

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
CENTRO TECNOLÓGICO DE JOINVILLE  
CURSO DE ENGENHARIA NAVAL

NICOLAS CAVALHEIRO DE ALMEIDA

IDENTIFICAÇÃO DOS PROCESSOS PRODUTIVOS DE PRF DOS ESTALEIROS  
NÁUTICOS NAS REGIÕES SUL E SUDESTE DO BRASIL

Joinville

2018

NICOLAS CAVALHEIRO DE ALMEIDA

IDENTIFICAÇÃO DOS PROCESSOS PRODUTIVOS DE PRF DOS ESTALEIROS  
NÁUTICOS DAS REGIÕES SUL E SUDESTE DO BRASIL

Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado ao curso de graduação em  
Engenharia Naval, da Universidade Federal  
de Santa Catarina, Centro Tecnológico de  
Joinville, como requisito parcial para  
obtenção do título de Bacharel.

Orientador: Dr. Ricardo Aurélio Quinhões  
Pinto

Coorientador: Me. João Luiz Francisco

Joinville

2018

IDENTIFICAÇÃO DOS PROCESSOS PRODUTIVOS DE PRF DOS ESTALEIROS  
NÁUTICOS DAS REGIÕES SUL E SUDESTE DO BRASIL

NICOLAS CAVALHEIRO DE ALMEIDA

Esta monografia foi julgada e aprovada como requisito parcial para obtenção do título de bacharel em Engenharia Naval, na Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico de Joinville.

Joinville (SC),

Banca Examinadora:

---

Prof. Dr. Eng. Ricardo Aurélio Quinhões Pinto  
Presidente/Orientador

---

Prof. Dr. Eng. Gabriel Benedet Dutra  
Membro

---

Prof. Eng. Esp. Luiz Eduardo Bueno Minioli  
Membro

## AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, Adriane Doerlitz Almeida e Leandro Cavalheiro de Almeida, pela motivação e apoio incondicional durante todos esses anos de caminhada, em que nunca mediram esforços para que esse sonho se concretizasse.

A minha irmã, Ana Carolina Cavalheiro de Almeida, a qual sempre foi um exemplo de dedicação, realizando a deste trabalho e estando ao meu lado.

A Kauany de Paula Ribeiro, pelo companheirismo, paciência e inspiração.

Ao meu orientador, Ricardo Aurélio Quinhões Pinto, pelo auxílio e dedicação na realização desse trabalho, e também pela sabedoria repassada em sala de aula.

Ao meu coorientador, João Luiz Francisco, pelo apoio e, por mesmo não estando presente fisicamente, se fazer tão disposto a me auxiliar e debater sobre o trabalho sempre de maneira construtiva.

Ao Centro Acadêmico Livre de Engenharia Naval (CALNAV), colegiado de Engenharia Naval e a Empresa Júnior (ESATI), pelo crescimento profissional e pessoal adquirido no período em que me fiz presente.

Agradeço a todos os amigos que a faculdade colocou em meu caminho, a presença e parceria de cada um fez com que esses anos se tornassem inesquecíveis.

Ao meu grande amigo, Henrique Hermes Luz, pelo companheirismo e apoio durante esses anos de graduação que, sem dúvida, foram menos difíceis através de nossa amizade.

A professora Vanessa Aparecida Alves de Lima, através de correções e auxílios durante a execução desse trabalho.

A empresa Tuper S/A por permitir a realização do estágio obrigatório, fazendo com que eu adquirisse um grande crescimento pessoal e profissional. Em especial a Alex Aguiar, Fernando Nass, Leomar Iargas e Matheus Roesler, pela paciência, aprendizado e amizade durante esse período.

Aos estaleiros que contribuíram com as informações para que este trabalho fosse desenvolvido.

Por fim, gostaria de agradecer a todo o corpo docente da UFSC *campus* Joinville por contribuir com a minha formação e me tornar um ser humano melhor.

## RESUMO

A indústria náutica ativa uma grande movimentação de recursos financeiros, humanos e materiais de um país. No Brasil, oscilações são constantemente vistas nesse mercado e assim, a busca por elevados padrões de qualidade se torna uma atividade rotineira para os envolvidos. Dessa forma, este trabalho propõe a identificação dos estaleiros náuticos nas regiões Sul e Sudeste do Brasil, que são consideradas os dois maiores polos comerciais do país, e de seus processos produtivos. Para isso, foi realizado um levantamento de dados através de questionários estruturados de natureza exploratória quali-quantitativa, que teve a participação de 31 estaleiros distribuídos nessas duas regiões. Uma análise estatística dos dados foi realizada com o objetivo de caracterizá-los, identificar as principais embarcações produzidas e seus portes, além dos métodos produtivos e materiais utilizados. Percebeu-se uma predominância de estaleiros de pequeno porte em operação, com menos de 10 funcionários, embarcações com comprimento entre 20 e 30 pés e produção de lanchas e iates em grandes proporções. Para os processos construtivos e materiais utilizados, observa-se a hegemônica utilização do método de laminação manual nos cascos e conveses, fibra de vidro como principal reforço estrutural e a resina do tipo ortoftálica como a mais utilizada, com 33%. Por fim, após a caracterização dos estaleiros náuticos das regiões e seus processos produtivos, constatou-se que existem nichos de mercado que podem ser explorados nessas regiões, como instalações de empresas que fornecem matéria prima e serviços terceirizados a indústria náutica.

**Palavras-chave:** Caracterização Mercado Náutico. Estaleiros Náuticos. Processos Produtivos.

## **ABSTRACT**

The nautical industry activates a great movement of financial, human and materials resources of a country. In Brazil oscillations are constantly seen in this market, so the search for high quality standards becomes a routine activity for those involved. In this way, this academic study proposes the identification of nautical yards in the South and Southeast of Brazil, which are considered the two largest commercial hubs in the country, and their productive processes. Thusly, a data collection was realized through structured questionnaires of exploratory quali-quantitative nature, which had the participation of 31 shipyards located in those two spots. A statistical analysis was realized with the objective of characterizing them, identifying the main vessels produced and their size, besides the productive methods and materials used. It was noticed a predominance of small size yards in operation, with less than ten employees, vessels between 20 and 30 feet of length and production of motorboats and yachts in large scale. For the construction processes and materials used, it is possible to notice the hegemonic use of the method hand lay up in hulls and decks, glass fiber as the main structural reinforcement and the orthophthalic type resin as the most used, 33%. Finally, after the characterization of the nautical shipyards of the regions and their production processes, it was verified that there are market niches that can be explored in these regions, such as the installation of companies that supply raw materials and outsourced services to the nautical industry.

**Key Words:** Characterization. Nautical Shipyards. Productive Processes.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Distribuição dos estaleiros náuticos pelo Brasil .....	13
Figura 2 - Exemplo de molde em estaleiro náutico .....	15
Figura 3 - Exemplo de usinagem CNC .....	17
Figura 4 - Método de Laminação Hand Lay Up.....	19
Figura 5 - Método de Laminação Spray Up.....	20
Figura 6 - Método da Infusão .....	21
Figura 7 - Estrutura molecular da resina epóxi.....	23
Figura 8 - Estrutura molecular da resina isoftálica .....	24
Figura 9 - Estrutura molecular da resina ortoftálica .....	25
Figura 10 - Estrutura molecular resina éster vinílica .....	25
Figura 11 – Reparos em bolhas no casco por efeito da osmose.....	26
Figura 12 - Estrutura de um painel sanduíche.....	30
Figura 13 - Espuma PVC .....	33
Figura 14 - Orientação das Laminas em Compensado Naval .....	33
Figura 15 - Distribuição dos estaleiros náuticos participantes por região.....	40
Figura 16 - Número de estaleiros participantes por estado .....	40
Figura 17 - Número médio de funcionários .....	41
Figura 18 - Tempo médio de produção .....	41
Figura 19 - Embarcações produzidas.....	42
Figura 20 - Comprimento das embarcações .....	43
Figura 21 - Produção utilizada.....	44
Figura 22 - Processo automatizado na construção de plugues e modelos .....	45
Figura 23 - Método de laminação do casco .....	46
Figura 24 - Método de laminação do convés .....	47
Figura 25 - Método de laminação em outras partes .....	48
Figura 26 - Resina para laminação do casco .....	50
Figura 27 - Tratamento do casco para prevenção de osmose .....	51
Figura 28 - Principal fibra de reforço .....	52
Figura 29 - Fibra alternativa de reforço .....	53
Figura 30 - Núcleo inercial utilizado .....	54

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Propriedades da Fibra de Vidro .....	28
Tabela 2 - Números dos estaleiros da pesquisa .....	37
Tabela 3 - Processos Produtivos nas regiões Sul e Sudeste.....	55
Tabela 4 - Materiais utilizados nas regiões Sul e Sudeste.....	57

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>10</b>
1.1	OBJETIVOS	11
1.1.1	<b>Objetivo Geral</b>	<b>11</b>
1.1.2	<b>Objetivos Específicos</b>	<b>11</b>
<b>2</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b>	<b>12</b>
2.1	INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO NÁUTICA NO BRASIL	12
2.2	MÉTODOS DE PRODUÇÃO	14
2.2.1	<b>Produção Seriada</b>	<b>14</b>
2.2.2	<b>Produção Customizada (<i>One Off</i>)</b>	<b>15</b>
2.2.3	<b>Corte das Seções e Usinagem de Blocos</b>	<b>16</b>
2.3	PROCESSOS DE LAMINAÇÃO	17
2.3.1	<b>Laminação Manual</b>	<b>18</b>
2.3.2	<b><i>Spray Up</i></b>	<b>19</b>
2.3.3	<b>Laminação a Vácuo</b>	<b>20</b>
2.3.4	<b>Infusão</b>	<b>21</b>
2.4	RESINAS	22
2.4.1	<b>Epóxi</b>	<b>22</b>
2.4.2	<b>Poliéster</b>	<b>23</b>
2.4.3	<b>Éster Vinílica</b>	<b>25</b>
2.5	TRATAMENTO EXTERNO PARA PREVENÇÃO DE OSMOSE	26
2.6	FIBRAS DE REFORÇO	27
2.6.1	<b>Fibra de Vidro</b>	<b>27</b>
2.6.2	<b>Fibra de Aramida</b>	<b>28</b>
2.6.3	<b>Fibra de Carbono</b>	<b>29</b>
2.7	PAINÉIS SANDUÍCHE	29
2.7.1	<b>Madeira Balsa</b>	<b>31</b>
2.7.2	<b>Espuma PVC</b>	<b>31</b>
2.7.3	<b>Compensado Naval</b>	<b>33</b>
2.7.4	<b>Espuma de Poliuretano</b>	<b>34</b>
2.7.5	<b>Poliestireno</b>	<b>34</b>
2.7.6	<b>Núcleo tipo colméia</b>	<b>35</b>
<b>3</b>	<b>METODOLOGIA</b>	<b>36</b>

3.1	ESTALEIROS PARTICIPANTES.....	36
3.2	TÉCNICA DE PESQUISA.....	37
<b>4</b>	<b>PROCESSOS PRODUTIVOS E MATERIAIS .....</b>	<b>39</b>
4.1	CARACTERIZAÇÃO DOS ESTALEIROS NÁUTICOS DAS REGIÕES SUL E SUDESTE DO BRASIL .....	39
4.2	COMPRIMENTO E TIPO DAS EMBARCAÇÕES PRODUZIDAS .....	42
4.3	MÉTODOS DE PRODUÇÃO .....	44
4.4	PROCESSO DE CONSTRUÇÃO DE PLUGUES E MODELOS.....	45
4.5	MÉTODOS DE LAMINAÇÃO .....	46
<b>4.5.1</b>	<b>Laminação do casco .....</b>	<b>46</b>
<b>4.5.2</b>	<b>Laminação do convés .....</b>	<b>47</b>
<b>4.5.3</b>	<b>Laminação das Demais Partes .....</b>	<b>48</b>
4.6	RESINAS PARA LAMINAÇÃO DO CASCO .....	49
4.7	PREVENÇÃO DE OSMOSE NO CASCO .....	50
4.8	FIBRAS DE REFORÇO.....	51
4.9	NÚCLEO INERCIAL .....	53
4.10	RESUMO E ANÁLISE DOS RESULTADOS .....	55
<b>5</b>	<b>CONCLUSÃO .....</b>	<b>60</b>
5.1	TRABALHOS FUTUROS.....	62
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>63</b>
	<b>APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO APLICADO AOS ESTALEIROS .....</b>	<b>67</b>
	<b>APÊNDICE B – RELAÇÕES DO TEMPO MÉDIO DE PRODUÇÃO E NÚMERO DE FUNCIONÁRIOS NAS REGIÕES SUL E SUDESTE DO BRASIL.....</b>	<b>71</b>
	<b>APÊNDICE C – RELAÇÕES DO COMPRIMENTO E TIPO DE EMBARCAÇÃO PRODUZIDA NOS ESTALEIROS NÁUTICOS DAS REGIÕES SUL E SUDESTE..</b>	<b>73</b>
	<b>APÊNDICE D – RELAÇÃO DOS TIPOS DE PRODUÇÃO DOS ESTALEIROS NÁUTICOS NAS REGIÕES SUL E SUDESTE .....</b>	<b>75</b>
	<b>APÊNDICE E – RELAÇÃO DOS PROCESSOS AUTOMATIZADOS NOS ESTALEIROS NÁUTICOS NAS REGIÕES SUL E SUDESTE.....</b>	<b>76</b>
	<b>APÊNDICE F – RELAÇÃO ENTRE OS MÉTODOS DE LAMINAÇÃO UTILIZADOS NOS ESTALEIROS NÁUTICOS NAS REGIÕES SUL E SUDESTE.....</b>	<b>77</b>
	<b>APÊNDICE G – RELAÇÃO DAS RESINAS UTILIZADAS NOS ESTALEIROS NÁUTICOS NAS REGIÕES SUL E SUDESTE. ....</b>	<b>80</b>

<b>APÊNDICE H – UTILIZAÇÃO DE TRATAMENTO DO CASCO PARA PREVENÇÃO DE OSMOSE NOS ESTALEIROS NÁUTICOS DAS REGIÕES SUL E SUDESTE.</b>	<b>81</b>
<b>APÊNDICE I – RELAÇÃO DAS FIBRAS DE REFORÇO UTILIZADAS NOS ESTALEIROS NÁUTICOS NAS REGIÕES SUL E SUDESTE.....</b>	<b>82</b>
<b>APÊNDICE J – RELAÇÃO DOS NÚCLEOS INERCIAIS UTILIZADOS NOS ESTALEIROS NÁUTICOS NAS REGIÕES SUL E SUDESTE.....</b>	<b>84</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Em um cenário mundial que procura cada vez mais aumentar a competitividade dos produtos, principalmente quando se trata de questões tecnológicas, a busca pela redução de custos e tempo sem deixar de lado a excelência do produto final acaba se tornando um ponto crucial no desenvolvimento das indústrias.

Na indústria de construção náutica não poderia ser diferente. De acordo com Breviglieri (2016), houve um crescimento entre 4% e 5% do setor no âmbito mundial, porém em solo brasileiro a realidade acaba sendo outra (BORGES, 2016). Segundo Nasseh (2017), apesar do impulso que houve no Brasil após a crise internacional do início do século, as empresas estrangeiras começaram a ver de outra maneira os investimentos realizados, tendo como principais aspectos negativos a excessiva cobrança de taxas e a falta de infraestrutura no país (ALONSO, 2017).

O mercado náutico brasileiro movimentou cerca de 700 milhões de euros no ano de 2016. Foram vendidas, aproximadamente 31.500 embarcações, sendo que 24 mil foram fabricadas nos 120 estaleiros espalhados pelo país (NÁUTICA, 2017).

Dessa forma, além da exploração de novos nichos de mercado, os métodos produtivos e o desenvolvimento dos processos já existentes acabam se tornando uma oportunidade para os estaleiros retomarem o mercado de maneira competitiva.

Com isso, surge um cenário propício ao desenvolvimento do setor, principalmente devido a gama de materiais e processos que são envolvidos em seus sistemas produtivos. De acordo com Nasseh (2007), com a necessidade dessa grande variedade de materiais, o desafio de sempre procurar o melhor processo e também alcançar melhorias contínuas acaba se tornando ainda maior.

A distribuição dos estaleiros náuticos no Brasil ainda é bastante distinta, sendo que a maioria deles estão localizados nas regiões Sul e Sudeste, com cerca de 85% do total. Em 2012, esse valor conta com 73% das embarcações a vela e 72% das embarcações a motor do país (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS CONSTRUTORES DE BARCOS - ACOBAR, 2012). Esse fato pode estar associado por essas regiões estarem localizadas em maiores centros comerciais, tanto no que

se refere ao produto final quanto ao acesso à matéria prima, tecnologia e desenvolvimento.

Nesta perspectiva, o presente trabalho tem como finalidade realizar uma pesquisa buscando a identificação dos processos produtivos utilizados pelos estaleiros náuticos nas regiões Sul e Sudeste do Brasil. Em seu desenvolvimento, o estudo procura como foco informações gerais sobre os tipos e portes das embarcações, matéria prima utilizada, além dos processos produtivos. Com isso, apresenta-se o cenário das duas regiões com os percentuais de utilização de cada um dos métodos de produção de embarcações em plástico reforçado com fibras (PRF).

Para isso, foi desenvolvida uma pesquisa aplicada exploratória quali-quantitativa, a qual teve como intuito levantar os dados de cada estaleiro. Esse processo foi realizado através de um questionário estruturado com questões de múltipla escolha e fechadas que procuram abordar as características dos estaleiros e seus principais métodos construtivos, sendo essas perguntas organizadas e baseadas de acordo com referenciais teóricos encontrados.

## 1.1 OBJETIVOS

### 1.1.1 Objetivo Geral

Essa monografia tem como principal objetivo a identificação dos processos produtivos dos estaleiros náuticos nas regiões Sul e Sudeste do Brasil.

### 1.1.2 Objetivos Específicos

- Fazer um levantamento dos estaleiros náuticos em operação nas regiões Sul e Sudeste do Brasil;
- Identificar os principais processos produtivos e materiais utilizados nos estaleiros náuticos nas regiões Sul e Sudeste do Brasil;
- Realizar uma análise comparativa entre os estaleiros náuticos com relação às características de cada região estudada.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Esse capítulo tem como objetivo, a partir de uma revisão bibliográfica sobre a indústria de construção náutica no Brasil, expor conceitos referentes aos estaleiros náuticos, como os métodos de produção utilizados, conceitos básicos sobre os processos de laminação, materiais envolvidos e também aspectos relacionados à construção de modelos.

### 2.1 INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO NÁUTICA NO BRASIL

De acordo com relatório divulgado pela Acobar (2012), o segmento da construção náutica no Brasil teve origem em pequenos estaleiros e entre as décadas de 1970 e 1980 o setor começou a se consolidar no cenário nacional. Nessa época, foi iniciada a fabricação profissional das embarcações por determinados estaleiros e a formação de uma cadeia de suprimentos.

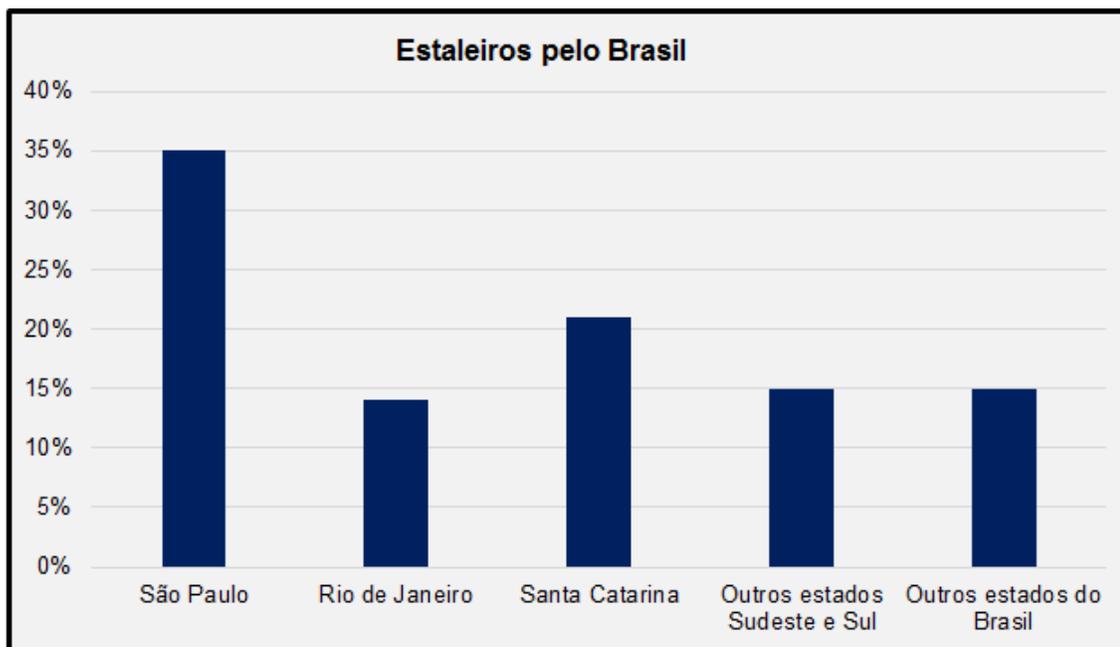
No entanto, o crescimento significativo desse segmento ocorreu apenas na década de 1990. As empresas brasileiras começaram a analisar e viabilizar as práticas de processos, produtos e tecnologias empregadas em âmbito internacional. Dessa maneira, o setor conseguiu se desenvolver e aumentar a competitividade dos produtos aqui fabricados em relação aos produtos importados.

Outro aspecto que impulsiona esse mercado no Brasil é a grande extensão territorial, com cerca de 7.480 km de costa navegável, abrangendo 17 estados e com condições favoráveis para a prática do esporte, lazer e turismo (MOURA, 2008).

No entanto, mesmo diante de um quadro tão propício, o setor náutico brasileiro ainda tem grandes desafios a superar em todos os pontos da cadeia produtiva. Algumas dificuldades encontradas são em relação à escassez de mão-de-obra especializada, altas cargas tributárias no segmento e a inexistência de política industrial voltada ao meio náutico (ACOBAR, 2012).

De acordo com relatório divulgado pela Acobar (2012), a frota náutica brasileira chega a alcançar cerca de 70.000 embarcações acima de 16 pés, sendo que cerca de 84% são lanchas e 16% são veleiros. Com relação à distribuição dos estaleiros pelo território nacional, temos disponível a ilustração na Figura 1.

Figura 1 - Distribuição dos estaleiros náuticos pelo Brasil



Fonte: ACOBAR (2012).

O processo industrial dos estaleiros consegue movimentar uma cadeia produtiva especializada e extensa, a qual é composta pelos mais variados tipos de empresas. Com relação ao número de trabalhadores nesse segmento, estima-se que 9.800 pessoas estejam envolvidas e que isso traga uma razão aproximada de 7,4 empregados por embarcação produzida (ACOBAR, 2012).

A indústria da construção náutica é um mercado bastante especializado, que em muitos casos, demanda alto padrão de qualidade em todas as etapas de projeto, visando questões de segurança, exigência do consumidor e expansão da marca. Uma das tendências para os estaleiros náuticos é que suas operações tendem a ser, na maioria, verticalizadas e a mão de obra envolvida em todas as etapas do processo seja especializada, além de que muitos dessas são altamente dependentes da habilidade do construtor. Devido a essas peculiaridades e necessidades do setor, o custo da mão de obra representa cerca de 65% do custo final da fabricação dos produtos no estaleiro (ACOBAR, 2012).

## 2.2 MÉTODOS DE PRODUÇÃO

Em um cenário cada vez mais competitivo, a necessidade de cada setor industrial encontrar o melhor meio de produção para sua empresa acaba se tornando crucial para seu desenvolvimento. Com isso, o método utilizado varia muito de acordo com a finalidade, seja com produtos únicos ou produzidos em larga escala.

Por um lado, a produção de grandes volumes de itens iguais pode vir a ser vantajoso em indústrias com significativa demanda de produtos e atividades padronizadas. Todavia, visando a exclusividade em algum produto e trabalhando com poucas unidades semelhantes com melhor acabamento, processo produtivo refinado e maior detalhamento, a produção customizada acaba se tornando uma alternativa viável.

### 2.2.1 Produção Seriada

A produção seriada geralmente é utilizada em estaleiros náuticos que possuem uma demanda considerável de um mesmo modelo de embarcação. De acordo com Nasseh (2011), com a venda de quatro ou cinco embarcações o investimento para produzir um molde já acaba se tornando viável economicamente para o estaleiro.

Esse tipo de produção deve iniciar com a confecção de um modelo, o qual reflete fielmente as medidas externas do casco ou convés, além de ser a primeira fase para a materialização do projeto. Após o modelo estar pronto é possível obter um molde, qual deve ser bem desenvolvido, visto que acompanhará por tempo o estaleiro e trará redução de custos e maior agilidade no processo a cada unidade produzida.

Lodi (2013) comenta que a utilização de moldes também influencia na qualidade final do produto, dado que as ferramentas de montagem, corte e acabamento influenciam na padronização do processo, fazendo com que o produto sempre saia da maneira o qual foi projetado.

Os estaleiros náuticos que utilizam o processo de laminação em fibra de vidro necessitam de um molde para fornecer suporte de forma para as fibras e impregnação da resina. Outro dado que chama atenção é que cerca de 90% dos moldes de fibra de vidro e resinas de poliéster são produzidos com laminação manual (NASSEH, 2011). Como exemplo, a Figura 2 ilustra um molde em estaleiro náutico.

Pahl et al. (2005) ainda comentam que a padronização construtiva dos produtos visa a melhoria econômica do processo trazendo algumas vantagens, como redução no prazo de entrega, produtos com um preço mais atraente e aquisição facilitada de peças de reposição.

Figura 2 - Exemplo de molde em estaleiro náutico



Fonte: Maestrone (2018).

### 2.2.2 Produção Customizada (*One Off*)

A produção customizada, também conhecida como *one off*, é utilizada em estaleiros náuticos que possuem grande variedade de modelos de embarcações a serem produzidas. Esses estaleiros, muitas vezes, não conseguem ver vantagens em trabalhar com moldes para a produção de futuras embarcações idênticas, visto que o investimento para um molde com relação a acabamentos, formas e o próprio trabalho, não compensa.

Esse processo ocorre de maneira simples, havendo apenas a necessidade da confecção de um plugue, o qual é a base para o produto final para embarcações em PRF. Tais plugues possuem suas dimensões principais, como comprimento e boca, já moldados e assim desconsideram a espessura do casco.

De acordo com Nasseh (2011), os plugues podem ser feitos de madeira, espuma sintética e gesso. Sua confecção necessita longo tempo de preparo e utilização dos materiais adequados, em virtude de que qualquer erro nessa etapa influenciará na peça final.

Na produção customizada com a utilização de plugues, a construção é feita de fora para dentro e deve, após o processo de laminação, analisar a quantidade de material que foi acrescentado ou removido através dos processos de lixamento e acabamento externo (LODI, 2013).

### **2.2.3 Corte das Seções e Usinagem de Blocos**

A última etapa nos projetos de embarcações é a fabricação do modelo. Com o intuito de obter um processo mais rápido, eficiente e principalmente evitar retrabalho, os estaleiros buscam a automatização na construção de modelos e plugues de suas embarcações.

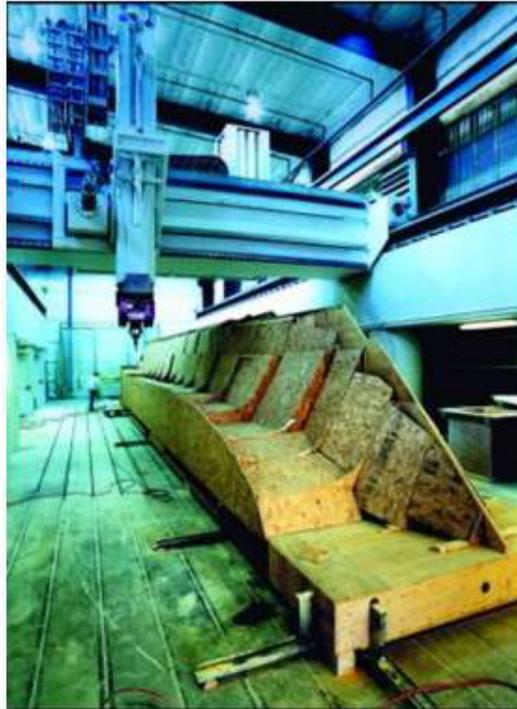
Com isso, vale descrever três processos envolvidos em alguns desses estaleiros, como o corte das seções (balizas) com *laser* e/ou Comando Numérico Computadorizado (CNC), além da usinagem de blocos de espuma sintática com CNC.

De acordo com Barbarini (2007), os processos de construção de seções, partes menores e até a montagem do casco das embarcações são, geralmente, realizados de forma manual. A utilização de processos automatizados acaba se tornando pertinente, porém, encontram-se problemas com relação a sua aplicação como o controle de usinagem em máquinas de grande porte, devido ao desenvolvimento de seu projeto ser complexo. Assim, surgem as alternativas de construir fresadoras do tamanho do casco desejado ou usinagem de pequenos blocos, e depois apenas uni-los ao casco completo.

O processo de usinagem em CNC, apresentado na Figura 3, traz vantagens na utilização, como maior precisão e rapidez na confecção das peças, além de resultados ótimos que refletem fielmente o modelo que foi projetado em computador (BARBARINI, 2007).

Com relação à usinagem de blocos, o modelo fresado pode ser feito de diversos materiais como isopor, madeiras e, principalmente, espuma de poliuretano. O material é determinado de acordo com as peculiaridades do modelo, levando-se em consideração o tamanho, complexidade das formas e custo (FETT, 2010).

Figura 3 - Exemplo de usinagem CNC



Fonte: Barbarini (2007).

No que diz respeito ao método de corte a *laser*, Jomafer (2014) comenta que o processo é o mais tecnológico em cortes devido a sua precisão e não apresentar sinais de desgastes na operação.

Entre as vantagens encontradas no processo, além da qualidade de corte, possui uma alta velocidade de operação, alto grau de precisão em diversas geometrias, variedade de materiais e espessuras (JOMAFER, 2014). Todavia, possui alto custo de investimento inicial e de manutenção, além de necessitar programadores e operadores com alto nível de capacitação.

### 2.3 PROCESSOS DE LAMINAÇÃO

O estudo e análise dos processos de laminação na indústria náutica é essencial para o desenvolvimento de bons projetos de embarcações, visto que, segundo Levy Neto e Pardini (2006), essa etapa do processo corresponde a cerca de 50% a 60% do custo total do compósito.

Cada processo tem suas peculiaridades como aplicação da matéria prima, molde aberto ou fechado e diferentes tipos de acabamento. Tais fatores influenciam na necessidade de um estudo aprofundado do processo produtivo. Com isso, os próximos tópicos têm como objetivo exemplificar os principais métodos de laminação utilizados na indústria náutica, como o *Hand Lay Up*, *Spray Up*, a vácuo e infusão.

### **2.3.1 Laminação Manual**

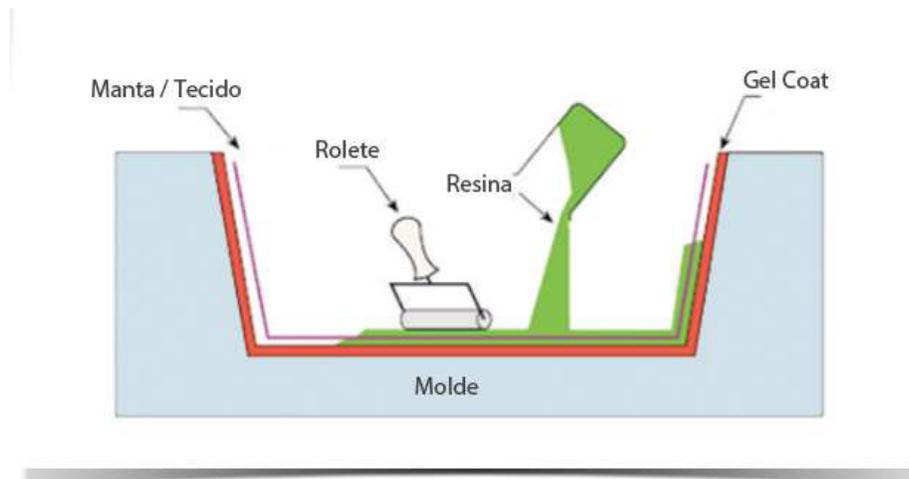
O processo de laminação manual, também conhecido como *Hand Lay Up*, é utilizado há muito tempo na indústria de fabricações em fibra de vidro. Sua laminação é feita em um molde aberto e possui uma grande versatilidade na produção das peças. (COOPERATIVISMO EM MATERIAIS COMPÓSITOS - COOPMACO, 2018a).

Apesar de se tratar de um processo simples, barato e de fácil acesso aos operadores, o conhecimento técnico é extremamente importante para a execução de uma boa laminação, em razão da qualidade final depender exclusivamente de quem está executando a tarefa (MARINUCCI, 2011). De acordo com Felipe (2008) este método é o mais utilizado em produções de pequenas séries e em peças de grande superfície.

Nasseh (2011) destaca que geralmente nesses tipos de laminações são utilizados reforços em suas formas básicas de vidro do tipo E, como mantas e tecidos nas formas de combinados multiaxiais. Apesar de existir a possibilidade de se utilizar materiais mais sofisticados, muitas vezes isso acaba sendo inviável em decorrência do alto custo.

Os equipamentos utilizados no processo são poucos e, geralmente, utilizados apenas para auxiliar, como pincéis, roletes, espátulas e ferramentas de corte (MARINUCCI, 2011).

A Figura 4 traz a representação do processo com a utilização de um molde aberto. As camadas de manta e tecido dispostas, resina depositada e um rolete são necessários para evitar os aspectos indesejáveis que podem vir a aparecer, como bolhas e imperfeições. Outro ponto que deve ser atentado, dependendo da aplicação, é que esse método consegue apenas o acabamento em uma superfície.

Figura 4 - Método de laminação *Hand Lay Up*

Fonte: CPIC FIBERGLASS (2016).

### 2.3.2 *Spray Up*

O método de laminação *Spray Up*, conhecido também como laminação a pistola ou por projeção, é vista como uma evolução do processo de laminação manual devido a sua aplicação possibilitar um aumento expressivo nos níveis de produção (MARINUCCI, 2011).

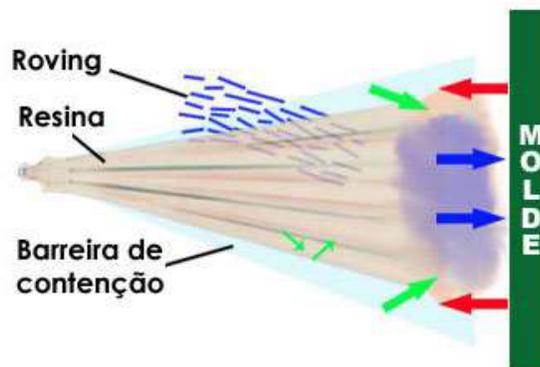
O seu processo, como descreve Coopmaco (2018b), é definido como uma aplicação simultânea de resinas e fibra de vidro em um molde através de uma pistola, como pode ser visto na Figura 5. Esse equipamento consegue cortar as fibras em um comprimento pré-determinado antes de serem atiradas ao molde e, paralelamente, as resinas também são depositadas. Por fim, na maioria dos casos, ainda são utilizadas roletes para garantir o resultado esperado no processo.

Porém, apesar do processo apresentar boas vantagens, como frações volumétricas ajustadas na pistola e poucas restrições de tamanho, a qualidade final da laminação depende muito da experiência do laminador no controle da sua espessura (MARINUCCI, 2011).

A pistola utilizada, geralmente, possui duas saídas com uma delas sendo o *roving* de corte, a qual deposita as fibras de vidro, e a outra a mistura da resina já com o iniciador de cura fora do bico (MARINUCCI, 2011). No entanto, existe a pistola com três saídas em que a diferença é a relação da resina e o iniciador que não são misturados antes do processo. A sua cura é feita em temperatura ambiente, de maneira semelhante ao método de laminação manual.

Outro ponto importante desse método é que a taxa e a velocidade de deposição dependem do tipo de equipamento utilizado, e vários podem apresentar problemas de mistura da resina e do iniciador, criando um laminado com baixa cura e defeitos estruturais (NASSEH, 2011).

Figura 5 - Método de Laminação *Spray Up*



Fonte: Fibermaq (2018).

### 2.3.3 Laminação a Vácuo

De acordo com Marinucci (2011), a laminação a vácuo é utilizada na confecção de peças de pequeno e médio porte, com baixa espessura e em séries que exigem um acabamento liso em ambas as faces. No entanto, esse processo não pode ser utilizado em moldes abertos.

A laminação a vácuo, basicamente, consiste em uma bolsa plástica selada no contorno do molde, de onde o ar é retirado por uma bomba de vácuo. Assim, Nasseh (2011) comenta que a diferença de pressão nas faces dessa bolsa plástica criará uma pressão externa ao longo do laminado sobre o molde.

Esse método utiliza alguns produtos descartáveis, o que acaba elevando o custo do processo, porém traz vantagens, como menor consumo de resina, menor peso e maior resistência do laminado, logo, a relação custo/benefício é vantajosa (NASSEH, 2011). Para se obter maior produtividade, Marinucci (2011) propõe que as mantas sejam devidamente cortadas e pesadas antes do início do trabalho.

As matérias primas que são utilizadas nesse processo são as resinas, fibra de vidro, núcleo inercial, *peel ply*, iniciador e bomba de vácuo. O *peel ply* é um tecido liso a base de poliamida que não adere à resina e tem como principal função separar o laminado dos demais materiais (WEST SYSTEM, 2010).

### 2.3.4 Infusão

O método da infusão, de acordo com Nasseh (2011), é muito semelhante ao processo de laminação a vácuo. O que diferencia os processos nesse caso é o fechamento da bolsa que é realizado com material seco dentro do envelope plástico e, após isso, a resina é transferida para dentro das camadas de fibra pelo diferencial de pressão causada pela bomba de vácuo presente no sistema.

Dentre suas vantagens, pode-se citar a regularidade de espessura e bom controle dimensional da peça trabalhada. Em alguns casos é melhor a utilização de um molde aberto, visto que dessa maneira a laminação de grandes áreas acaba se tornando muito mais complicada. Assim, a peça possui qualidade maior no que se refere as propriedades mecânicas, além de uma economia considerável de resina (MARINUCCI, 2011).

Por outro lado, o valor do processo pode vir a se tornar um empecilho. De acordo com a Abmaco (2008), cada peça produzida necessita um estudo detalhado e um simples erro pode ocasionar a sua perda. O acabamento final é em apenas uma das faces (MARINUCCI, 2011), assim como todos os processos que utilizam somente uma forma para o acabamento externo, como pode-se ver na Figura 6.

Figura 6 - Método da Infusão



Fonte: Granda (2016).

## 2.4 RESINAS

De acordo com Marinucci (2011), o termo resina pode definir tanto um polímero quanto uma matriz polimérica. Uma matriz polimérica é um material formado por uma mistura entre resinas e agentes de cura, por exemplo endurecedores e aceleradores, e, dessa maneira, gera um material sólido com propriedades mecânicas e resistência química.

As resinas têm como função transferir cargas mecânicas para os reforços dos compósitos, além de protegê-lo do meio ambiente e buscar manter a sua forma geométrica (SPIGOSSO, 2017).

A seleção das resinas leva em conta alguns aspectos. Segundo Nasseh (2011), deve ter relação com o processo de laminação que será utilizado, visto que cada um tem suas peculiaridades quanto ao tempo de gel, tempo de cura e também de desmoldagem. Tillmann (2015) comenta sobre a facilidade de manuseio e cura, tempo de operação e o requerimento estrutural do laminado.

As matrizes poliméricas podem ser divididas em duas: as termorrígidas e as termoplásticas. As termorrígidas são processadas quando líquidas e em temperatura ambiente. São muito utilizadas na indústria pelo baixo investimento na sua produção e para obter boas propriedades elásticas e mecânicas, porém não são reutilizáveis depois de curadas. Por outro lado, os termoplásticos são materiais que conseguem fluir e fundir sob efeitos de temperatura e pressão, dessa maneira conseguem ser moldados com mais facilidade.

Segundo Spigoso (2017), as resinas classificadas como termorrígidas são mais utilizadas na indústria náutica, pela facilidade de processamento e pelo fato de se encontrarem em estado líquido em temperatura ambiente.

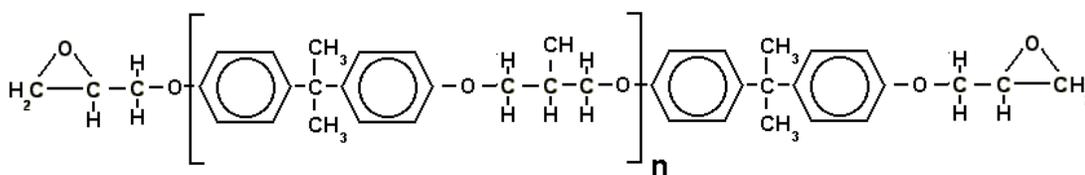
### 2.4.1 Epóxi

De acordo com Nasseh (2011), as resinas epóxi possuem uma gama de variações nas aplicações na indústria e, dessa maneira, são versáteis nos processos e técnicas empregadas. Assim, elas são utilizadas em diversos segmentos, tanto quanto resina de laminação, como também em adesivos, em selantes e outros.

Esse tipo de resina pode ser curado com diversos endurecedores e aceleradores, com ou sem a utilização de fontes de calor resultando em termofixos com um elevado teor de ligações cruzadas. Tal característica proporciona boas propriedades mecânicas, elevadas temperaturas de distorção térmica e uma boa resistência ao envelhecimento (MARINUCCI, 2011).

Com um teor mais aprofundado na sua composição química, Marinucci (2011) define que essas resinas são obtidas pela reação de epiclorigrina com bisfenol e, assim, refletem em uma estrutura com grupos terminais formados pela ligação de um átomo de oxigênio com dois de carbono, denominados grupos etoxilínicos. Quando utilizam o bisfenol A, mostrado na Figura 7, o produto obtido no processo é um dos mais utilizados pela indústria de compósitos, éter diglicidil de bisfenol A, popularmente conhecido por DGEBA.

Figura 7 - Estrutura molecular da resina epóxi



Fonte: Silaex (2018a).

#### 2.4.2 Poliéster

Para Marinucci (2011), as resinas de poliéster insaturado são as mais comuns na produção dos compósitos poliméricos termofixos. Isso se deve ao fato de possuírem características positivas em relação ao seu desempenho, custo e também propriedades físicas e mecânicas. Outro fator atraente é a sua vasta variedade de formulações na fabricação de compósitos.

Dentre as resinas de poliéster, as mais utilizadas na indústria náutica são as resinas ortoftálicas e isoftálicas, sendo que, à última, pode ser adicionado o neo-pentil glicol (NPG).

De acordo com Levy Neto e Pardini (2006), o que difere esses dois tipos de resinas de poliéster é o tempo de gelificação, resistência ao impacto, custo, fórmula química, resistência à tração e a rigidez.

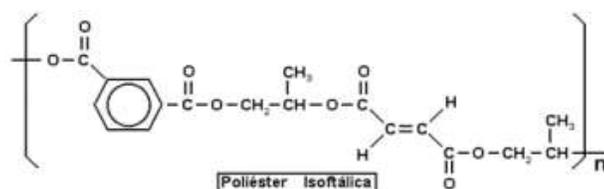
### 2.4.2.1 Isoftálica

As resinas de poliéster isoftálicas, cuja estrutura molecular é apresentada na Figura 8, são obtidas através de poliésteres de alta massa molecular. O ácido isoftálico não forma anidrido cíclico e, dessa forma, não sofre desvantagem de regeneração (SILAEX, 2018b).

Assim, o poliéster isoftálico apresenta uma estrutura com maior resistência química e mecânica, além de absorver melhor os impactos sofridos e possuir maior resistência a água. De acordo com Greene (1999), tais resinas apresentam boas propriedades mecânicas, resistência à ataques químicos e boa impermeabilidade.

Existem ainda as resinas de poliéster isoftálicas com adição de NPG, que tem como objetivo principal melhorar a resistência a hidrólise do poliéster e garantir, assim, que seja utilizado em situações nas quais o polímero estará em contato com a água e intempéries (ABMACO, 2008).

Figura 8 - Estrutura molecular da resina isoftálica



Fonte: Silaex (2018b).

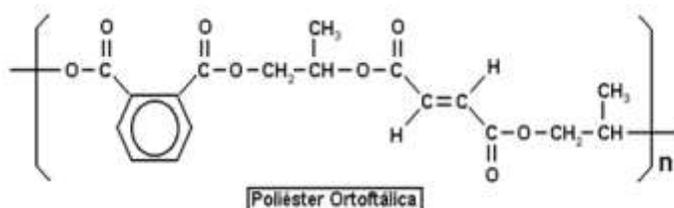
### 2.4.2.2 Ortoftálica

As resinas de poliéster ortoftálicas são formadas através do ácido ftálico e seu anidrido, essa estrutura se deve ao fato da obtenção dos polímeros com alta massa molecular ser difícil. A Figura 9 dispõe da estrutura molecular (SILAEX, 2018c).

Ainda de acordo com Silaex (2018c), esse tipo de resina é a mais barata e comum disponível no mercado e são utilizadas para confecções de canoas, piscina, calhas e outros.

Em comparação com as resinas de poliéster isoftálicas, esse tipo de resina possui resistência química, ao impacto e de tração menor, além de possuir um tempo de gelificação mais longo (LEVY NETO; PARDINI, 2006).

Figura 9 - Estrutura molecular da resina ortoftálica



Fonte: Silaex (2018b).

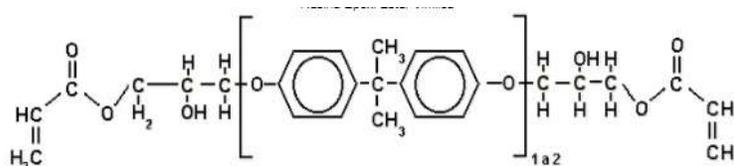
### 2.4.3 Éster Vinílica

De acordo com Almeida e Silva (2001), a resina éster vinílica, também chamada de viniléster, é resultado da adição de uma resina de epóxi com um ácido acrílico. Nasseh (2011) comenta que as aplicações e processos de cura das resinas de poliéster associadas com as propriedades de resistência do epóxi fazem com que esse tipo de resina cresça cada vez mais na indústria náutica.

Como em qualquer compósito polimérico, a resina éster vinílica tem como objetivo proteger o reforço dos agentes externos. Com isso, é o mais indicado para aplicações que exigem elevada resistência química sem que ocorra o comprometimento das propriedades mecânicas do material, além de possuir um baixo peso molecular (MARINUCCI, 2011). Sua estrutura molecular está disponível na Figura 10.

Já com relação à deformação de ruptura, Marinucci (2011) cita que a porcentagem gira em torno de 7% a 8%, 5% maior do que a resina de poliéster.

Figura 10 - Estrutura molecular resina éster vinílica



Fonte: Silaex (2018c).

## 2.5 TRATAMENTO EXTERNO PARA PREVENÇÃO DE OSMOSE

Em embarcações construídas de fibra de vidro, a osmose e a formação de bolhas são grandes problemas (NASSEH, 2012).

De acordo com Aragão Júnior (2011), o fenômeno físico osmose pode ser descrito como dois meios com diferentes concentrações de um soluto em água separados por uma membrana semipermeável. Nesse caso, a água flui para o meio hipertônico, ou solução concentrada, saindo do meio hipotônico, ou solução diluída.

Carvalho Filho (1991) comenta que equipamentos produzidos em fibra de vidro que ficam em contato com a água possuem chance de desenvolver bolhas na interface do laminado interno com o intermediário. Trata a osmose como o fenômeno cujas moléculas do solvente conseguem atravessar o laminado interno e, na interface, entre ele e o intermediário, ficam acumuladas as falhas de laminação presentes, como pode ser visto na Figura 11. Com isso, cascos de embarcações tem esse problema corriqueiramente.

De acordo com Nasseh (2012), o problema da osmose pode inicialmente parecer apenas estético, porém, uma estrutura afetada pela porosidade progressiva de uma camada de gelcoat pode chegar a perder 30% de sua resistência e, com o passar do tempo, aumentar o seu peso. Com a ocorrência desse fenômeno, sugere-se utilizar um revestimento de resina epóxi.

Figura 11 – Reparos em bolhas no casco por efeito da osmose



Fonte: Manual de Construção de Barcos (2012).

## 2.6 FIBRAS DE REFORÇO

Um componente estrutural em material compósito busca, em sua elaboração, aproveitar suas boas propriedades estruturais combinadas com os reforços fibrosos. Para isso, faz-se necessário a utilização das fibras como esses elementos, que necessitam estar unidas à matriz para alcançar os níveis desejados. As fibras de vidro, carbono e aramida são as mais utilizadas na indústria (MARINUCCI, 2011).

Nasseh (2007) completa que dentro da estrutura de um material compósito, os esforços que a mesma recebe são transferidos da matriz polimérica para a fibra que, evidentemente, são as responsáveis por elevar as propriedades da estrutura em si.

Existem casos em que as solicitações recebidas são mais alinhadas em determinada direção e, assim, exigem tecidos unidirecionais, enquanto quando existem diferentes formas de solicitações em uma mesma peça, exige-se combinação de tipos diferentes de reforços. Essa ação faz com que a estrutura seja denominada híbrida (MARINUCCI, 2011).

A resistência dos compósitos é maior no sentido longitudinal às fibras. A utilização de fibras alinhadas com a direção dos esforços reduz a quantidade de material sem função estrutural dentro do compósito.

### 2.6.1 Fibra de Vidro

As fibras de vidro são muito utilizadas na indústria devido ao seu ótimo custo/benefício em relação aos demais tipos de reforços. Esta porcentagem pode chegar a 90% do total de fibras utilizadas nos reforços poliméricos (GREENE, 1999). Isso se deve ao fato da abundância de sua matéria prima, como o silício, calcário e outros (MARINUCCI, 2011).

De acordo com Greene (1999), os bons índices de suas propriedades mecânicas, químicas e de processamento podem ser listadas como as causas do seu grande volume de uso. Outros aspectos positivos são o seu bom assentamento no molde, facilidade de corte e de desenrolamento (MARINUCCI, 2011).

A produção das fibras possui uma variedade no que se refere as composições químicas e, dessa maneira, exibem diferentes propriedades mecânicas e químicas. Essas opções são apresentadas através de alguma letra, no caso, os tipos C, E e S se fazem mais presentes. A Tabela 1 mostra algumas das suas propriedades.

Tabela 1 - Propriedades da Fibra de Vidro

<b>Propriedades</b>	<b>C</b>	<b>E</b>	<b>S</b>
Densidade (g.cm <sup>3</sup> )	2,49	2,54	2,48
Resistência à tração (MPa) 25° C	3033	3448	4585
Resistência à tração (MPa) 370° C	-	2620	3758
Módulo de Elasticidade (GPa) 25° C	69	72,4	85,5
Alongamento (%) a 25° C	4,8	4,8	5,7

Fonte: Marinucci (2011).

A estocagem desses materiais requer alguns cuidados especiais, como a limpeza e a umidade do local, esse último é uma influência direta na qualidade final da fibra de vidro.

Nasseh (2011) comenta que para a construção de embarcações a fibra de vidro mais utilizada é a do tipo E, com o valor girando em torno de 95%. Esse tipo possui um baixo teor alcalino, boa resistência à tração e uma rigidez consideravelmente boa em relação à flexão.

### **2.6.2 Fibra de Aramida**

As fibras de aramida, cuja principal marca comercial é o Kevlar, possuem características favoráveis para utilização em materiais compósitos apesar do seu custo ser elevado.

De acordo com Marinucci (2011), as fibras de aramida possuem boa resistência ao fogo, são isolantes térmicos e elétricos. Outro aspecto importante quando se trabalha com materiais compósitos é a sua elevada tenacidade, o que lhe proporciona uma boa resistência ao impacto.

O seu baixo peso específico, comparado ao aço, atrelado aos grandes níveis de resistência e rigidez, traz uma boa vantagem ao utilizar o material visto que a demanda de matéria prima será menor para alcançar os níveis esperados (COOPMACO, 2018c).

Sua utilização na indústria náutica acaba se tornando interessante, em virtude de o material possui características não corrosivas em água doce e salgada. Com relação ao seu desempenho compressivo, as fibras de aramida não possuem o mesmo rendimento quando comparada as fibras de vidro, visto que apresentam um comportamento dúctil não linear a baixos valores de deformação (GREENE, 1999).

As fibras de aramida podem ser divididas em dois grandes grupos. O primeiro, denominado como baixo módulo, é utilizado em ocasiões em que a estrutura sofre fortes ações mecânicas, por exemplo, como proteção contra disparos de armas de fogo. Já o segundo, denominado de alto módulo, é muito utilizado na fabricação de compósitos, visto que possui elevada resistência à tração, baixa densidade e alto módulo de elasticidade (MARINUCCI, 2011).

### **2.6.3 Fibra de Carbono**

As fibras de carbono foram desenvolvidas no final da década de 1960 e, assim, permitiram o avanço dos compósitos como um material que fosse capaz de ser utilizado nas mesmas aplicações antes restritas aos metais (MARINUCCI, 2011).

Cotada como predominante na fabricação estrutural, não apenas pela baixa densidade e alta resistência, mas também pelo alto módulo de elasticidade e pequenas deformações que o material apresenta.

Quanto maior o módulo de elasticidade, maior o custo do processo da fibra. Esse tipo de fibra não é facilmente impregnado pelas resinas, portanto, geralmente são revestidos por tratamento superficial epoxídico, proporcionando uma interface com a matriz (MACHADO, 2002).

Greene (1999) ainda comenta que seus níveis de resistência e rigidez são vantajosos com relação aos demais tipos de fibra utilizados nas estruturas dos compósitos. Outro ponto é que as fibras de carbono não estão sujeitas à ruptura ou à corrosão sob tensão, como acontece nas fibras de aramida e vidro.

## **2.7 PAINÉIS SANDUÍCHE**

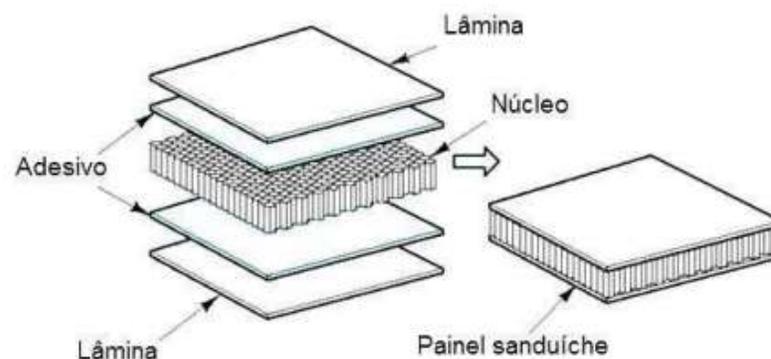
O surgimento das estruturas sanduíches teve início na Segunda Guerra Mundial, com uma aplicação revolucionária para a época. Com a necessidade de trabalhar com estruturas cada vez mais leves na indústria aeronáutica, o desenvolvimento de uma construção com um núcleo de madeira extremamente leve, envolvido por placas de madeira mais resistentes, teve êxito. Na época, sem dúvidas, o conjunto apresentou uma resistência elevada e um peso menor do que o que era produzido até então (MARINUCCI, 2011).

Marinucci (2011) discorre que na indústria náutica os painéis sanduíches são utilizados em embarcações tanto de pequeno quanto grande porte em diversas partes, seja no seu casco, longarinas e convés como também em pisos, tetos e paredes.

Logo, de maneira sucinta, o objetivo principal ao utilizar esse tipo de estrutura é reduzir seu peso e aumentar a resistência à flexão. Isso é possível devido as duas faces externas possuírem uma alta resistência estrutural, que têm o papel de suportar esforços de tração e compressão, além de seu núcleo possuir baixa densidade. Outro aspecto importante sobre as faces externas é que devem possuir espessura suficiente para resistir a avarias e flambagem quando sofrerem impactos (NASSEH, 2011).

Na Figura 12 é possível visualizar de que maneira cada camada é disposta na estrutura final.

Figura 12 - Estrutura de um painel sanduíche



Fonte: Mendonça (2005).

Com isso, Marinucci (2011) cita três condições básicas para o funcionamento correto da estrutura sanduíche, sendo eles:

- O núcleo, apesar de leve, deve ser suficientemente rígido para manter estável a distância entre as duas placas que envolvem o núcleo;
- O núcleo não deve ser frágil a ponto de apresentar trincas paralelas às faces, pois nesse caso as placas de face poderiam ficar desvinculadas do núcleo, formando três elementos em vez de um só e desfazendo o conceito da estrutura sanduíche;
- A adesão na interface entre as cascas e o núcleo deve assegurar a permanência da estrutura.

Os núcleos inerciais leves são utilizados em vários segmentos das indústrias, no caso da náutica a madeira balsa, Policloreto de Vinila – PVC expandido, espuma de poliuretano, poliestireno, madeira balsa e compensado naval são geralmente empregados.

### **2.7.1 Madeira Balsa**

Em estruturas que utilizam a madeira como núcleo inercial, grande parcela opta pelo tipo balsa. Essa escolha tem relação direta com o seu valor comercial em relação as demais opções possíveis nesse tipo de construção, porém, possui seus aspectos positivos e negativos (NASSEH, 2011).

De acordo com Marinucci (2011), a madeira balsa pode ser facilmente manuseada em relação a dobras, furos e quando há a necessidade de serrar algum componente e, dessa maneira, apresenta facilidade para ser empregada em geometrias com curvaturas e com espessuras diferentes.

Todavia, apesar dessas vantagens, a utilização da madeira balsa pode acarretar em algumas situações indesejáveis. Sua utilização em estruturas com contato frequente com água causa preocupações a sua integridade, visto que sua baixa resistência a impactos pode ocasionar trincas, que por sua vez permitem a absorção de água e, dessa maneira, prejudicar a integridade mecânica do núcleo (ABMACO, 2008).

Com relação aos problemas de qualidade da estrutura do núcleo, o primeiro fenômeno que se observa é a delaminação, onde as camadas dos laminados se despreendem e, assim, prejudicam a sua integridade.

Assim, de acordo com Tilmann (2015), as duas principais desvantagens da utilização desse material são o seu peso e por possuir a característica de absorver facilmente água e umidade com relação aos outros materiais.

### **2.7.2 Espuma PVC**

A utilização de núcleos inerciais de espuma é frequente em estruturas sanduíche e, provavelmente, é o tipo de núcleo mais utilizado na construção de barcos. Outros tipos de espuma podem ser encontrados na indústria náutica como o poliuretano, poliestireno e de poliéster (NASSEH, 2011).

De acordo com Marinucci (2011), a espuma de PVC geralmente é utilizada em processos de laminação por contato e projeção, autoclave/prepreg e infusão. O autor ainda cita que existem diversas vantagens em utilizá-la como uma elevada relação de resistência-peso e rigidez-peso, baixa absorção de resina, alta resistência à fadiga e ao impacto, além de serem auto extingüíveis.

Nasseh (2011) completa que esse desempenho estrutural muito alto e o baixo peso fazem com que exista uma facilidade em se obter uma estrutura macroscópica sólida, o que permite a laminação direta com a superfície. Com isso, é possível conseguir componentes com acabamento em uma ou duas faces, além de adaptar-se facilmente em superfícies não planas bastando, apenas, uma escolha correta do tipo de corte utilizado (MARINUCCI, 2011).

As espumas PVC podem ser descritas em dois tipos: a espuma PVC flexível e a semi-rígida. A sua escolha de uma ou de outra depende da flexibilidade que o usuário busca e também a resistência da estrutura.

De acordo com Nasseh (2007), as espumas PVC flexíveis possuem uma peculiaridade na sua utilização, isso se deve ao fato de que a sua temperatura de exposição não pode ultrapassar os 45° Celsius e, dessa maneira, acaba se tornando algo inviável para convés, casarias e superestruturas. Assim, em regiões de clima tropical, esse tipo dificilmente será utilizado nestes locais.

Por outro lado, as espumas PVC semi rígidas possuem uma elevada resistência a compressão e ao cisalhamento, além de uma excelente resistência química e o seu principal diferencial, a faixa de operação que gira de -40° a 180° Celsius. Outro aspecto positivo é com relação a sua formulação e produção, visto que 100% das suas células são fechadas e, dessa maneira, impedindo a absorção de água (NASSEH, 2007).

De acordo com Nasseh (2011), cerca de 90% das estruturas com painéis sanduíches utilizam a espuma de PVC. Os preços no mercado são competitivos visto que são produzidos em larga escala, por mais que, no processo de produção, são necessárias semanas para fabricar, expandir e curar.

A Figura 13 mostra um núcleo inercial de PVC expandido, com cortes espaçados para promover melhor trabalhabilidade e permeabilidade de resina.

Figura 13 - Espuma PVC

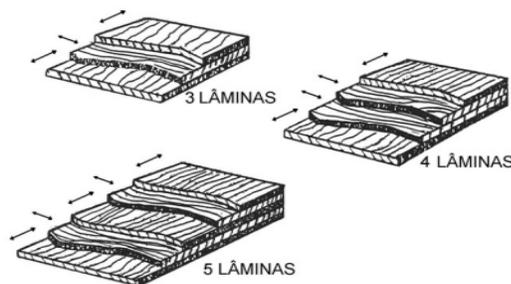


Fonte: Castro Composites (2018).

### 2.7.3 Compensado Naval

Os compensados podem ser definidos como laminas finas de madeiras dispostas com a grã perpendicular entre laminas adjacentes, em sua grande maioria números ímpares com melhor estabilidade dimensional do painel. Na Figura 14 conseguimos visualizar a orientação das laminas e sua quantidade (FERRAZ, 2013).

Figura 14 - Orientação das Laminas em Compensado Naval



Fonte: Iwakiri (2005).

De acordo com Nasseh (2011), esse material é a forma mais utilizada de madeira para embarcações devido a sua versatilidade, além de ser forte e rígido e possuir uma probabilidade menor de empenas do que uma tábua sólida.

Em embarcações de fibra de vidro, o compensado naval é utilizado em anteparas interiores, pisos, portas e armários. Já em embarcações de madeira é mais utilizado, como no chapeamento do casco, convés, cavernas e anteparas (NASSEH, 2011).

Em aplicações navais, Nasseh (2011) comenta a importância de ser uma lâmina de excelente qualidade e que o adesivo de laminação seja a prova d'água e resistente a temperatura. Um aspecto negativo do compensado é a dificuldade de fletir o painel em uma forma além de uma curva simples.

#### **2.7.4 Espuma de Poliuretano**

A espuma de poliuretano é associada com o aumento da rigidez de uma estrutura em paralelo com propriedades de isolamento térmico, porém, deve-se atentar a densidade de cada tipo de espuma, visto que algumas não são recomendadas para estruturas sanduíches. Espumas com densidade acima de 60 kg.m<sup>3</sup> são necessárias para tal uso, porém as espumas comercialmente vendidas são em torno de 40 kg.m<sup>3</sup> (MARINUCCI, 2011).

Nasseh (2007) ainda cita que a espuma de poliuretano se desmancha facilmente, possui baixas propriedades mecânicas com relação a compressão e cisalhamento e, durante sua expansão e cura, é difícil evitar o surgimento de bolhas dentro dos blocos construídos. Outro ponto que não favorece sua utilização em meios que estão em contato com a água é que suas células são abertas e assim tendo uma facilidade de absorção.

Dessa maneira, esses materiais não são utilizados em estruturas sob cargas dinâmicas, só em laterais do casco e conveses e é utilizado apenas como isolante ou para preenchimento de vazios (MARINUCCI, 2011).

#### **2.7.5 Poliestireno**

As espumas de poliestireno, apesar de serem extremamente leves, são pouco utilizadas como núcleos estruturais na construção de embarcações pelo fato de serem pouco resistentes comparadas com o PVC, por exemplo (NASSEH, 2011).

Com isso, as suas aplicações ficam limitadas ao preenchimento de espaços vazios e para aumentar a flutuabilidade de pequenas embarcações. Outro aspecto que desfavorece a sua utilização é que não são conformadas em curvas complexas. Nasseh (2011) ainda complementa que esse material possui uma baixa resistência a reação de agente químicos, outro fato que compromete a sua utilização.

Além disso, estas espumas reagem com resinas que apresentam estireno em sua composição, como poliésteres e ésteres vinílicas.

### 2.7.6 Núcleo tipo colméia

O núcleo colméia, também conhecido como *Honeycomb*, possui características que chamam atenção para utilização na indústria náutica, como a variedade de materiais que podem ser utilizados no núcleo, sendo eles a fibra de vidro, carbono e aramida, polietileno e demais.

Outro aspecto, de acordo com Nasseh (2011), é com relação as suas capacidades de compressão e cisalhamento, visto que possui maiores relações que qualquer outro material que possui a mesma densidade, fazendo com que seu peso seja menor e traga maior rigidez ao sistema.

Com relação à estrutura geométrica de suas células, as mais utilizadas são as formas hexagonais, triangulares e quadradas (NASSEH, 2011). Contudo, a sua utilização ainda acaba se tornando um pouco cara e, em alguns casos, não se torna a opção mais viável dependendo da embarcação construída e seu valor agregado.

### 3 METODOLOGIA

O presente trabalho tem como principal objetivo realizar uma identificação dos estaleiros náuticos no Brasil, tanto no que se refere ao porte e tipo das embarcações produzidas como os seus processos produtivos e materiais utilizados.

Buscando atingir tais objetivos, a formulação da pesquisa inicia com uma revisão bibliográfica da indústria náutica brasileira, com o intuito de contextualizar melhor o mercado que está sendo trabalhado e também com os principais processos produtivos envolvidos nos estaleiros.

Após essa primeira etapa, foi realizado um mapeamento da indústria náutica brasileira. Tal processo se iniciou com o levantamento dos estaleiros registrados em órgãos nomeados nesse ramo e, também, através de sites que envolvem o comércio de embarcações. Com isso, foi possível entrar em contato com os estaleiros através de e-mail ou telefone e coletar informações que permitissem contextualizá-los. Essa etapa foi realizada entre os meses de março até o final de abril de 2018.

Por fim, o processo de pesquisa buscou encontrar a melhor maneira de entregar os questionários confeccionados. Para isso, foi realizado um levantamento dos referenciais teóricos através de pessoas experientes no ramo, buscando focar nos principais métodos utilizados e deixar o formulário mais sucinto.

#### 3.1 ESTALEIROS PARTICIPANTES

Os estaleiros participantes nesta pesquisa foram os encontrados, conforme exposto na seção anterior, em órgãos que realizam o controle dos estaleiros e possuem registro, além de outros encontrados em sites.

Para melhor análise e divisão dos estaleiros, optou-se por selecionar e explorar cada um de acordo com a região que está inserida. Com isso, conforme a Tabela 2 foram divididos nas cinco regiões do Brasil, sendo Sul, Sudeste, Centro-Oeste, Nordeste e Norte.

Tabela 2 - Números dos estaleiros da pesquisa

Região	Contatados	Participantes	Fecharam	Não participaram
Sul	39	16	5	18
Sudeste	48	15	9	24
Centro-Oeste	4	0	0	4
Nordeste	8	3	0	5
Norte	3	0	0	4

Fonte: O Autor (2018).

Devido ao baixo número de informações referentes aos estaleiros localizados nas regiões Centro-Oeste, Nordeste e Norte, em decorrência da baixa participação dos estaleiros na pesquisa, optou-se por trabalhar apenas com as regiões Sul e Sudeste.

Com relação aos valores apresentados anteriormente sobre as informações gerenciais da indústria, em relatório apresentado pela ACOBAR (2012), pode-se notar que o cenário brasileiro na indústria náutica sofreu alterações durante esses seis anos em seus índices de distribuição dos estaleiros náuticos no Brasil.

### 3.2 TÉCNICA DE PESQUISA

De acordo com Prodanov e Freitas (2013), o método de pesquisa exploratória tem como objetivo proporcionar mais informações sobre determinado assunto, possibilitando uma definição e delineamento e, dessa forma, favorecer a delimitação do tema. Outro aspecto é orientar a fixação dos objetivos e a formulação das hipóteses ou descobrir um novo tipo de enfoque para o assunto.

Uma pesquisa qualitativa busca encontrar ou não a presença de algo em análise, onde a interpretação dos fenômenos e atribuição dos significados são básicos e não utilizam métodos estatísticos, sendo o processo e seu significado os principais focos. Por outro lado, a pesquisa quantitativa expõe opiniões e informações através de números com o intuito de avaliar e classificar as mesmas e, para isso, necessita de técnicas estatísticas (PRODANOV; FREITAS, 2013).

Com isso, para a presente pesquisa foi desenvolvido um questionário estruturado com perguntas fechadas e de múltipla escolha para os estaleiros de construção náutica, que foi respondido através da plataforma *Google Docs*.

Disponível no Apêndice A, o questionário é composto de 18 perguntas e são divididas em dois blocos:

- Características gerais de cada estaleiro e
- Identificação dos processos produtivos e materiais utilizados.

Portanto, o próximo capítulo tem como propósito apresentar os dados provenientes das pesquisas através de gráficos e tabelas, além de análises referentes às distribuições geográficas dos estaleiros.

## 4 PROCESSOS PRODUTIVOS E MATERIAIS

Neste capítulo serão apresentados os resultados relacionados a análise descritiva da pesquisa realizada com os estaleiros de construção náutica nas regiões Sul e Sudeste do Brasil.

O foco desse capítulo é compreender as particularidades do setor, em que os resultados foram exibidos através de gráficos de barras com o intuito de mostrar os índices encontrados de maneira objetiva. Diante disso, foi possível apresentar as características dos estaleiros participantes, seus processos produtivos e os materiais utilizados.

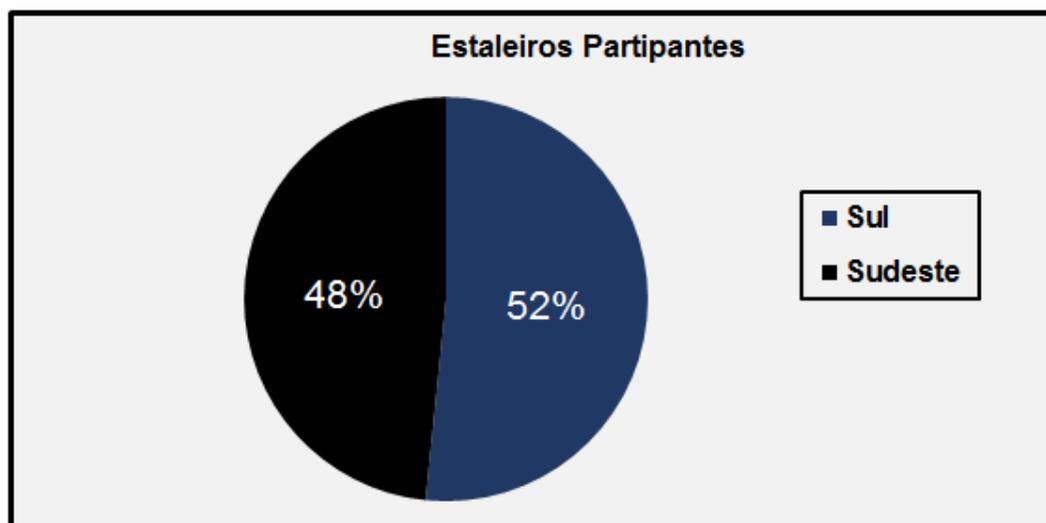
### 4.1 CARACTERIZAÇÃO DOS ESTALEIROS NÁUTICOS DAS REGIÕES SUL E SUDESTE DO BRASIL

As informações sobre as características dos estaleiros náuticos das regiões Sul e Sudeste do Brasil foram coletadas através do preenchimento da primeira parte do questionário apresentado no Apêndice A.

Foram contatados 88 estaleiros nessas duas regiões através de e-mail e telefonemas, sendo que 31 participaram da pesquisa. A distribuição entre as regiões e os estados participantes está disponível nas Figuras 15 e 16, respectivamente.

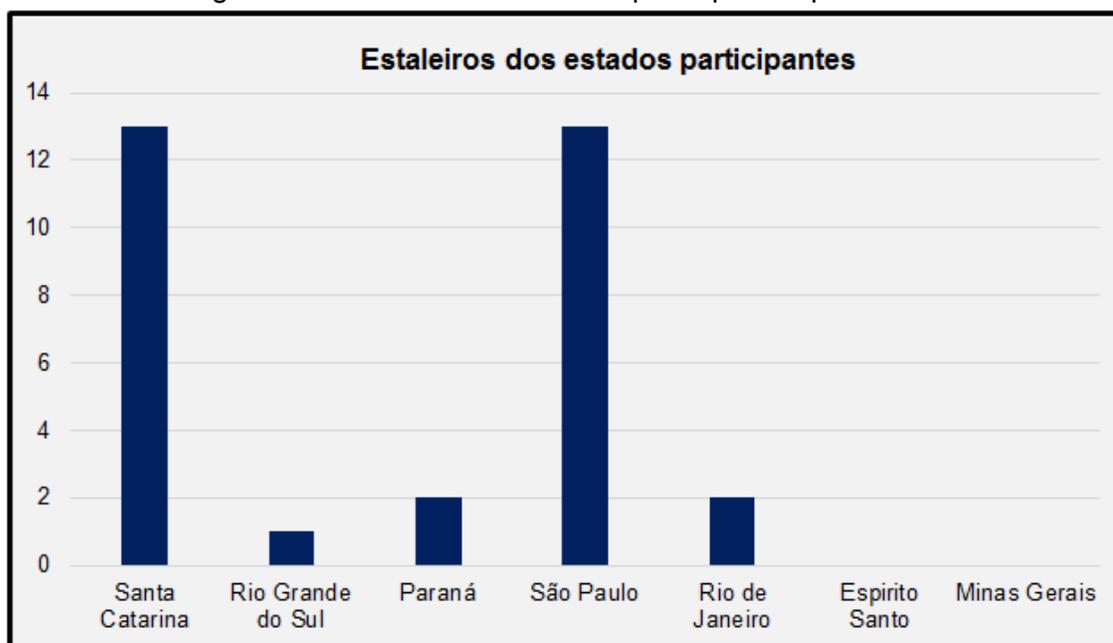
Dentre os que não participaram, vale destacar o número de estaleiros que fecharam nos últimos anos, alcançando cerca de 16% do total contatado. A outra parcela contabilizou estaleiros que trabalham com embarcações em alumínio, estaleiros que optaram por não participar da pesquisa e, uma fração que não retornou ao pesquisador.

Figura 15 - Distribuição dos estaleiros náuticos participantes por região



Fonte: O Autor (2018).

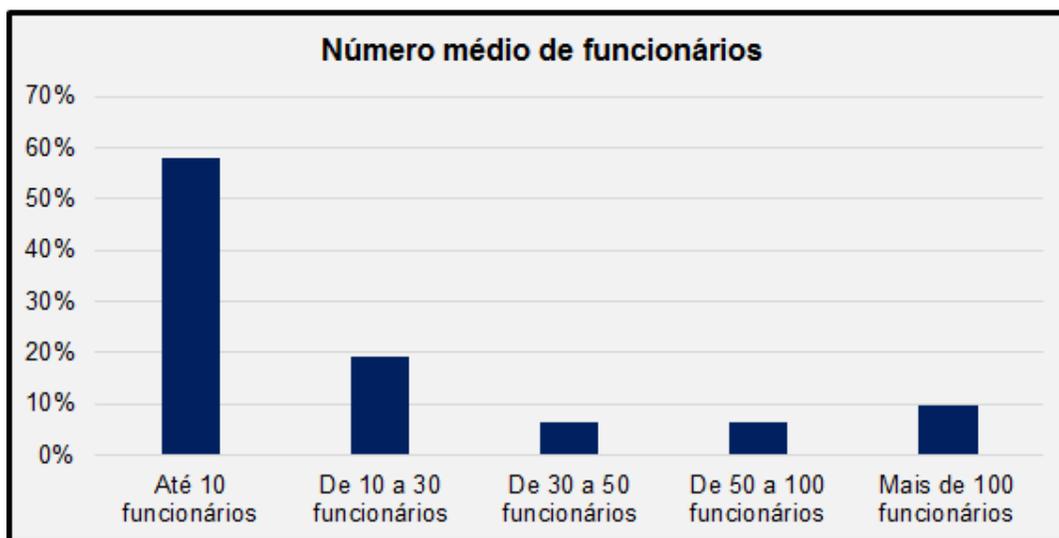
Figura 16 - Número de estaleiros participantes por estado



Fonte: O Autor (2018).

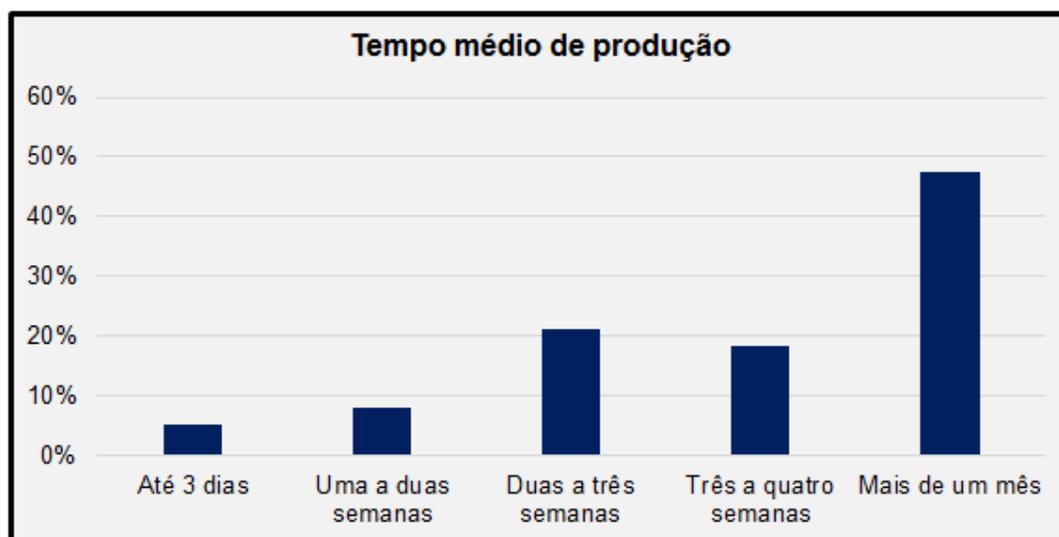
Com o intuito de uma maior familiarização com os estaleiros náuticos participantes, dados referentes ao número de funcionários e o tempo médio de produção de uma embarcação foram levantados e estão disponíveis nas Figuras 17 e 18.

Figura 17 - Número médio de funcionários



Fonte: O Autor (2018).

Figura 18 - Tempo médio de produção



Fonte: O Autor (2018).

Nota-se que a grande maioria dos estaleiros, cerca de 58%, podem ser considerados de pequeno porte e não ultrapassam de 10 funcionários, o que reflete nos métodos e tipos de produção utilizados.

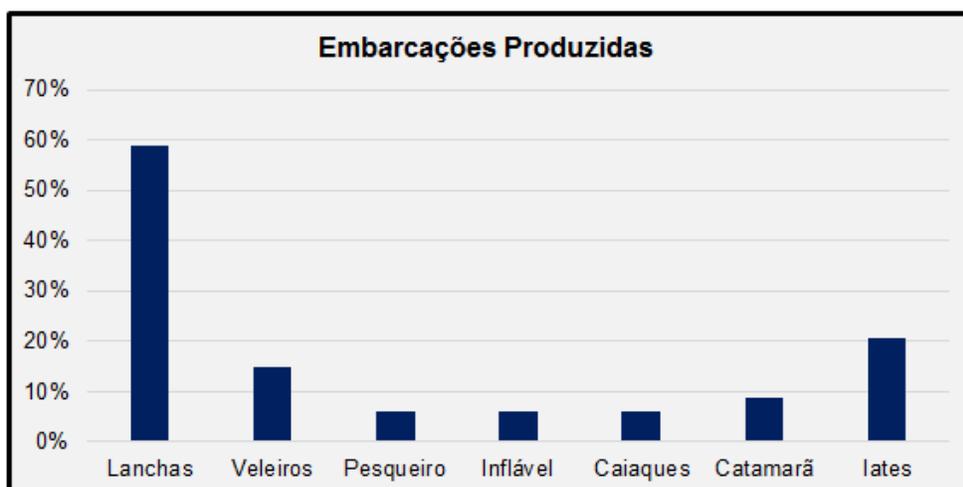
É importante salientar que os números encontrados com relação aos tempos de produção variam muito de acordo com o tipo, tamanho e nível de detalhamento da embarcação. Grande parte dos estaleiros que produzem mais de um tipo de embarcação assinalaram mais de uma resposta nesses campos, dessa maneira acredita-se que estes dados podem ser melhor manipulados para cada caso específico de embarcação.

O número médio de funcionários e o tempo médio de fabricação de cada unidade por região estão apresentados no Apêndice B.

#### 4.2 COMPRIMENTO E TIPO DAS EMBARCAÇÕES PRODUZIDAS

Com relação ao tipo de embarcação, levando em consideração apenas o que é construído em plástico reforçado com fibras, nota-se de acordo com a Figura 19, que as lanchas são as mais produzidas, com 59%. Fato que pode ser associado à sua viabilidade nessas regiões em decorrência do turismo, lazer e facilidade de navegação. Nota-se que na seção 2.1, de acordo com Acobar (2012), os índices apresentados são de 84% do total das embarcações produzidas são lanchas, no entanto o índice encontrado na pesquisa ficou distorcido, esse motivo pode ser associado as mudanças nos estaleiros nestes seis anos, e também ao tipo de estaleiro que participou da pesquisa, o que influencia diretamente no tipo de embarcação produzida.

Figura 19 - Embarcações produzidas



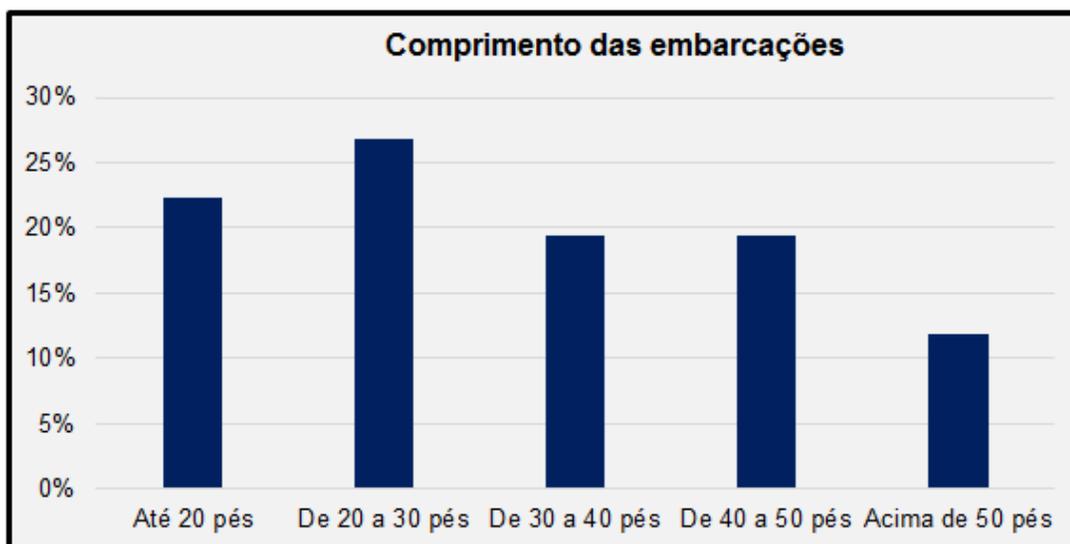
Fonte: O Autor (2018).

Quanto ao tipo de embarcação produzida em cada região, apresentado no Apêndice C, é possível analisar que a região Sul possui grande foco em lanchas. Por outro lado, nota-se que a região Sudeste possui maior variedade de embarcações e com elevado grau de sofisticação.

No que se refere ao comprimento das embarcações, é possível notar uma grande variedade em seus resultados. Conclui-se que esses números são decorrentes, como citado anteriormente, de alguns estaleiros que trabalham com mais de um tipo de embarcação e isso influencia diretamente no comprimento em que são produzidas.

Conforme a Figura 20, a faixa de comprimentos de embarcações produzidas em PRF de 20 a 30 pés é mais produzida com 27% e pode estar associada ao fato de que a maioria dos estaleiros serem de pequeno porte e, possuem um pequeno espaço físico e linha de produção não tão bem definida. Por outro lado, as embarcações que são de grande porte e estão dentro da faixa de mais de 50 pés, geralmente iates e lanchas, são produzidas em estaleiros mais desenvolvidos e que possuem foco em mercados mais sofisticados.

Figura 20 - Comprimento das embarcações

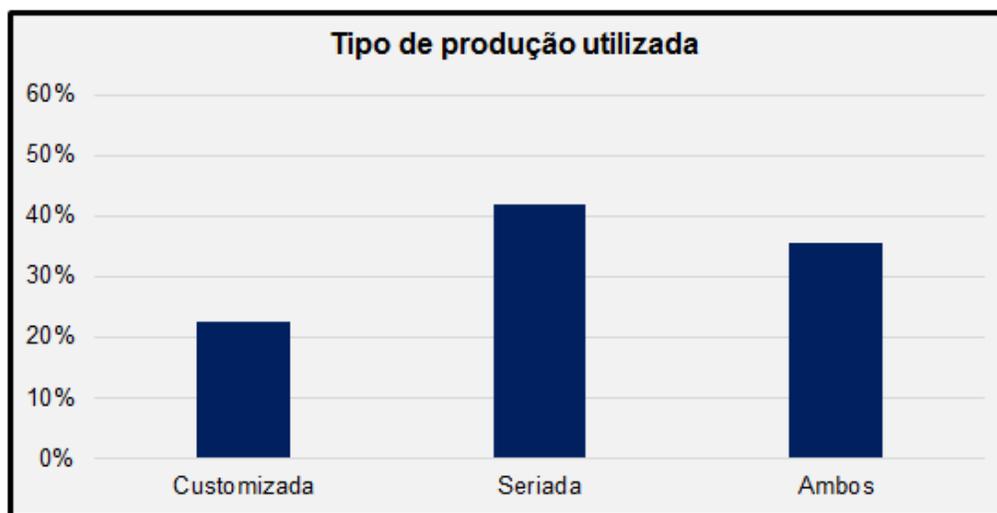


Fonte: O Autor (2018).

### 4.3 MÉTODOS DE PRODUÇÃO

Na indústria náutica são utilizados dois tipos de produção das embarcações, sendo elas a seriada ou customizada (*one off*). A Figura 21, com base no Apêndice D, apresenta o método de produção por região e expõe os dados coletados, tratando-os com a utilização de apenas um método ou ambos.

Figura 21 - Produção utilizada



Fonte: O Autor (2018).

Pode-se notar que a utilização do método de produção seriada é maior que o método customizado e atinge 42% dos participantes. Em contrapartida, cerca de 35% dos estaleiros trabalham com as duas opções, o que pode ser explicado pela variação do tipo e de comprimento de embarcações produzidas o que acaba fazendo com que não seja possível estabelecer um padrão de acordo com o porte do estaleiro.

Com relação a produção seriada, percebe-se que o maior estaleiro contatado trabalha com esse método, onde o mesmo possui uma linha de produção bem definida e uma boa demanda de produção.

No entanto, os estaleiros que trabalham com embarcações que necessitam de um grau de acabamento específico e possuem alto valor agregado, geralmente utilizam a produção customizada. Esse método é muito empregado em embarcações de madeira e alumínio, que não está no escopo deste trabalho.

#### 4.4 PROCESSO DE CONSTRUÇÃO DE PLUGUES E MODELOS

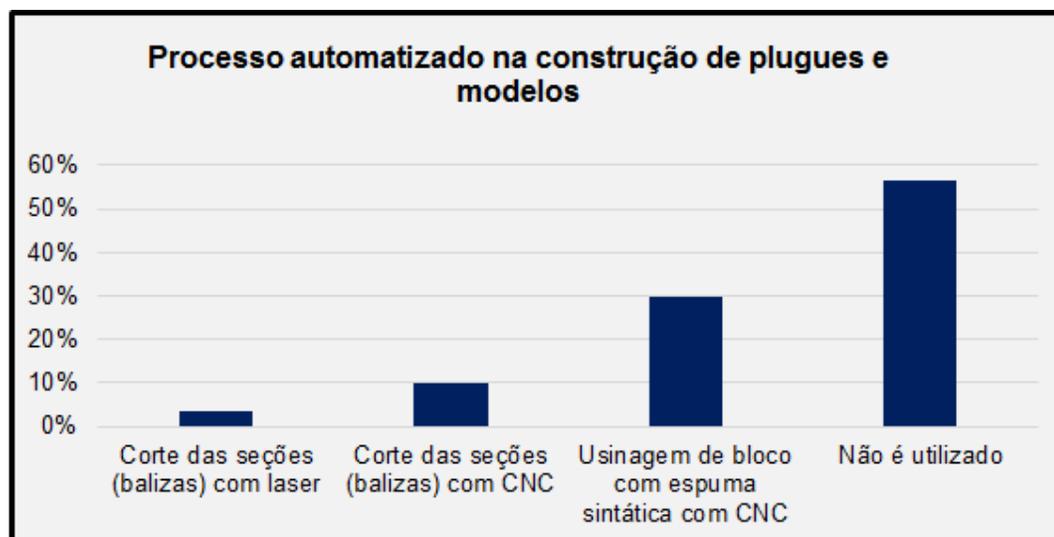
Conforme descrito na seção 2.2, os plugues e modelos são obtidos através da fabricação própria dos estaleiros ou da aquisição de um já confeccionado por terceiros.

Com o mercado buscando cada vez níveis elevados de sofisticação e qualidade dos produtos, a utilização de processos automatizados vem ganhando força na indústria náutica, porém, a dificuldade de manutenção, pouco conhecimento e seus altos valores acabam impossibilitando um maior avanço nessa área.

O uso de processos automatizados ainda é incipiente na indústria de construção náutica brasileira, como pode ser visto na Figura 22. Cerca de 57% dos estaleiros participantes afirmaram que não utilizam processos automatizados na construção de plugues e modelos. No entanto, aproximadamente 30% trabalha com usinagem de bloco com espuma sintática em CNC e, dentro dessa faixa, boa parte se trata de estaleiros que tem como objetivo produzirem embarcações com maiores índices de complexidade.

Nota-se pouco a utilização do corte das balizas com laser e CNC, esse índice pode ser justificado pela necessidade de alto investimento inicial nos equipamentos e de operadores treinados para a execução do trabalho.

Figura 22 - Processo automatizado na construção de plugues e modelos



Fonte: O Autor (2018).

Os demais gráficos referentes as análises dos processos de automatização estão disponíveis no Apêndice E.

## 4.5 MÉTODOS DE LAMINAÇÃO

Para um melhor entendimento das informações referentes aos métodos utilizados na indústria náutica, optou-se por dividir as análises em três grupos, sendo: i) laminação do casco; ii) convés; iii) outras partes da embarcação. Essa divisão foi realizada tendo em conhecimento que nem sempre o mesmo método é utilizado na produção de toda a embarcação.

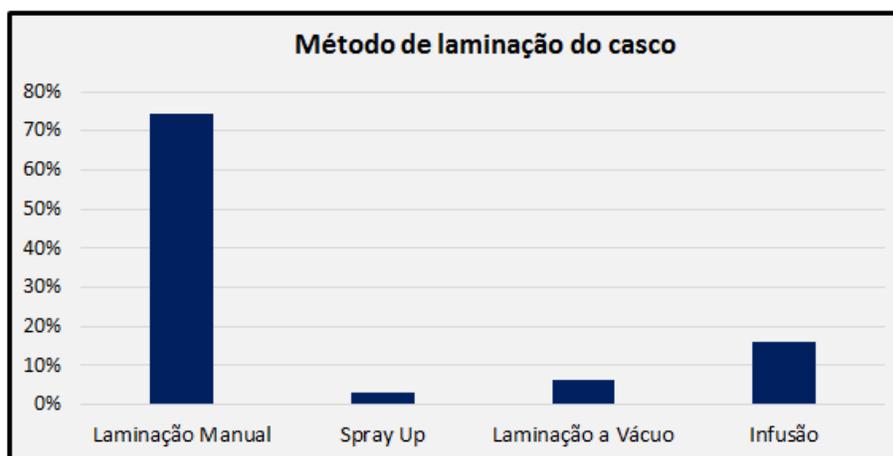
### 4.5.1 Laminação do casco

Para a etapa de laminação do casco, observa-se na Figura 23 que o processo de laminação manual é utilizado em 74% dos estaleiros. O que condiz com a afirmação de Nasseh (2011), que discorre esse ser método mais antigo e utilizado pelos estaleiros náuticos.

Por ter uma área maior, e maiores solicitações estruturais, o casco da embarcação precisa utilizar mais material e demanda que seu processo de laminação necessite, em geral, um pouco mais de tempo. Nasseh (2011) destaca que, normalmente, utilizam-se materiais com o menor valor agregado na laminação manual visto que, apesar da possibilidade de utilizar os mais sofisticados, o resultado final acaba não trazendo o melhor custo benefício.

Para a laminação do casco algumas resinas podem ser utilizadas, como a epóxi, isoftálica, ortoftálica e éstervinílica, as quais serão apresentadas nas próximas seções juntamente com seus índices encontrados para essa aplicação.

Figura 23 - Método de laminação do casco



Fonte: O Autor (2018).

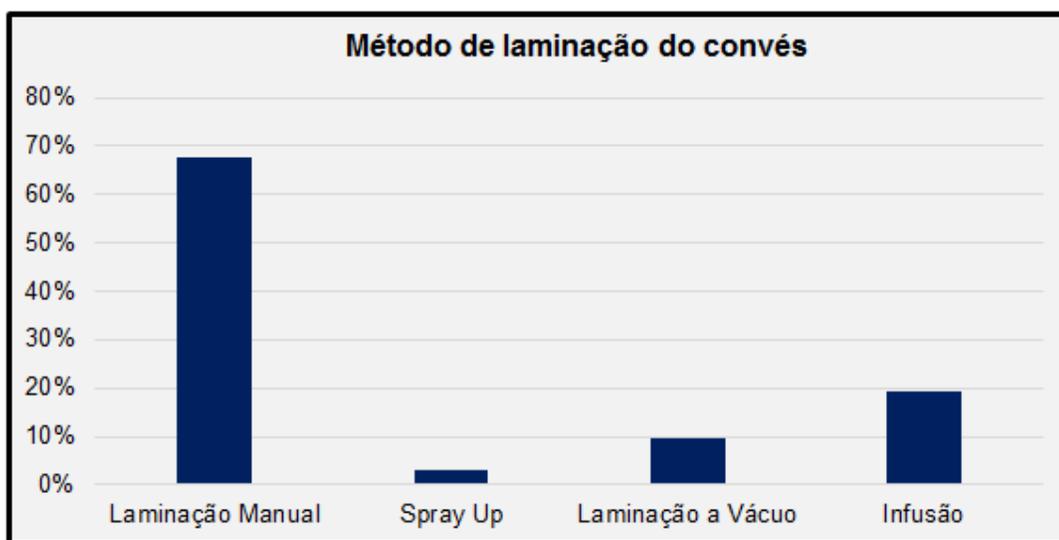
Nota-se também um índice de 16% de utilização do método da infusão, o qual segundo Marinucci (2011) é indicado para peças de grande porte e com baixa escala de produção, além de possuir um ótimo controle de espessura e controle dimensional. Esse índice provém de estaleiros que produzem, principalmente, iates, veleiros e lanchas de grande porte.

#### 4.5.2 Laminação do convés

Para o caso da laminação do convés, os índices dos métodos predominantemente utilizados pelos estaleiros não variam. A laminação manual continua sendo utilizada de maneira predominante com 68% dos participantes.

Por outro lado, a ordem de utilização da laminação a vácuo e infusão aumentam, com 10% e 19% respectivamente, conforme descrito na Figura 24. Esse fato pode ser associado a necessidade de uma maior sofisticação e acabamento do convés em relação ao casco, visto que existe o fluxo de pessoas circulando e, também, questões estéticas.

Figura 24 - Método de laminação do convés



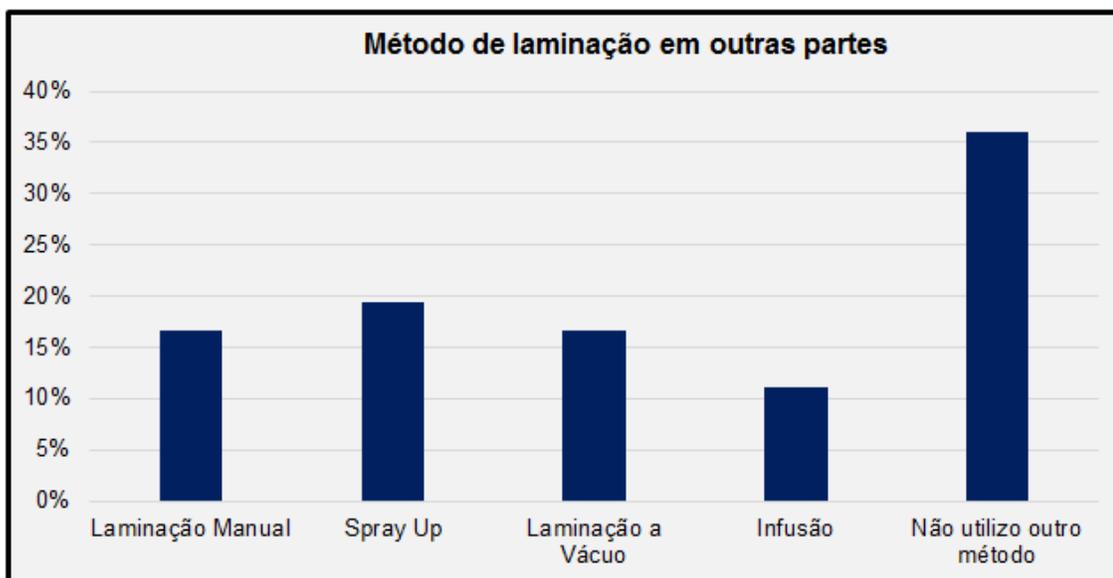
Fonte: O Autor (2018).

### 4.5.3 Laminação das Demais Partes

Para as demais partes da embarcação, nota-se uma boa variedade nos métodos de laminação, porém 36% dos estaleiros utilizam o mesmo mecanismo que foi empregado anteriormente, motivo esse se explica pelos custos envolvidos no maquinário necessário para cada método, além de que grande maioria dos estaleiros participantes são de pequeno porte e não possuem uma variação considerável nas embarcações produzidas.

Com relação a gama de métodos utilizados, esses índices são encontrados pelo fato de que os estaleiros produzem diferentes embarcações e modelos, o que acaba acarretando, muitas vezes, a necessidade de variações no processo produtivo. Entre eles destaca-se o *Spray Up*, conforme a Figura 25, com 19% dos estaleiros participantes. O *Spray Up* que de acordo com Marinucci (2011) pode ser definido como uma evolução do método *Hand Lay Up* e possui uma alta taxa de deposição do material, mas por outro lado necessita de um bom operador devido a dificuldade em controlar a espessura. Os demais gráficos referentes aos índices encontrados nos métodos de laminação disponíveis no Apêndice F.

Figura 25 - Método de laminação em outras partes



Fonte: O Autor (2018).

#### 4.6 RESINAS PARA LAMINAÇÃO DO CASCO

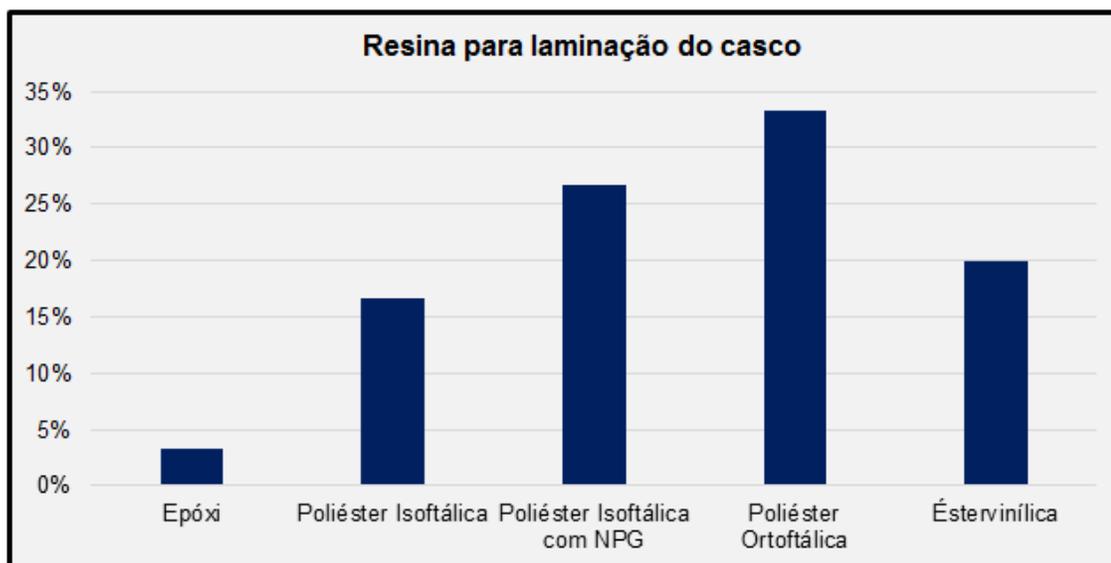
As resinas possuem como principal função transferir cargas mecânicas para os reforços dos compósitos, além de proteger contra agentes externos e também manter a geometria do compósito (SPIGOSSO, 2017). Com isso, a escolha do melhor tipo de resina ou combinação acaba se tornando de suma importância na construção de embarcações.

A Figura 26, com base nos valores listados no Apêndice G, apresenta a distribuição dos tipos de resinas utilizadas para a laminação do casco da embarcação, a qual se apresenta bem distribuída entre os materiais comumente utilizados. No entanto, a resina de poliéster ortoftálica acaba sendo a mais utilizada com 33% dos estaleiros participantes, a qual de acordo com Abmaco (2008), é a mais barata e comum encontrada comercialmente.

Outras opções de resina como estervinílica e poliéster isoftálica, possuem índices consideráveis e também devem ser analisadas. Para o caso da estervinílica, cujo índice de utilização chega a 20%, Nasseh (2011) comenta que a sua utilização vem crescendo nos últimos anos devido as suas características, visto que é a junção das propriedades de resistência da resina epóxi com os processos de cura das resinas de poliéster.

Por outro lado, as resinas de poliéster isoftálicas possuem boas características mecânicas e resistência ao impacto, além de que a adição de NPG, de acordo com Abmaco (2008), melhora as condições quando o polímero está em contato com a água, fazendo com sua utilização acabe se tornando altamente interessante na indústria náutica. Em razão disso, a resina de poliéster isoftálica com NPG atingiu o segundo maior índice, com 27% dos estaleiros participantes.

Figura 26 - Resina para laminação do casco



Fonte: O Autor (2018).

A resina epóxi, como esperado, alcançou os menores índices de utilização com cerca de 3%. Esse valor pode ser atribuído ao seu custo ser muito superior que as demais resinas, mesmo que possua ótimas características e uma vasta gama de aplicações, as vezes acaba se tornando inviável financeiramente para o estaleiro e é apenas utilizada em locais que trabalham com embarcações com maior grau de acabamento e de maior valor agregado.

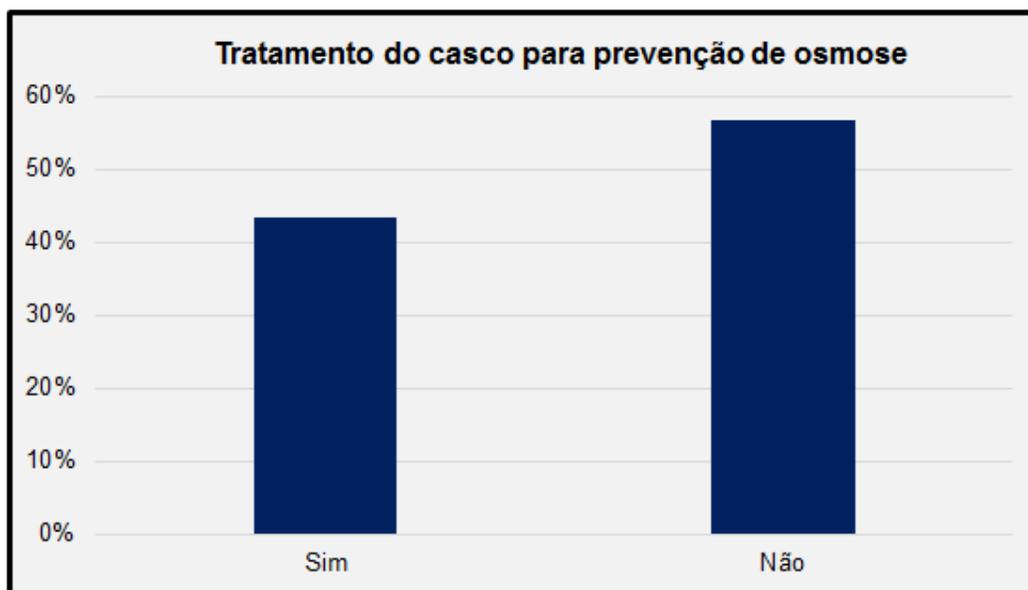
#### 4.7 PREVENÇÃO DE OSMOSE NO CASCO

De acordo com Nasseh (2012), um dos maiores problemas encontrados em materiais compósitos trabalhados com fibra de vidro é a osmose.

Como visto na Figura 27, a preocupação dos estaleiros com a integridade das embarcações com relação à osmose está em ascensão, visto que 57% ainda não realizam nenhum tratamento para a sua prevenção. Esse fato pode ser associado aos custos envolvidos no processo, seja com relação a equipamentos ou com matéria prima para evitar o aparecimento. Nasseh (2012) sugere a utilização de resina epóxi para evitar o fenômeno, no entanto, como citado anteriormente, o processo acaba se tornando caro.

Importante salientar nesse tópico que a pergunta do questionário deveria ter sido manipulada de uma maneira menos abrangente, tendo conhecimento que cada responsável pelo estaleiro que participou da pesquisa pode ter interpretado de uma maneira diferente e, também, utilizarem alguns métodos diferentes para a prevenção do fenômeno. Com isso, é de conhecimento do autor que seria necessário explicar melhor essa questão, envolvendo perguntas diretas de utilização de *gelcoat*, algum tipo de tinta ou outro método utilizado.

Figura 27 - Tratamento do casco para prevenção de osmose



Fonte: O Autor (2018).

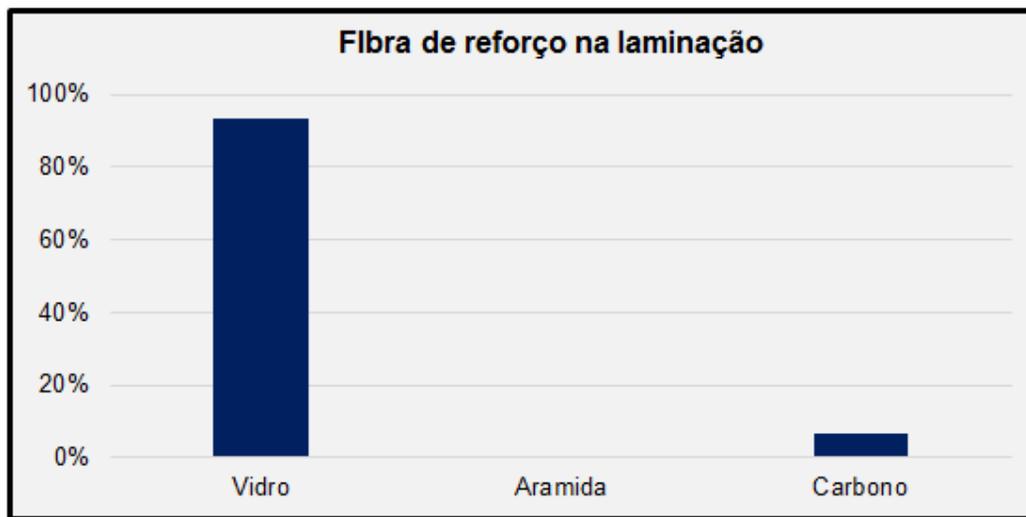
Os dados relacionados a cada região podem ser vistos nos gráficos do Apêndice H.

#### 4.8 FIBRAS DE REFORÇO

Na maioria dos casos, a fibra de vidro é a mais utilizada em construções de materiais compósitos, conforme apresenta a Figura 28, com um índice de 94%. Associa-se esse número ao seu ótimo custo/benefício, além de que, como cita Marinucci (2011), serem fáceis de moldar, cortar e desenrolar.

Com relação as fibras de carbono, constatou-se serem utilizadas de forma rotineira, em apenas dois estaleiros, como fibra principal de reforço. Dentre eles, um trabalha com lanchas de praticagem e o outro com iates de alto padrão de acabamento e desempenho geral.

Figura 28 - Principal fibra de reforço



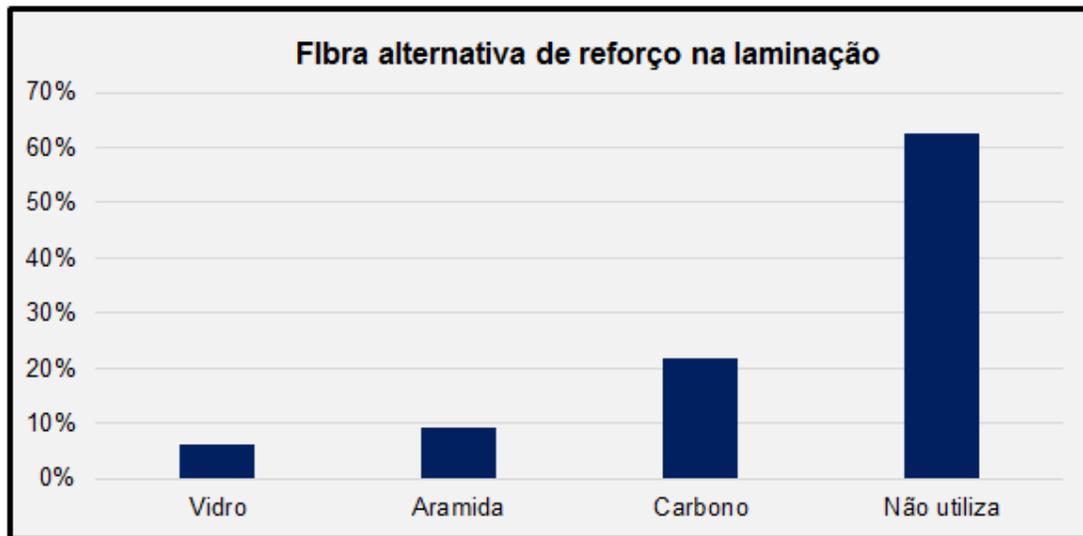
Fonte: O Autor (2018).

Outro ponto levantado é com relação a utilização de alguma outra fibra de reforço na laminação além da comentada anteriormente, uma vez que algumas embarcações possuem locais que solicitam maiores esforços mecânicos ou outra peculiaridade. No entanto, cerca de 63% dos estaleiros trabalham apenas com um tipo de fibra e pode-se associar pela redução de custos no processo.

Por outro lado, os índices de utilização da fibra de carbono e de aramida aumentam com relação a fibra principal utilizada pelos estaleiros, em 22% e 9% respectivamente. As fibras de carbono muitas vezes são utilizadas em determinados lugares da embarcação, como lemes, mastros que exigem baixo peso e maior rigidez (NASSEH, 2011).

A fibra de aramida, apesar de possuir características favoráveis ao seu uso ainda possui um alto custo de aquisição e, com isso, acaba se tornando inviável em casos de embarcações que não possuem um valor agregado tão alto.

Figura 29 - Fibra alternativa de reforço



Fonte: O Autor (2018).

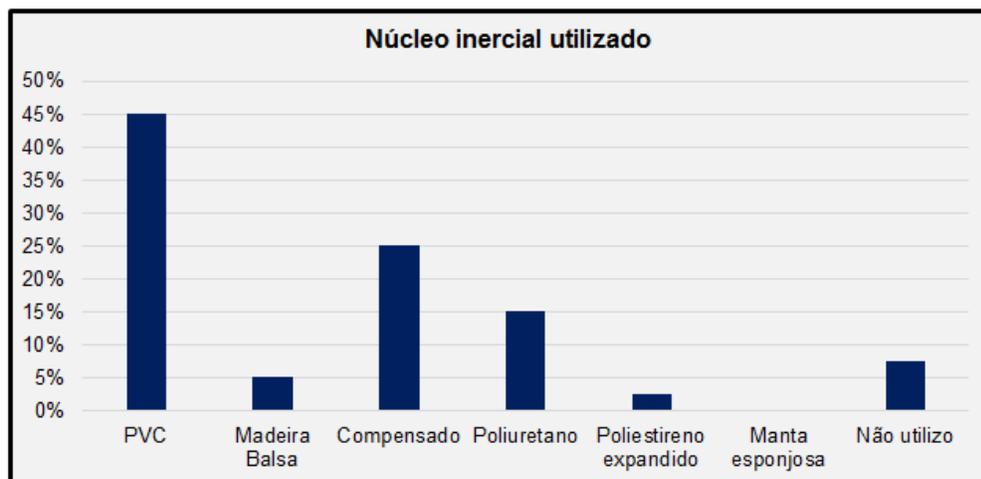
#### 4.9 NÚCLEO INERCIAL

A utilização de estruturas sanduíche vem crescendo cada vez mais na indústria náutica no Brasil, uma vez que atrelada a boa escolha do núcleo inercial utilizado na estrutura, consegue alcançar ótimos resultados referentes ao peso e as características estruturais do compósito.

Em relação ao núcleo inercial utilizado, optou-se por deixar as opções de escolha em aberto na pesquisa, dado que cada parte da embarcação pode ser produzida com uma estrutura ou núcleo diferente dependendo das solicitações recebidas, forma geométrica necessária e peso do compósito. De acordo com Marinucci (2011), os núcleos inerciais podem ser encontrados no casco, longarina, piso, teto e outros.

Dessa maneira, nota-se de acordo com a Figura 30, tendo como base os valores encontrados no Apêndice J, a espuma de PVC e o compensado naval são os materiais mais utilizados pelos estaleiros com 45% e 25%, respectivamente.

Figura 30 - Núcleo inercial utilizado



Fonte: O Autor (2018).

A grande índice de utilização do PVC é devido as suas características que favorecem a utilização em ambientes náuticos, como a baixa absorção de resina, alta resistência ao impacto e à fadiga (MARINUCCI, 2011). Porém, em algumas regiões a sua utilização pode se tornar inviável pelo fato de não pode estar presente onde a temperatura ultrapasse 45° C (NASSEH, 2011).

O compensado naval é utilizado por ser um material muito versátil e que consegue ser moldado várias formas. Nas embarcações em fibra de vidro, ele é utilizado para a confecção dos interiores das embarcações (NASSEH, 2011).

Durante a pesquisa, três estaleiros assinalaram a opção em aberto do questionário. Dentre eles, dois responderam que utilizam o Coremat, o qual possui um custo menor em relação aos demais, porém devido a necessidade de se utilizar uma boa quantidade de material para atingir os índices de projeto necessário, acabam deixando a peça mais pesada, além de não ser indicado para laminados estruturais. Outro estaleiro trabalha com colméia de fibra de vidro, uma opção muito viável em função do seu baixo peso e alta resistência estrutural em relação aos demais tipos.

#### 4.10 RESUMO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

Nesta seção serão apresentados os índices encontrados na pesquisa realizada referente aos processos produtivos e materiais utilizados nos estaleiros náuticos das regiões Sul e Sudeste do Brasil.

Contextualizou-se cada região analisada para que se pudesse compreender as particularidades dos processos dos estaleiros e os materiais utilizados. Os dados encontrados são apresentados, nas Tabelas 3 e 4.

Tabela 3 - Processos Produtivos nas regiões Sul e Sudeste.

<b>Processo Produtivos</b>						
	<b>Sul</b>			<b>Sudeste</b>		
	Casco	Convés	Outros	Casco	Convés	Outros
Laminação Manual	81%	75%	11%	67%	60%	21%
<i>Spray Up</i>	6%	6%	24%	0%	0%	16%
Laminação a Vácuo	0%	0%	6%	13%	20%	26%
Infusão	12%	19%	0%	20%	20%	21%
Não utiliza outro método	-	-	59%	-	-	16%

Fonte: O Autor (2018).

Vale salientar que a opção “Não utiliza outro método”, a qual foi apresentada quando os entrevistados foram questionados com relação a utilização de outro método de laminação nas demais partes da embarcação, além do casco e convés, teve como intuito analisar se os estaleiros dispõem de outro método construtivo, como laminação a vácuo e infusão, para a confecção de suas embarcações.

Para a laminação do casco e do convés, nota-se, através dos índices apresentados, o maior emprego da laminação manual em ambas as regiões. Outros métodos aparecem com maior frequência no Sudeste do país, como, por exemplo, a utilização da laminação a vácuo e da infusão no processo construtivo.

No que concerne ao método da infusão, pode-se observar que os índices na região Sudeste são superiores em todas as partes da embarcação quando comparados com a região Sul. Esse fato pode ser associado ao tipo de embarcação produzida e a necessidade na mesma possuir melhor acabamento, controle de espessura e bom controle dimensional da peça (MARINUCCI, 2011).

Com relação as disparidades dos métodos construtivos utilizados para as demais partes das embarcações entre as regiões, nota-se que no Sul os estaleiros não possuem variedade relevante, visto que 59% utilizam o mesmo método para a laminação de toda a embarcação. Um ponto a ser levantado e questionado é a utilização de *Spray Up*, tendo consciência que seu índice de utilização aumenta consideravelmente nas demais partes das embarcações e sabendo das peculiaridades de sua utilização, como cita Marinucci (2011) que a qualidade final da laminação depende muito da experiência do laminador no controle da espessura.

A região Sudeste trabalha com uma maior gama de métodos construtivos, como a laminação a vácuo e *Spray Up*, no entanto, não pode se afirmar o motivo pelo qual esses índices aparecem, porém, talvez os níveis de sofisticções necessários em algumas embarcações produzidas nessa região e o nível de qualidade dos estaleiros envolvidos demandem a utilização de maior variedade de processos. Com isso, nota-se que as distribuições dos índices aparecem de forma semelhante, variando na faixa de 15% a 30%.

Para o método construtivo da laminação a vácuo, Nasseh (2011) discorre que apesar de apresentar um alto custo em relação aos demais, o método apresenta algumas vantagens, como peso e consumo de resina menores. Sobre seus índices, a região Sudeste apresenta números superiores com relação a região Sul, alcançando uma variação de 13% a 26%.

Quanto aos materiais utilizados nos processos produtivos das embarcações, foram encontradas diferenças significativas nos índices em cada região. Como pode ser visto na Tabela 4.

Tabela 4 - Materiais utilizados nas regiões Sul e Sudeste.

<b>Materiais Utilizados</b>				
	<b>Sul</b>		<b>Sudeste</b>	
<b>Resinas</b>				
Epóxi	7%		0%	
Poliéster Isoftálica	27%		7%	
Poliéster Isoftálica com NPG	20%		33%	
Poliéster Ortoftálica	40%		27%	
Éstervinílica	6%		33%	
<b>Fibras</b>				
	Principal	Alternativa	Principal	Alternativa
Fibra de Vidro	100%	0%	87%	6%
Fibra de Aramida	0%	0%	0%	19%
Fibra de Carbono	0%	12%	13%	31%
Não utiliza outra	-	88%	-	44%
<b>Núcleo inercial</b>				
PVC	33%		58%	
Madeira Balsa	0%		11%	
Compensado	38%		11%	
Poliuretano	14%		15%	
Poliestireno expandido	5%		0%	
Manta Esponjosa	0%		0%	
Não utiliza	10%		5%	

Fonte: O Autor (2018).

O tipo de resina mais utilizado na região Sul é a a resina de poliéster ortoftálica, com uma taxa de 40%. Por outro lado, na região Sudeste dois tipos alcançaram os maiores índices com 33%, sendo eles a resina éstervinílica e a de poliéster isoftálica com NPG.

Em relação à resina de poliéster isoftálica, a diferença entre os índices de utilização nas regiões chega a 20 pontos percentuais, tendo a região Sul o maior índice das duas com 27%. Esse tipo de resina apresenta boas propriedades mecânicas e índices de impermeabilidade, o que faz com que o seu uso seja vantajoso na indústria náutica (GREENE, 1999).

Outra resina que alcançou uma diferença considerável de utilização entre as regiões foi a éster vinílica. A região Sudeste apresentou o maior índice de utilização, com 33% contra 6% da região Sul. Como vantagens na sua utilização, pode-se citar suas elevadas temperaturas de distorção térmica e boa resistência ao envelhecimento (MARINUCCI, 2011).

Em relação a resina epóxi, apesar de apresentar, segundo Marinucci (2011), boas propriedades mecânicas, resistência ao envelhecimento e elevadas temperaturas de distorção térmica, ela possui pequenos índices de utilização nas duas regiões. Na região Sul, verificou-se que 7% dos estaleiros náuticos a utilizam, enquanto a região Sudeste contou com um percentual nulo de utilização devido ao seu alto custo.

No que se refere as diferenças de utilização nas fibras de reforço de acordo com cada região, nota-se que o Sudeste do país apresenta uma maior variedade de tipo utilizado e, também, índices consideráveis em relação ao carbono e aramida. A região Sul utiliza predominantemente a fibra de vidro, como 88%. Isso se deve ao tipo de mercado em que os estaleiros estão inseridos e as peculiaridades de cada embarcação produzida.

Os núcleos inerciais apresentaram índices consideráveis de uso, sendo que apenas 10% dos estaleiros pesquisados responderam que não utilizam na região Sul e 5% na região Sudeste. Esse fato pode estar associado aos benefícios da utilização dos painéis sanduíche, visto que com uma boa combinação do núcleo inercial, conseguem um aumento na resistência à flexão e uma redução no peso do compósito.

No que se diz respeito a utilização de um núcleo inercial leve, verificou-se que o PVC expandido é usado em 58% dos estaleiros no Sudeste e 33% no Sul. Por outro lado, a balsa não teve uso declarado na região Sul enquanto que 11% dos estaleiros do Sudeste afirmaram utilizá-la em seu processo produtivo. Com relação ao núcleo inercial mais denso, verificou-se que o compensado é utilizado em 38% dos estaleiros na região Sul e somente 11% no Sudeste.

Os demais núcleos também variam o volume de utilização de acordo com cada região, porém, os índices encontrados não são tão discrepantes como os outros comentados acima.

## 5 CONCLUSÃO

Neste trabalho foram apresentadas informações que possibilitam a caracterização dos estaleiros náuticos nas regiões Sul e Sudeste do Brasil, tanto com relação as informações sobre os métodos de construção e tipos de embarcações produzidas, assim como sobre os materiais utilizados

Entre os objetivos do trabalho, o primeiro referiu-se a caracterizar os estaleiros náuticos em operação nas regiões Sul e Sudeste do Brasil. Embora tenham ocorrido algumas dificuldades na obtenção dos dados, tendo em vista que alguns estaleiros optaram por não participar da pesquisa, seja por motivos de sigilo ou por não retornar o formulário, foi possível apresentar dados que ajudam a discretizar os estaleiros por número de funcionário e os tipos de embarcações produzidas.

Com a apresentação desses dados, pode-se dizer que cerca de 58% dos estaleiros dessas regiões podem ser considerados como de pequeno porte. Os estaleiros, possuem em média menos de 10 funcionários e, geralmente, têm um tempo médio de produção acima de um mês para cada embarcação. Outro ponto considerável é com relação ao tipo de embarcação produzida em cada região. Na região Sul, 55% das embarcações produzidas são lanchas, já na região Sudeste esse número é de 42%, porém com um maior índice de produção de iates e veleiros, com 21% ambos.

O segundo objetivo consistiu na identificação dos principais processos produtivos e materiais utilizados nos estaleiros em operação nas duas regiões. Nota-se que a grande maioria trabalha com opções mais baratas, seja com relação ao método de laminação, fibra de reforço ou núcleo inercial utilizado.

O método de laminação de casco e convés mais utilizado é o manual, com 74% e 68% respectivamente. Nas demais partes da embarcação, devido a necessidade de maiores índices de qualidade e acabamento, os demais métodos se destacam, como a laminação a vácuo com 17%, infusão com 11% e *Spray Up* com 19%.

Em relação aos materiais, a fibra de reforço utilizada com mais frequência é a de vidro com índices de 94%. Isso deve-se ao fato dela possuir melhor custo/benefício e facilidade na sua utilização, todavia, para embarcações mais sofisticadas, como iate, a fibra de carbono é mais utilizada. Os núcleos inerciais mais empregados são o PVC e compensado naval, com 45% e 25%, respectivamente. Outro aspecto importante com relação aos índices de utilização encontrados nessas perguntas, é de que eles podem estar associados com a facilidade de aquisição de alguns materiais nas indústrias locais, o que influencia diretamente no valor agregado do produto.

Para apresentar todos os dados colhidos através do formulário, foram utilizados gráficos e tabelas, que foram disponibilizados ao longo deste trabalho juntamente com suas análises e também estão disponíveis nos Apêndices separados por cada região de estudo.

A obtenção dos dados se deu através de um método de pesquisa exploratório quali-quantitativo, em que foi utilizado um questionário com os principais fundamentos da indústria náutica. Com isso, foi possível apresentar a situação dos estaleiros náuticos das duas regiões abordadas durante o trabalho com relação aos seus processos produtivos, materiais utilizados, tipo de embarcações produzidas e porte dos estaleiros.

Foi possível notar uma tendência considerável dos índices encontrados referentes aos portes e tipos de embarcações produzidas, além dos processos construtivos e materiais das embarcações produzidas em cada região, porém, é de conhecimento do autor que com uma maior quantidade de estaleiros participantes os índices apresentados teriam uma consistência maior. Outro aspecto importante, que vale ressaltar, é a falta de dados nas regiões Centro-Oeste, Nordeste e Norte, o que acabou limitando as análises a apenas as regiões Sudeste e Sul.

Diante do cenário contextualizado com o trabalho, pode-se observar que algumas características são predominantes em cada uma das regiões estudadas, sendo com relação a matéria prima utilizada, ou, o tipo de embarcação que é produzida. As peculiaridades do processo, além de tornarem o mercado mais atrativo para terceiros, pode fortalecer a economia regional visto a necessidade do desenvolvimento industrial ao seu redor.

## 5.1 TRABALHOS FUTUROS

A partir dos resultados obtidos no desenvolvimento deste estudo, seguem algumas recomendações para trabalhos futuros.

- Expandir a pesquisa realizada para outras regiões do país;
- Realizar um detalhamento mais minucioso em cada região e/ou estado do país;
- Levantar uma maior quantidade de dados nas regiões de estudo, tornando as análises com números mais precisos;
- Realizar um levantamento dos estaleiros que trabalham com embarcações em alumínio no Brasil;
- Contato com a ACOBAR com o intuito de atualizar os dados encontrados no ano de 2012.

## REFERÊNCIAS

ALMEIDA, A. T. P; SILVA M. M. **Desenvolvimento e montagem de um gerador eólico com pás compósitas**. 2011. 84 p. Trabalho de conclusão de curso (Graduação) - Curso de Engenharia Mecânica, Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade de Brasília. Brasília, 2011.

ALONSO, A. Antonio entrevista Jorge Nasseh no blog Sobre as Águas. **NavalUnivali**. 1 jun. 2017. Disponível em: <<https://navalunivali.wordpress.com/2017/06/01/antonio-alonso-entrevista-jorge-nasseh-no-blog-sobre-as-aguas/>>. Acesso em: 4 set. 2017.

ARAGÃO JÚNIOR, P. J. **Desenvolvimento de sistema piloto de tratamento de água para remoção de micro-contaminantes via osmose inversa**. 2011 Trabalho de conclusão de curso (Graduação) - Curso de Engenharia Ambiental e Sanitária, Departamento de Engenharia Ambiental e Sanitária Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS CONSTRUTORES DE BARCOS E SEUS IMPLEMENTOS. **Indústria náutica brasileira: fatos e números 2012**. Relatório Anual de 2012.

BARBARINI, L. H. M. **Síntese de cascos de embarcações através de métodos de otimização aplicados a curvas b-spline**. 2017. 125 p. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-graduação em Engenharia Mecatrônica, Escola Politécnica, Departamento de Engenharia Mecatrônica e de Sistemas Mecânicos, Universidade de São Paulo. São Paulo, 2007.

BORGES, K. O mercado náutico é um dos melhores do mundo. **Atarde**. 7 mar. 2016. Disponível em: <<http://www.atarde.uol.com.br/muito/noticias/1750863-o-mercado-nautico-e-um-dos-melhores-do-mundo>>. Acesso em 4 set. 2017.

CARVALHO FILHO, A. Osmose e empolamento de laminados. **Revista Polímeros: Ciência e Tecnologia**. São Paulo, nov/dez. 1991.

CASTRO COMPOSITES. Nucleos Sandwich. **Castro Composites Shop**. 2018. Disponível em: <<https://www.castrocompositesshop.com/pt/n%C3%BAcleos-sandwich/1568-espuma-de-pvc-divinycell-h80-50-mm-gswc30-gpc1-para-infus%C3%A3o.html>>. Acesso em: 16 mai. 2018.

**CPIC Fiberglass**. Laminação Manual / *Hand Lay Up* Disponível em: <<http://br.cpicfiber.com/processos.asp?codigo=1&cat=Processos>>. Acesso em 10 abr. 2018

**COOPMACO**. Laminação Manual (*Hand Lay Up*). Cooperativismo em materiais compósitos. Disponível em: <<http://coopmaco.com.br/wp-content/uploads/2014/02/Laminacao-manual-Hand-Lay-Up.pdf>>. Acesso em 10 abr. 2018a.

**COOPMACO.** Laminação à pistola – Spray Up. Cooperativismo em materiais compósitos. Disponível em: <<http://coopmaco.com.br/wp-content/uploads/2014/02/Laminacao-a-pistola-Spray-Up.pdf>>. Acesso em 11 abr. 2018b.

**COOPMACO.** Tecidos de Fibra de Aramida. Cooperativismo em materiais compósitos. Disponível em: <<http://coopmaco.com.br/wp-content/uploads/2014/04/COMPARATIVO-DE-TECIDOS.pdf>>. Acesso em 14 abr. 2018c.

**DREAMS TIME.** Espuma de poliestireno. 2018. Disponível em: <<https://pt.dreamstime.com/imagens-de-stock-espuma-de-poliestireno-image31137374>>. Acesso em 17 mai. 2018

FELIPE, R. C. T. S. **Apostila de compósitos.** Trabalho Acadêmico (Graduação) – Apostila da disciplina Materiais Compostos, Curso de Engenharia Mecânica, Centro Federal de Educação Tecnológica, Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Natal, 2008.

FETT, M. **Análise dos sistemas CAD/CAM e suas aplicações na indústria náutica de embarcações de recreio.** 2010. 77 p. Trabalho de conclusão de curso (Graduação) – Curso de Design Industrial, Centro de Artes, Universidade do Estado de Santa Catarina, Florianópolis, 2010.

Fibra de Aramida. **Barracuda Composites.** Disponível em: <<http://www.barracudacomposites.com.br/site/portfolio/fibra-de-aramida/>>. Acesso em: 23 abr. 2018.

GRANDA, E. Veja as vantagens das Lanchas fabricadas pelo sistema de infusão à vácuo. **Pesca de Oceano.** 12 jul. 2018. Disponível em: <<http://pescadeoceano.com.br/2016/07/12/infusao-a-vacu/>>. Acesso em 20 abr. 2018.

GREENE, E. **Marine Composites.** 2ed. Annapolis: Eric Greene Associates, Inc. 1999.

**Fibermaq.** Laminadora Inter FLI-10. Disponível em: <<http://www.fibermaq.com.br/laminadora-inter-fli-10.php>>. Acesso em 11 abr. 2018.

**JOMAFER.** Corte a laser e suas vantagens. 02 ago. 2014. Disponível em: <<http://www.jomafer.com.br/noticias/corte-laser-e-suas-vantagens>>. Acesso em 08 mai. 2018.

LANCHA 300. **Maestrale.** Disponível em: <<http://www.maestrale.com.br/empresa.html#prettyPhoto>>. Acesso em: 27 abr. 2018.

LEVY NETO, F.; PARDINI, L. C. **Compósitos estruturais**: Ciência e tecnologia. São Paulo: Blucher, 2006.

LODI, M. Diferenças entre construção one-off e produção seriada. **Lodidesign**. 15 dez. 2013. Disponível em: <<http://www.lodidesign.com.br/blog/diferencas-entre-construcao-one-off-e-producao-seriada/>>. Acesso em 22 abr. 2018.

MACHADO, A. P. **Manual de reforço das estruturas de concreto armado com fibras de carbono**. São Paulo: Better, 2011.

MARINE COMPOSITES. Trabalhando com fibra de aramida. **Manual de Construção de Barcos**. 1 ago. 2014. Disponível em: <<http://www.manualdeconstrucaodebarcos.com.br/Site/?p=1097>>. Acesso em: 15 mai. 2018.

MARINUCCI, G. **Materiais compósitos poliméricos**: Fundamentos e Tecnologia. São Paulo: Artliber, 2011.

MENDONÇA, P. T. R. **Materiais compostos e estruturas-sanduíche**: Projeto e análise. São Paulo: Manole, 2005.

MOURA, D. A. **Análise dos principais segmentos da indústria marítima brasileira**: estudo das dimensões e dos fatores críticos de sucesso inerentes à sua competitividade. 2008 304 p. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-graduação em Engenharia Naval, Escola Politécnica, Departamento de Engenharia Naval e Oceânica, Universidade de São Paulo. São Paulo, 2008.

NASSEH, J. Espuma PVC. **Barracuda Composites**. Disponível em: <http://www.barracudacomposites.com.br/site/portfolio/espuma-pvc/>>. Acesso em: 22 abr. 2018.

NASSEH, J. **Manual de Construção de Barcos**. 4. ed. Rio de Janeiro: Barracuda Advanced Composites, 2011.

NASSEH, J. **Métodos avançados de construção em composites**. Rio de Janeiro: Jorge Nasseh, 2007.

NASSEH, J. Osmose e sua Cura. **Manual de construção de barcos**. 12 jul. 2012. Disponível em: <<http://www.manualdeconstrucaodebarcos.com.br/Site/?p=355>>. Acesso em: 24 abr. 2018.

NAUTICA. **Guia dos Barcos**. Disponível em: <<http://www.nautica.com.br/edicoes/guia-debarcos-2017/>>. Acesso em 20 abr. 2018.

PAHL, G. et al. **Projeto na engenharia**: fundamentos do desenvolvimento eficaz de produtos, métodos e aplicações. São Paulo: Edgar Blucher, 2005.

**SILAEX**. Epóxi. Disponível em: <<http://www.silaex.com.br/epoxi.htm>>. Acesso em: 21 abr. 2018a.

\_\_\_\_\_. Poliéster. Disponível em: <<http://www.silaex.com.br/poli%C3%A9ster.htm>>. Acesso em 21 abri. 2018b.

\_\_\_\_\_. Éstervinílica. Disponível em: <<http://www.silaex.com.br/estervinilica.htm>>. Acesso em: 22 abr. 2018c.

SPIGOSSO, I. B. **Estudo da pós-cura no aprimoramento das características mecânicas dos compósitos**. 2017. 61 p. Trabalho de conclusão de curso (Graduação) – Curso de Engenharia Naval, Centro Tecnológico de Joinville, Universidade Federal de Santa Catarina. Joinville, 2017.

TILLMANN, V. B. **Análise estrutural de elementos compósitos com a utilização do método de elementos finitos**. 2015. 67 p. Trabalho de conclusão de curso (Graduação) – Curso de Engenharia Naval, Centro Tecnológico de Joinville, Universidade Federal de Santa Catarina. Joinville, 2015.

WEST SYSTEM. **Vacuum bagging techniques**. 7 ed. Bay City: Gougeon Brothers, 2010

## APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO APLICADO AOS ESTALEIROS

- 1) Nome do estaleiro participante
- 2) Qual cidade está localizado o estaleiro?
- 3) Qual estado está localizado o estaleiro?
- 4) Qual (is) é o (s) tipo de embarcação produzida em seu estaleiro?
  - a. Lancha
  - b. Veleiro
  - c. Pesqueiro
  - d. Inflável
  - e. Caiaque
  - f. Outros (citar)
- 5) Qual o tamanho das embarcações produzidas?
  - a. Até 20 pés
  - b. De 20 a 30 pés
  - c. De 30 a 40 pés
  - d. De 40 a 50 pés
  - e. Acima de 50 pés
- 6) Qual o tempo médio de produção das embarcações?
  - a. Até 3 dias
  - b. Uma a duas semanas
  - c. Duas a três semanas
  - d. Três a quatro semanas
  - e. Mais de um mês
- 7) Qual o número médio de funcionários em seu estaleiro?
  - a. Até 10 funcionários
  - b. De 10 a 30 funcionários
  - c. De 30 a 50 funcionários
  - d. De 50 a 100 funcionários
  - e. Mais de 100 funcionários
- 8) Qual é o número médio de embarcações produzidas em seu estaleiro anualmente?

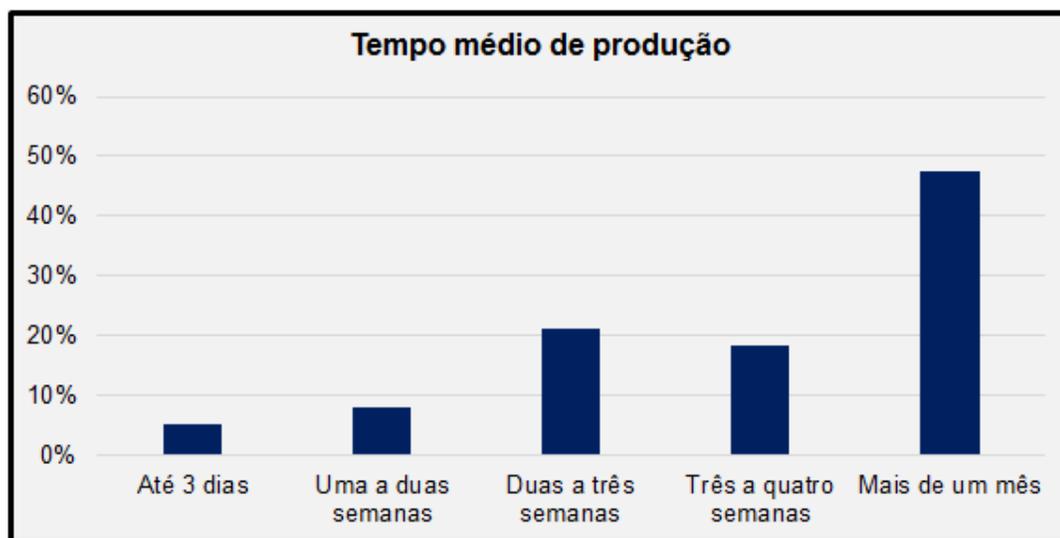
- 9) Qual principal tipo de produção utilizada?
- Customizada (one off)
  - Seriada
  - Ambos
- 10) Qual principal método de laminação utilizado no casco?
- Laminação Manual
  - Spray up
  - Laminação a vácuo
  - Infusão
  - PrePreg
  - Compressão
  - Outros (citar)
- 11) Qual principal método de laminação utilizado no convés?
- Laminação Manual
  - Spray up
  - Laminação a vácuo
  - Infusão
  - PrePreg
  - Compressão
  - Outros (citar)
- 12) Assinale se utiliza outro método de laminação além do citado anteriormente para confecção de outras partes das embarcações
- Laminação Manual
  - Spray up
  - Laminação a vácuo
  - Infusão
  - PrePreg
  - Compressão
  - Não utilizo outro método
  - Outro (citar)

- 13) Qual principal tipo de resina utilizada para laminação do casco?
- Epóxi
  - Poliéster Isoftálica com NPG
  - Poliéster Isoftálica
  - Poliéster Ortoftálica
  - Éstervinílica
  - Outro (citar)
- 14) Caso utilize resinas de poliéster, é feito algum tratamento externo dos cascos para prevenção de osmose?
- Sim
  - Não
- 15) Qual principal tipo de fibra de reforço é utilizado nas laminações?
- Vidro
  - Carbono
  - Aramida
  - Outro (citar)
- 16) Utiliza também outro tipo de fibra de reforço além da acima mencionada. Quais?
- Vidro
  - Carbono
  - Aramida
  - Não utilizo
- 17) Qual o tipo de núcleo inercial utilizado? (Caso utilize)
- PVC
  - Madeira Balsa
  - Compensado
  - Poliuretano
  - Poliestireno expandido
  - Manta Esponjosa
  - Não utilizo núcleo inercial
  - Outro (citar)

- 18) Utiliza algum processo automatizado na construção de modelos e plugues das embarcações? Quais?
- a. Corte das seções (balizas) com laser
  - b. Corte das seções (balizas) com CNC
  - c. Usinagem de blocos de espuma sintática com CNC para consturção de modelos e plugues?
  - d. Não é utilizado

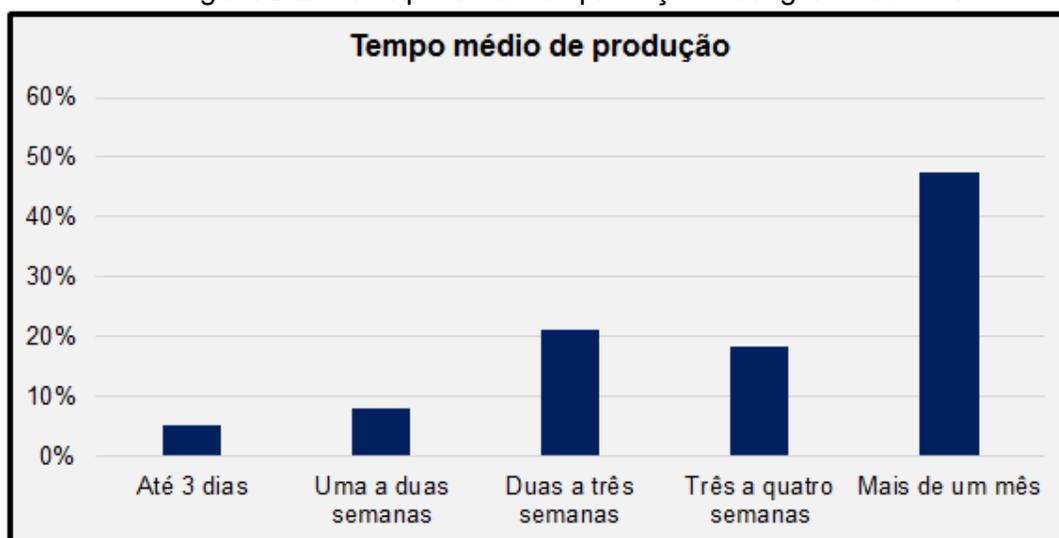
## APÊNDICE B – RELAÇÕES DO TEMPO MÉDIO DE PRODUÇÃO E NÚMERO DE FUNCIONÁRIOS NAS REGIÕES SUL E SUDESTE DO BRASIL

Figura B 1 – Tempo médio de produção na região Sul.



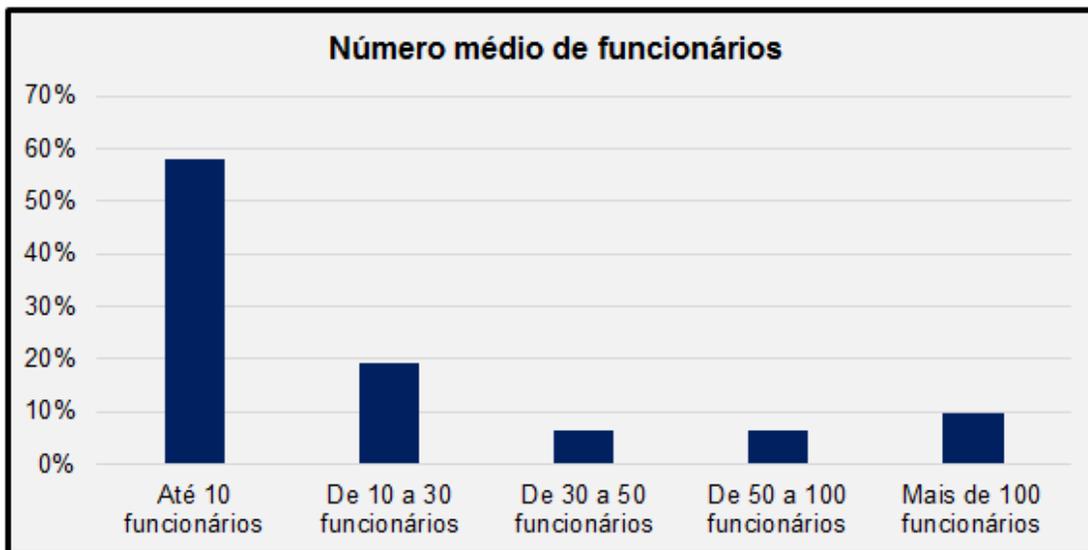
Fonte: O Autor (2018).

Figura B 2 – Tempo médio de produção na região Sudeste.



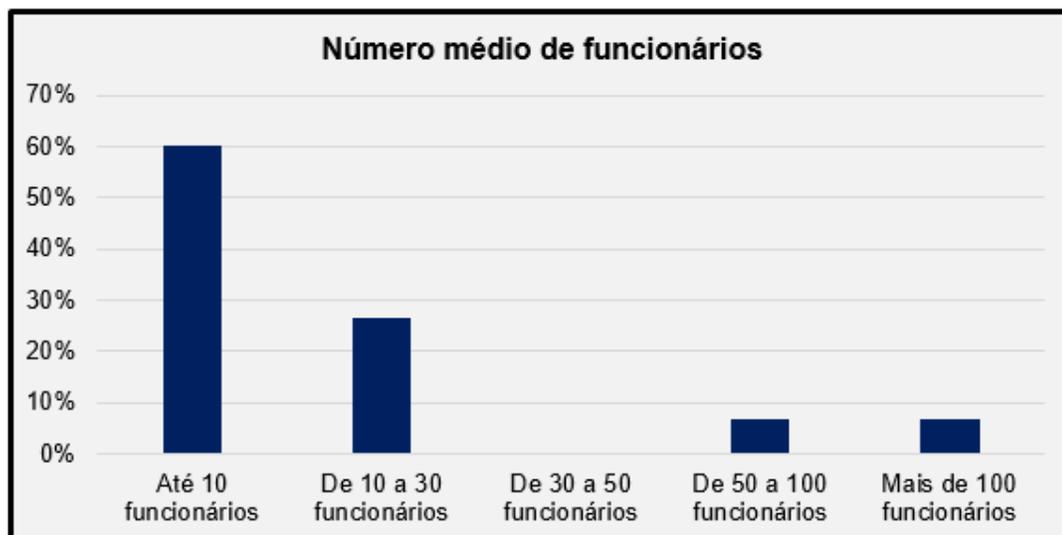
Fonte: O Autor (2018).

Figura B 3 – Número médio de funcionários nos estaleiros náuticos da região Sul.



Fonte: O Autor (2018).

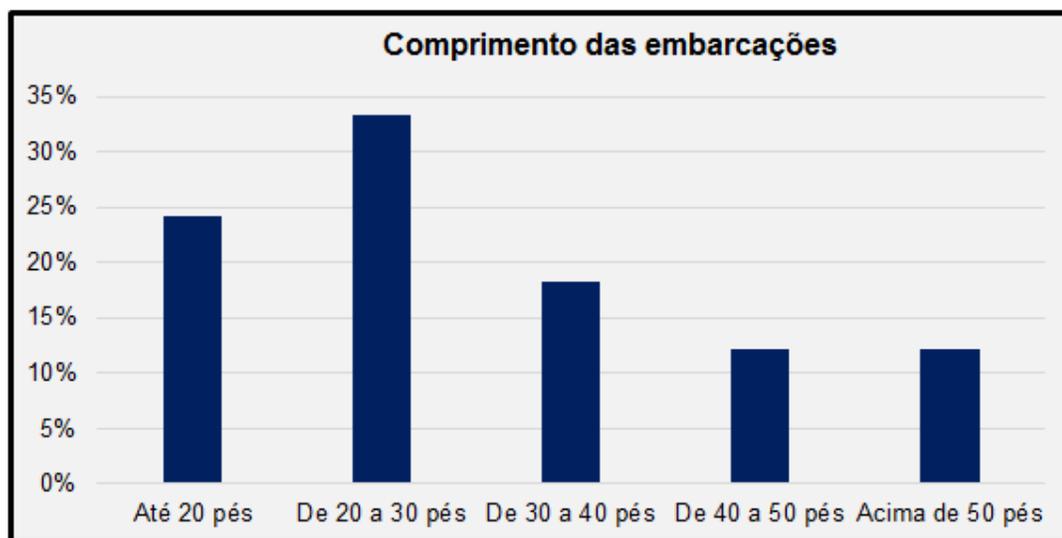
Figura B 4 – Número médio de funcionários nos estaleiros náuticos da região Sudeste.



Fonte: O Autor (2018).

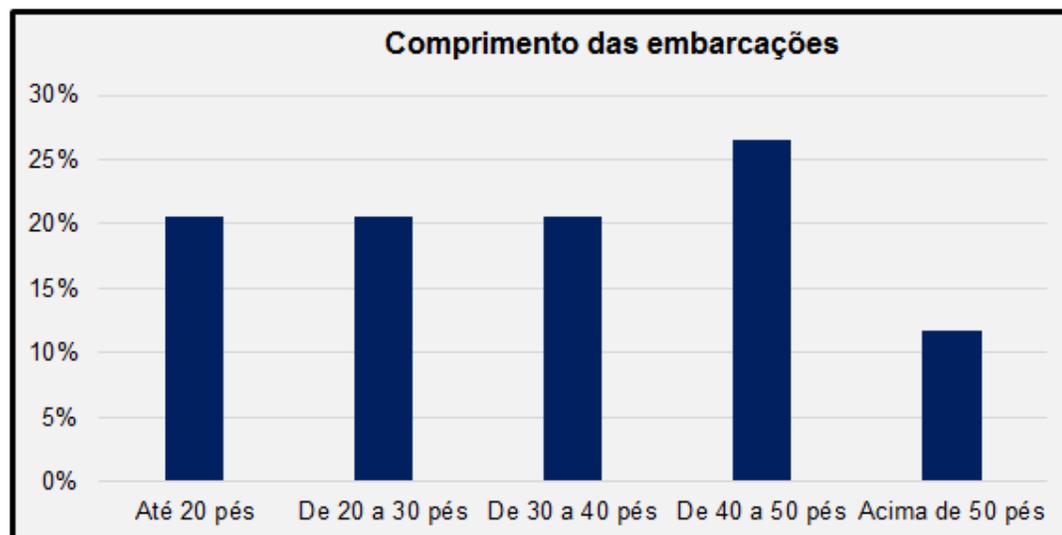
**APÊNDICE C – RELAÇÕES DO COMPRIMENTO E TIPO DE EMBARCAÇÃO  
PRODUZIDA NOS ESTALEIROS NÁUTICOS DAS REGIÕES SUL E SUDESTE.**

Figura C 1 – Comprimento das embarcações na região Sul.



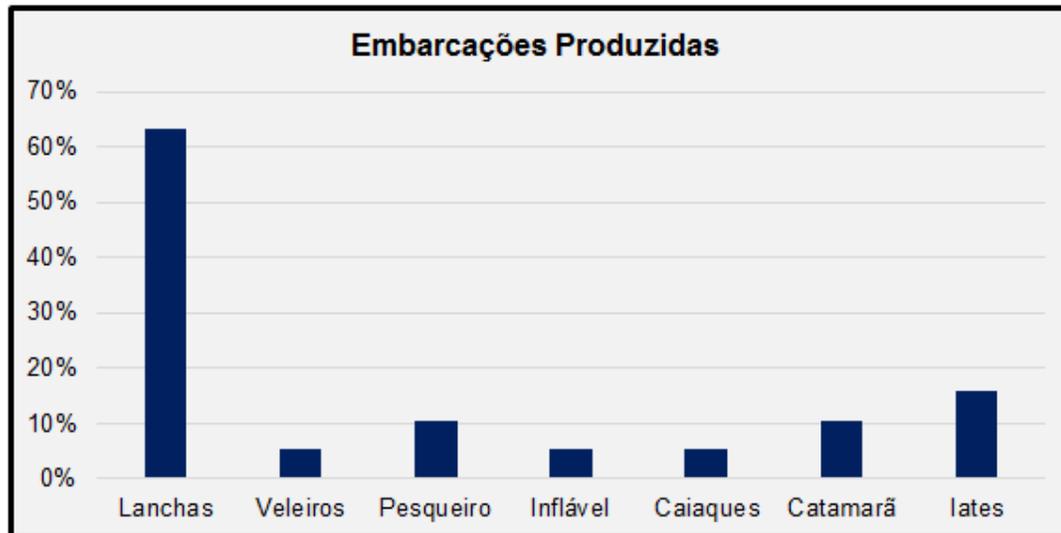
Fonte: O Autor (2018).

Figura C 2 – Comprimento das embarcações na região Sudeste.



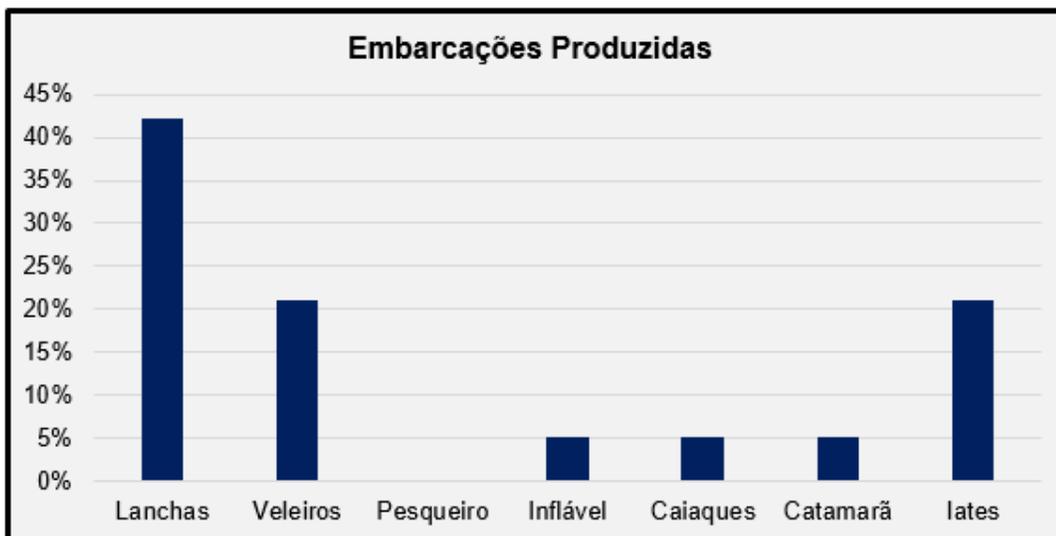
Fonte: O Autor (2018).

Figura C 3 – Tipos de embarcações produzidas na região Sul.



Fonte: O Autor (2018).

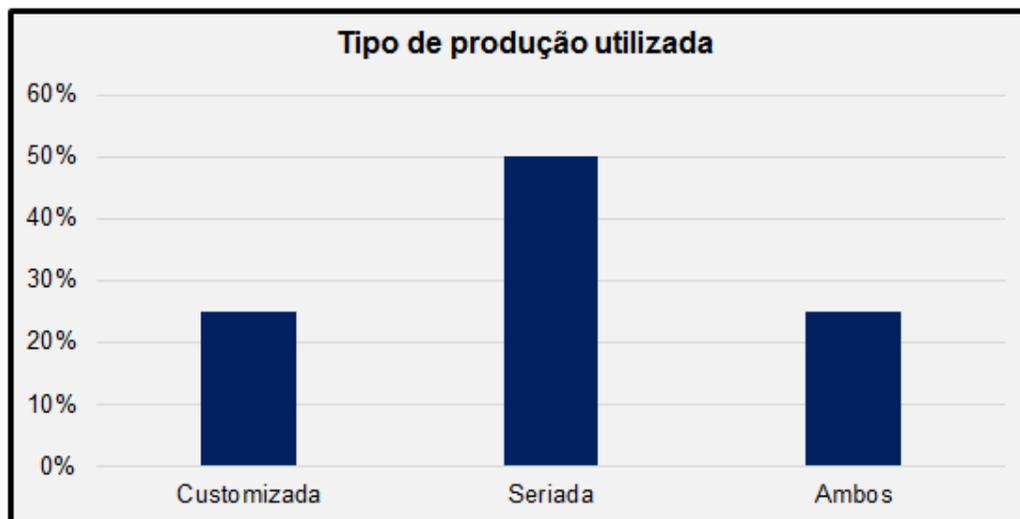
Figura C 4 – Tipos de embarcações produzidas na região Sudeste.



Fonte: O Autor (2018).

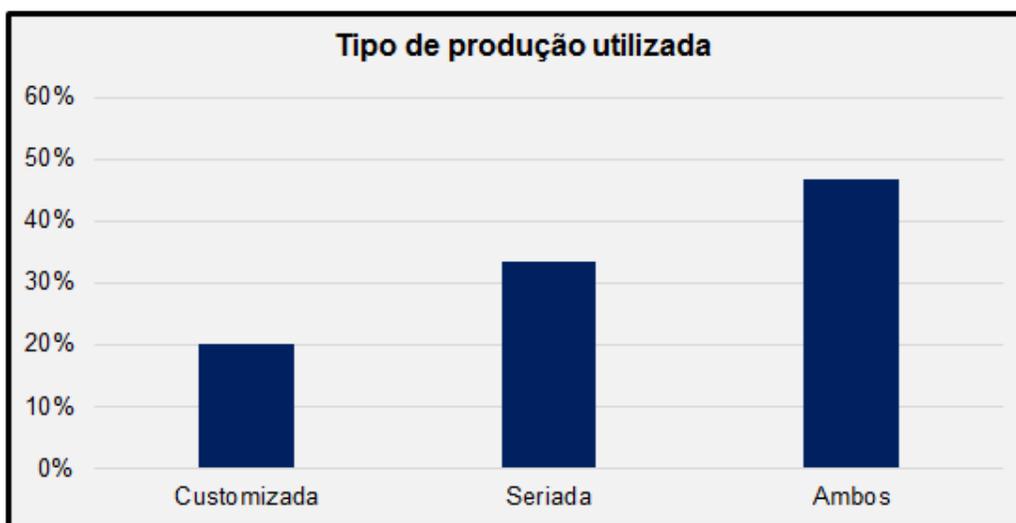
## APÊNDICE D – RELAÇÃO DOS TIPOS DE PRODUÇÃO DOS ESTALEIROS NÁUTICOS NAS REGIÕES SUL E SUDESTE

Figura D 1 – Tipo de produção utilizada na região Sul.



Fonte: O Autor (2018).

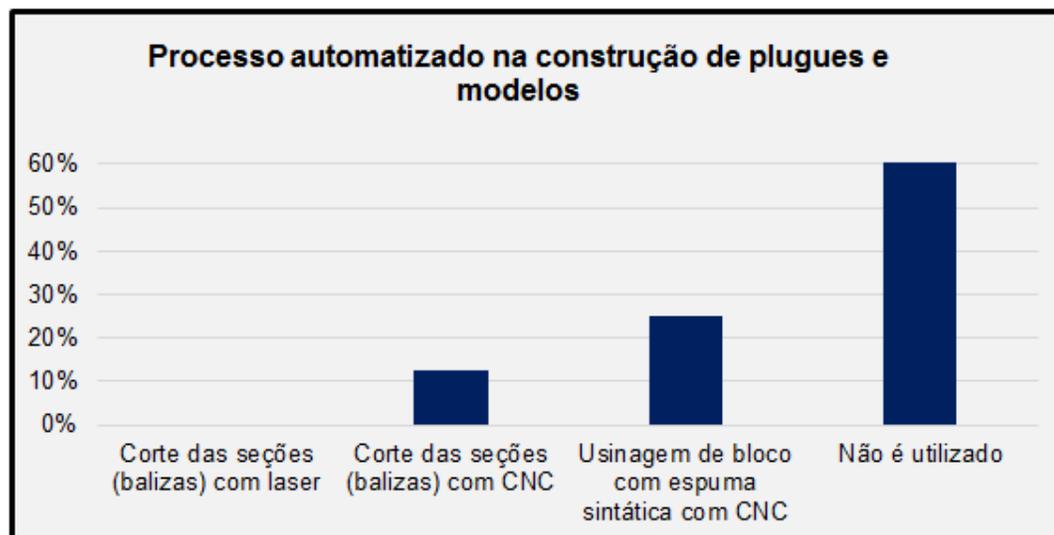
Figura D 2 – Tipo de produção utilizada na região Sudeste.



Fonte: O Autor (2018).

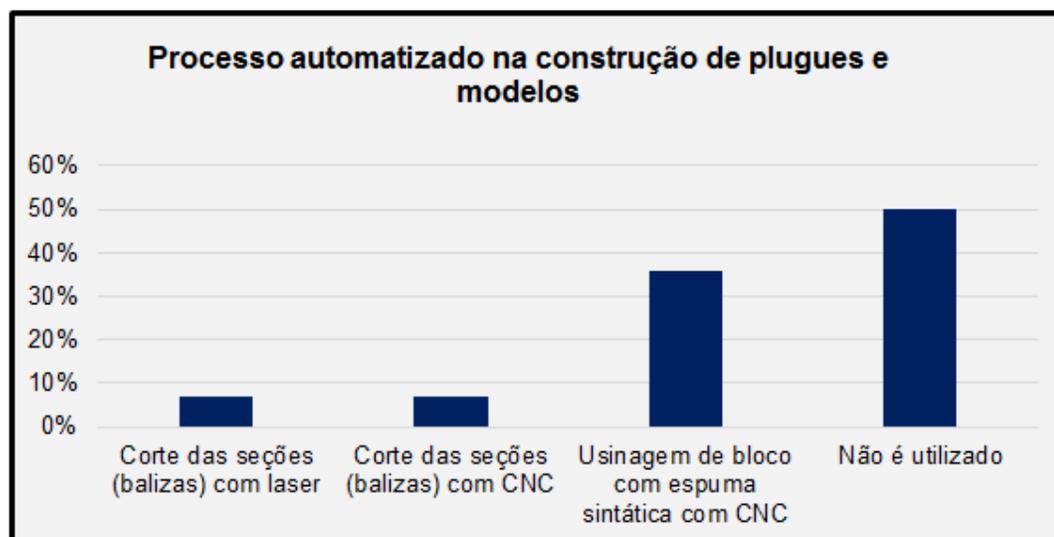
**APÊNDICE E – RELAÇÃO DOS PROCESSOS AUTOMATIZADOS NOS ESTALEIROS NÁUTICOS NAS REGIÕES SUL E SUDESTE.**

Figura E 1 – Processos automatizados para construção de plugues e modelos na região Sul.



Fonte: O Autor (2018).

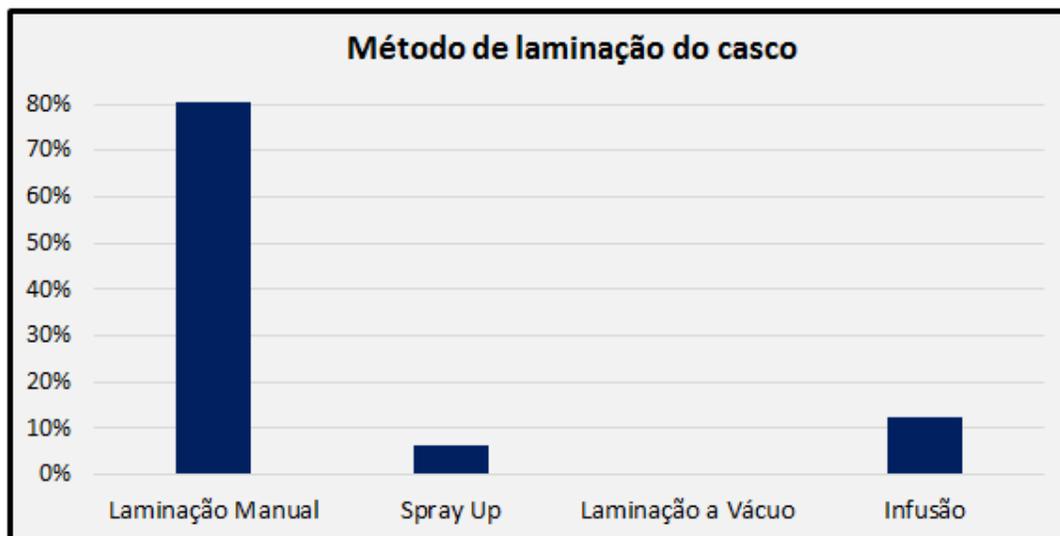
Figura E 2 – Processos automatizados para construção de plugues e modelos na região Sudeste.



Fonte: O Autor (2018).

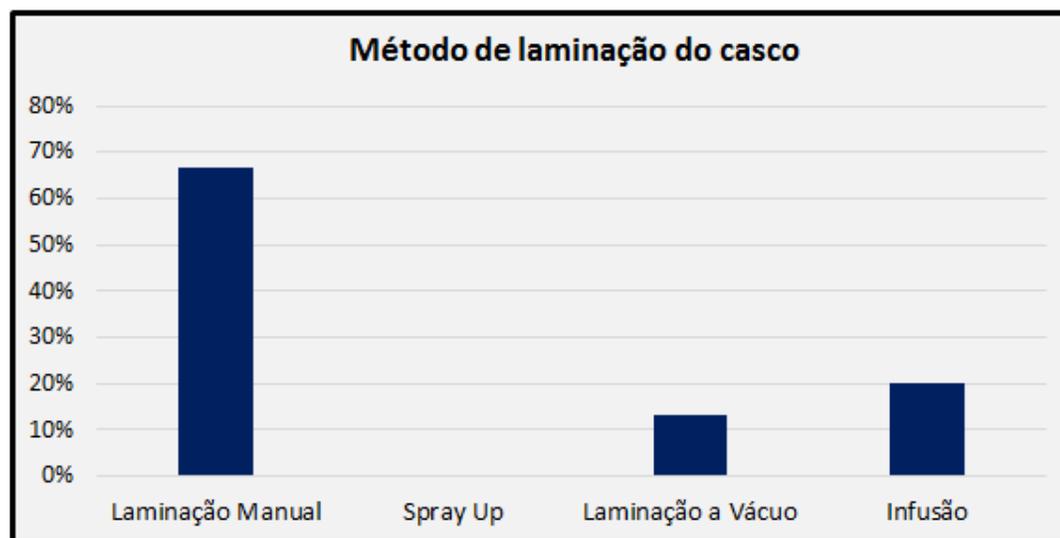
## APÊNDICE F – RELAÇÃO ENTRE OS MÉTODOS DE LAMINAÇÃO UTILIZADOS NOS ESTALEIROS NÁUTICOS NAS REGIÕES SUL E SUDESTE.

Figura F 1 – Método de laminação do casco na região Sul.



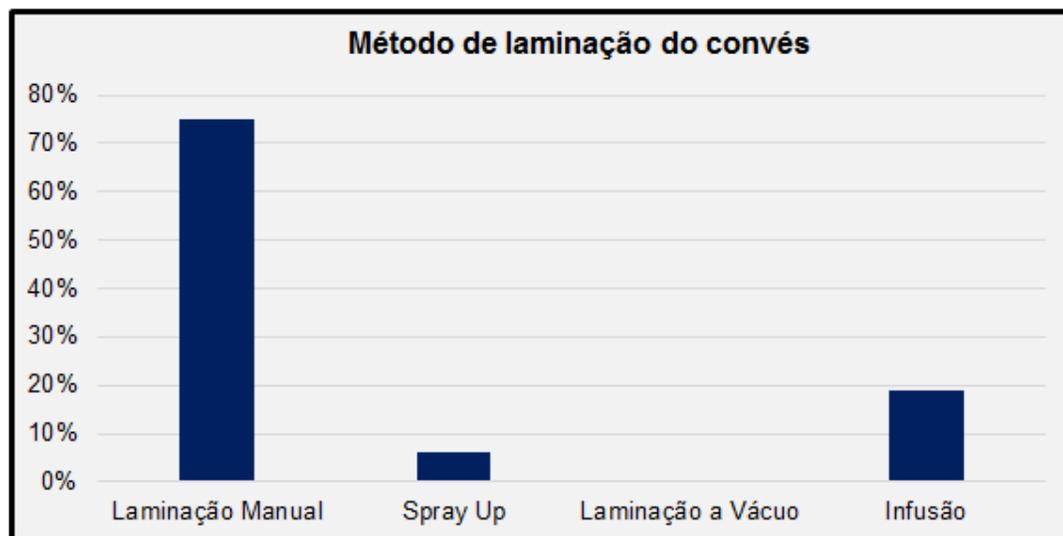
Fonte: O Autor (2018).

Figura F 2 – Método de laminação do casco na região Sudeste.



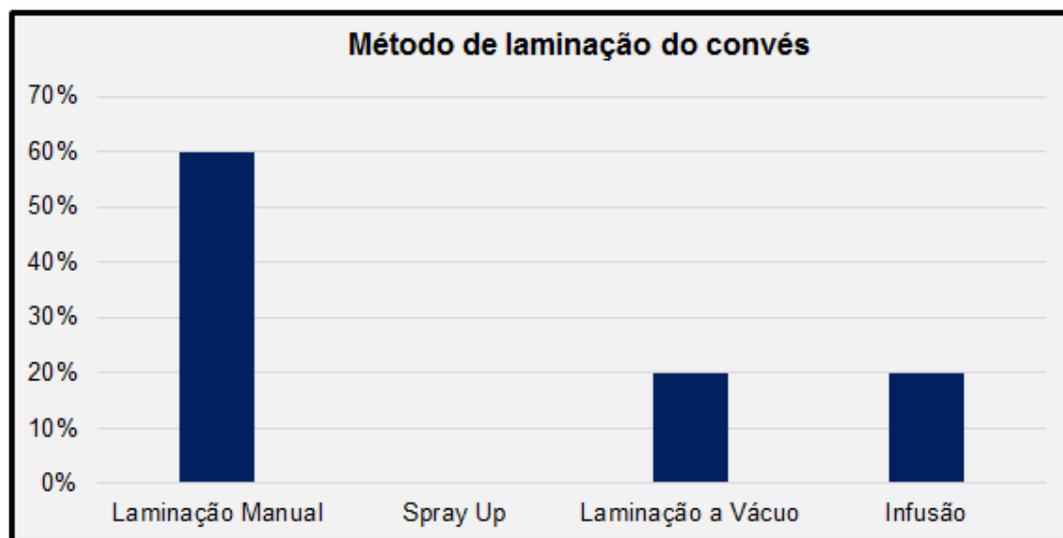
Fonte: O Autor (2018).

Figura F 3 – Método de laminação do convés na região Sul.



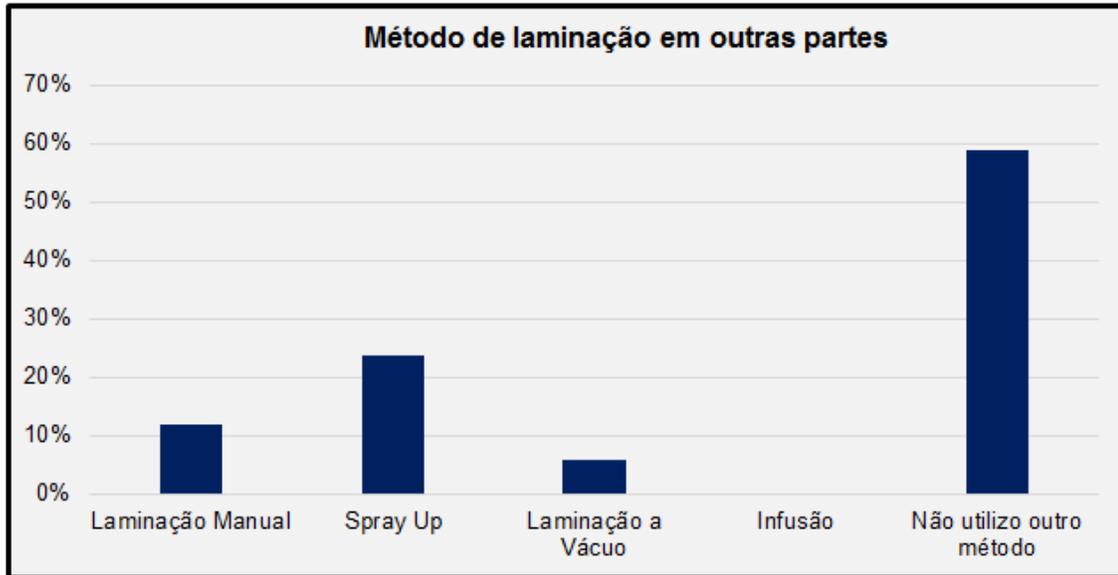
Fonte: O Autor (2018).

Figura F 4 – Método de laminação do convés na região Sudeste.



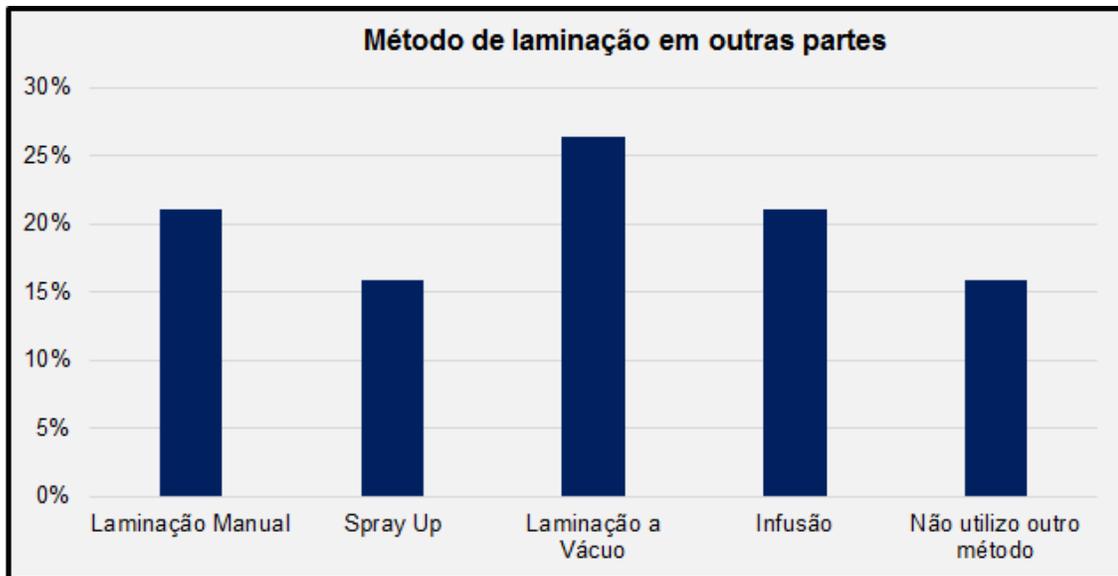
Fonte: O Autor (2018).

Figura F 5 – Método de laminação em outras partes da embarcação na região Sul.



Fonte: O Autor (2018).

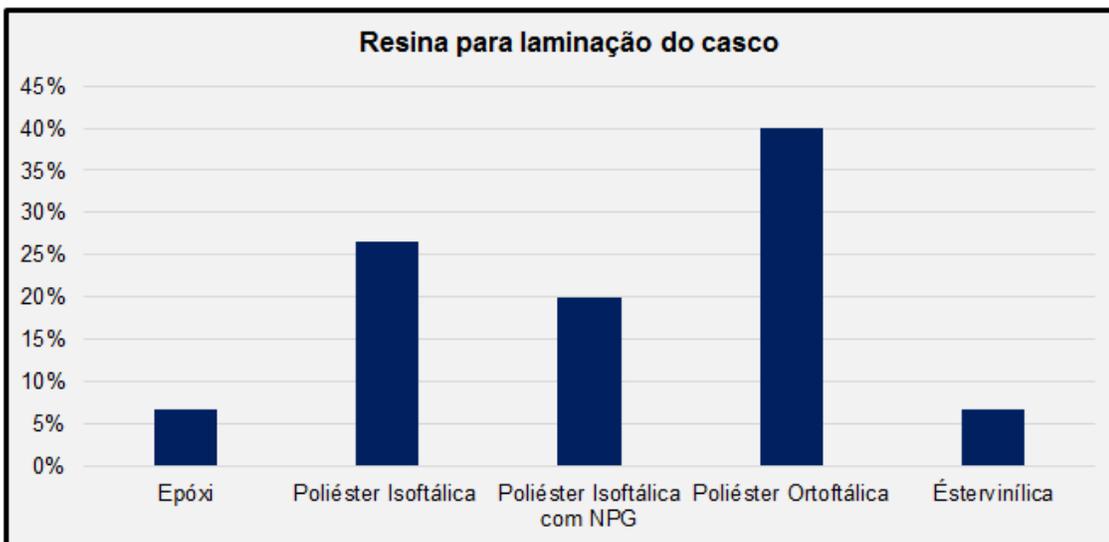
Figura F 6 – Método de laminação em outras partes da embarcação na região Sudeste.



Fonte: O Autor (2018).

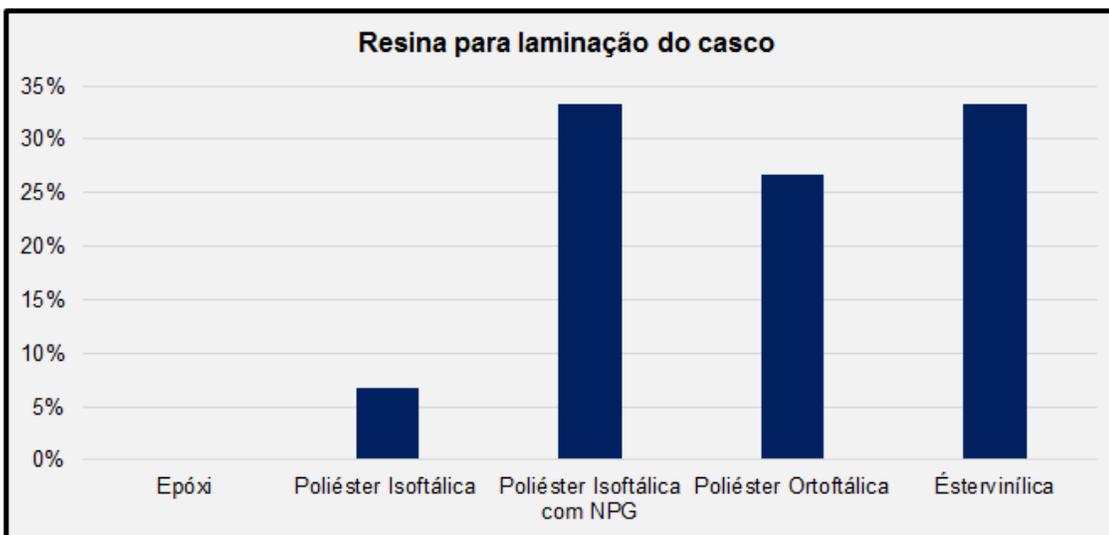
**APÊNDICE G – RELAÇÃO DAS RESINAS UTILIZADAS NOS ESTALEIROS NÁUTICOS NAS REGIÕES SUL E SUDESTE.**

Figura G 1 – Resina utilizada para laminação do casco nos estaleiros da região Sul.



Fonte: O Autor (2018).

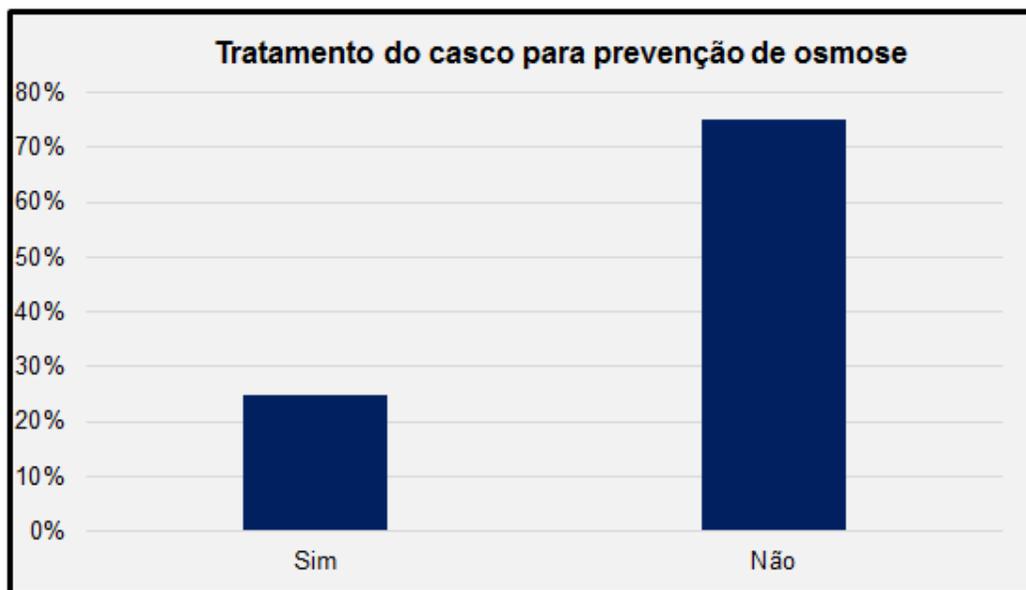
Figura G 2 – Resina utilizada para laminação do casco nos estaleiros da região Sudeste.



Fonte: O Autor (2018).

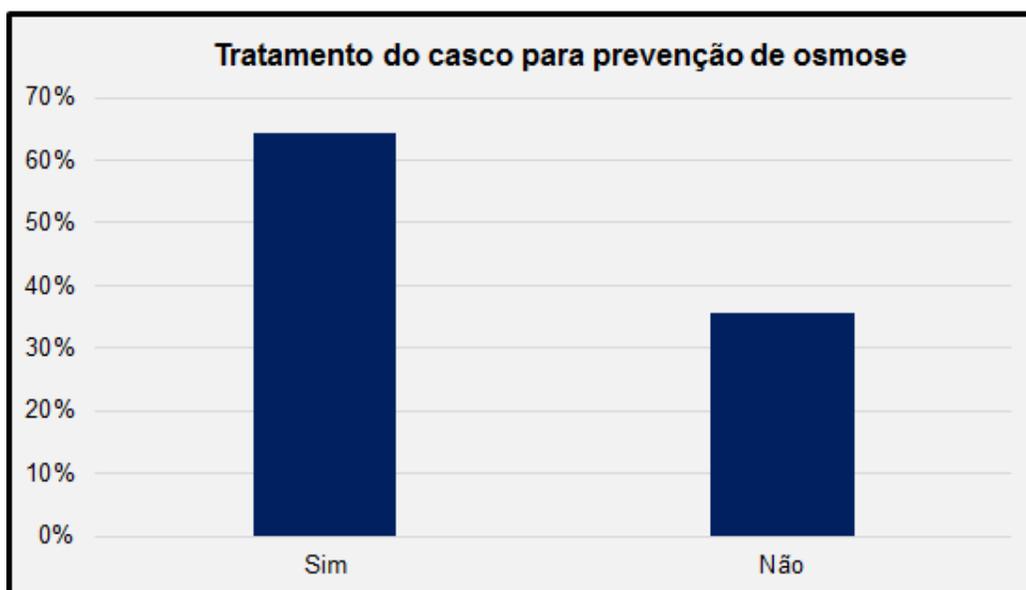
## APÊNDICE H – UTILIZAÇÃO DE TRATAMENTO DO CASCO PARA PREVENÇÃO DE OSMOSE NOS ESTALEIROS NÁUTICOS DAS REGIÕES SUL E SUDESTE.

Figura H 1 – Tratamento do casco para prevenção de osmose nos estaleiros da região Sul.



Fonte: O Autor (2018).

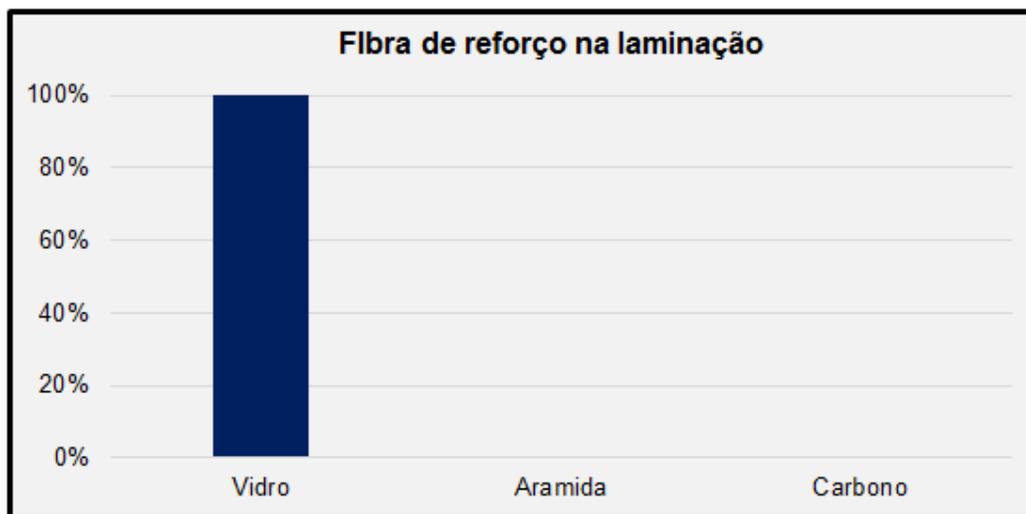
Figura H 2 – Tratamento do casco para prevenção de osmose nos estaleiros da região Sudeste.



Fonte: O Autor (2018).

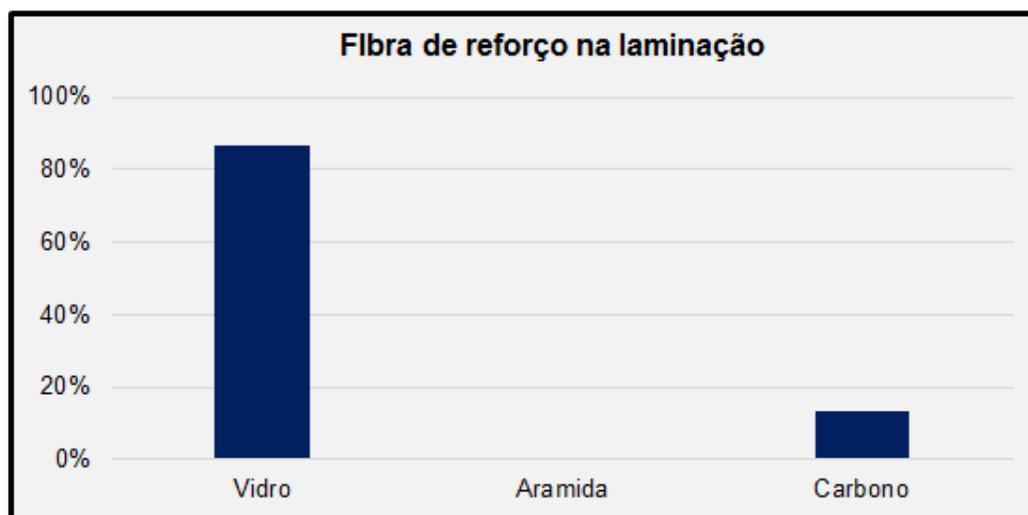
## APÊNDICE I – RELAÇÃO DAS FIBRAS DE REFORÇO UTILIZADAS NOS ESTALEIROS NÁUTICOS NAS REGIÕES SUL E SUDESTE.

Figura I 1 – Principais fibras de reforço utilizadas nos estaleiros náuticos da região Sul.



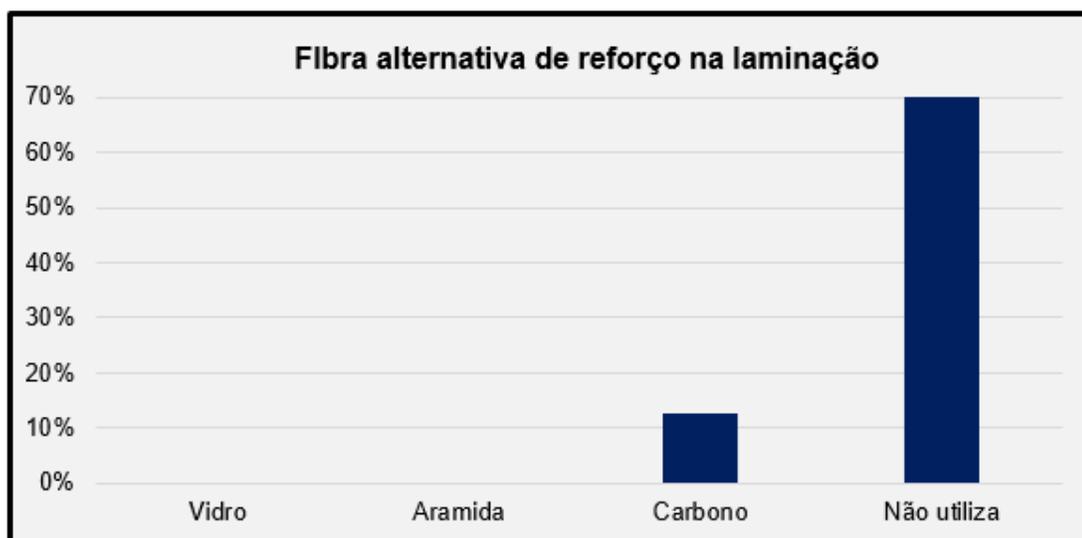
Fonte: O Autor (2018).

Figura I 2 – Principais fibras de reforço utilizadas nos estaleiros náuticos da região Sudeste.



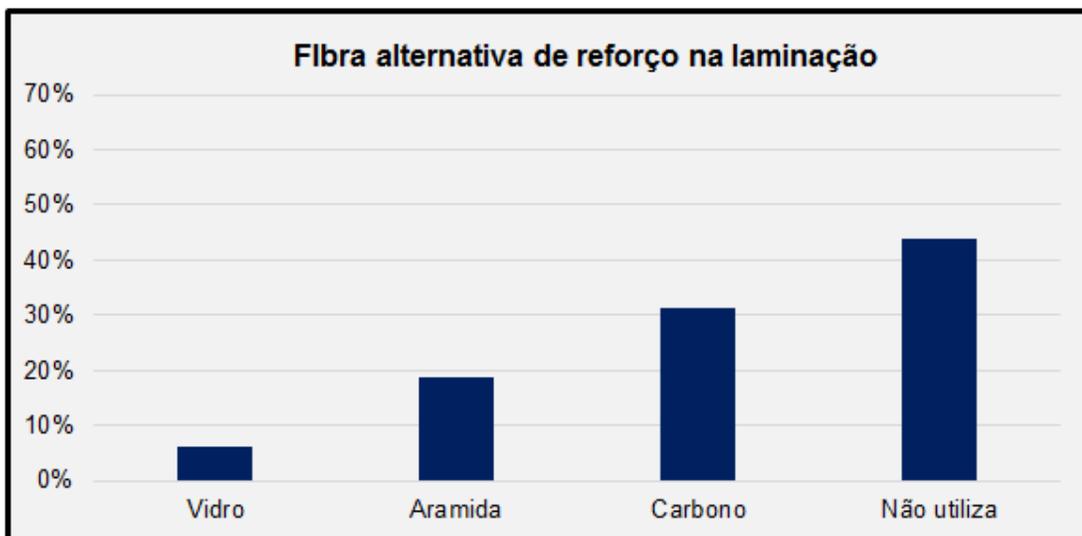
Fonte: O Autor (2018).

Figura I 3 – Fibras alternativas de reforço utilizadas nos estaleiros náuticos da região Sul.



Fonte: O Autor (2018).

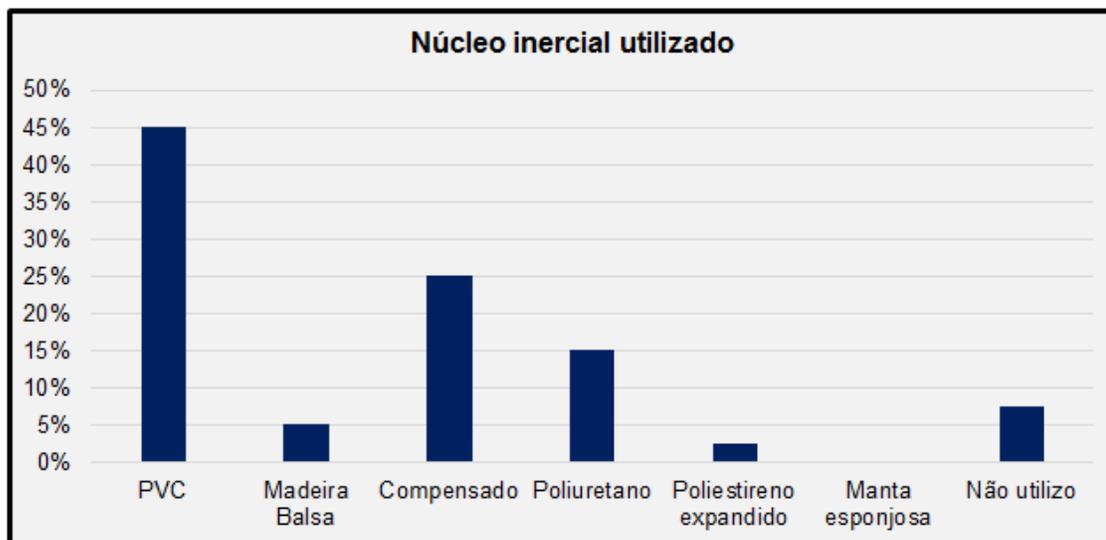
Figura I 4 – Fibras alternativas de reforço utilizadas nos estaleiros náuticos da região Sudeste



Fonte: O Autor (2018).

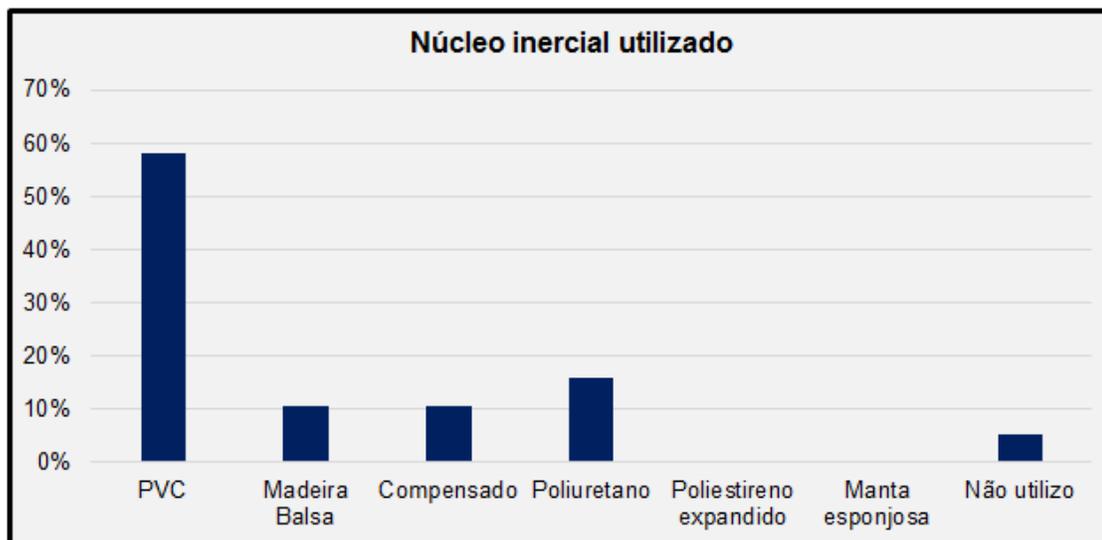
## APÊNDICE J – RELAÇÃO DOS NÚCLEOS INERCIAIS UTILIZADOS NOS ESTALEIROS NÁUTICOS NAS REGIÕES SUL E SUDESTE.

Figura J 1 – Núcleo inercial utilizado pelos estaleiros náuticos na região Sul.



Fonte: O Autor (2018).

Figura J 2 – Núcleo inercial utilizado pelos estaleiros náuticos na região Sudeste.



Fonte: O Autor (2018).