

## **DESENVOLVIMENTO DE QUILHAS PARA PRANCHAS DE SURF COM BASE NA BIOMIMÉTICA UTILIZANDO MATERIAIS ALTERNATIVOS**

ARAÚJO, Rodrigo Barbosa de  
Universidade Federal de Pernambuco  
rodrigoa82@hotmail.com

SILVA, Marivaldo Wagner Sousa  
Universidade Federal da Paraíba  
eme\_dablio@yahoo.com

NASCIMENTO, Adriana de Souza  
Universidade Federal da Paraíba  
adriana.souza.adm@hotmail.com

ARRUDA, André Oliveira  
Universidade Federal de Pernambuco  
zaca.conteudo@gmail.com

**Resumo:** O objetivo deste trabalho foi a criação de uma linha de quilhas para pranchas de surf, tendo como base o estudo biomimético das barbatanas e nadadeiras de animais marinhos. Atualmente estes artefatos são produzidos com materiais compósitos, fazendo-se necessário realizar pesquisas para entender a configuração estrutural e funcional de compósitos. Foi inserido material residual em um novo ciclo de vida do produto, atendendo diretrizes de ecodesign. Os materiais escolhidos foram madeira e Polietileno Tereftalato (PET) por possuírem propriedades favoráveis ao desenvolvimento deste projeto. Todos estes conceitos foram aplicados no design das quilhas conforme análises de desempenho hidrodinâmico. Após seleção criteriosa dos atributos funcionais, foi escolhido um dos modelos para a confecção de protótipo. Os resultados deste projeto são satisfatórios do ponto de vista técnico/científico, estético/mercadológico, onde parâmetros de sustentabilidade e de baixo custo foram abordados.

**Palavras-chave:** Surf; Ecodesign; Quilha; Biomimética; Reciclagem.

**Abstract:** The aim of this work was the creation of a line of keels for surfboards. The project was based in the biomimetic study of fins and flippers of marine animals. These artifacts are manufactured with composite materials, so was conducted a survey to understand the structural and functional configuration of composites. Residual material has been inserted in a new life cycle of the product, taking into account

*guidelines of ecodesign. The chosen materials were wood and polyethylene terephthalate (PET) for possessing properties favourable to the development of this project. All these concepts were applied in the design of the keels as hydrodynamic performance analyses. After careful selection of functional attributes, was chosen one of the models for the fabrication of a prototype. The results of this project are satisfactory from a technical point of view, scientific marketing, where aesthetic parameters of sustainability and low cost were discussed.*

**Keywords:** Surf; Ecodesign; Keel; Biomimicry; Recycling.

## 1. INTRODUÇÃO

Este artigo tem como objetivo apresentar o desenvolvimento de uma linha de quilhas para pranchas de surf com base na biomimética (inspiradas nas formas da natureza e suas propriedades hidrodinâmicas), produzidas com material residual. A quilha é um componente indispensável para a estabilidade da prancha de surf, que deve ser rígida, porém, com certo grau de flexibilidade e resistência. Atualmente a maioria das quilhas são produzidas com compósitos poliméricos derivados de fontes não renováveis. O surfe, fortemente ligado à natureza, acaba por incentivar a exploração e possível aplicação de materiais alternativos nos equipamentos para a prática do esporte, contribuindo com a preservação do meio ambiente através da utilização de materiais orgânicos e biodegradáveis. Pode-se ainda, fazer uso de materiais residuais na produção de novos artefatos, a reciclagem é uma alternativa sustentável para diminuição do volume de resíduos e o Polietileno Tereftalato (PET) é um exemplo com bom potencial de reciclagem e inserção em um novo ciclo de vida.

O projeto tem sua principal relevância atrelada ao fato de ser um artefato inspirado na natureza, que estabelece critérios ambientais de produção, eficiência no uso e baixo custo, além de ser fruto de uma investigação técnico/científica abordando especificamente os tipos de materiais compósitos e suas configurações estruturais.

A metodologia utilizada se baseou em métodos clássicos de autores do design. A partir deste estudo foi desenvolvida uma metodologia específica que priorizou a análise de produtos similares, o design de estruturas de reforço e em paralelo, a pesquisa biomimética, resultando, por conseguinte, nas etapas de conceituação, criação, detalhamento e produção do protótipo. Para o desenvolvimento do projeto foi utilizado como principal material alternativo o PET, o qual, após filetado e transformado em fibra, serviu para confecção das estruturas de reforço interno das quilhas. O *outline* das quilhas foi conceituado com base na observação da natureza como modelo e inspirou-se nas nadadeiras e barbatanas de animais marinhos. Através de processos de criatividade e do biomimetismo morfológico com propriedades hidrodinâmicas, foram geradas diferentes alternativas para uma linha de quilhas, as quais resultaram de diversas experimentações na relação (forma (*shape*) X desempenho hidrodinâmico).

O produto desenvolvido atendeu a requisitos do ecodesign, além de responder a princípios complexos atribuídos às variações de força, direção e tensões da hidrodinâmica funcional das quilhas, influenciando positivamente na performance da prancha e do surfista. O produto final que corresponde a uma linha de biquilhas

(sistema com duas quilhas) é efetivamente satisfatório do ponto de vista, técnico, produtivo e mercadológico. Um modelo foi escolhido para a confecção do protótipo, produzido por processo artesanal com o intuito de atingir o baixo custo de produção. Outro requisito importante é que as quilhas deveriam ser leves, rígidas na base e flexíveis na ponta, resistentes tanto quanto as quilhas da análise de similares.



Figura 1 – Quilhas trabalhando. Ponto de maior contato com a água. Fonte: (ARAÚJO, 2013).

## 2. DESENVOLVIMENTO

### 2.1 Metodologia

A metodologia projetual baseou-se em métodos de autores clássicos do design: Baxter (2000), Munari (1981), Bonsiepe (1984), assim como, Manzini & Vezzoli (2008). Foi necessária adaptação de ferramentas e métodos projetuais com vistas às especificidades e complexidade que envolve o design de estabilizadores hidrodinâmicos. Etapas de referencial teórico, coleta e análises de dados, desenvolvimento do projeto, dentro outras, como conceituação, criação, detalhamento e produção de protótipo foram atendidas na metodologia aplicada.

Em um primeiro momento, no levantamento de dados específicos, realizou-se pesquisa relacionada com a natureza do surf, equipamentos e descarte final dos mesmos. Priorizou-se a análise estrutural de produtos similares; estudo sobre materiais compósitos, processos de fabricação; estudo do ciclo de vida dos produtos; pesquisa sobre o PET, características, aplicações e as questões ambientais, dentre outras. Um segundo momento resultou na criação das estruturas de reforço e confecção dos corpos de prova; estudo e abstração do conceito biomimético de animais marinhos e a morfologia hidrodinâmica das quilhas; criação da linha de quilhas; seleção do modelo para confecção do protótipo e aplicação de materiais alternativos reaproveitados. Os materiais utilizados foram: (madeira e PET provenientes de reaproveitamento) e resina poliéster virgem (apenas para confecção do protótipo, na linha de produção será aplicada a resina à base de óleo de mamona, livre de solventes tóxicos). Para a produção do protótipo foi selecionada a alternativa mais versátil conforme critérios específicos de desempenho hidrodinâmico, resistência e/ou rigidez, leveza e flexibilidade, e ainda diferencial estético. Critérios como, tipo de prancha, estilo de surf e tipo de onda foram levados em conta. Desta forma, foram atendidos requisitos e objetivos do projeto.

### 2.2 Referencial Teórico

**Surf | Evolução do Design das Pranchas** - O surf é um esporte aquático onde a pessoa, sobre uma prancha, desliza na superfície de uma onda, deslocando-se, ora suave, ora explosivo, acompanhando em movimentos fluidos e contínuos a parede e a crista da onda (BORGES, 2010). Os primeiros relatos de homens deslizando nas ondas

se deram no oceano pacífico. Nas décadas de 1950 e 1960, as pranchas até então eram grandes e feitas de madeira (KAMPION & BROWN, 1998; PERALTA, 2005).

Com o passar dos anos e o desenvolvimento da prática como esporte, as pranchas foram evoluindo e necessitando de mais mobilidade e velocidade aos movimentos, o que deu origem as quilhas, introduzidas a partir da observação nas embarcações (NUNES, 2008). Ao final dos anos 1960, ocorreram mudanças importantes na aplicação de novos materiais, estruturas e tecnologias de construção. Após diversas experimentações e as pranchas evoluindo e tornando-se cada vez mais leves e menores, a quilha se tornou mais eficaz, resultando em mais desempenho nas competições (WILLIAMS, 2008; LELOT, 2010). Novos materiais surgiram em função da revolução industrial e devido à dimensão que tem tomado o universo do surf nas últimas décadas, grandes empresas capitalistas foram atraídas comercialmente e notaram a potencialidade econômica. Contudo, a preocupação com os aspectos ambientais, a preservação de recursos naturais e/ou responsabilidade em relação ao seu uso industrial e análise do ciclo de vida dos artefatos de surf, foram deixados de lado (ARAÚJO, 2013). Segundo Grijó (2011), a indústria do surf no Brasil e no mundo vem, há mais de 50 anos, gerando resíduos tóxicos e inflamáveis em todos seus processos produtivos e pós-consumo, que são depositos em aterros ou "lixões" sem qualquer tipo de controle ou tratamento específico ambiental. Estes resíduos classificados pela NBR 10.004 como Classe 1 são considerados perigosos, possuem alto valor agregado e prazos de decomposição elevadíssimos.

**Produção | Descarte | Reciclagem** - Segundo Araújo (2013), inicialmente as quilhas eram produzidas com madeira, porém com o surgimento de novos materiais e o avanço da tecnologia, a maioria das quilhas para pranchas de surfe passaram a ser produzidas com compósitos poliméricos derivados de fontes não renováveis. No desenvolvimento de compósitos, a ciência produz uma gama de materiais e os combinam de forma engenhosa entre si, resultando em propriedades formidáveis. A obtenção de compósitos compostos de materiais residuais é uma das alternativas mais buscadas. Muitos deles foram projetados para aprimorar combinações de atributos mecânicos, tais como: rigidez, tenacidade e resistência (CALLISTER, 2000). De acordo com Rosa & Pantano (2010), na sociedade contemporânea, os polímeros vêm sendo utilizados em muitos setores da economia como alternativa para substituição de outros materiais. Gorni (2000) enfatiza que a enorme aceitação no mercado e o contínuo aperfeiçoamento dos processos de fabricação, os polímeros de engenharia, acabaram mudando de status: passando de plástico de engenharia para commodity, como exemplo, temos as garrafas de refrigerante, que são produzidas em larga escala com um tipo de resina chamada PET ou Polietileno Tereftalato. Tais avanços tecnológicos na área da engenharia de materiais, tem resultado no crescente aumento do consumo desses polímeros, e a consequente geração de resíduos, que tem sido um dos vetores de desequilíbrio do planeta, o descarte desses materiais sem reciclagem é uma prática ambientalmente danosa. O destino serão lixões, aterros ou incineradoras, causando degradação ao meio ambiente (SILVA, 2008). Por outro lado, existem alternativas de reciclagem de resíduos sólidos, que além de favorecer a diminuição desses resíduos, criam uma grande quantidade de empregos diretos e indiretos, assim como, proporcionam o reaproveitamento de matéria para fabricação de novos artefatos, representando economia de matéria prima e de energia (GOMES, 2006).

Uma grande parcela dos resíduos sólidos identificados nos incontáveis objetos presentes nos lixões são embalagens de produtos, dentre elas, caixas de madeira e garrafas PET, sendo que a maior parte desses resíduos recolhidos nos centros urbanos é simplesmente descartada sem qualquer triagem. De acordo com Peltier & Saporta (2007), se para um grande número de pessoas, preservar o meio ambiente tornou-se uma necessidade, agir para preservá-lo deve ser uma atitude sincera e eficaz. A tomada de consciência dos problemas ambientais é muito forte, e a vontade de encontrar soluções imediatas é absolutamente real. Os cidadãos estão de acordo com uma filosofia de desenvolvimento sustentável que asseguraria ao mesmo tempo, prosperidade econômica, proteção sem falha ambiental e respeito pelo ser humano, e defendem a necessidade de uma mudança imediata nos hábitos de consumo.

Os recursos naturais do meio ambiente têm forte condicionamento à regeneração, tal propriedade se denomina resiliência, porém, para que ocorra, a natureza deve permanecer intocada em um determinado intervalo de tempo, sem que haja degradação. Toda atividade causa algum impacto sobre o ambiente em que vivemos. O ambiente tem certa capacidade para enfrentar tais impactos, de maneira que determinado nível pode ser absorvido sem danos duradouros. Mas é evidente que as atividades humanas de hoje frequentemente ultrapassam esse patamar e diminuem a qualidade de vida do mundo em que vivemos agora, além de ameaçar o bem-estar das gerações futuras (ASHBY & JOHNSON, 2010). Por tanto, é insustentável que a produção industrial e a extração dos recursos naturais continuem em ritmo acelerado. Manzini & Vezzoli (2008) afirmam que é urgente aprender a viver melhor consumindo menos recursos ambientais. Faz-se necessário visualizar outros caminhos para o estilo de vida contemporâneo e soluções que apontem um caminho alternativo com compasso desacelerado de consumo. Para isso, é preciso introduzir mudanças sistêmicas na produção de artefatos, e uma delas é fazer uso de matéria-prima reciclada/ reaproveitada ao invés de matéria-prima virgem.

**Biomimética** - O pesquisador americano ligado à indústria aeronáutica, Major Jack Steele, foi quem criou o termo Biônica, que lançou as bases da Biomimética. Steele define a biônica na forma de aplicação dos princípios básicos presentes na natureza no campo de projetos interdisciplinares que incluem a biologia, engenharia, arquitetura e design (BARBOSA, 2008). Porém, Benyus (1997) foi quem expandiu o conceito criando o termo Biomimética. Em seu ponto de vista, além de considerar a imitação da forma biológica, o biomimetismo inclui a inspiração nos conceitos de replicação do comportamento dos organismos biológicos, portanto, esta é uma forma de projetar que se baseia nas formas e estruturas da natureza. Ainda segunda a autora, a natureza oferece infinitos exemplos de como revolucionar os produtos, processos e a nossa vida cotidiana na busca de soluções sustentáveis, inspirando-se em modelos biológicos que se desenvolveram e foram adaptando estratégias pelo tempo a milhões de anos. A natureza já descobriu o que funciona, o que é apropriado, e o mais importante, o que dura. Em vez de mecanismos de extração, como tem feito o ser humano durante o curso de sua existência, o biomimetismo se difere de outras "bio abordagens" consultando organismos e ecossistemas, e aplicando de forma subjacente os princípios de design às nossas inovações. Os princípios desenvolvidos por Benyus (1997) descreve as abordagens dessa ciência da seguinte maneira:

. Natureza como **modelo**: Estudar os modelos da natureza e imitá-los ou usá-los como inspiração, com o intuito de resolver os problemas humanos;

. Natureza como uma **medida**: Usar o padrão ecológico para julgar a relevância e a validade das nossas inovações. Após bilhões de anos de evolução, a natureza aprendeu o que funciona, o que é mais apropriado e o que perdura;

. Natureza como um **mentor**: Nova forma de observar e avaliar a natureza. Preocupar-se não no que podemos extrair do mundo natural, mas no que podemos aprender com ele. Os seres vivos, em conjunto, mantêm uma estabilidade dinâmica, continuamente manipulando recursos sem desperdícios.

De acordo com Santos (2010), a Biomimética é acompanhada pela filosofia do design ambiental, que tem uma visão multidisciplinar, onde muitos setores industriais podem substituir o modo tradicional de projeto e produção dos bens de consumo ao modo natural, baseado em ecossistemas, que são mais equilibrados e menos onerosos para o meio ambiente. Para que os princípios do design ambiental se cumpram, é necessário que todo o ciclo do produto seja avaliado, da extração da matéria prima até o descarte, passando pelo consumo de energia durante o uso e a operação. Perante esta visão, vários pesquisadores, designers e projetistas têm buscado na natureza, princípios e soluções como aplicação de um design sustentável. Os projetistas devem e podem se apropriar desses princípios para se lançar à criação de produtos mais inteligentes, inovadores e com menor impacto sobre o meio ambiente.

**Materiais Compósitos** - No livro “Introdução à Ciência dos Materiais”, Callister (2000), apresenta teorias e exemplos de diversos tipos de compósitos, dentre eles, os **compósitos reforçados com fibras**, que podem ser classificados de acordo com a disposição das fibras, neste caso as **fibras descontínuas e aleatoriamente orientadas** favorecem a resistência, rigidez alta em relação ao seu peso, e maior flexibilidade. Já os **compósitos estruturais**, que podem ser **laminados** ou **painéis em sanduíche**, possuem resistência e flexibilidade equilibrada. Esta pesquisa forneceu embasamento para o desenvolvimento e análises das estruturas de reforço, auxiliando a conceituação do design das estruturas internas. O objetivo deste item é auxiliar o design das estruturas de reforço através da análise de alguns conceitos fundamentais referentes ao comportamento de cada organização estrutural dos materiais.



Figura 2 - Esquema de classificação para alguns tipos de compósitos. Fonte: Adaptado de Callister, 2000).

### 2.3 Análise Estrutural

**Quilhas - Forma e Função** - As formas dos estabilizadores hidrodinâmicos trabalham como qualquer outra variante da prancha e cada parte da quilha possui função específica, refletindo no desempenho do surfista. A morfologia das quilhas é extremamente importante e suas diferenças sutis são pouco notadas visualmente. A

diferença se sente em pequenos detalhes que podem alterar muito o rendimento de uma prancha, por tanto as quilhas são fundamentais para um bom funcionamento do equipamento. Proporcionam o direcionamento e a propulsão que o surfista precisa para manobrar sem perder velocidade. Trata-se de um artefato complexo e funcional onde a forma segue a função, possui linhas orgânicas e harmônicas entre si. Na prática, o tipo do sistema de quilhas que define o estilo de surf, possibilitando o controle da prancha em variadas situações, tanto em ondas grandes ou pequenas, como na execução de manobras extremas. Os estabilizadores hidrodinâmicos absorvem a energia do fluxo de água, proporcionando direção, agregando pressão e velocidade conforme complexos princípios hidrodinâmicos. Por tanto, deve-se compreender melhor os princípios contidos em cada detalhe deste equipamento para que a prancha funcione adequadamente em diversas condições do mar (BOUSURF, 2014; FCS, 2014; FUTURESFINS, 2014).

Em relação ao design, alguns conceitos básicos são determinantes. Uma quilha maior proporciona mais segurança em ondas maiores, indicado para surfistas mais pesados. Quilhas menores funcionam melhor em ondas menores e com usuários mais leves. Quilhas com maior curvatura funcionam bem em ondas fortes e cavadas que necessitam de mais segurança. Já as quilhas com menor curvatura, facilitam a manobrabilidade em ondas cheias e menores. Outro ponto relevante é o posicionamento, as quilhas laterais estando mais recuadas deixam as pranchas mais velozes e direcionais, entretanto mais rígidas nas curvas. Se estiverem mais adiantadas deixam as pranchas mais soltas, porém com menos pressão. A direção e a inclinação (para fora da prancha) das quilhas laterais também refletem no desempenho. Em relação à direção, quanto mais apontadas para o bico, irão facilitar os movimentos de curva, em contrapartida a prancha fica menos direcional. Ao contrário, as quilhas fugindo do bico para fora deixam a prancha mais direcional, porém mais rígida nos movimentos de curva. A inclinação das quilhas laterais também reflete nesta conduta, quanto mais próximo de um ângulo de 90º, deixam a prancha mais direcional, porém bastante rígida nas curvas. Aumentando sua inclinação para a borda da prancha, esta se torna mais maleável nas curvas (FCS, 2014; FUTURESFINS, 2014; BOUSURF, 2014).

**Breve Detalhamento da Quilha** - Neste tópico será apresentado um breve detalhamento da quilha. As características das quilhas se baseiam em elementos tais como: template, base, área, ponta (tip), profundidade (depth), comprimento de varredura (curvatura, sweep), flexibilidade e foil (FCS, 2014; FUTURESFINS, 2014).

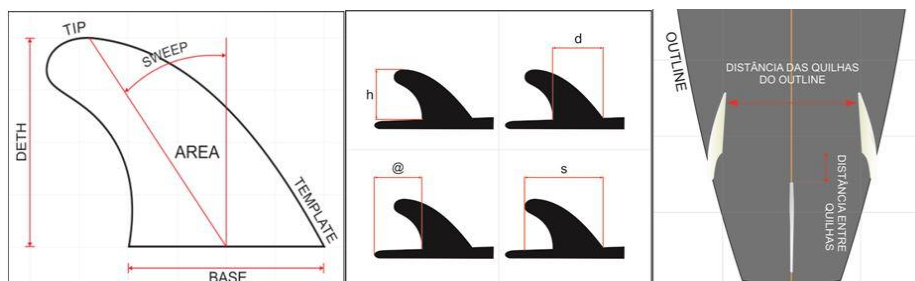


Figura 3 - Configuração e partes da quilha. Fonte: (ARAÚJO, 2013).

**Template:** É a curva de outline da quilha, que vai influenciar na área da quilha.

**Base:** Base maior resulta em uma área maior: proporciona *drive* (direção) e aceleração;

**Depth:** É um dos elementos da área, é a altura da quilha, ou seja, a profundidade, o quanto a quilha penetra dentro da água. Afeta a segurança e o controle que a quilha



tem em uma cavada ou mudança de direção.

**Tip:** É a extremidade vertical da quilha, oposta à base. Quanto mais área na ponta, maior drive e impulsão. Quanto mais estreita, maior agilidade, porém menor impulsão.

**Sweep:** Tem influência direta no pivot (comprimento do arco de rotação da prancha), maior inclinação, arco mais longo; menor inclinação, arco mais curto.

**Flexibilidade:** É a capacidade de flexão e deflexão: Influencia na capacidade de resposta da quilha proporcionando impulso, depende da estrutura interna e dos materiais.

**Foil:** É o shape da quilha, a distribuição da espessura, a geometria das faces de dentro e fora da quilha; Afeta diretamente: O fluxo de água sobre a superfície da quilha; A forma como a prancha se move dentro d'água e a velocidade.



Figura 4 - Tipos de *foil* e desempenho hidrodinâmico, Fonte: (FCS, 2014).

O foil é a curvatura da lateral da quilha, responsável pela entrada e saída da água. Enquanto a quilha corta a água, as moléculas do fluido se dividem. Devido a um princípio físico, as mesmas moléculas que estavam juntas antes dessa divisão tendem a se encontrar no final do percurso. Então se a velocidade do fluido é rápida, a pressão é menor. O aumento da pressão compromete a estabilidade da prancha (FCS, 2014; FUTURESFINS, 2014; BOUSURF, 2014).

**Aplicações Biquilha | Fish** - De acordo com Nunes (2008), no surf os tipos de pranchas podem ser classificados em função do número de quilhas que possuem. Podem ser *single fin* ou monoquilha, *twin fins* ou biquilha, e *thruster* ou triquilha, existem ainda as *quad fins* ou quadriquilhas. São aplicadas tais nomenclaturas, devido ao sistema de quilhas estarem diretamente relacionado com o tipo de prancha e estilo de surf que o surfista pretende desenvolver. De tal modo que, o design das pranchas são projetados para se adequar ao tipo de sistema de quilha que irá receber. Tais requisitos irão influenciar totalmente no desempenho da prancha na água e consequentemente na execução das manobras para determinado estilo de surf e tipo de onda. As biquilhas criadas nos anos 70 pelo californiano *Steve Liz* proporcionam um surf menos agressivo, resultando desta forma em uma linha de surf clássica. Anos depois, o australiano *Mark Richards*, surfista e designer, fez alguns ajustes no design das pranchas *Fish*, apresentando nova evolução no design de pranchas e quilhas, inserindo no mercado uma biquilha de tamanho reduzido feita com fibra de vidro, possuindo configuração similar às pranchas desenvolvidas na mesma época (LELOT, 2010).



Figura 5 - Mark Richards e as pranchas biquilhas. Fonte: (ARAÚJO, 2013).

São as pranchas dos anos de 1970 e 1980, pequenas, largas e grossas, variando o tamanho entre 5'5" e 6", apropriadas para ondas pequenas, tem possibilidade de manobrar como as *shortboards* (pranchas triquilhas), devido ao sistema biquilha deixar



a prancha bem solta e ao mesmo tempo manobrável com bastante velocidade, assim como, proporciona a facilidade de entrar nas ondas como o *longboard* (pranchão monoquilha), por possuir bastante volume. As pranchas mais adaptáveis a este sistema de quilha possuem o *tail* (rabeta) mais largo, em formato de W. Estas quilhas são menores, tendo mais ou menos a metade do comprimento das monoquilhas, porém são mais largas na base, possui *foil* (curvatura) nas laterais externas, e as laterais internas são *flat* (reto) (SIEBERT, 2014; NUNES, 2008; TECCEL 2014).

## 2.4 Projeto

**Estruturas de reforço** - Iniciou-se com a escolha do PET como principal material alternativo de reaproveitamento mais a madeira reaproveitada com aplicação de resina de poliéster. Desta forma, foram obtidas as fibras e estruturas que serviram de base para o projeto conceitual na geração de alternativa para a estrutura de reforço interno;

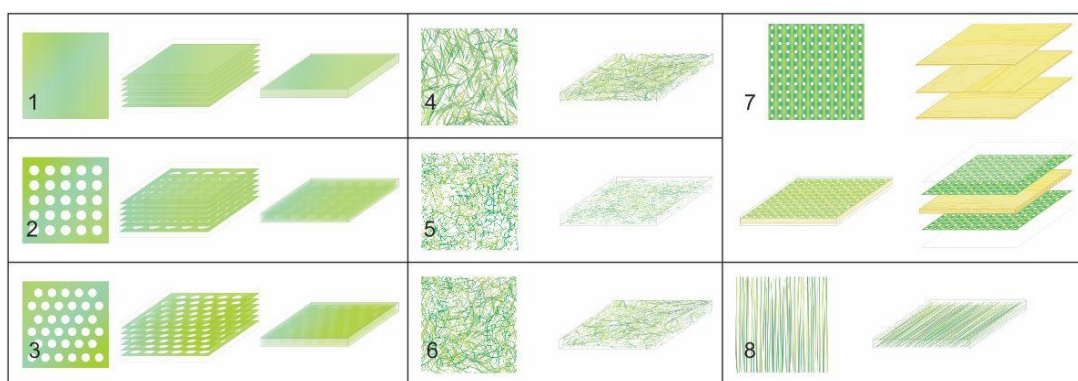


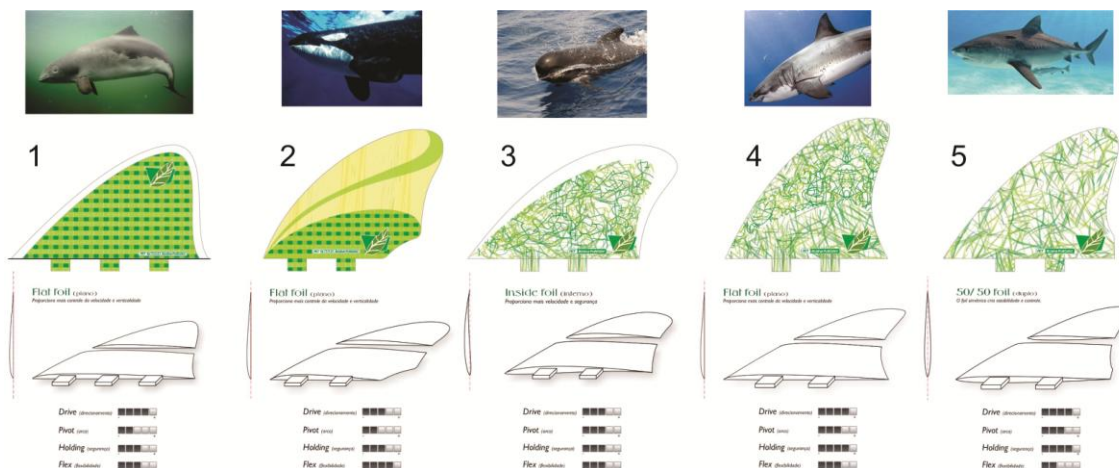
Figura 6 - Geração de alternativas para estruturas de reforço interno com base nos materiais compósitos. Fonte: Elaboração própria (2013).

**Alternativas 1, 2 e 3** - (1) Compósito **estrutural** do tipo **laminar**; (2 e 3) Compósitos **estruturais** do tipo **laminar**, estes conceitos são compostos com lâminas de PET com orifícios alinhados e desalinhados, empilhadas umas sobre as outras, envoltas e intercaladas com resina poliéster. A resina preenche os vazados nas lâminas de PET, reforçando a união da fase matriz e as chapas de PET.

**Alternativas 4, 5, 6 e 8** - (4) Compósito reforçado com **fibras direcionais descontínuas e aleatoriamente orientadas**, alta resistência às flexões em todas as direções. (5) Compósito reforço com **fibras espirais descontínuas e aleatoriamente orientadas**, boa resistência e maior flexibilidade. (6) Reforço com **fibras direcionais e espirais descontínuas e aleatoriamente orientadas**, resistência e flexibilidade balanceada. (8) Compósito reforçado com **fibras alongadas contínuas e alinhadas**, grande resistência às flexões longitudinais e baixa resistência às flexões transversais.

**Alternativa 7** - Este conceito foi desenhado com base nos compósitos **estruturais**, empregando o do tipo **laminado** no núcleo (na forma de compensado de madeira) constituindo um composto de **chapas bidimensionais** possuindo sua **direção intercalada**, objetivando maior resistência. As faces externas consistem em duas **tramas bidirecionais** (onde os filetes correm em duas direções perpendiculares de 0° e 90°) externas de PET que são mais resistentes, se encontram separadas pela madeira compensada que é menos densa, que por sua vez possui menor rigidez e resistência. As tramas externas suportam a maior parte da carga para dentro do plano e também quaisquer tensões de flexão transversais.

**Linha de quilhas** - Neste momento do projeto ocorre a aplicação dos conceitos biomiméticos para criação da linha de quilhas, onde os *outlines* desenvolvidos se inspiraram em animais marinhos, sua anatomia e hidrodinâmica conforme morfologia específica. Foram selecionados formatos diversos das nadadeiras laterais, caudais e barbatanas de golfinhos, baleias e tubarões.



**Figura 7 - Linha de quilhas para pranchas de surf com base em animais marinhos. Fonte: Elaboração própria, 2013.**

Os requisitos e parâmetros definiram de forma analítica, a seleção de um modelo para produção do protótipo, o qual apresentou mais equilíbrio e versatilidade entre seus atributos. Assim, assegurou-se o balanceamento do desempenho entre todas as funções. Todavia, todas as alternativas apresentaram potencial de desempenho, desenvolvimento e produção. O modelo de quilha número dois (2), foi baseado no formato da nadadeira lateral da baleia Orca. Esta *outline* proporciona um surf de linha, a prancha fica bem solta na onda devido ao corte localizado na parte de trás da base, resultando em curvas rápidas e fluidas. Funciona bem em ondas pequenas. A estrutura de reforço aplicada é adequada ao *shape* final (rigidez na base e flexibilidade na ponta).

## 2.5 Detalhamento

Processo de fabricação aplicado foi laminação artesanal, que, segundo Lima (2006), é um grupo de processos substancialmente econômico e de tecnologia acessível, sendo o do tipo manual mais indicado para confecção de peças consideradas pequenas. Apresenta algumas características e particularidades, como por exemplo, produção econômica pequena e necessidade de equipamentos de trabalho manual, tal como: espátula, pincel, material de proteção/ segurança do operador, misturadores, bancada, estilete, formão, esquadros, lima, serra, lixadeiras, máquinas de pequeno porte, e fôrmas (que neste projeto, foram estruturadas com madeira reaproveitada). Tais processos e materiais refletem em baixo investimento. A produção de peças pequenas podem ter acabamentos em ambas as faces. Algumas das etapas, ferramentas e materiais que fazem parte do processo aplicado estão brevemente ilustrados na figura (8) em uma sequência lógica conforme desenvolvimento do projeto. Podem-se identificar etapas de criação; desenho técnico; modelagem 3D e *rendering* digital; confecção da trama de reforço bidirecional com PET; corpo de prova para análise estrutural; confecção do núcleo de madeira; aplicação da resina e

prensagem no molde (confeccionado com madeira reaproveitada); desbaste (*shape* final); acabamento e protótipo finalizado.

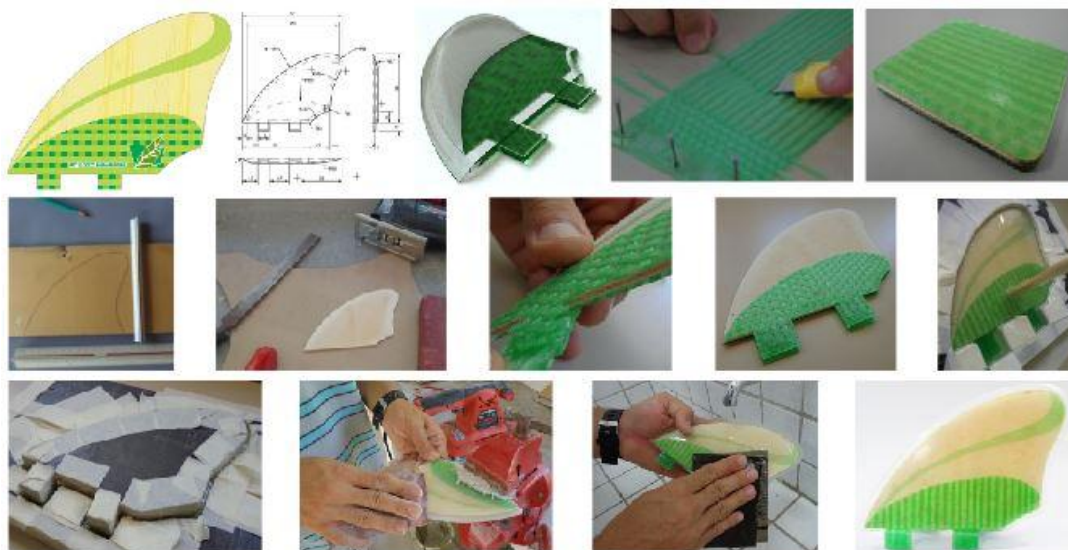


Figura 8 – Etapas do processo de concepção da quilha e confecção do protótipo. A laminação artesanal, resultou em baixo gasto energético e baixo custo final. Fonte: Elaboração própria (2013).

### 3. CONCLUSÕES

O referencial teórico e as análises realizadas serviram de base para o desenvolvimento do projeto. Com isso, se assimilou a complexidade que é intrínseca aos equipamentos para pranchas de surf, que apesar de conter uma forma visual simples, tem princípios complexos atribuídos às variações de força, direção, e tensões da hidrodinâmica funcional. Durante o desenvolvimento do projeto, foram atendidos critérios do ecodesign, através de processos de reciclagem, os quais foram abordados e requisitados nos objetivos e aplicados de forma inovativa na conceituação e nas etapas de confecção dos protótipos. O reaproveitamento e a reciclagem dos materiais selecionados (PET; madeira compensada), possuem características que se adequam ao produto: resistência, flexibilidade e leveza, que são essenciais a este artefato, pois o desempenho das mesmas depende dessas propriedades equilibradas entre si, dentre outros aspectos. Foram obtidos resultados satisfatórios, de tal modo que toda a linha de quilhas possui potencial de reprodução, atendendo aos pré-requisitos de performance das quilhas tanto quanto o conceito escolhido para confecção do protótipo. Quanto aos materiais, para produzir um par de quilhas, utiliza-se em média uma a duas garrafas de refrigerante, dependendo do modelo. Observação: No protótipo foi utilizada resina de poliéster, porém, para a linha de produção a resina que deverá ser utilizada é à base de óleo de mamona, livre de solventes tóxicos, inserindo no mercado, de fato, um produto sustentável.

### REFERÊNCIAS

Araújo, Rodrigo B. **Desenvolvimento de quilhas para pranchas de surfe utilizando o resíduo de PET como material alternativo**. Trabalho de conclusão do curso de Design, Universidade Federal da Paraíba. Rio Tinto, 2013.

Ashby, M. F. & Johnson, K. **Arte e Ciência da Seleção de Materiais no Design de Produto**. 2ed. São Paulo, Campus Ed. 2010.

Baxter, Mike. **Projeto de produtos**. 2ed. São Paulo, Beucher, 2000.

Borges, Daniel da Luz. **Prancha de surf : redesign**. Trabalho de conclusão do curso de Design. Universidade FEEVALE, Novo Hamburgo, 2010.

Bou Surf – **Bou Pranchas de surf. Funcionamento das pranchas**. Acesso em: 17/04/2014 Disponível em: [http://www.bousurf.com/funcionamento\\_quilhas.htm](http://www.bousurf.com/funcionamento_quilhas.htm)

Callister, William D. **Ciência e engenharia dos materiais – Uma introdução**. 5ed. Rio de Janeiro, LTC Ed. 2000.

FCS - Surfboard Fins Surf Acessories. Acesso em: 10/05/2014 Disponível em: <http://www.surffcs.com/us/index.aspx>

Futures Fins. Acesso em: 10/05/2014 Disponível em: <http://www.futuresfins.com/index.php>

Grijó, Paulo Eduardo Antunes 2011. **Estudo preliminar para gestão ambiental na produção de pranchas de surfe**. 3º International Workshop Advances in Cleaner Production – São Paulo, 2011.

Lelot, Henry. **Por dentro das quilhas**. Acesso em: 05/05/2014 Disponível em: <http://waves.terra.com.br/surf/noticia/por-dentro-das-quilhas/40177>

Kampion, Drew; Brown, Bruce. **“Stoke – Uma história da cultura do surfe”**. Los Angeles : Evergreen Ed., 1998. 216p.

Lima, Marco Antonio M. **“Introdução aos materiais e processos para designers”**. Rio de Janeiro. Ciência Moderna LTDA Ed. 2006, 225p.

Manzini, Ezio.; Vezzoli, Carlo. **O desenvolvimento de produtos sustentáveis**; tradução de Astrid de Carvalho. – I. ed. 2 .reimpr.- São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2008.

Munari, Bruno. **Das coisas nascem as coisas**. São Paulo, Martins Editora. 1981.

Nunes, Daniel. **“Aprenda a surfar”**. Rio de Janeiro: Litteres Ed., 2008, 80p.

Peltier, F & Saporta, H. **Design Sustentável – caminhos virtuosos**. São Paulo, Senac São Paulo Ed. 2007.

Peralta, Stacy. Filme: **Riding Giants**. Produção Agi Orsi. 2005

Rosa, Derval dos Santos; Pântano Filho, Rubens. **Biodegradação: Um ensaio com Polímeros**. Editora da Universitária São Francisco e Editora Moara, Itatiba, 2003.

Siebert Woodcraft Surfboards. Acesso em: 20/04/2014 Disponível em: <http://www.siebetsurfboards.com/>

Silva, M. W. S. **Compósitos à base de EVA reciclado para utilização em calçados**. Dissertação de mestrado. Pós-graduação em ciência de engenharia de materiais UFCG Campina Grande, 2008.

Teccel for quality surfboards. Acesso em 28/02/2014 Disponível em: <http://www.surftecell.com.br/a/home.asp>

Willians, Malcom Galt. **Legendary Surfers (A Definitive History of Surfing's Culture and Heroes)**. Acesso em: 13/05/2014. Disponível em: [http://files.legendarysurfers.com/surf/legends/ls07\\_blake.shtml](http://files.legendarysurfers.com/surf/legends/ls07_blake.shtml)