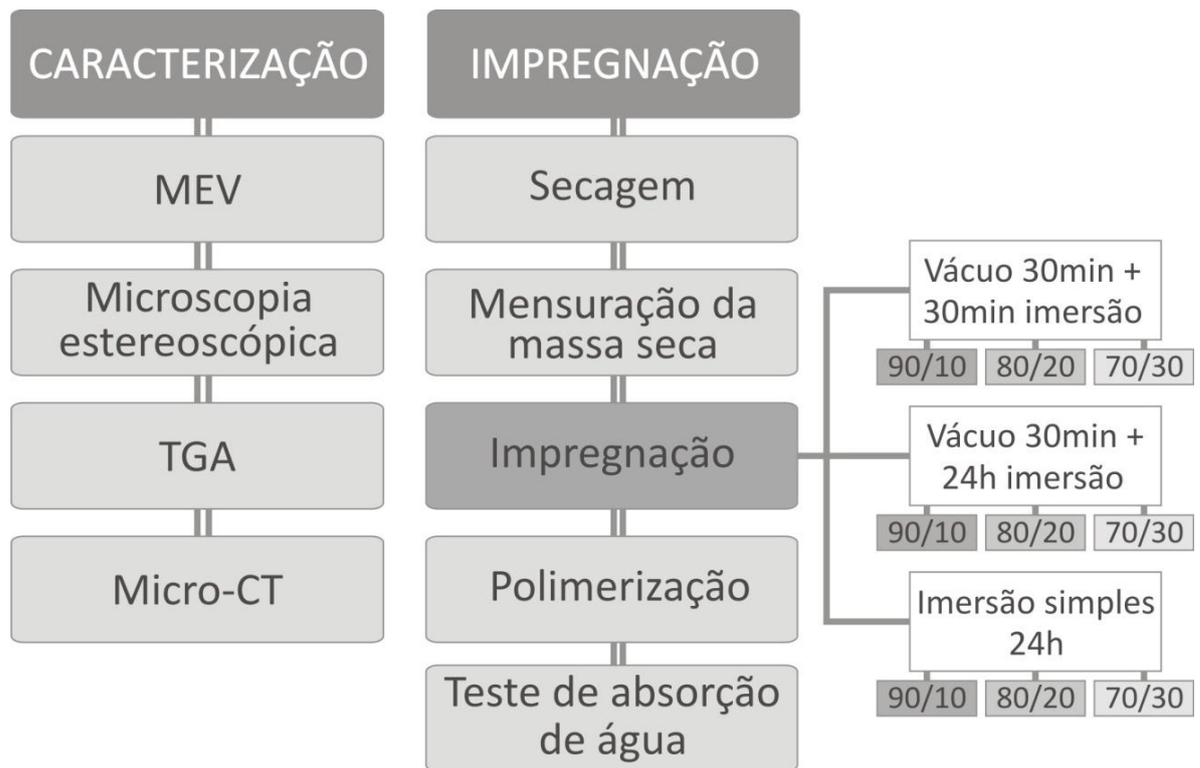


Figura 16 - Fluxograma do método utilizado.

3.1. MATERIAIS

As amostras de porongo utilizadas neste trabalho foram fornecidas pela Fábrica de Cuias Pires, Santa Maria/RS. O material foi extraído da casca do fruto seco por corte a laser, em seções com dimensões aproximadas de 15x15mm. Para o corte utilizou-se o equipamento da marca Automatisa® modelo Mira, do Laboratório de Design e Seleção de Materiais – LdSM/UFRGS. O acabamento foi proporcionado pelo uso de lixas para madeira, numeração 320 e 600.



Figura 17 – Amostras de porongos seccionadas por corte a laser. (A) Frutos secos cortados, (B) seções do porongo (tamanho aproximado 15x15mm) com as bordas escurecidas pela ação do laser e (C) amostras de porongo com as bordas lixadas.

3.2. MÉTODOS DE CARACTERIZAÇÃO

Os métodos a seguir foram empregados na caracterização do porongo visando conhecer sua composição química, macro e microestrutura.

3.2.1. Microscopia eletrônica de varredura (MEV)

Para conhecer as características microestruturais do porongo, foi realizada sua caracterização por microscopia eletrônica de varredura (MEV), visto que essa técnica proporciona a visualização da morfologia dos materiais a partir de amostras sólidas. O sistema MEV permite uma rápida e fácil preparação das amostras, além de ser uma técnica não-destrutiva (DUARTE, *et al.*, 2003). O equipamento utilizado é da marca Hitachi® modelo TM 3000 e está localizado no LdSM/UFRGS. Foram obtidas imagens eletrônicas do tipo BSE

(*backscattered electron*). A aceleração do feixe de elétrons utilizada foi de 15 KeV, e o equipamento opera com aumentos de até 30.000 vezes. As amostras utilizadas nesse procedimento possuíam dimensão aproximada de 10 mm².

3.2.2. Microscopia estereoscópica

A fim de comparar qualitativamente a porosidade entre o interior e camada mais externa da casca do porongo, foi utilizada a microscopia estereoscópica. O equipamento ótico utilizado é da marca Olympus® modelo SZX16, localizado no LdSM – UFRGS. O microscópio possui uma lente com abertura numérica máxima (N.A) de 0.30, gerando uma resolução de 900 pares de linhas por milímetro. A visualização e análise das imagens geradas são feitas pelo *software* AnalySIS Starter®. As amostras utilizadas nesse procedimento possuíam dimensão aproximada de 10 mm².

3.2.3. Análise termogravimétrica

A termogravimetria é uma técnica na qual a mudança da massa de uma amostra é medida em função da temperatura, enquanto submetida a uma programação controlada. A partir dos dados gerados, a percentagem de perda de massa e a temperatura são exibidos em função do tempo. A análise é desenvolvida em um programa de aquecimento controlado de 30 a 1000 °C, com uma taxa de aquecimento de 20 °C/min e a atmosfera de O₂ a 99,9%. O equipamento utilizado é da marca Mettler-Toledo®, modelo SDTA 851e, localizado no Laboratório de Materiais Cerâmicos (LACER) - UFRGS.

3.2.4. Microtomografia computadorizada

A micro-CT trata-se de uma tomografia computadorizada de alta resolução, sendo um avanço nas técnicas de inspeção por raios X por ser um procedimento não destrutivo e que não necessita de tratamento prévio das amostras. Essa tecnologia mede as diferenças de densidade do material (FERNANDES *et al.*, 2009) e permite a análise de centenas de seções microtomográficas, a visualização tridimensional interna das amostras, além de quantificações automatizadas de área e/ou volume. Além disso, a partir da análise por micro-CT são fornecidos dados qualitativos e quantitativos relacionados à tamanho,

formato, distribuição, área, volume e conexão entre os poros, em microescala (REIS NETO *et al.*, 2011). Desse modo, a técnica permite a caracterização micromorfológica do porongo, apresentando uma estimativa percentual da porosidade total, aberta (permeabilidade) e fechada.

A microtomografia foi desenvolvida em equipamento da *SkyScan*, modelo 1172, no Laboratório de Análise de Minerais e Rochas do Departamento de Geologia da Universidade Federal do Paraná – UFPR (Figura 18). O micro-CT é composto de: (1) uma fonte de raios X de 20-100kV com potência máxima de 10W, (2) um porta amostra com sistema de rotação de 360° e (3) um detector de raios X que consiste em uma câmera de 11 megapixels (4000 x 2300) com CCD (*charge couple device*/ dispositivo de carga acoplado) de 12 bits e cintilador por fibra ótica. Esse equipamento permite o escaneamento de objetos de até 50mm de diâmetro, com detecção de detalhes <0.8µm na maior resolução (SKYSCAN, 2013 e REIS NETO *et al.*, 2011).

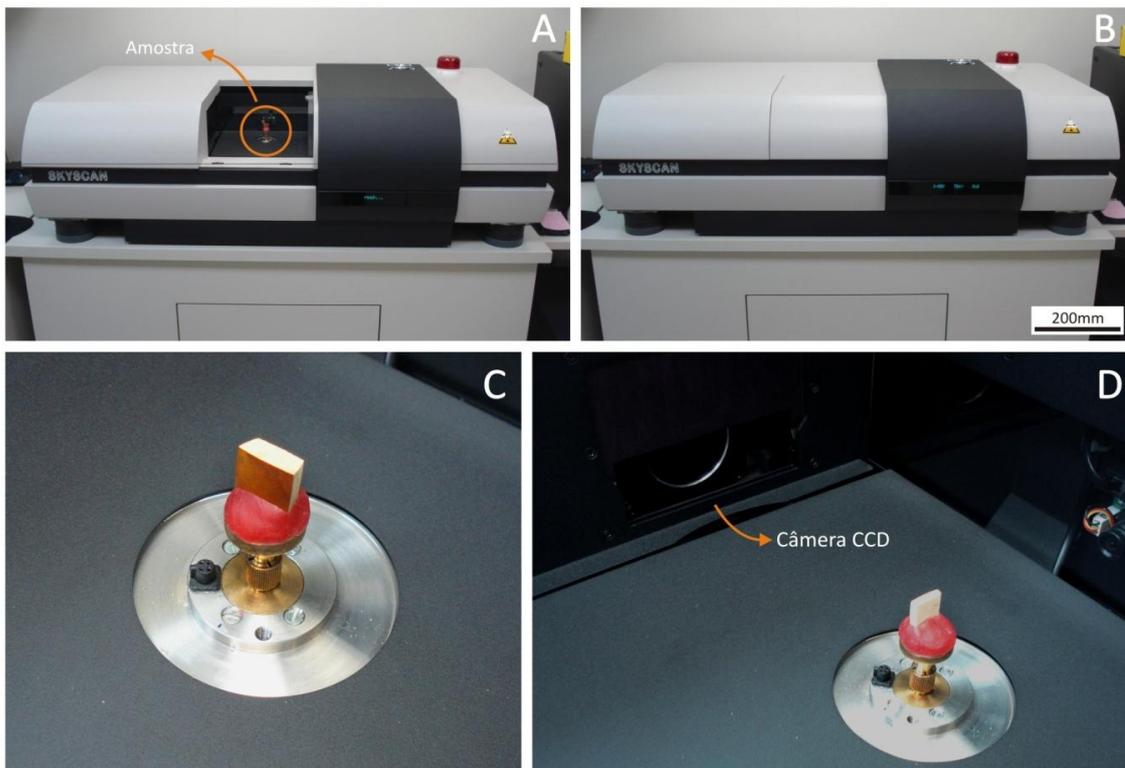


Figura 18 – Microtomógrafo da *SkyScan*, modelo 1172, no Laboratório de de Análise de Minerais e Rochas da UFPR. (A) Equipamento com o compartimento de amostras aberto e (B) fechado; (C) porta amostra com exemplar de porongo (15x15mm) fixado por massa de modelar e (D) detalhe da câmera CCD que detecta as projeções.

O esquema da análise microtomográfica até ao resultado é apresentado na Figura 19. A análise pode ser dividida em quatro etapas: (1) a aquisição das imagens de raios X no microtomógrafo, (2) reconstituição das seções microtomográficas, (3) seleção da região de interesse para binarização e posterior análise dos dados, (4) construção do volume virtual 3D (FERNANDES *et al.*, 2009). Estas etapas são descritas a seguir.

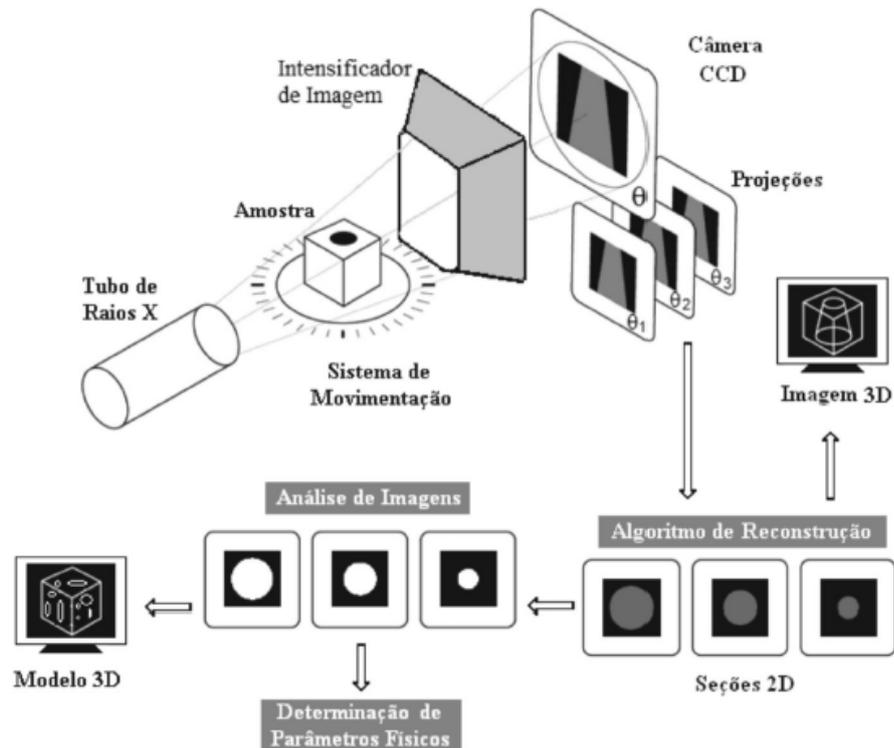


Figura 19 - Esquema de uma análise por microtomografia computadorizada. Fonte: FERNANDES *et al.*, 2009.

3.2.4.1. Aquisição e reconstituição das seções

A aquisição das imagens é a única etapa realizada no microtomógrafo, sendo o tempo do processo extremamente variável (de minutos a horas), dependendo do tamanho das amostras e dos parâmetros escolhidos. No presente trabalho foi utilizada a resolução de aproximadamente $5\mu\text{m}$, sendo este valor atribuído ao tamanho de pixel, resultando em um tempo de aquisição de aproximadamente 1 hora e 30 minutos. O processo é comandado pelo software *Skyscan 1172 Control Program*.

A primeira etapa consiste na rotação da amostra (Fig. 20A) em 360° com movimentos randomizados, nos quais são adquiridas projeções bidimensionais, paralelas ao eixo vertical da amostra (Fig. 20B), a cada passo de rotação de 0,27 graus. Para aquisição das imagens foi utilizado um *cluster* com quatros computadores, com 4 gigabytes de memória RAM cada. O resultado desta etapa gerou centenas de arquivos em formato TIFF. Na sequência, foi realizada a segunda etapa que consiste na reconstituição das seções microtomográficas adquiridas, ou seja, os arquivos foram “reorganizados” a fim de gerarem fatias horizontais na amostra (Fig. 20C). A reconstituição é feita pelo *software* NRecon, baseado em um algorítmico matemático. Esse processo durou cerca de 1 hora e seu resultado gerou em média 2000 fatias (arquivos .BMP em escala de cinza) para cada amostra.

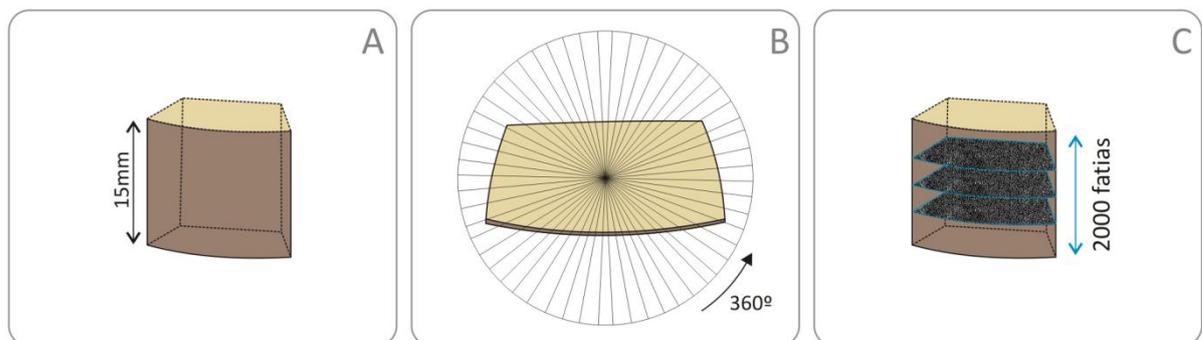


Figura 20 - Processo de aquisição de imagens e reconstituição das seções tomográficas em fatias da amostra. (A) exemplo de amostra; (B) esquema do sentido da aquisição das seções tomográficas e (C) posição das fatias na amostra.

Todo o trabalho de reconstituição foi processado no *cluster* (grupo) de computadores do Laboratório de Análise de Minerais e Rochas da UFPR, uma vez que os arquivos de fatias são muito pesados, podendo somar 30Gb para cada amostra de porongo. Na próxima etapa, foi realizada a seleção de uma região de interesse (ROI) em conjunto formado por um número *x* de fatias, a fim de diminuir o tamanho dos arquivos facilitando a continuidade do processamento das análises.

3.2.4.2. Seleção da ROI (*Region of interest*), binarização, análises 3D e construção do volume virtual 3D

A partir das imagens em escala de cinza das fatias em 2D foi realizada a escolha da região de interesse (ROI) utilizado o *software* da SkyScan: CTAnalyser – CTAn. Todas as fatias

de uma amostra foram abertas no programa e uma sequência de 300 fatias foi escolhida entre as 2000 reconstituídas (Fig. 21A). Neste recorte foi realizada uma nova seleção retangular de 4000 μ m de altura e 1500 μ m de largura (Fig. 21B), padrão utilizado em todas as amostras apenas variando o posicionamento do retângulo conforme interesse. Com a escolha da ROI de 300 fatias (sendo cada fatia de 5 μ m devido à resolução), foi formado um paralelepípedo de 4000x1500x1500 μ m a partir de cada amostra, a fim de gerar o volume virtual 3D da região escolhida (Fig. 21C).

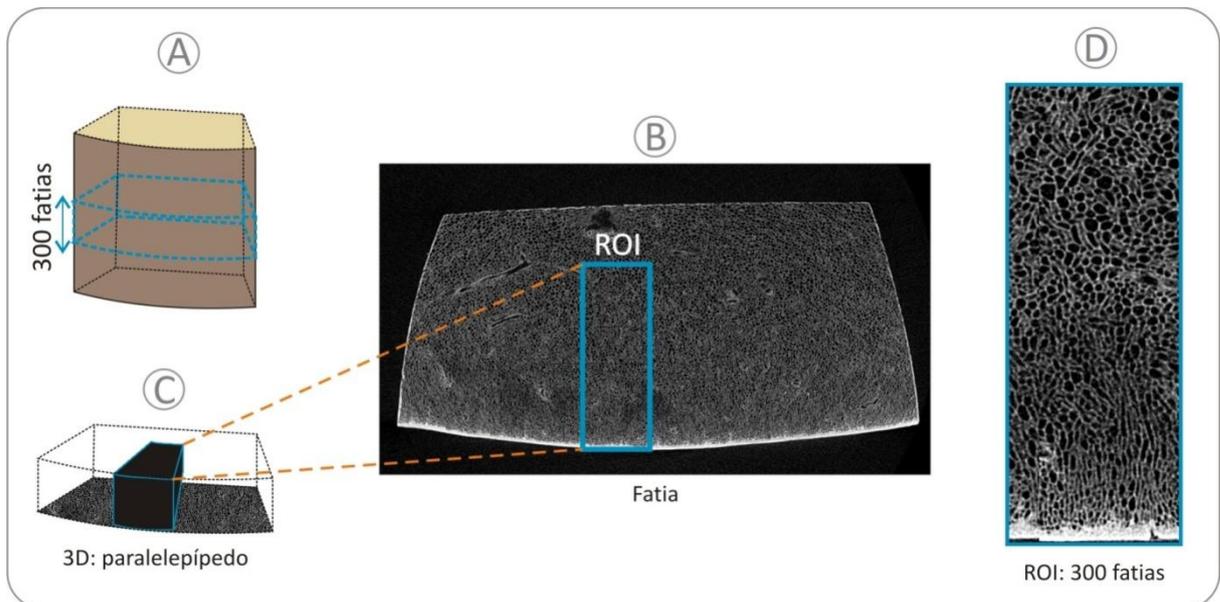


Figura 21 - Seleção da ROI. (A) possível seleção das 300 fatias da ROI; (B) possível posicionamento do retângulo de seleção e (C) paralelepípedo do volume da ROI e (D) exemplo de uma fatia da ROI.

Com a seleção pronta, parte-se para binarização que também foi realizada no *software* da *SkyScan: CTAnalyser – CTAn*. O processo é baseado em uma escala de cinza que varia de 0 a 255 tons. A binarização é utilizada para definir as diferentes fases do material analisado, e a partir disso gerar um arquivo com o volume de cada porção. No caso do porongo, a divisão foi realizada em duas fases: uma sólida e outra porosa. O processo de binarização ocorre por comparação da imagem 2D da fatia com a figura binarizada, selecionando em branco o que é o volume do sólido (Figura 22) e, depois, em um segundo arquivo, o que representa o volume dos poros.

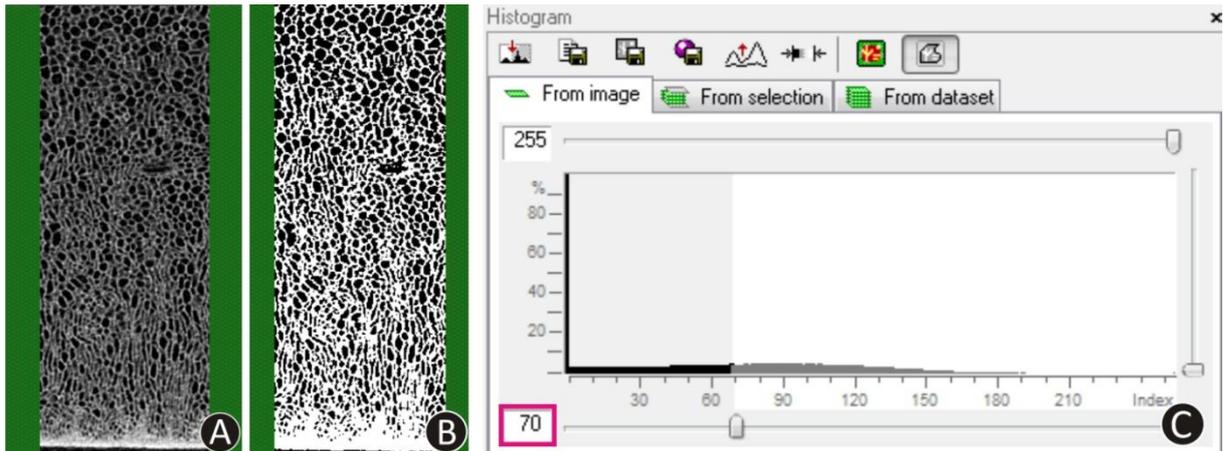


Figura 22 - Processo de binarização no software CTan. (A) Fatia da ROI após reconstrução, (B) fatia da ROI binarizada em 70 tons, conforme mostra a (C) janela do *software CTan* para ajuste do histograma com detalhe (quadrado rosa) do valor escolhido para a escala de tons de cinza.

É importante salientar que a definição do que é poro ou sólido é do pesquisador e que, em alguns casos, é necessário fazer uma compensação para que alguns poros não sejam extintos, enquanto outros tornem-se abertos. Por exemplo, na Figura 23 é apresentada a fatia 989 da amostra A1 (A), na qual a binarização com 115 tons (Fig. 23B) define todos os poros da região inferior da ROI, porém não contorna os poros da parte superior, uma vez que rompe as linhas de conexão dos mesmos. Já com a simulação em 75 tons (Fig. 23C) ocorre uma compensação: na parte inferior alguns pequenos poros desapareceram, porém a parte superior representa de modo mais fiel a imagem de comparação (Fig. 23A). A definição de 75 tons para esta fatia não significa que o padrão foi utilizado para as demais amostras analisadas, ou seja, o valor variou de acordo com a necessidade de compensação entre as fases sólida e porosa.

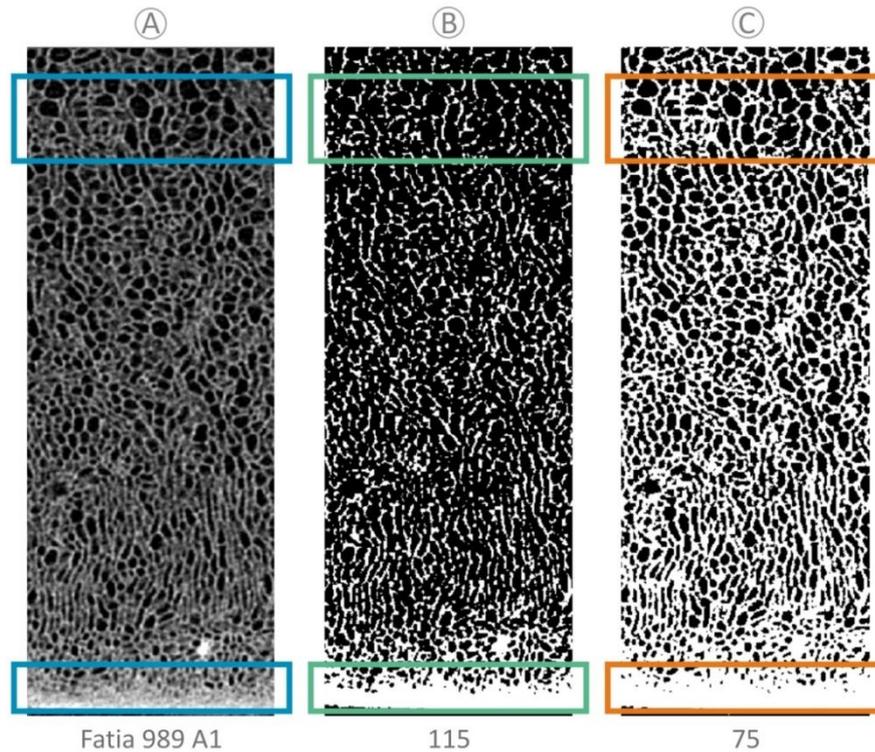


Figura 23 - Amostra e exemplos possíveis binarizações no *software CTan*. (A) Fatia da amostra A1; (B) binarização em 115 e (C) 75 em uma escala de 0 a 255. Os detalhes retangulares indicam as áreas a serem compensadas na binarização para representar mais fielmente a porosidade nas partes superiores e inferiores da ROI.

A binarização definida pela comparação a partir da fatia 2D é aplicada a todas as fatias da ROI. Essa seleção das fases permite a construção e a análise tridimensional de cada amostra. Ambas foram processadas no *software CTan*, sendo que a última gerou informações quantitativas como, por exemplo, número, volume, área e perímetro das porosidades total, aberta e fechada do porongo.

3.2.4.3. Construção do volume virtual 3D

Ainda no *software Ctan* foram gerados dois arquivos com os modelos 3D (extensão PG3) para cada amostra que, baseados na binarização, dividiram o volume dos poros e do sólido. Estes arquivos foram abertos no *software CTVol* que permitiu desenvolver a apresentação qualitativa dos dados por meio da atribuição de cores e alterações de posicionamento nos volumes das amostras.

Por fim, destaca-se que todos os processos da microtomografia dependem do objetivo da análise e exigem conhecimento prévio das amostras para obtenção de melhores interpretações. Os resultados constituem tabelas em extensão TXT, imagens bidimensionais e tridimensionais em formatos JPG, TIFF e BMP.

3.3. MÉTODOS PARA TRATAMENTO

Os métodos apresentados a seguir referem-se aos procedimentos utilizados no tratamento do porongo, bem como ao teste de absorção de água posterior à impregnação.

3.3.1. Secagem das amostras de porongo

Antes de qualquer experimento de tratamento, as amostras de porongo foram colocadas em uma mufla por 12h a 90°C para secagem. Desse modo, foi eliminada a umidade do material que poderia interferir no tratamento. O forno utilizado é da marca Zezimaq, modelo 2004, com potência de 4400W, pertencente ao Núcleo de Prototipagem (NUPROM) do Laboratório de Estudos Tridimensionais – Labetri/UFSM.

3.3.2. Ensaios preliminares de impregnação

Nos ensaios preliminares de impregnação foram utilizados dois tipos de materiais: resina poliéster (fabricante desconhecido) e a goma laca incolor da marca Corfix® composta de resina à base de poliacetato de vinila e solventes. No processo com resina poliéster a amostra (Figura 24) foi imersa em resina poliéster por 5min e deixada secar a sombra. O intuito deste teste foi avaliar qualitativamente o modo de recobrimento e secagem do líquido sobre o porongo. A resina cobriu a amostra de modo irregular, pois devido a sua viscosidade o líquido escorreu da superfície. Além disso, a partir de um corte efetuado no porongo (Fig. 24B) foi possível observar que a resina não impregnou no material, gerando apenas uma fina camada. Com isso, foi possível determinar que a viscosidade do líquido para impregnação deve ser menor que o da resina poliéster, a fim de escoar com maior facilidade para o interior do material.

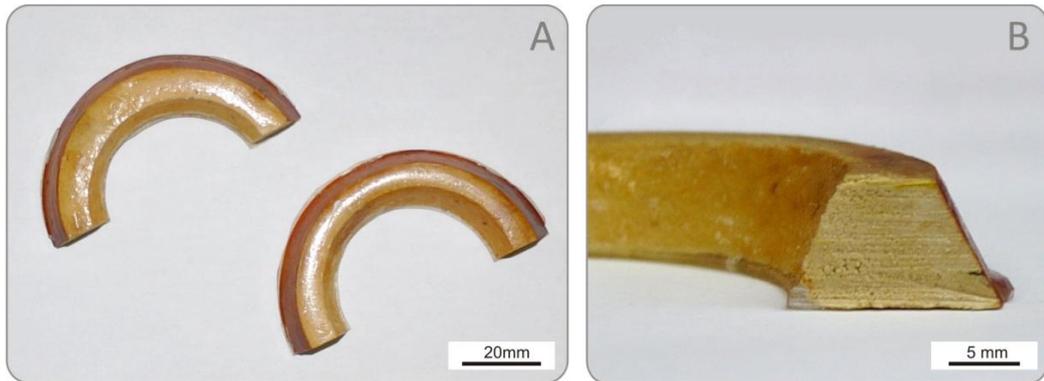


Figura 24 - Resultado do teste de imersão em resina poliéster. (A) Amostra cortada após a secagem da resina e (B) detalhe da parte interna da amostra não apresentando sinais de impregnação.

O segundo ensaio foi realizado com a goma laca incolor, no qual as amostras imersas no líquido foram submetidas ao vácuo. O teste serviu para avaliar o desempenho da goma laca como impregnante, bem como a capacidade de vácuo do equipamento disponível. O sistema utilizado nesta impregnação foi composto por uma bomba de vácuo da marca Fisatom®, modelo 820 (com capacidade de carga de -1 kgf/cm^2 a 2 kgf/cm^2) e uma câmara dotada de manovacuômetro analógico marca Salvi® (com capacidade de carga de -1 kgf/cm^2 a 3 kgf/cm^2) (Figura 25), pertencentes ao LdSM/UFRGS.



Figura 25 – Equipamento para pré-teste de impregnação. (A) bomba de vácuo e pressão e (B) câmara dotada de (C) manovacuômetro.

Nestes ensaios foram utilizados três processos distintos: (1) vácuo por 30min, com inserção do líquido na câmara seguida de mais 2h de vácuo, (2) vácuo por 24h e (3) imersão simples por 24h. O vácuo utilizado foi sempre de $0,75 \text{ kgf/cm}^2$. A Figura 26A apresenta as amostras em imersão simples, enquanto que a Figura 26B mostra a câmara na qual foram realizados os processos a vácuo. Em todas as situações de impregnação, a goma laca foi utilizada em quantia suficiente para cobrir as amostras.

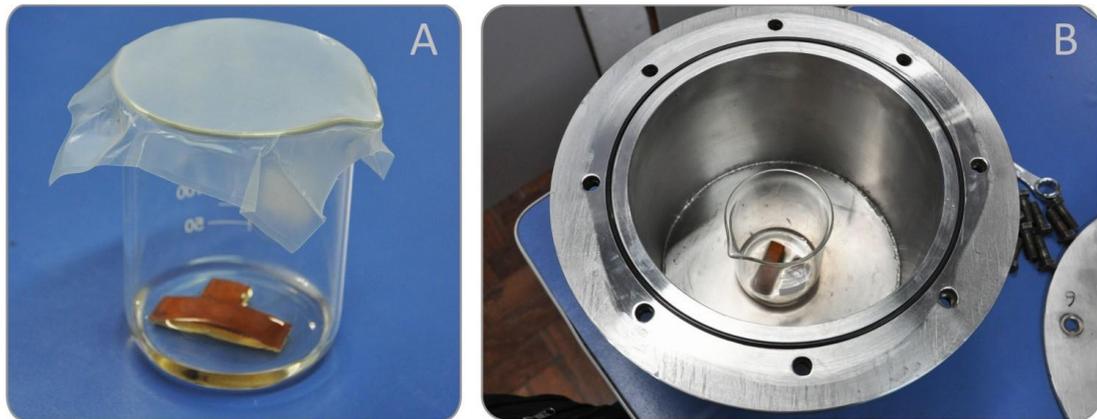


Figura 26 - Amostras sendo impregnadas por (A) imersão simples e (B) amostras no interior da câmara, antes de ser lacrada e submetida ao vácuo.

Foram utilizadas amostras de duas dimensões: 45x15mm e 15x15mm, sendo duas amostras para cada tipo de método de impregnação. A massa seca foi mensurada antes da impregnação e o ganho de massa logo após o processo, sendo que o excesso de goma laca foi retirado das amostras com o auxílio de papel toalha.

Estes ensaios preliminares indicam que o vácuo de $0,75 \text{ kgf/cm}^2$ foi suficiente para potencializar a absorção do impregnante, em relação às amostras submetidas à imersão simples. Entretanto, os resultados desta impregnação não serão discutidos neste trabalho, uma vez que a utilização da goma laca não mostrou-se eficiente para a pesquisa por dois fatores: (1) ao ser impregnado o material confere ao porongo um aspecto vernizado, descaracterizando-o esteticamente e (2) a goma laca se danifica em contato com a água, descascando a camada superficial criada na impregnação.

Com isso, optou-se por utilizar monômeros, como já descrito, previamente impregnados em materiais naturais, como a madeira; e direcionar a pesquisa de modo a avaliar diferentes concentrações de soluções de materiais hidrofóbicos e a eficiência de métodos de impregnação por imersão simples e à vácuo. Desse modo, na sequência são apresentados os materiais e procedimentos implementados na impregnação de resinas poliméricas no porongo.

3.3.3. Métodos de impregnação polimérica

O método utilizado neste trabalho foi a impregnação *in situ*, que consiste na inserção de substâncias nos espaços vazios do porongo, seguida de polimerização por aquecimento. Como material principal da mistura a ser impregnada foi escolhido o monômero vinílico

metilmetacrilato (MMA), por ser de custo acessível, hidrofóbico e já ter sido utilizado por outros pesquisadores (Stolf, 2005; Husain *et al.*, 1996; Baysal *et al.*, 2007; Elvy *et al.*, 1995); Yildiz *et al.*, 2005; Kartal *et al.*, 2004; Roese, 2009). Como aditivo na mistura, utilizou-se o metanol (MeOH) com a finalidade de promotor de difusão, responsável por auxiliar na dispersão do monômero nos poros da amostra. Completando a solução a ser impregnada, tem-se o peróxido de benzoíla (PBO) como catalisador, para acelerar o processo de polimerização. O investimento realizado na pesquisa é apresentado na Tabela 1.

Tabela 1 - Investimento em materiais.

Quantidade	Produto	Valor comercial aproximado
1L	Metilmetacrilato \geq 98.5% (Aldrich)	R\$ 230,00
1L	Metanol (Dinâmica)	R\$ 9,00
500g	Peróxido de benzoíla P.A. (Dinâmica)	R\$ 73,00

A fim de avaliar a influência do promotor de difusão na impregnação da mistura foram testadas três concentrações de solução impregnante. Para todos os testes foram utilizados 50mL de mistura, considerando os líquidos MMA e MeOH. Uma das concentrações definidas foi, por exemplo, 70% de MMA+ 30% de MeOH, ou seja, 35mL de MMA+ 15mL de MeOH. As demais concentrações são apresentadas na Tabela 2.

Já a quantidade de catalisador (peróxido de benzoíla) na solução utilizada foi 2% em relação à massa do MMA (YILDIZ *et al.*, 2005). Entretanto, o PBO foi utilizado em pó e tornou-se necessário avaliar a equivalência em massa do MMA. Desse modo, baseado na densidade do MMA (0,936 g/mL) e por regra de três simples, definiu-se que 35mL, seriam equivalentes a 32,7g de MMA. A partir disso, concluiu-se que os 2% de PBO para mistura 70/30 significavam 0,65g. O mesmo cálculo foi realizado para as demais concentrações e a quantidade de PBO para cada solução também é apresentada na Tabela 2.

Tabela 2 - Quantidades de soluto (MMA), solvente (MeOH) e catalisador (PBO) para a solução impregnante.

Concentrações	MMA	MeOH	PBO
MMA 90% MeOH 10% PBO 2%	45mL	5mL	0,84g
MMA 80% MeOH 20% PBO 2%	40mL	10mL	0,74g
MMA 70% MeOH 30% PBO 2%	35mL	15mL	0,65g

As condições de impregnação definidas para teste foram três: (1) **imersão simples**; (2) **30 min de vácuo + 30 min de imersão** e (3) **30 min de vácuo + 24h de imersão**. A partir do ensaio de distintos métodos pretendeu-se avaliar a influência de vácuo na eficiência da impregnação, bem como o tempo de imersão posterior ao vácuo. Pesquisas como a de ELVY *et al.* (1995); YILDIZ *et al.* (2005); KARTAL *et al.* (2004) já utilizaram o método de vácuo seguido de imersão. Nesse processo, as amostras são submetidas ao vácuo em uma câmara e, ainda neste sistema, o monômero é inserido por meio de um funil. Logo depois o vácuo é retirado e a impregnação prossegue a condições normais de temperatura e pressão (CNTP). Quanto ao teste de imersão simples, definiu-se um período de 192h, com a intenção de avaliar se os mesmos índices de impregnação conseguiriam ser alcançados sem o uso do vácuo, porém com o aumento do tempo de imersão das amostras na solução.

Desse modo, as três condições de impregnação foram ensaiadas utilizando as diferentes concentrações de solução definidas para MMA/MeOH: 70/30; 80/20 e 90/10, conforme Tabela 3, resultando em um total de nove testes.

Tabela 3 - Métodos de impregnação utilizados.

		Concentração da solução MMA/MeOH		
Método	vácuo 30min + imersão 30min	70/30	80/20	90/10
	vácuo 30min + imersão 24h	70/30	80/20	90/10
	imersão 24h	70/30	80/20	90/10

Para realização dos experimentos de impregnação sobvácuo foi adaptado um funil ao sistema geralmente utilizado na indústria joalheira para remover bolhas de ar do gesso no processo de fundição por cera perdida (Figura 27). Assim, o monômero foi colocado dentro do funil, ligou-se a bomba de vácuo (já com as amostras secas no interior da câmara dentro de um béquer), e por meio de uma válvula liberou-se o conteúdo do funil sobre as amostras. O vácuo utilizado foi de -760mmHg em uma bomba da marca Zezimaq, modelo 2000, potência de 2500W pertencente ao Núcleo de Prototipagem (NUPROM) do Laboratório de Estudos Tridimensionais – LABETRI/UFSC.



Figura 27 - Bomba a vácuo com funil adaptado.

Para cada condição de impregnação foram ensaiadas 6 amostras, totalizando 54 exemplares (Figura 28). Cada grupo de amostras foi assinalado, do 1 ao 6, com um pequeno corte na casca, facilitando a identificação de uma mesma peça a ser pesada, para avaliar a impregnação.



Figura 28 – Conjunto de amostras ensaiadas por impregnação a diferentes concentrações, os pequenos cortes foram utilizados para numerar amostras.

3.3.4. Polimerização

Após os ensaios de impregnação, as amostras foram enxugadas levemente por papel toalha para retirar o excesso de solução impregnante. Posteriormente, as massas foram medidas em balança de precisão e cada amostra foi envolta individualmente por uma folha

de papel alumínio e levada ao forno por 4 horas a 90°C para ocorrer a polimerização. A mufla utilizada foi a mesma do processo de secagem. Ao final do primeiro teste de impregnação, percebeu-se que as regiões que ficavam em contato com o papel alumínio proporcionavam um acúmulo de material polimerizado (Figura 29A). Desse modo, dobrou-se uma chapa metálica, conforme Fig. 29B, para que o material do envoltório não se aproximasse do topo da amostra. Com isso, o primeiro teste precisou ser refeito para obter resultados passíveis de comparação.

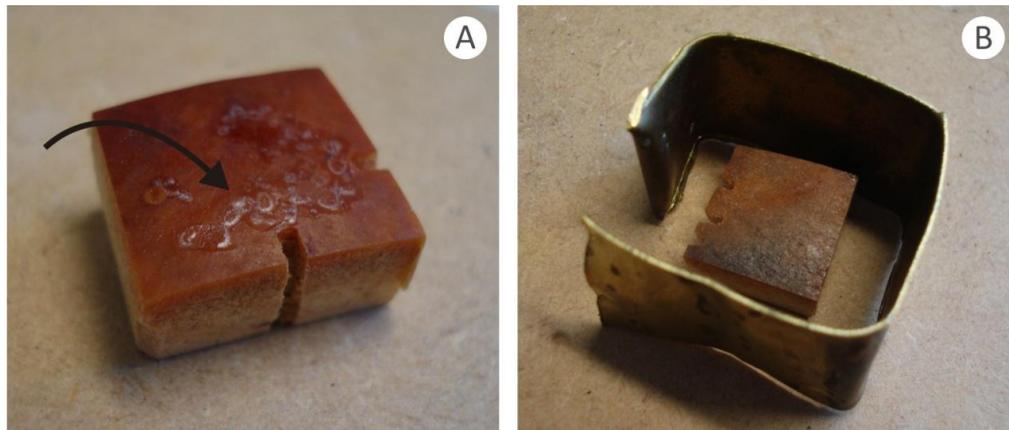


Figura 29 - Amostras de porongo após polimerização. (A) Amostra com excesso de polimerização (seta) e (B) estrutura metálica para evitar o contato com o papel alumínio.

3.3.5. Avaliação dos níveis de impregnação

Os níveis de impregnação foram avaliados pelo ganho de massa em relação à amostra seca. Para tanto, nos ensaios de impregnação 30min vácuo + 30min imersão e 30min vácuo + 24h imersão, as massas foram mensuradas nos seguintes momentos: massa após secagem, massa ao fim da impregnação e massa após polimerização (4h forno).

Já nos ensaios de imersão simples, as mensurações ocorreram nos estágios: massa seca, massa impregnada por 1h, 8h, 24h e após este período, a cada 24h por mais sete vezes, totalizando 192h de imersão. Por fim, a massa após polimerização (4 horas a 90 °C em mufla) foi mensurada. Para todas as mensurações de massa foi utilizada uma balança digital de precisão da marca Sartorius, modelo BP 1200, com precisão de 0,01g, pertencente ao Departamento de Química Analítica da UFSM. Com as massas avaliadas em todos os períodos da impregnação, fez-se o cálculo do ganho de massa (ou carga impregnada), determinando-o conforme a equação:

$$\%CI = \frac{m_f - m_i}{m_i} \times 100$$

Onde: m_f é a massa final impregnada e o m_i é a massa inicial ou massa seca.

O mesmo cálculo foi utilizado para determinar a massa que ficou impregnada após a polimerização. Os dados dessa curva de impregnação para cada método e amostra foram analisados no *software Microsoft Office Excel 2007*, a partir do qual foram gerados os gráficos da variação de massa em função do tempo.

Além disso, a fim de analisar estatisticamente os dados do presente estudo, submeteu-se a amostragem ao teste de suposição de normalidade (KLINE, 1998). Para verificar se os dados apresentavam distribuição normal, montou-se uma tabela no *software SPSS 20.0 (Statistical Package for Social Sciences)* a fim de analisá-los. Hair *et al.* (2005) destacam que a premissa de uma análise estatística multivariada (aquela que leva mais de 1 variável em consideração) leva em conta que, se os dados estiverem longe da distribuição normal, os testes estatísticos são inválidos. Para tanto, foram avaliados as medidas de assimetria e curtose. Segundo Kline (1998), os valores de assimetria (*skewness*) devem ser menores que 3 e, de curtose (*kurtosis*), menores que 8.

Na sequência, foi feita uma análise de variância (ANOVA – *Analysis of Variance*) que é um teste estatístico aplicado para verificar se há diferença estatística das médias entre dois ou mais grupos (HAIR *et al.*, 2005). Trata-se de uma técnica estatística paramétrica, ou seja, utilizada quando os dados de pesquisa atendem à suposição da distribuição normal (HAIR *et al.*, 2005), conforme supracitado.

No caso do presente estudo, utilizou-se a ANOVA a fim de verificar se havia diferença significativa entre as médias da massa seca, impregnada e polimerizada conforme os tipos de soluções utilizadas. Ou seja, averiguar se realmente as médias de massa encontradas nas amostras das soluções 70/30 ou 80/20 ou 90/10 nos diferentes métodos submetidos possuem diferença estatística significativa. Justifica-se, desse modo também, o uso da ANOVA visto que nesta pesquisa havia 3 grupos a serem identificados (os três tipos de concentrações de solução: 70/30; 80/20 e 90/10). A análise de variância foi realizada com o auxílio do *software Microsoft Office Excel 2007*.

3.4. TESTE DE ABSORÇÃO DE ÁGUA

Imergir as amostras de porongo tratadas em água não se caracteriza como uma satisfatória simulação do comportamento do material quando aplicado em uma biojoia. Entretanto, o teste de absorção de água foi definido para avaliar quantitativamente a eficiência dos métodos de impregnação polimérica aos quais as amostras de porongo foram submetidas, uma vez que a umidade é considerada um dos fatores que colaboram para a deterioração de materiais naturais (MATHIAS *et al.*, 1991).

Neste procedimento, as amostras foram totalmente cobertas com água destilada (50mL) no interior de um béquer. Utilizou-se um recipiente para cada grupo de 6 amostras que foi submetido a uma mesma condição de impregnação. Além dessas, também foram testadas nesse processo mais seis amostras de porongo natural (sem tratamento), a fim de comparar sua capacidade de absorção em relação às amostras tratadas.

Os dados da curva de absorção de água para cada método foram analisados no *software Microsoft Office Excel 2007*, a partir do qual foram gerados os gráficos da variação de massa em função do tempo.

Capítulo 4

RESULTADOS

Nesta etapa serão apresentados os resultados obtidos na caracterização do porongo por microscopia eletrônica de varredura, microscopia estereoscópica, análise termogravimétrica, tomografia e microtomografia, bem como os resultados dos ensaios de impregnação e absorção de água.

4.1. CARACTERIZAÇÃO DO PORONGO

4.1.1. Caracterização da macro e da microestrutura

A caracterização por microscopia estereoscópica de uma fatia do porongo permite observar que o material possui uma fina camada externa aparentemente mais densa (indicada pela seta na Fig. 30A). Provavelmente, é esta característica que possibilita o uso do porongo como recipiente, sendo sua camada mais externa impermeável, enquanto que as porções interiores do material possuem espaços vazios e significativa porosidade (Fig. 30B).

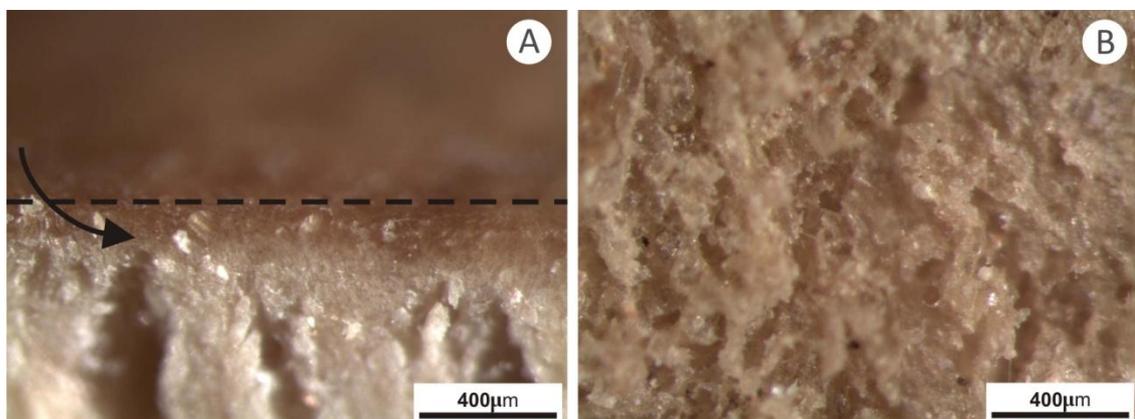


Figura 30 - Comparação da morfologia interna do porongo. (A) Camada mais externa, de cor mais escura onde a linha pontilhada indica a borda da fatia de porongo, vista lateralmente e (B) interior poroso do fruto.

A caracterização do material ao MEV possibilitou a análise das superfícies externa, interna e laterais da amostra, antes de receberem o acabamento com a lixa (Figura 31).

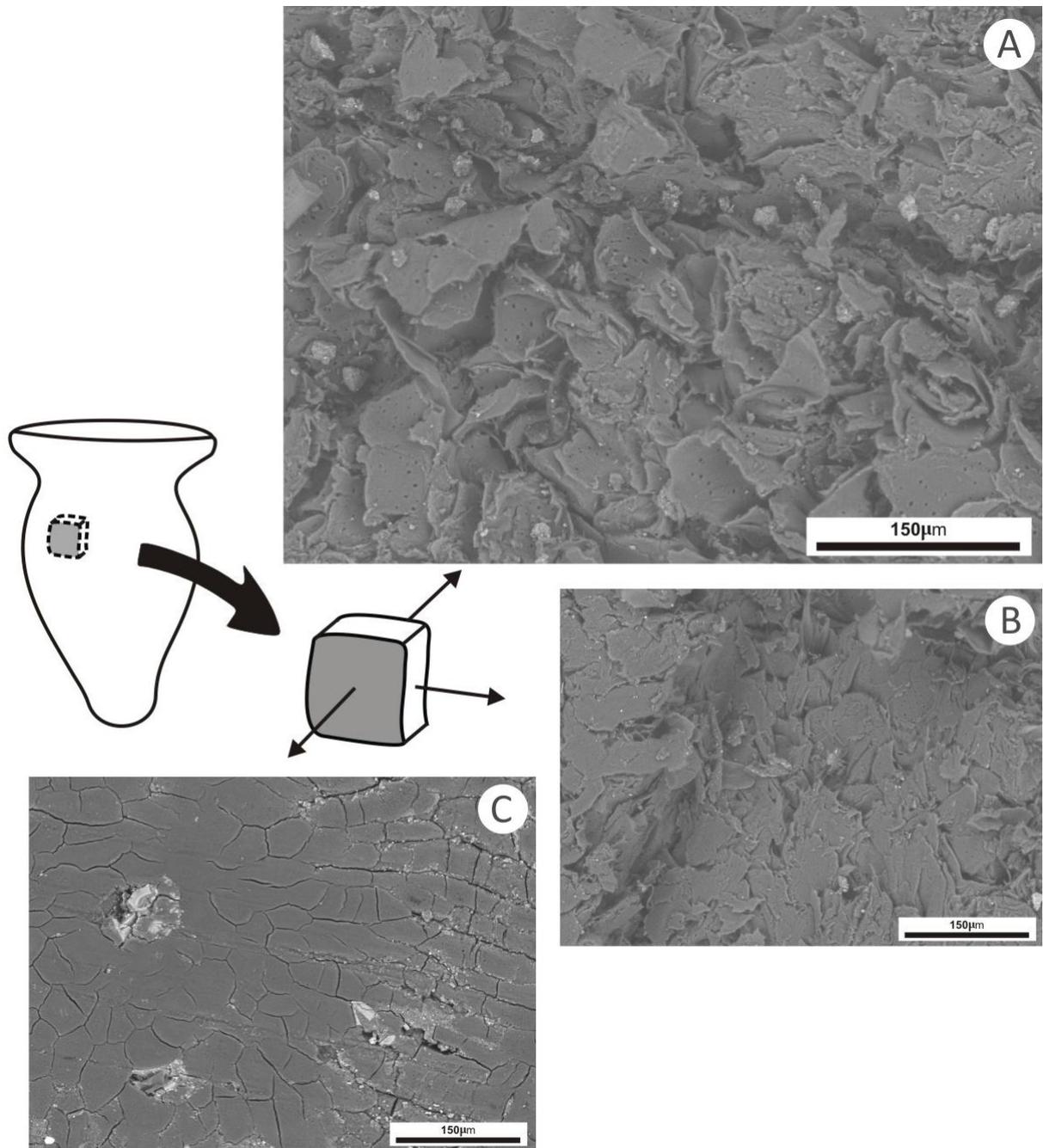


Figura 31 - Croqui esquemático do porongo com a localização espacial das amostras e imagens eletrônicas de varredura (BSE) obtidas por MEV de amostra de porongo para três faces distintas: (A) superfície interna do porongo, onde pode-se observar as finas paredes das cavidades (B) superfície lateral e (C) superfície externa, de morfologia mais lisa e homogênea.

Pelas imagens obtidas, pode-se observar que a casca do porongo (Fig. 31C) possui uma superfície que apresenta uniformidade em sua estrutura. Diferente das demais, essa é mais homogênea e possui pequenas rachaduras, provavelmente responsáveis pela textura da

casca. Quanto às camadas internas e laterais (Figs. 31A, B), observa-se uma irregularidade tanto de formatos quanto de relevos. Além disso, há inúmeros microporos dispostos em finas paredes irregulares, que sobrepostas constituem o material.

Preocupando-se com a utilização do porongo nas joias, um dos primeiros métodos de tratamento utilizados nesta pesquisa e em trabalhos anteriores (LAGO *et al.*, 2011) foi o lixamento das superfícies internas e laterais de amostras extraídas do porongo, com lixas para madeira, de granulometria 320 e 600. Após o lixamento, na superfície interna é possível perceber uma notável diferença das características morfológicas, quando observadas ao MEV, entre uma amostra proveniente de um fruto com seu interior somente raspado (Fig. 32A), processo realizado para retirar o excesso de sementes e, de outra amostra, que teve a superfície lixada (Fig. 32B). Vê-se nas áreas assinaladas na Figura 32, a comparação de uma mesma configuração estrutural antes e depois do processo de lixamento.

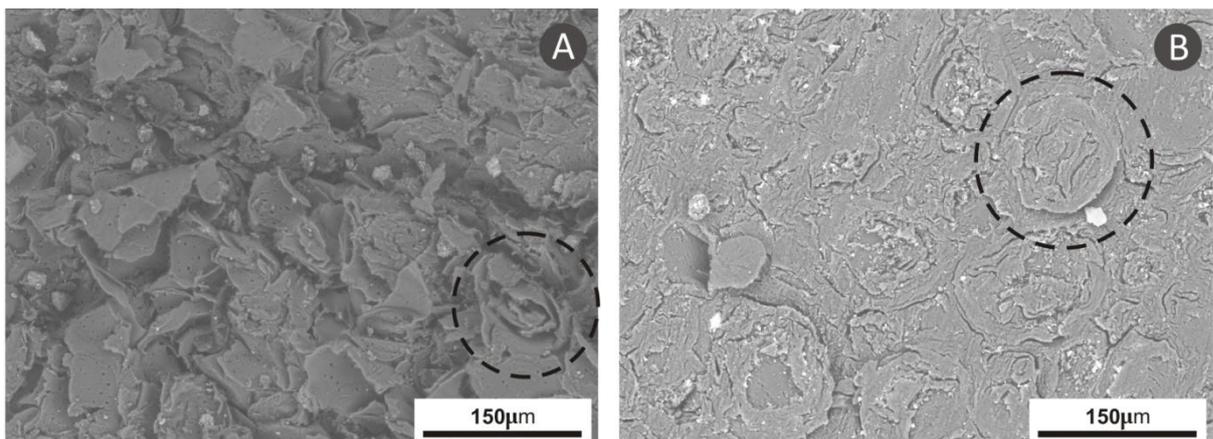


Figura 32 - Imagens eletrônicas de varredura para a comparação entre as superfícies (A) interna raspada e (B) interna lixada. As áreas assinaladas indicam a comparação de uma mesma configuração estrutural antes e depois do processo de lixamento.

O diagnóstico da presença de poros por meio das microscopias realizadas, instiga a necessidade de ampliar os conhecimentos sobre esta porosidade, pois para que a impregnação seja possível é necessária a presença de poros conectados no material, o que potencializaria o processo.

Dado o observado, partiu-se para as análises microestruturais do porongo por meio da microtomografia computadorizada de raios X, com o intuito de melhor definir as características da porosidade do porongo. Foi realizado o escaneamento de quatro amostras de porongo sem tratamento, com a resolução aproximada de 5µm. As amostras possuem dimensões de 15x15mm, com espessura da casca (± 10 mm). Dos quatro volumes analisados,

considerando-se que o porongo possui um formato semelhante ao número cardinal 8, duas amostras foram extraídas da parte superior (amostras denominadas A-X) e as demais, da parte inferior (B-X) a fim de comparação da estrutura morfológica nas duas regiões do fruto, sendo que X representa o número da amostra.

Entretanto, todos os dados e imagens obtidas referem-se a sub-volumes de cada amostra, determinados no *software* da *SkyScan: CTAnalyser – CTAn*, sendo que as amostras não foram cortadas fisicamente. Esses subvolumes são chamados ROI's (região de interesse) e foram determinados com espessura de 4000 μ m, largura e profundidade de 1500 μ m. A profundidade do subvolume corresponde então a 300 fatias, pois cada fatia possui a resolução do pixel pré-estabelecida: 5 μ m. Assim para cada amostra de porongo microtomografada foi realizada uma seleção de mesmo tamanho, no formato de paralelepípedo supracitado. Porém, em cada amostra essa seleção foi posicionada conforme interesse, sendo que a borda inferior sempre extrapolava a casca do porongo.

Antes mesmo da binarização ser realizada, um dos primeiros resultados percebidos pela microtomografia foi de que o tamanho dos poros aumenta da borda (casca) do porongo para o seu interior. Obviamente, pelo porongo ser um material natural, seus os poros não seguem um padrão uniforme de tamanhos em todas as amostras. Neste sentido, foram identificadas três zonas com tamanhos de poros semelhantes entre si, visando a determinação de alguns diâmetros. O processo foi realizado no *software* *CTAn*, em duas amostras: A1 e A2 e o resultado é apresentado na Figura 33.

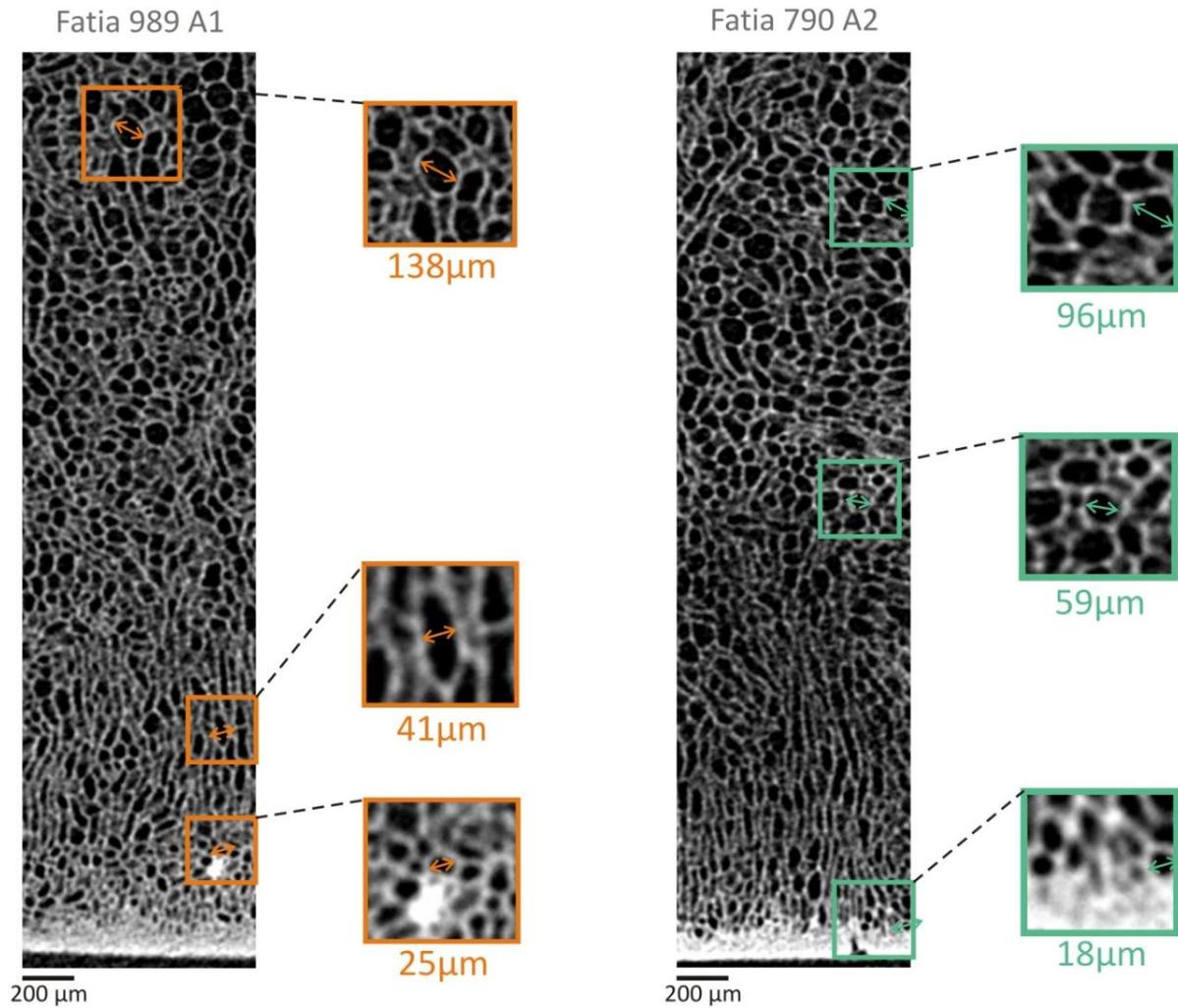


Figura 33 – Fatias das amostras A1 e A2 com detalhes da mensuração dos poros no *software CTAn*.

Na sequência, foi realizada a binarização de uma fatia de cada amostra, determinando por seleção de tons de cinza os volumes da ROI selecionada. Com isso, foi possível obter dois volumes da região, um correspondente a massa sólida do porongo e outro, aos poros.

Os volumes virtuais 3D construídos no *software CTVol* (Figura 34), indicam que todas as amostras possuem a casca mais compacta do que o interior do porongo. Essa característica faz com que o porongo, mesmo com um grande volume de poros em seu interior, possa ser utilizado como recipiente para líquidos. Além disso, nessa análise qualitativa, pode-se observar que a parte superior (amostras A) e inferior (amostras B) do fruto não possuem, pelo menos nestes exemplos, uma significativa distinção entre si.

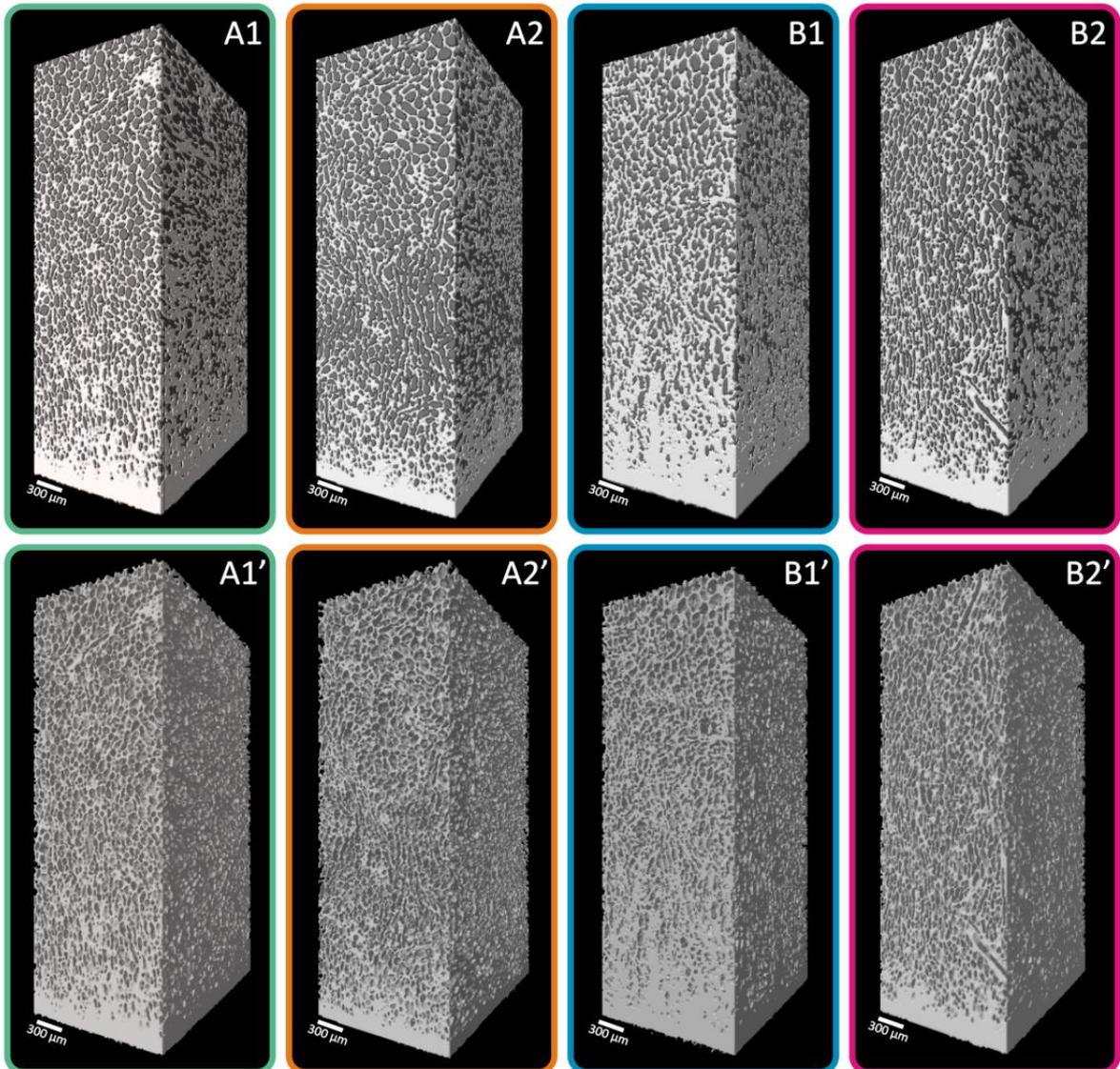


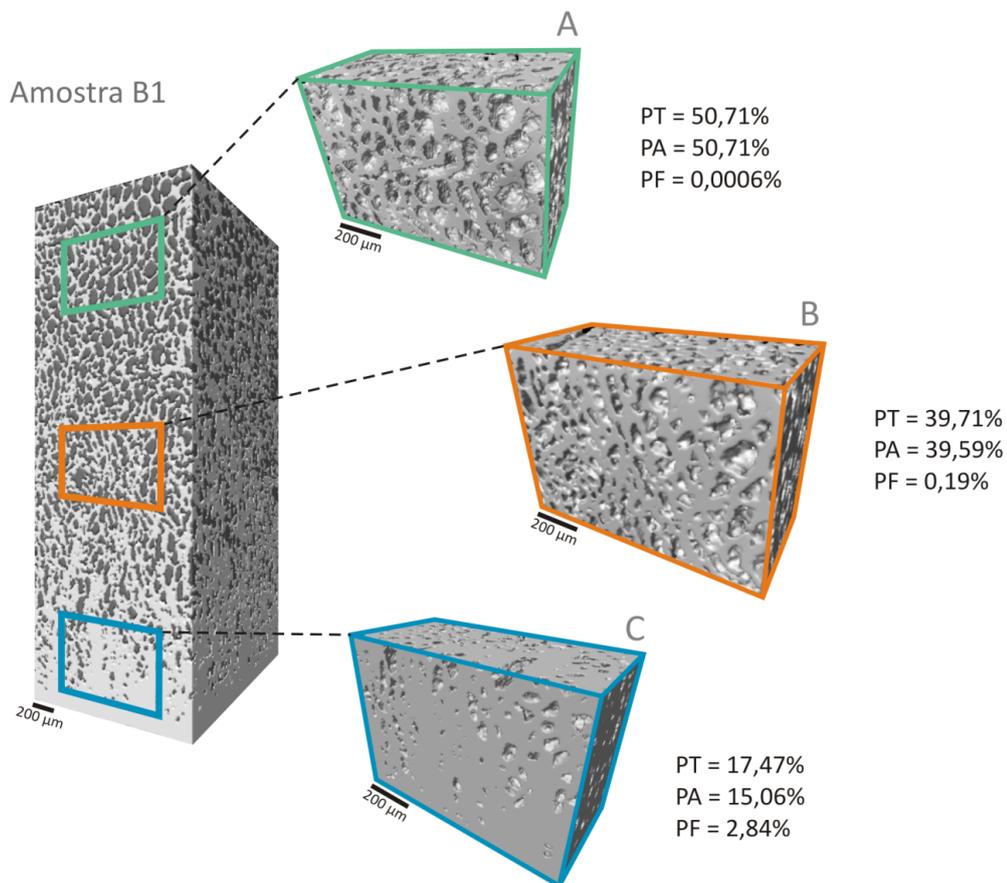
Figura 34 – Volume virtual 3D da Região de Interesse (ROI) das amostras A1, A2, B1 e B2. As quatro imagens superiores representam os poros das amostras em cinza escuro e a porção sólida em cinza claro. Enquanto que as imagens inferiores (A1', A2', B1' e B2') simulam o volume sólido das amostras.

A partir da técnica de Micro-CT ainda foi possível obter um percentual quanto às porosidades total, fechada e aberta, determinadas por quantificações automatizadas de área e/ou volume no *software CTAn*. A média entre quatro amostras escaneadas indica que o porongo possui mais volume de espaços vazios (54%) do que sólidos. Os dados (Tabela 4) sugerem que praticamente todos os poros estão interconectados entre si, ou seja, possuem porosidade aberta conferindo permeabilidade ao material.

Tabela 4 – Média das porosidades de quatro amostras: A1, A2, B1, B2.

Porosidade	A1	A2	B1	B2	Média %
Total	48.1%	57.71%	58.69%	51.62%	54,01%
Aberta	47.9%	57.61%	58.58%	51.52%	53,90%
Fechada	0.51%	0.22%	0.26%	0.19%	0,29%

Entretanto, já é sabido que o tamanho dos poros é diferente nas regiões da amostra. Por isso, utilizando-se a amostra B1 como exemplo, foram selecionadas três ROI's a fim de serem submetidas à quantificação das porosidades separadamente (Figura 35). Na porção mais interna da amostra (Fig. 35A), a porosidade aberta (PA) corresponde praticamente à totalidade do volume, uma vez que os valores para porosidade fechada (PF) são iguais a 0,0006%. Na porção média da amostra B1 (Fig. 35B) a PT indica 39,71%, sendo que os valores da PA são muito próximos a esta. Desse modo, as duas regiões mais distantes da casca do porongo possuem significativa permeabilidade. Por fim, na porção que abrange a casca foram encontrados percentuais menores de porosidade, iguais a 17,47% e destes 15,06% são abertos.

Figura 35 - Quantificação das porosidades total (PT), aberta (PA) e fechada (PF) para as três diferentes regiões da amostra B1 utilizando o *software CTAn*.

4.1.2. Caracterização química do porongo

As curvas de perda de massa em função da temperatura foram obtidas por TGA para a casca e o corpo do porongo (Gráfico 1). A primeira inflexão na curva corresponde, provavelmente, à perda da água já que ocorre aproximadamente a 100 °C. Como o corpo possui somente uma significativa curva de perda de massa, a uma temperatura de cerca de 250 °C, acredita-se que este seja composto de apenas um material, provavelmente, celulose. Já para a casca são observadas inflexões da curva em diferentes temperaturas: a primeira delas também ocorre a 250 °C, após esta, existe uma curva que apresenta algumas variações entre 250 e 400 °C e, por fim, uma perda de massa aos 415 e outra aos 615 °C.

Com este ensaio foi possível avaliar as temperaturas de polimerização as quais o porongo pode ser submetido sem modificação em sua massa, ou seja, até 250 °C.

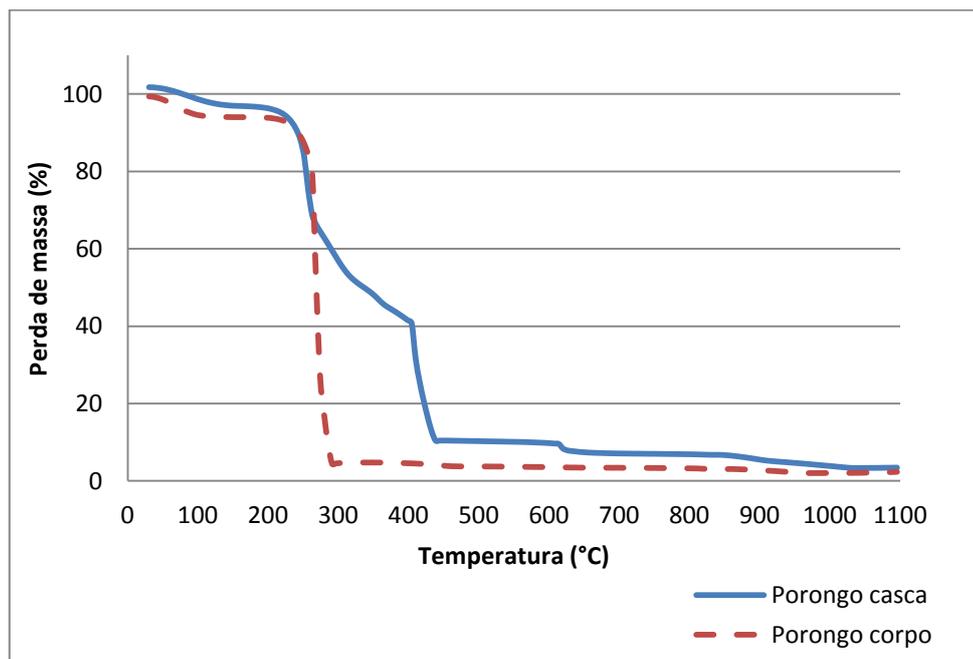


Gráfico 1 - Gráficos termogravimétricos para a casca e o corpo do porongo.

4.2. ENSAIOS DE IMPREGNAÇÃO POLIMÉRICA

Os Gráficos 2, 3 e 4 apresentam os índices de impregnação (da média de 6 amostras) em cada período de mensuração de massa dos métodos utilizados. A massa seca foi

considerada como parâmetro inicial para avaliar as variações de massa. Nos dois primeiros gráficos, que representam o método 30min de vácuo + 30min de imersão (Gráfico 2) e 30min de vácuo + 24h de imersão (Gráfico 3), pode-se observar que todos os tipos de solução indicam ganhos de massa próximos aos 300%, com exceção da concentração 90/10, no Gráfico 2, e da solução 70/30 no Gráfico 3.

Deve-se destacar que dentre todos os métodos, as soluções mais eficientes em impregnação foram: 90/10 e 80/20 na condição 30min de vácuo + 24h de imersão (Gráfico 3). Entretanto, os valores mais significativos para pesquisa são os correspondentes à massa polimerizada, pois representam a quantia de massa que ficou nas amostras de porongo após o tratamento. Nesse sentido, nota-se que o método 30min de vácuo + 30 min imersão (Gráfico 2) apresenta valores próximos aos 150% de ganho de massa em relação à massa seca, para as soluções 70/30 e 90/10. Já no Gráfico 3, correspondente aos resultados do método 30 min vácuo + 24h de imersão, pode-se observar que as soluções apresentaram sempre valores superiores ao de 150% em todas as soluções para massa polimerizada, sendo que a concentração 80/20 atingiu 200% de ganho de massa. Desse modo, este método, mostrou-se o mais eficiente após a polimerização na solução 80/20.

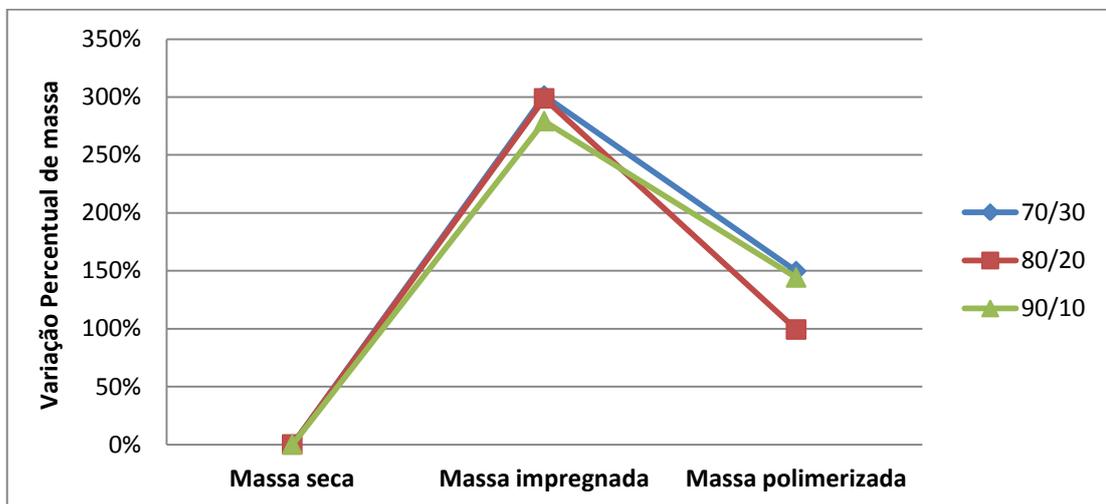


Gráfico 2 – Resultado do método de impregnação 30 min vácuo + 30 min imersão, indicando as variações percentuais de massa (%) em função dos diferentes estágios do tratamento por impregnação.

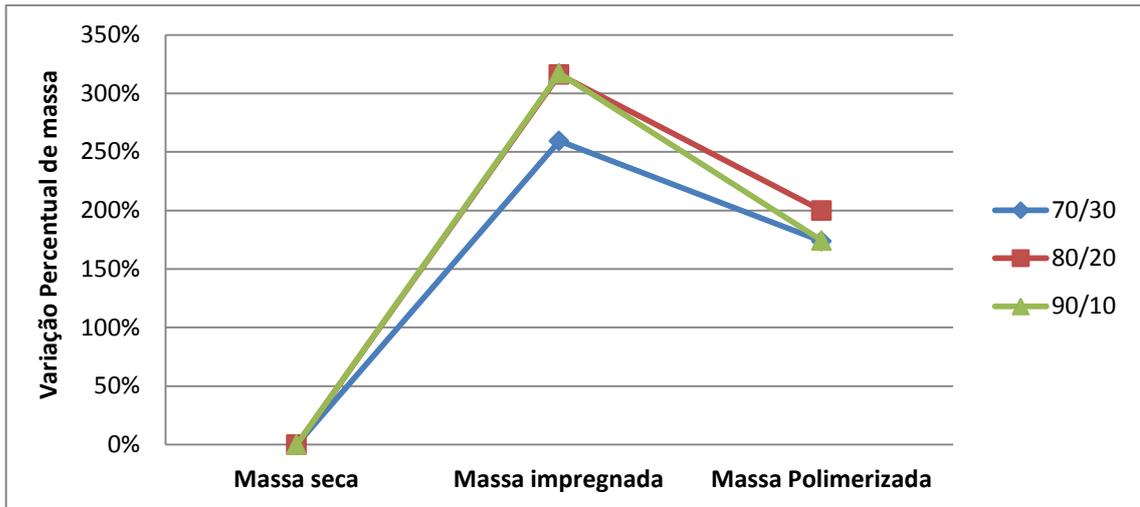


Gráfico 3 - Resultado do método de impregnação 30 min vácuo + 24h imersão, indicando as variações percentuais de massa (%) em função dos diferentes estágios do tratamento por impregnação.

No método de imersão simples (Gráfico 4), durante o período de impregnação não obteve-se resultado próximo aos 300% de ganho de massa por impregnação, como em decorrência de outros métodos. Nestas condições, pouco mais do que 200% de ganho de massa foi observado para as soluções impregnantes com 80/20 e 90/10, de proporção entre MMA/MeOH. Entretanto, nas 192h de imersão não ocorreu saturação. Nesse sentido, seria necessário avaliar se um tempo maior de imersão não conseguiria atingir os mesmos níveis de impregnação dos métodos que utilizaram vácuo.

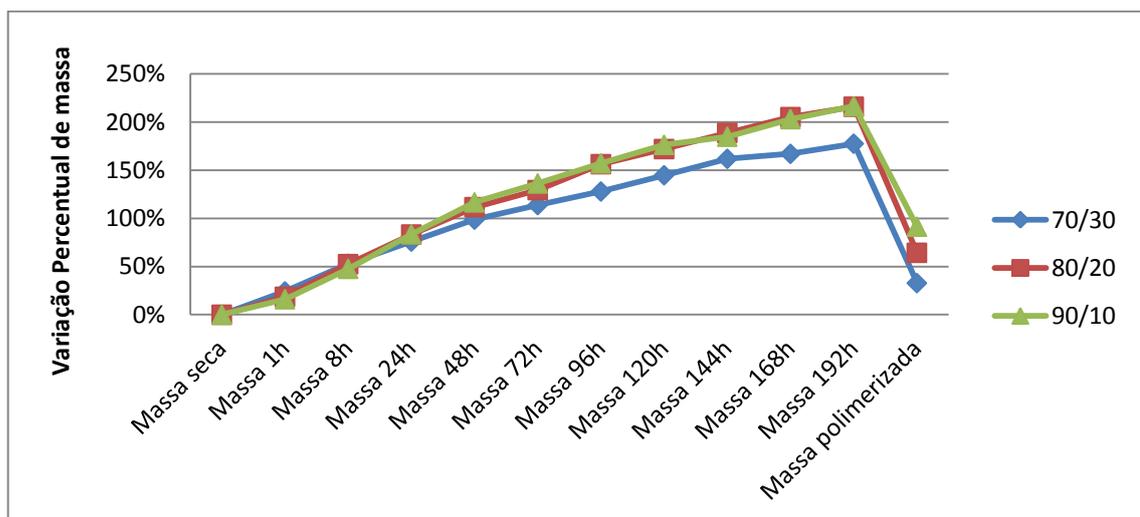


Gráfico 4 - Resultado da variação de massa referente aos diferentes momentos do ensaio de impregnação por imersão simples.

4.2.1. Teste de normalidade para métodos de impregnação

A normalidade foi verificada primeiramente entre as variáveis componentes das diferentes soluções (70/30, 80/20, 90/10) tanto dos métodos de 30min de vácuo + 30min de imersão, quanto daqueles itens componentes do método de 30min de vácuo + 24h de imersão. Essa união foi feita para análise de normalidade, pois para as 3 soluções e nesses 2 métodos as variáveis coletadas representavam a massa inicial (massa seca) do porongo das amostras, massa impregnada e massa polimerizada (após 4 horas de forno).

Em um segundo momento, foram analisados os dados referentes ao método de imersão simples, para as 3 soluções estudadas (70/30, 80/20, 90/10), visto que os dados apresentavam mais entradas de informações que os métodos anteriores: massa seca, massa após 1h de imersão, após 8h, após 24h, após 48h, após 72h, e assim até as amostras completarem 8 dias de imersão - ou 192h.

Tabela 5 - Análise da distribuição normal: amostras dos métodos 30 min + 30 min imersão e 30 min + 24h de imersão das soluções 70/30; 80/20; 90/10.

	Média (g)	Variância	Desvio-padrão	Mínimo	Máximo	Assimetria	Curtose
Massa seca	0,283	0,014	0,117	0,130	0,610	1,198	1,488
Massa impregnada	1,053	0,075	0,274	0,620	2,020	1,229	3,233
Massa polimerizada	0,701	0,065	0,256	0,310	1,580	1,403	3,266

Tabela 6 - Análise da distribuição normal: amostras do método de imersão simples nas soluções 70/30; 80/20; 90/10.

	Média (g)	Variância	Desvio-padrão	Mínimo	Máximo	Assimetria	Curtose
Massa seca	0,303	0,008	0,091	0,150	0,440	-0,372	-1,283
Massa 1h	0,359	0,010	0,102	0,170	0,530	-0,319	-0,900
Massa 8h	0,446	0,012	0,107	0,260	0,650	-0,110	-0,735
Massa 24h	0,528	0,012	0,109	0,340	0,740	-0,118	-0,618
Massa 48h	0,603	0,011	0,107	0,420	0,820	-0,117	-0,272
Massa 72h	0,655	0,014	0,120	0,430	0,880	-0,354	-0,372
Massa 96h	0,709	0,013	0,114	0,500	0,920	-0,436	-0,151
Massa 120h	0,757	0,014	0,116	0,530	0,980	-0,432	0,132
Massa 144h	0,799	0,017	0,129	0,560	1,020	-0,509	-0,192

Massa 168h	0,834	0,016	0,127	0,590	1,040	-0,535	-0,232
Massa 192h	0,868	0,018	0,135	0,600	1,080	-0,544	-0,217
Massa polimerizada	0,463	0,007	0,082	0,320	0,590	-0,244	-0,449

Conforme se observa nas Tabelas 5 e 6, a distribuição dos dados para análise apresentou distribuição normal, visto que para nenhuma variável analisada a assimetria foi superior ao valor 3, e a curtose não apresentou valores superiores a 8, consoante afirmação de Kline (1998).

4.2.2. Análise de variância (ANOVA) para métodos de impregnação

Comprovada a suposição da distribuição normal dos dados, foi possibilitada a realização da análise de variância para o método impregnante mais eficiente. Destaca-se que para o presente estudo, adotou-se a significância estatística de 0,05. Hair *et al.*, (2005, p. 306) definem significância como a probabilidade do pesquisador cometer um erro, isto é, trata-se da “quantidade de risco que o pesquisador está disposto a aceitar em relação a precisão do teste”. Os autores ainda destacam que normalmente utiliza-se o nível de 10% ou de 5% de erro. Justifica-se a adoção de 5% visto que o presente estudo visa ter uma precisão melhor do que 10% nos testes realizados. Ou seja, a média entre os grupos de amostras das soluções 70/30; 80/20 e 90/10 sob o método de 30min + 24h imersão não são diferentes entre si, quando se toma como parâmetro um $p < 0,05$, visto que, conforme visualiza-se na Tabela 7, o p -valor=5,4%. Com isso, pode-se afirmar que, neste método não há diferença de eficiência entre os tipos de solução utilizados, ao nível de significância de 5%.

Tabela 7 - Teste de variância (ANOVA) para o método 30min + 24h imersão.

Grupo	Soma	Média	Variância	P-valor entre os grupos
70/30	6,21	1,035	0,123	0,054
80/20	4,44	0,74	0,028	
90/10	4,19	0,698	0,019	

4.3. TESTE DE ABSORÇÃO DE ÁGUA

O teste de absorção de água foi utilizado para avaliar a eficiência da presença de massa polimerizada no interior do porongo. Para tanto, as amostras que apresentaram menor ganho de massa após as 96h de imersão em água destilada foram impregnadas com o método mais eficiente, o qual foi capaz de obstruir um maior número de poros nas amostras.

Os Gráficos 5 e 6 indicam, respectivamente, a absorção de água nos métodos 30min vácuo + 30min imersão e imersão simples. Pode-se observar que (Gráfico 5), os ganhos de massa com a absorção foram superiores a 50% após 96h para todas as soluções, enquanto que, para imersão simples (Gráfico 6), esses valores são próximos a 75%.

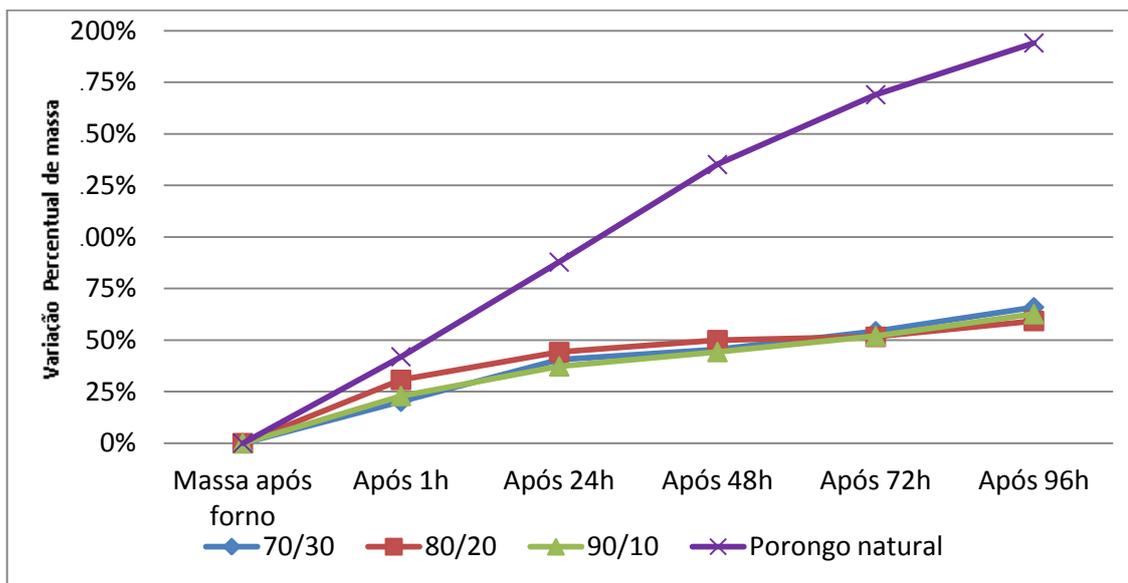


Gráfico 5 - Resultado do teste de absorção de água, no método 30min vácuo + 30min imersão, indicando as variações percentuais de massa em função do tempo de imersão em água.

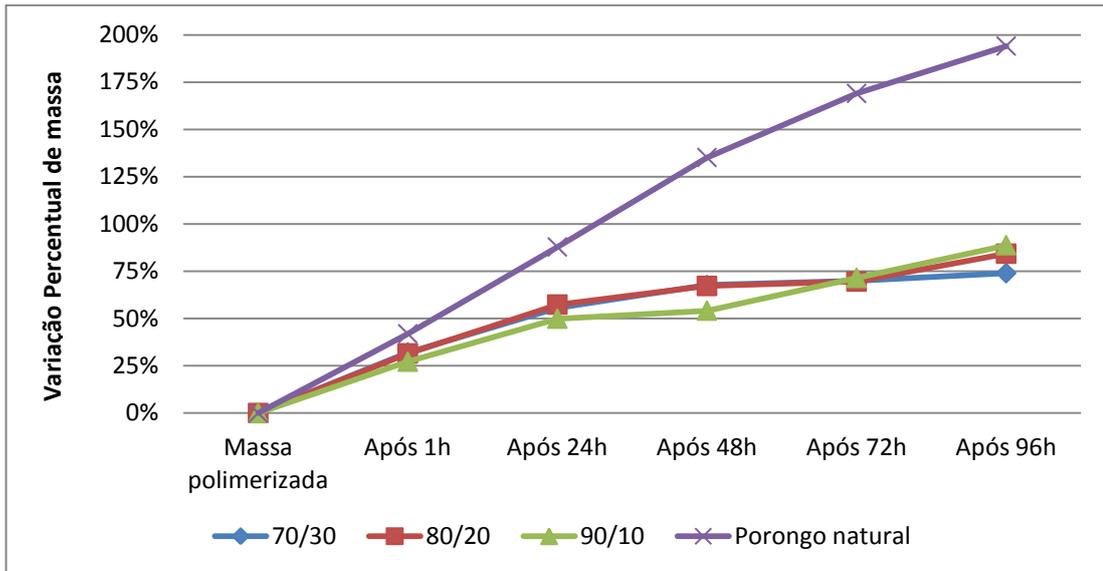


Gráfico 6 - Resultado do teste de absorção de água, no método imersão simples, indicando as variações percentuais de massa em função do tempo de imersão em água.

Já o método 30min vácuo + 24h imersão (Gráfico 7) apresentou resultados de ganhos de massa próximos ou inferiores a 50% de ganho de massa, o que corrobora o resultado dos níveis de impregnação, mais eficientes nessas condições de tratamento. Entretanto, na impregnação o melhor resultado obtido correspondente à solução de 80/20, enquanto que na absorção de água, tem-se como mais eficiente a solução 70/30.

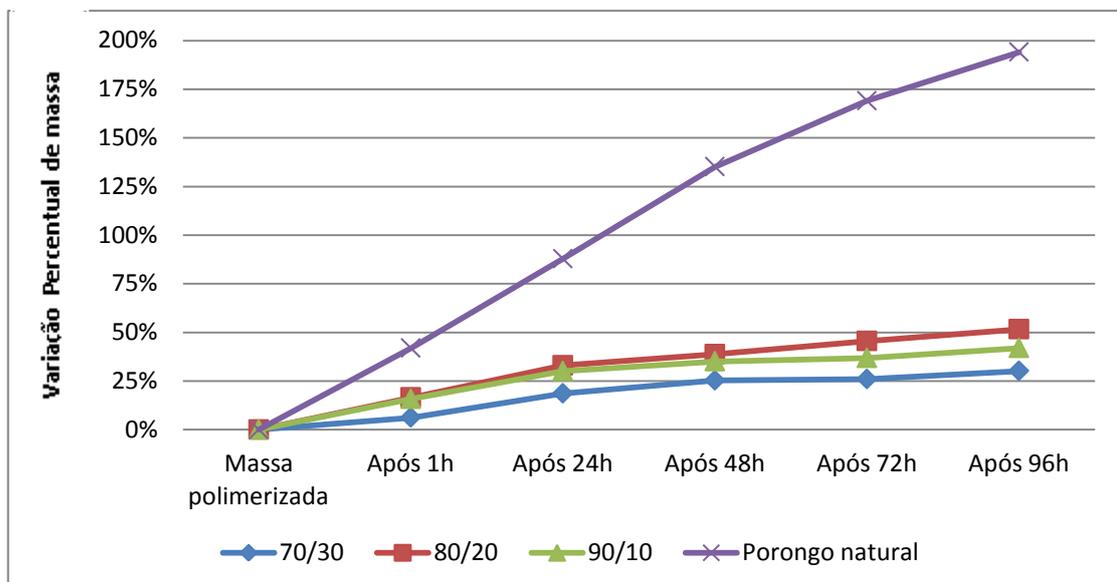


Gráfico 7 - Resultado do teste de absorção de água, no método 30min vácuo + 24h imersão, indicando as variações percentuais de massa em função do tempo de imersão em água.

4.3.1. Teste de normalidade para teste de absorção de água

A normalidade foi verificada para os testes de absorção de água, entre as variáveis componentes das diferentes soluções (70/30, 80/20, 90/10) nos três métodos utilizados. A distribuição dos dados para análise apresentou distribuição normal (Tabela 8), visto que para nenhuma variável analisada a assimetria foi superior ao valor 3, e a curtose não apresentou valores superiores a 8, consoante afirmação de Kline (1998).

Tabela 8 - Análise da distribuição normal: amostras no teste de absorção de água nas soluções 70/30, 80/20 e 90/10 nos 3 métodos utilizados.

	Média (g)	Variância	Desvio-padrão	Mínimo	Máximo	Assimetria	Curtose
Massa polimerizada	0,6217	0,058	0,24087	0,31	1,58	1,692	4,264
Massa 1h	0,7443	0,054	0,23178	0,38	1,63	1,463	3,485
Massa 24h	0,8483	0,061	0,24677	0,42	1,79	1,476	3,623
Massa 48h	0,8872	0,064	0,25275	0,44	1,87	1,529	3,934
Massa 72h	0,9172	0,065	0,25498	0,50	1,89	1,492	3,614
Massa 96h	0,9667	0,065	0,25440	0,54	1,92	1,384	3,400

4.3.2. Análise de variância (ANOVA) para teste de absorção de água

Novamente comprovada a suposição da distribuição normal dos dados, foi possibilitada a realização da análise de variância, na qual adotou-se uma significância estatística de 0,05. Por meio da ANOVA obteve-se um p-valor= 10,1%, conforme Tabela 9. Desse modo, com p-valor>0,05, pode-se concluir que as médias das diferentes soluções utilizadas não apresentam diferença entre si, conforme o nível de significância adotado.

Tabela 9 - Teste de variância (ANOVA) para absorção de água nas amostras submetidas ao método 30min + 24h imersão.

Grupo	Soma	Média	Variância	P-valor entre os grupos
70/30	7,99	1,331667	0,161137	0,101322
80/20	6,65	1,108333	0,031137	
90/10	5,89	0,981667	0,018857	

Por fim, conclui-se que estatisticamente não há diferença de eficiência entre as soluções utilizadas para impregnação pelo método 30min vácuo + 24h de imersão. Todavia, esse ficou demonstrado como o método mais eficiente. Além disso, a não diferença entre as soluções justifica que o melhor resultado obtido na impregnação (solução 80/20), não tenha sido o mais eficiente em absorção de absorção de água (solução 70/30).

4.4. MICROTOMOGRAFIA APÓS TRATAMENTO DO PORONGO: ANÁLISE DO PREENCHIMENTO POR IMPREGNAÇÃO

A fim de visualizar como ocorreu a distribuição da massa polimerizada no interior das amostras de porongo, a técnica de microtomografia foi novamente utilizada. Foram escaneadas duas amostras impregnadas com o método sugerido como mais eficiente para impregnação, ou seja, 30min vácuo + 24h imersão, com solução MMA/MeOH de concentração 80/20. Comparando-se fatias de amostras antes e após o tratamento por impregnação pode-se observar que a impregnação não preencheu completamente todos os poros (Figura 37), porém grande parte da porosidade foi preenchida o que corrobora os resultados obtidos nos ensaios de absorção de água e de ganho de massa. A impregnação não ocorreu de maneira homogênea não sendo possível identificar um padrão de preenchimento. Pode-se observar que houve preenchimento significativo nas porções mais internas, o que indica que a viscosidade do fluido é adequada à técnica e que o método é eficiente à permeabilidade do material.

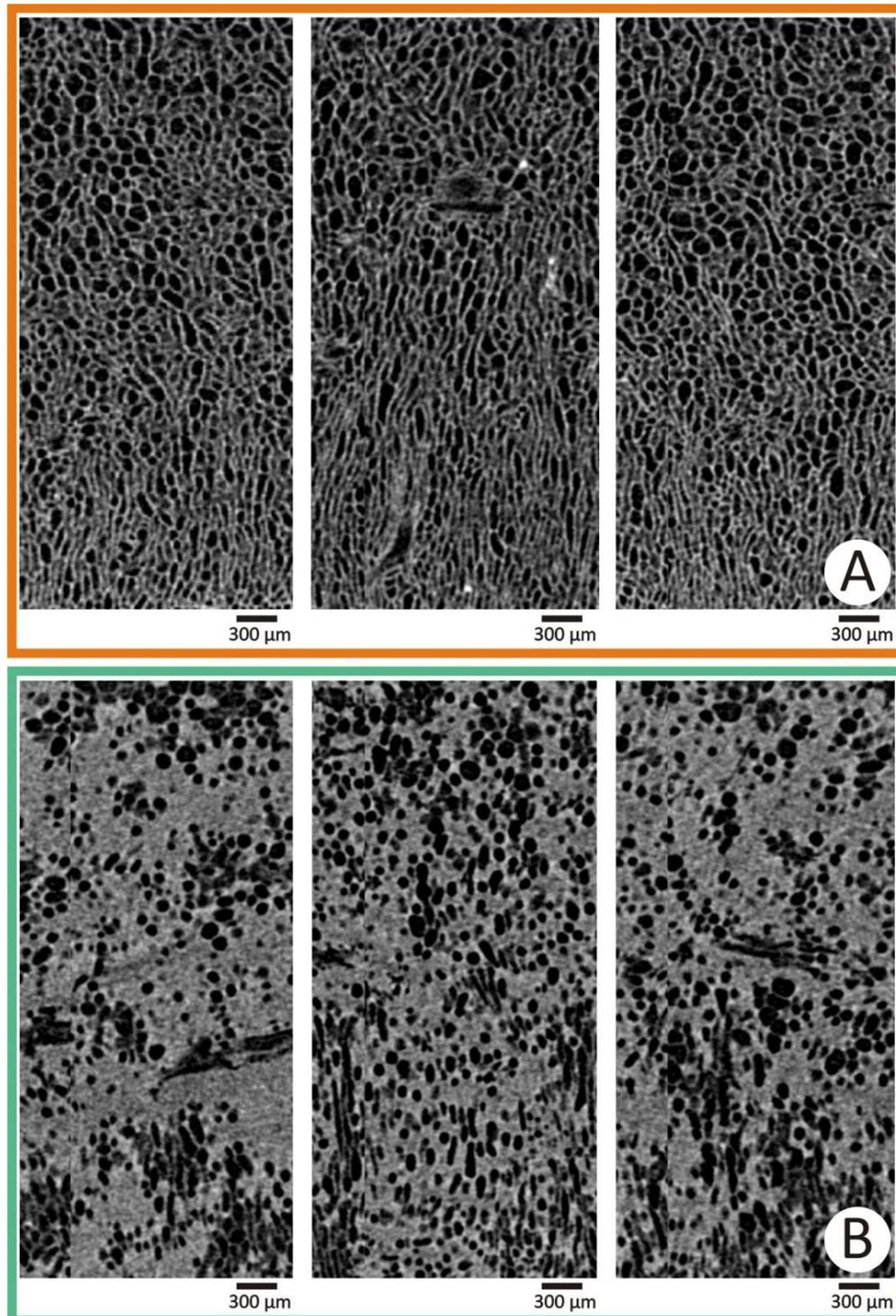


Figura 36 - Comparação entre fatias obtidas por microtomografia de (A) antes e (B) após o tratamento por impregnação.

Além disso, a avaliação quantitativa da porosidade também foi realizada nas duas amostras escaneadas após o tratamento (Tabela 10). A média da porosidade total resultante das amostras antes do tratamento foi de 54%, após o método de impregnação a média das porosidades totais do porongo ficou em 39%.

Tabela 10 - Porosidade das amostras polimerizadas.

Porosidade	C1	C2	Média das porosidades
Total	41,57%	36,68%	39,12%
Aberta	41,13%	35,87%	38,5%
Fechada	0,76%	1,26%	1,01%

Capítulo 5

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A utilização de materiais naturais na joalheria é ainda um tema pouco estudado. Existem vários exemplos destes materiais que são passíveis de serem utilizados em joias, associados ou não à metais, caracterizando as chamadas biojoias. Todavia, a maioria dos materiais naturais possuem porosidade em sua microestrutura, tornando necessário o estudo de tratamentos para o melhoramento das condições de preservação do material.

Esta pesquisa estudou métodos para a utilização do porongo em biojoias, material selecionado devido à sua ligação com a cultura gaúcha e, principalmente, à sua abundância no Rio Grande do Sul, uma vez que é utilizado para fabricação de cuias para o chimarrão. Além disso, este processo de produção gera um grande volume de resíduos que podem ser destinados à outras aplicações.

A caracterização do porongo quanto à sua microestrutura, ainda não abordada em trabalhos científicos, auxiliou o reconhecimento de suas características do material, que são responsáveis pela leveza e impermeabilidade. A microtomografia de Raios X, associada a outras técnicas, mostrou-se muito eficiente para a observação da morfologia interna do material em escala micrométrica. Com as imagens obtidas foi possível a mensuração das dimensões, da distribuição dos poros e leitura dos dados que proporcionaram a obtenção da média da porosidade do porongo: 54% de seu volume total. Ainda, a microtomografia permitiu detectar a interconexão entre os poros (porosidade aberta), o que aponta para a característica de permeabilidade, indicando que o porongo é um material passível de ser submetido à tratamentos por impregnação.

As técnicas de impregnação polimérica utilizadas para madeira foram adaptadas para o porongo. Dentre os diferentes métodos utilizados para o tratamento do porongo, conclui-se

que aqueles que fizeram uso de vácuo atingiram maiores níveis de impregnação, avaliados pelo ganho de massa. A melhor condição alcançada foi com o método de 30 minutos de vácuo + 24 horas de imersão, indicada pelo maior ganho de massa frente às demais condições de impregnação, previamente descritas. Dentre as três concentrações de solução utilizadas não há diferença de eficiência, estatisticamente considerando um nível de significância de 5%. Ainda, a temperatura de polimerização que ocorre na faixa dos 90 °C é adequada ao material, pois, dada a caracterização de perda de massa, nesta faixa de temperatura o material permanece inalterado.

Um dos pontos importantes para o êxito da técnica a ser empregada no tratamento do porongo é o de preservar as características estéticas do material, a fim de manter a proximidade deste com a cultura gaúcha. Após o tratamento por impregnação, quando observado a olho nu, ou vista desarmada, o material impregnante é imperceptível.

Os métodos utilizados sugerem eficiência do processo, uma vez que a porosidade do material foi reduzida, pois grande parte dos poros foram preenchidos pelo polímero. Os ensaios de absorção de água indicam resultados positivos: o porongo sem tratamento atinge 200% de ganho de massa em absorção de água, enquanto que o material após tratamento, apresenta ganho de massa pouco superior à 50% em absorção de água, para as amostras que utilizaram vácuo na impregnação.

Para a utilização dos métodos de impregnação sugere-se que o tratamento seja efetuado já nas peças prontas a serem aplicadas nas biojoias, ou seja, já recortadas em seus formatos finais. Isto porque novos cortes interseccionariam o material, favorecendo a entrada de umidade e microorganismos, que são os principais agentes para a biodeterioração.

Os objetivos da pesquisa quanto à caracterização do material foram alcançados e o método de impregnação para o porongo, a fim de propor sua utilização em biojoias, indica bons resultados. Entretanto, ainda é necessário o aperfeiçoamento da técnica de impregnação para validar esta proposta e seu uso comercialmente.

Para trabalhos futuros sugere-se que sejam avaliadas as concentrações de solução e os métodos utilizados a fim de potencializar os níveis de massa polimerizada nas amostras, uma vez que as análises microtomográficas posteriores ao tratamento indicaram a quantia de poros em 39% de porosidade total. Além disso, as amostras tratadas devem ser submetidas

a outros testes, como por exemplo: inchamento, resistência mecânica, ataque fúngico; a fim de validar a inserção do porongo no design de produtos.

Agradecimento

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq e à Pró-reitoria de Pós-Graduação da UFRGS (Edital Pró-pesquisa/2012) pelos auxílios concedidos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBAGLI, S. **Globalização e espacialidade**: o novo papel do local. In: CASSIOLATO, J. E.; LASTRES, H. M. M. *Globalização e inovação localizada: experiências de sistemas locais no Mercosul*. Brasília: IBICT/IEL, 1999.

ALOISE, Joana; DUARTE, Lauren da Cunha; MOCELIN, Débora; RÜCKERT, Augusto; ROLDO, Liane. **Materiais naturais aplicados no design de joias: estudo comparativo entre o marfim e o marfim vegetal (jarina)**. In: SEMINÁRIO DE GEMOLOGIA E DESIGN DE GEMAS E JOIAS, 2., 2011, Belo Horizonte. Anais... Belo Horizonte: Universidade do Estado de Minas Gerais, 2011.

BARBIERI, Rosa Lia *et al.* **Banco ativo de germoplasma de curcubitáceas da Embrapa clima temperado: período 2002 a 2006**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2006.

BASTOS, Moira Anne Bush. **Poética da cabaça**: fruto de tradição, arte e comunicação. 2010. Dissertação (Mestrado em Artes) – Universidade Estadual Paulista, São Paulo, 2010.

BAYSAL, E.; YALINKILIC, M. K.; ALTINOK, M.; SONMEZ, A.; PEKER, H.; COLAK, M. Some physical, biological, mechanical, and fire properties of wood polymer composite (WPC) pretreated with boric acid and borax mixture. *Construction and Building Materials*, v. 21, p. 1879-1885, 2007.

BISOGNIN, D. A.; SILVA, A. L. L. **A cultura do porongo**. Informe técnico, ed. pelo Departamento de Fitotecnia do Centro de Ciências Rurais (CCR) da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), 2004.

BORGES, Adélia. **Designer não é personal trainer e outros escritos**. 2 ed. São Paulo: Edições Roari, 2003.

BÜRDEK, Bernhard. **História, teoria e prática do desenho industrial**. São Paulo: Edgard Blücher, 2006.

CANCLINI, Nestor Garcia. **As culturas populares no capitalismo**. São Paulo: Brasiliense, 1983.

CARDOSO, Ana Cláudia Dias. **A joia como complemento da moda**. 2010. Dissertação (Mestrado em Design de Moda) – Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa, 2010.

CARDOSO, Rafael. **Design para um mundo complexo**. São Paulo: Cosac Naify, 2012.

CASTRO, Jacqueline Aparecida G. F. de. **Design com identidade**: por meio de estudos sócio-culturais e dos signos. 2007. Dissertação (Mestrado em Desenho Industrial) – Faculdade de Arquitetura, Artes e Comunicação, Universidade Estadual Paulista, Bauru, 2007.

CORBETTA, Gloria. **Joalheria de arte**. Porto Alegre: Editora AGE, 2007.

COSTA, Marcondes Lima; HOHN, Helmut; RODRIGUES, Suyanne Flavia Santos. **Jarina: o marfim da Amazônia**. Belém: Editora Paka-Tatu, 2008.

- CRUZ, Ricardo Gautério. A dimensão simbólica da mercadoria na sociedade de consumo: um olhar a partir dos pressupostos da educação ambiental. **Revista eletrônica do Mestrado em Educação Ambiental**. Rio Grande: FURG, v. 17, jul./dez. 2006.
- CUCHE, Denys. **A noção de cultura nas ciências sociais**. Bauru: EDUSC, 2002.
- DAMAZIO, Vera Maria Marsicano. **Artefatos de memória da vida cotidiana: um olhar interdisciplinar sobre as coisas que fazem bem lembrar**. 2005. Tese (Doutorado em Ciências Sociais) – Universidade Estadual do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2005.
- DUARTE, L. C.; JUCHEM, P. L.; PULZ, G. M.; BRUM, T. M. M.; CHODUR, N.; LICCARDO, A.; FISCHER, A. C., ACAUAN, R. B. **Aplicações de microscopia eletrônica de varredura (MEV) e sistema de energia dispersiva (EDS) no estudo de gemas: exemplos brasileiros**. Pesquisas em Geociências, v. 30, n. 2, 2003.
- ECOJOIAS. **Produtos e cuidados especiais**. Disponível em: <<http://www.ecojoias.com.br>>. Acesso em: 25 set. 2012.
- ELVY, S. B.; DENNIS, G. R.; NG, L-T. Effects of coupling agent on the physical properties of wood-polymer composites. *Journal of Materials Processing Technology*, v. 48, p. 365-372, 1995.
- FAGGIANI, Kátia. **Manifestação cultural envolta em valores e significados de joias**. Disponível em: <http://www.portaldasjoias.com.br/Dezembro_04/Joias/Joias.htm>. Acesso em: 09 set. 2012.
- FAGIANNI, Kátia. **O poder do design**. Brasília: Thesaurus, 2006.
- FAGUNDES, Glênio. **Cevando mate**. 3. ed. Porto Alegre: Habitasul, 1980.
- FAVACHO, Mauricio; MIZUE HAMADA, Margarida; RELA, Paulo Roberto. **Irradiação comercial de pedras preciosas como uma das grandes aplicações da energia nuclear em benefício da indústria de gemas e joias: um estudo da cadeia de suprimento do Programa Nuclear Brasileiro**. In: SEMINÁRIO DE GEMOLOGIA E DESIGN DE GEMAS E JOIAS, 2., 2011, Belo Horizonte. Anais... Belo Horizonte: Universidade do Estado de Minas Gerais, 2011.
- FERNANDES, Jaquiel Salvi; APPOLONI, Carlos Alberto; FERNANDES, Celso Peres. **Determinação de parâmetros microestruturais e reconstrução de imagens 3-D de rocha de reservatório por microtomografia de raios X**. Revista Ciências Exatas e Naturais, v. 11 nº 1, Jan/Jun 2009.
- FLORES, Maura Della Flora. **Objetos da identidade cultural gaúcha: uma leitura através do design de produto**. 2010. Dissertação (Mestrado em Design) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010.
- GLOBO. **Colheita do porongo termina com ótimos resultados no RS - 31/05/2011**. Disponível em: <g1.globo.com/economia/agronegocios>. Acesso em: 20 jul. 2012.
- GOLA, Eliana. **A joia: história e design**. São Paulo: Editora Senac São Paulo, 2008.
- HAIR, Joseph F.; BABIN, Barry; MONEY, Arthur H.; SAMOUEL, Phillip. **Fundamentos de Pesquisa em Administração**. Porto Alegre: Bookman, 2005.
- HALL, Stuart. **A identidade cultural na pós-modernidade**. 11 ed. Rio de Janeiro: DP&A, 2006.

HUSAIN, M. M.; KHAN, M. A.; ALI, M. A.; ALI, K. M.; MUSTAFA, A. I. Impregnation mode in wood plastic composite. *Radiation Physics and Chemistry*, v. 48, n. 6, p. 781-786, 1996.

INFOJOIA. **Biojoias: a diversidade brasileira – Publicada em 08/10/2009.** Disponível em: <<http://www.infojoia.com.br>>. Acesso em: 17 set 2012a.

INFOJOIA. **Biojoias: cuidados necessários com as matérias-primas naturais.** Disponível em: <<http://www.infojoia.com.br>>. Acesso em: 27 set. 2012c.

INFOJOIA. **Resina natural promete vida longa às joias brasileiras – Publicada em 06/01/2011.** Disponível em: <<http://www.infojoia.com.br>>. Acesso em: 07 set 2012b.

ISPN. **O buriti: a palmeira de mil e uma utilidades.** Disponível em: <<http://www.ispn.org.br>>. Acesso em: 25 set. 2012.

JACKS, Nilda. **Mídia nativa: indústria cultural e cultura regional.** Porto Alegre: UFRGS, 2003. Disponível em: <<http://www.bocc.ubi.pt/pag/jacks-nilda-midia-nativa.pdf>>. Acesso em: 10 jul. 2012.

KARTAL, S. N.; YOSHIMURA, Y.; IMAMURA, Y. Decay and termite resistance of boron-treated and chemically modified wood by in situ co-polymerization of allyl glycidyl ether (AGE) with methyl methacrylate (MMA). *International Biodeterioration & Biodegradation*, v. 53, p. 11-117, 2004.

KLINE, Rex B. **Principles and practice of structural equation modeling.** New York: Guilford, 1998.

KOMANI. **Biojoias da Amazônia.** Disponível em: <<http://www.komani.com.br>>. Acesso em: 25 set. 2012.

KRUCKEN, Lia. **[Entrevista disponibilizada em 15 de fevereiro de 2010, a Planeta Sustentável].** 2010. Disponível em: <<http://planetasustentavel.abril.com.br>>. Acesso em: 27 dez. 2011.

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

LAGO, Tatiana. **Cultura material gaúcha aplicada ao design de joias.** 2010. Monografia (Graduação em Desenho Industrial – Projeto de Produto) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria/ RS, 2010.

LAGO, Tatiana; HOELZEL, Carlos; DUARTE, Lauren. **Etnodesign baseado na cultura gaúcha: uma proposta de aplicação do porongo na joalheria.** In: SEMINÁRIO DE GEMOLOGIA E DESIGN DE GEMAS E JOIAS, 2., 2011, Belo Horizonte. Anais... Belo Horizonte: Universidade do Estado de Minas Gerais, 2011.

LESSA, Barbosa. **História do Chimarrão.** 3. ed. Porto Alegre: Sulina, 1986.

LIMA, Inayá; APPOLONI, Carlos; OLIVEIRA, Luis; LOPES, Ricardo Tadeu. **Caracterização de materiais cerâmicos através da microtomografia computadorizada 3D.** Revista Brasileira de Arqueometria, Restauração e Conservação, v. 1, n. 2, p. 22-27, 2007.

LIMA, Marco Antonio Magalhães. **Introdução aos materiais e processos para designers.** Rio de Janeiro: Ciência Moderna Ltda., 2006.

- LÖBACH, Bernard. **Design Industrial – Bases para a configuração dos produtos industriais**. 1. ed. São Paulo: Blücher, 2001.
- MACHADO, Regina. **Preview design de joias e bijuterias 2011**. Brasília: IBGM, 2010.
- MAGTAZ, Mariana. **Joalheria brasileira: do descobrimento ao século XX**. São Paulo: Pinacoteca do Estado de São Paulo, 2008.
- MATHIAS, L. J.; LEE, S.; WRIGHT, J. R.; WARREN, S. C. Improvement of wood properties by impregnation with multifunctional monomers. *Journal of Applied Polymer Science*, v. 42, p. 55-67, 1991.
- MATOS, Eduardo; RODRIGUES, Marcelo Nascimento; VILELA, Denise. **Tratamento preventivo e curativo de sementes para confecção de artesanato**. Dossiê técnico. UnB: Centro de Apoio ao Desenvolvimento Sustentável, 2007.
- MEDEIROS, L. M. **Fotografias de joias para a aplicação em anúncio publicitário**. 2002. Monografia (Graduação em Desenho Industrial) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2002.
- MORAES, Dijon. Manifesto da razão local: a multiculturalidade como novo cenário para o design. In: BRAGA, Christiano; MORELLI, Gustavo; LAGES, Vinícius (orgs). **Territórios em movimento: cultura e identidade como estratégia de inserção competitiva**. Rio de Janeiro: Relume Dumará/ Brasília, DF: SEBRAE, 2004.
- NATURATINS. **Portaria n. 362 de 25 de maio de 2007**. Tocantins, 2007.
- NIEMEYER, Lucy. Identidades e significações: design atitudinal. In: MORAES, Dijon; KRUCKEN, Lia; REYES, Paulo (org). **Cadernos de Estudos Avançados em Design – Identidade**. Universidade do Estado de Minas Gerais – Barbacena: EdUEMG, 2010.
- NOGUEIRA, Carla Medianeira Silva. **A flor do porongo e a roda de chimarrão - uma leitura dos referenciais gaúchos no design têxtil para bolsas femininas**. 2010. Monografia (Especialização em Design para Estamparia) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria/ RS, 2010.
- ONO, Maristela M. **Design, cultura e identidade, no contexto da globalização**. Revista Design em foco, julho-dezembro, vol I, nº 001. Salvador: Universidade do Estado da Bahia, 2004.
- PEREIRA, A. L.; KREUTZ, E. A.; BONFADINI, G.; FALEIRO, S. N.; KIRST, S.; SOARES, V. R. **Os símbolos da cultura gaúcha e sua apropriação pela publicidade**. In: 7ª Conferência Brasileira de Folkcomunicação. Lajeado/RS, 2004.
- REIS NETO, José Manoel dos; FIORI, Alberto Pio; LOPES, Angela Pacheco; MARCHESE, Clarice; PINTO-COELHO, Cristina Valle; VASCONCELLOS, Eleonora Maria Gouvea; SILVA, Gabriel Fischer da; SECCHI, Rodrigo. **A microtomografia computadorizada de raios X integrada à petrografia no estudo tridimensional de porosidade em rochas**. Revista Brasileira de Geociências, v. 41(3), p. 498-508, Set 2011.
- ROESE, Pedro Barrionuevo. **Impregnação de peças de osso bovino com poli (metil metacrilato): um novo material para o design de produto**. 2009. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Minas, Materiais e Metalúrgica) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre/RS, 2009.

SANTOS, Marinês Ribeiro dos. Design e cultura: os artefatos como mediadores de valores e práticas sociais. In: QUELUZ, Marilda Lopes Pinheiro (org). **Design & cultura**. Curitiba: Editora Sol, 2005, p. 13-32.

SANTOS, Marinês Ribeiro. **Design, produção e o uso dos artefatos: uma abordagem a partir da atividade humana**. 2000. Dissertação (Pós-graduação em Tecnologia) – Centro Federal de Educação Tecnológica do Paraná, Curitiba, 2000.

SARMENTO, José Francisco Nogueira. Etnodesign e Cultura Brasileira: Memória, Resgate e Identidade. In: **Núcleo de estudos e pesquisas das populações indígenas**. Campo Grande: Universidade Católica Dom Bosco, 2006.

SCHNEIDER, M. H.; WITT, A. E. History of wood polymer composite commercialization. *Forest Products Journal*, v. 54, n 4, p.19-24, 2004.

SCHUMANN, Walter. **Gemas do mundo**. São Paulo: Editora Disal, 2006.

SEBRAE. **Ideias de negócios sustentáveis: produção de biojoias**. Disponível em: <<http://www.biblioteca.sebrae.com.br>>. Acesso em: 27 set. 2012.

SILVA, André Luís Lopes. **Germinação in vitro de sementes e morfogênese de porongo (*Lagenaria siceraria* (Mol.) Standl.) e mogango (*Curcubita pepo* L.)**. 2005. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria/RS, 2005.

SKYSCAN. **SkyScan 1172 high-resolution micro-CT**. Disponível em: <<http://www.skyscan.be>>. Acesso em: 27 de abr. 2013.

STOLF, Denise Ortigosa. **Influência da impregnação com estireno e com metacrilato de metila em propriedades físicas e mecânicas da madeira de *Eucalyptus grandis* e de *Pinus caribaea* var. *hondurensis***. 2005. Tese (Doutorado em Ciência e Engenharia de Materiais) – Universidade de São Paulo, 2005.

STÜRMER, Patrícia Gabert dos Santos. **Materiais naturais: design e tecnologia no desenvolvimento de joias inspiradas na cultura gaúcha**. 2010. Dissertação (Mestrado em Design) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre/RS, 2010.

TEIXEIRA, Maria Bernadete Santos; GUERRA, Maria Lúcia de Paiva; BARBOSA, Paulo Armando; FREESZ, Ronaldo. **Coco e ouro: ensaio para novo modelo produtivo**. In: SEMINÁRIO DE GEMOLOGIA E DESIGN DE GEMAS E JOIAS, 2., 2011, Belo Horizonte. Anais... Belo Horizonte: Universidade do Estado de Minas Gerais, 2011.

YILDIZ, U. C.; YILDIZ, S.; GEZER, E. D. Mechanical properties and decay resistance of wood-polymer composites prepared from fast growing species in Turkey. *Bioresource Technology*, v. 96, p. 1003-1011, 2005.

REFERÊNCIAS DAS IMAGENS

AIRU. **Brinco em palha de buriti**. Disponível em: <<http://www.airu.com.br>>. Acesso em: 07 set. 2012.

ANGELSEA CAMARGO. **Arte em joias e biojoias**. Disponível em: <<http://angelseacamargo.blogspot.com.br>>. Acesso em: 09 set. 2012.

BABEL DAS ARTES. **Biojoias**. Disponível em: <<http://babeldasartes.com.br>>. Acesso em: 07 set. 2012.

FAFIUV. **Arte em porongo**. Disponível em: <<http://www.fafiuv.br>>. Acesso em: 16 set. 2012.

FLICKR. **Cuias para chimarrão**: galeria de dircinha photographer. Disponível em: <<http://www.flickr.com/photos/dircinha/>>. Acesso em: 22 mai. 2013.

GABRIELA LISBOA. **Jarina**. Disponível em: <<http://www.gabrielalisboa.com.br>>. Acesso em: 13 dez. 2013.

GLORIA CORBETTA. **Colar de boleadeiras**. Disponível em: <<http://www.gloriacorbetta.com.br>>. Acesso em: 09 set. 2012.

HEFESTOS DESIGN. **Bracelete palhinha metal**. Disponível em: <<http://www.hefestosdesign.com.br>>. Acesso em: 07 set. 2012.

INFOJOIA. **Preview 2009 - Novos urbanos**. Disponível em: <<http://www.infojoia.com.br>>. Acesso em: 07 set. 2012d.

MÃOS DA TERRA. **Arte em acessórios**. Disponível em: <<http://www.maosdaterrabrasil.com.br>>. Acesso em: 07 set. 2012.

MARIA OITICICA. **Biojoias**. Disponível em: <<http://www.mariaoiticicabiojoias.com.br>>. Acesso em: 25 set. 2012.

MARÍLIA CAPISANI. **Joias da natureza**. Disponível em: <<http://www.mariliacapisani.com.br>>. Acesso em: 07 set. 2012.

MBEX. **Biojoias com capim dourado**. Disponível em: <<http://www.mbex.com.br>>. Acesso em: 07 set. 2012.

MG JOIAS. **Maria da Graça Portela Lisbôa**. Disponível em: <<http://www.mgjoiasdesigner.com.br>>. Acesso em: 09 set. 2012.

NANY SCHAEDLER. **Biojoias**. Disponível em: <<http://nanyshaedler.blogspot.com.br>>. Acesso em: 09 set. 2012.

PATRÍCIA GOTTHILF. **Joias em madeira**. Disponível em: <www.patriciambgotthilf.com.br>. Acesso em: 07 set. 2012.

PORONGO E CABAÇA. **Google imagens**. Disponível em: <www.google.com>. Acesso em: 05 set. 2012.

RAMO JOALHEIRO. **Estilo Natan Joias**. Disponível em: <<http://www.ramojoalheiro.com.br>>. Acesso em: 07 set. 2012.

RITA PROSSI. **Biojoias**. Disponível em: <<http://www.ritaprossi.com>>. Acesso em: 07 set. 2012.

SCHUSSEL DESIGN. **Joias em coco**. Disponível em: <<http://schusseldesign.blogspot.com.br>>. Acesso em: 09 set. 2012.

SÍTIO E ARTE. **Cabaça, cultivo a arte**. Disponível em: <<http://sitioearte.wordpress.com/cabaca-cultivo-a-arte>>. Acesso em: 16 set. 2012.