

**DESIGN DO ORIGAMI: UM ESTUDO SOBRE TÉCNICAS PROJETUAIS COM  
DOBRAS E DESENVOLVIMENTO DE BOLSA-ORIGAMI SUSTENTÁVEL**

***ORIGAMI DESIGN: A STUDY OF FOLDING DESIGN TECHNIQUES AND  
SUSTAINABLE ORIGAMI-BAG DEVELOPMENT***

**Samanta Aline Teixeira<sup>1</sup>**

**Milton Koji Nakata<sup>2</sup>**

**Resumo**

O presente trabalho foi resultado de uma dissertação de mestrado sobre a investigação do papel científico e projetual que o origami, arte de dobrar papel, está desempenhando globalmente e como o design de dobras pode contribuir para o processo criativo e às inovações tecnológicas. Para tal, foi feita uma análise das diferentes publicações do design do origami com foco nas técnicas implementadas que, entre elas, está o design inspirado no origami e o design de adaptação do origami. Depois foi realizado um estudo experimental com a confecção de uma bolsa-origami sustentável, testando as técnicas de dobras na prática. O objetivo de pesquisa esteve na compreensão da importância do design de origami em diferentes áreas do conhecimento teórico e aplicado e como as dobraduras são ressignificadas para gerar novas formas de construção e modelagem com os materiais e estruturas. Buscou-se com o trabalho uma contribuição geral no sentido de solidificar mais e melhor os conceitos e pesquisas de design do origami no Brasil.

**Palavras-chave:** origami; design; técnicas em dobras; padrão de vincos; design de origami adaptado.

**Abstract**

This work was the result of a master's dissertation on the scientific and design investigation that origami, the art of folding paper, is performing globally and how folding design can contribute to creative process and technological innovations. For this purpose, an analysis was made of different publications on origami design, with a focus on the implemented techniques, including origami-inspired design and origami-adapted design. Then, an experimental study was carried out with a sustainable origami bag manufacture, testing folding techniques in practice, and using raw material from recyclable sources. The research objective was to understand the importance of origami design in different areas of theoretical and applied knowledge and how folding paper are re-signified to generate new forms of construction and modeling with different materials and structures. The work sought a general contribution to solidify more and better the concepts and research on origami design in Brazil, whose area of knowledge is still quite recent.

**Keywords:** origami; design; folding techniques; crease pattern; origami-adapted design.

---

<sup>1</sup> Doutoranda, UNESP – FAAC – Pós-Graduação em Design, Bauru, SP, Brasil. [samanta.teixeira@unesp.br](mailto:samanta.teixeira@unesp.br).  
Orcid.org/0000-0001-5308-5018

<sup>2</sup> Professor Doutor, UNESP – FAAC – Departamento de Design, Bauru, SP, Brasil. [milton@faac.unesp.br](mailto:milton@faac.unesp.br).  
Orcid.org/0000-0001-5254-1958

## 1. Introdução

O origami é uma arte ancestral oriunda do Japão que consiste em transformar o papel plano em diferentes figuras tridimensionais através de dobras, sem cortes ou cola. Essas figuras podem representar elementos da natureza como animais e plantas, ou podem representar figuras abstratas como as formas geométricas (quadrados, prismas, poliedros, etc).

Nos dias atuais, o origami deixou de ser apenas uma arte tradicional do eixo oriental para se tornar um modo vasto de exploração tecnológica e científica em todo o mundo (YAMADA, 2016, p. 51; STEWART, 2007, p. 419). Pesquisadores evidenciam que o origami atualmente se configura como uma velha e nova arte: apesar de possuir mais de 15 séculos de história, 98% de sua inovação tecnológica estão situados nos últimos 2% de sua existência mais recente (LANG, 2003, p. 3). A expansão paradigmática das dobraduras é rápida e de fácil adesão multidisciplinar. Em todo o globo o origami tem sido vastamente aplicado em pesquisas e projetos da engenharia, ciências de materiais, biologia molecular, física, astronomia, computação, genética, medicina, robótica, arquitetura, design de embalagens, design de interiores, moda e design de produtos em geral (LANG, 2009; LANG; IVERSON; YIM, 2011).

Na maioria dos projetos aplicados com origami há um nível maior ou menor de inovação em diferentes aspectos, como a economia de espaço e material, a criação de diferentes funções e melhorias para produtos já existentes, a criação de novos produtos para demandas até então não atendidas, e a cinemática<sup>3</sup> de estruturas que se modificam conforme a necessidade de espaço e/ou situação – estado da arte que Robert J. Lang caracteriza como “pequeno para viagem e grande para o destino”.

Dada a observação inicial de tal cenário contemporâneo que envolve temas complexos de design, inovação e tecnologia atuais, a questão da presente pesquisa é: Como o origami pode ser aplicado ao design para fomentar novas ideias e conceitos? Quais são as contribuições positivas intrínsecas ao design de origami? Para responder essas questões, é realizado um estudo experimental de design de produto baseado em técnicas de origami, mais especificamente na concepção de uma bolsa-origami sustentável. A hipótese de pesquisa se baseia na implicação de que o origami possui uma relevante natureza multidisciplinar prática, constituindo-se como uma ferramenta paradigmática científica e artística de grande potencial a ser explorado e podendo contribuir amplamente para diversas áreas do design. Através do método indutivo (KÖCHE, 2013, p. 55) e nos métodos de design de origami de Francis et al. (2014), Morgan et al. (2016), Tachi (2010) e Zirbel et al. (2013), a verificação da hipótese está na aplicação e análise das técnicas dessas pesquisas, mais especificamente a técnica geral do padrão de vincos e o design de origami adaptado. O objetivo de pesquisa é gerar um produto, a bolsa-origami, para comprovar de maneira prática a eficácia de ação projetual do origami, fomentando novos conhecimentos de inovação e sustentabilidade em design.

## 2. Estado da Arte do Origami

Origami, em japonês 折り紙, significa “papel dobrado” ou “dobras em papel”. Em inglês, origami é conhecido também como *paperfolding*, em espanhol pode ser denominado como *papiroflexia*, e em português é chamado de dobradura (YAMADA, 2016, p. 51). As primeiras metodologias de origami levadas para o ambiente universitário e para práticas artísticas de

---

<sup>3</sup> Cinemática é o ramo da mecânica clássica que estuda o movimento de pontos, objetos e sistemas de objetos desconsiderando a massa e a fonte de movimento. Cf. WANG et al., 2016; ZHOU; ZANG; YOU, 2016.

grande porte como as de Josef Albers na Alemanha a partir dos anos 1930, as de Ronald Dale Resch, nos Estados Unidos a partir dos anos 1950 e de Lygia Clark, no Brasil dos anos 1960, abriram portas para o surgimento de diversos pesquisadores especializados no origami contemporâneo (LANG, 2003, 2009; LANG; IVERSON; YIM, 2011; STEWART, 2007). Estes, por sua vez, desempenham fundamental papel hoje, pois iniciam elaborações de novas teorias e eventos de divulgação, no esforço de organizar e elencar as inovações com origami que acontecem em diversos lugares e em diferentes escalas simultaneamente. Um desses esforços é o OSME - Encontro Internacional de Ciências do Origami, Matemática e Educação (do original em inglês, International Meeting of Origami Science, Mathematics, and Education), iniciativa criada pelo professor Humiaki Huzita, organizador do primeiro encontro de 1989 em Ferrara, Itália (LANG; IVERSON; YIM, op. cit.). Em 2014, a 6ª edição do OSME foi realizada pela última vez em Tóquio, Japão, compondo-se até hoje como o evento de maior importância para o origami científico contemporâneo. No 5º encontro diz Lang, um dos principais organizadores:

Os conceitos de origami e ciência parecem estar tão distantes dentro dos campos humanos de atuação quanto você possa imaginar: o primeiro, uma arte, um fazer manual, associado a uma tradição japonesa de centenas de anos atrás; o último, uma rigorosa e racional forma do conhecimento. Mas, curiosamente, ambos os campos se entrelaçam influentemente um no outro, apresentando conexões de diversas maneiras. E, de fato, eles têm feito isso há décadas. (LANG, 2009, p. ix, tradução nossa).

Para citar alguns exemplos desse entrelaçamento, têm-se hoje pesquisas do origami aplicado nas ciências da computação (MITANI, 2009), na educação (MENGES, 2015; ANDREASS, 2011), na medicina (KURIBAYASHI; YOU, 2003, 2009; YOU, 2011), na robótica (DEMAINE et al., 2010), na astronomia (HYDE et al., 2002), na biologia molecular (ROTHERMUND, 2006; KOMIYAMA et al., 2011), entre outros. Tendo em vista de que o origami é uma linguagem diversificada e dinâmica e que sua complexidade histórica refletiu em sua estética naturalmente mestiça através das diferentes apropriações no ocidente e oriente (HATORI, 2011), as dobraduras hoje detêm diversos tipos de segmentos elencados e analisados a seguir.

O origami tradicional é conhecido por ser confeccionado somente com dobras em uma única folha de papel. Porém, existem outros tipos de origami que envolvem métodos e técnicas menos ortodoxas para manipular o papel, além da atual ação tecnológica do origami que já possui também as suas divisões e particularidades. Vários autores foram reunidos para a construção de duas tabelas que dividem os diferentes segmentos do origami em duas grandes áreas: uma artística (Tabela 1) e outra em design (Tabela 2):

**Tabela 1: Divisões do Origami Artístico.**

<i>Segmento do Origami</i>	<i>Forma Associada</i>	<i>Quantidade de folhas de papel</i>	<i>Técnica</i>	<i>Designers e Artistas do Segmento</i>
Origami Tradicional (折り紙)	Figuras Representativas e/ou Geométricas	1 folha	Dobras	Lang, 2010; Kamiya, 2012; Yoshizawa, 1984; Montroll, 2002
Kusudama (くす玉) / Modular	Figuras Modulares	Mais de 1 folha	Dobras, Cortes, Colagem, Costura	Yamaguchi, 2000; Fuse 2007

<b>Segmento do Origami</b>	<b>Forma Associada</b>	<b>Quantidade de folhas de papel</b>	<b>Técnica</b>	<b>Designers e Artistas do Segmento</b>
Tesselação	Padrões Geométricos	1 folha	Dobras	Gjerde, 2008; Resch, 2017
Kirigami (切り紙) / Pop-Up / Arquitetônico / Papercraft	Figuras Representativas e/ou Geométricas	1 folha ou mais	Dobras, Cortes, Colagem	Razani, 1993; Temko, 2004; Mitani, Suzuki, 2004
Ganchologia / Tiras	Figuras Modulares	Mais de 1 folha	Dobras e Cortes	Strobl, 2010

Fonte: Elaborado por Samanta A. Teixeira.

Embora tenham surgido da prática artística, todos os segmentos da tabela 1 conseguem ser reconfigurados de uma maneira ou outra para o design como um todo, quer dizer, diversos projetos de inovação surgiram graças à prática manual do origami. Como exemplo dessa reconfiguração, o ganchologia (tradução livre do termo original *snapology*) possibilitou uma contribuição recente para a pesquisa em metamateriais com Overvelde et. al. (2017). Segundo eles, as concepções em protótipos funcionais conferem uma ampla variedade de deformações e rearranjos internos às estruturas, fazendo com que os princípios básicos tornem amplas as escalas de atuação. O design desses metamateriais pode ser aplicado tanto a projetos arquitetônicos quanto a sistemas fotônicos<sup>4</sup> ajustáveis. Por isso, a tabela 2 foi construída visando técnicas do origami projetadas com o objetivo específico de pesquisas científicas e em design atualmente. Para a elaboração da mesma, foram considerados os estudos Francis et al. (2014, p. 2).

Tabela 2: Divisões do Design de Origami.

<b>Segmento do Origami</b>	<b>Forma Associada</b>	<b>Ponto de Referência</b>	<b>Áreas de atuação</b>	<b>Designers e Cientistas do Segmento</b>
Inspiração	Abstrata, subjetiva	Raciocínio das Dobras	Biologia Molecular, Medicina, Genética, Nanotecnologia, Bioquímica	Rothmund, 2006; Komiyama et al., 2011
Adaptação	Concreta, objetiva	Mecanismos de Dobras	Engenharias, Robótica, Design de Produtos, Artes, Arquitetura, Design de Moda	Hyde et al., 2002; Morgan et al., 2016; Tachi, 2011; Zirbel et al., 2013

Fonte: Elaborado por Samanta A. Teixeira.

O segmento de inspiração do origami está mais conectado ao raciocínio das dobras, ou seja, como o origami funciona enquanto paradigma e não como objeto físico. Essa área possui pesquisas mais voltadas às ciências biológicas e da saúde. Embora possa haver um estranhamento quando Francis et al. (op. cit.) utiliza o termo “design” para as ciências biológicas e exatas, áreas que podem estar distantes das artes e ciências sociais aplicadas, há de se considerar o que Bonsiepe apontou ao analisar o design como uma prática abrangente:

<sup>4</sup> A fotônica é a ciência da geração, emissão, transmissão, modulação, processamento, amplificação e detecção da luz, podendo ser aplicada em vários campos como as telecomunicações, medicina, robótica, etc.

“Não se pode mais restringir o conceito de projeto às disciplinas projetuais como ocorre na arquitetura, no design industrial e no design de comunicação visual, pois nas disciplinas científicas também há projeto” (BONSIEPE, 2011, p. 19). A multidisciplinaridade intrínseca ao projeto é precisamente a principal característica que permeia as pesquisas com origami atualmente.

O outro segmento, a adaptação, está mais conectado ao mecanismo das dobras, ou seja, como o origami funciona como objeto ou estrutura. Essa área apresenta pesquisas mais práticas e de enfoque no funcionalismo e criatividade dentro das ciências sociais aplicadas e engenharias. Entretanto, existem domínios que transitam por ambos os segmentos de inspiração e adaptação, ou seja, são domínios que se preocupam tanto com o raciocínio quanto com o mecanismo das dobras, dependendo do estudo elaborado: é o caso da matemática, ciências da computação e ciências de materiais. Segundo Francis et al. (2014), o design do origami que parte da inspiração não compõe uma conexão direta com as dobraduras, embora possua seus princípios de ação aplicados em estruturas orgânicas como o DNA e as cadeias proteicas (Cf. ROTHMUND, 2006; KOMIYAMA et al., 2011). Para entender melhor a área do design inspirado no origami, cita-se o trabalho de Paul Rothmund, um dos primeiros a explorar e inserir as dobraduras à biologia molecular. O pesquisador aplicou o raciocínio do origami em uma cadeia de DNA da proteína Scaffold. Ele acredita que a manipulação de formas do DNA evita problemas de estequiometria e purificação, estes não sendo evitados com eficácia pelo DNA comum, cuja estrutura é simples e plana. Entende-se através do trabalho de Rothmund que o design inspirado no origami não se assemelha visualmente a uma dobradura, mas assume seus princípios de dobras, o que ocasiona em inovações estruturais possíveis de serem aplicadas em diferentes escalas e meios, como a organicidade microscópica das proteínas. O pioneirismo de aplicabilidade de Rothmund abriu portas para diversos outros pesquisadores darem continuidade no que seria hoje o ramo mais expansivo de estudos científicos com as dobraduras: o DNA Origami (IWAKI et al., 2016; RAAB et al., 2017; YANG et al., 2016).

Já o segmento do design de adaptação do origami possui o padrão de vincos como princípio geral, sendo este a “raiz” da “árvore” de técnicas e tendo como “folhas” outras técnicas específicas que se modificam conforme a necessidade, material e função do produto desejado. O padrão de vincos é o princípio de estruturação do origami, ou seja, trata-se do conjunto de linhas desenhadas ao longo do papel planejado que representam as dobras-vale e dobras-montanhas (DUREISSEIX, 2012, p. 2), ou seja, o padrão de vincos diz respeito ao mapeamento do papel, um esquema estratégico de diagramação para montagem de determinados modelos de origami. Algumas das “folhas” da “árvore” técnicas das dobraduras são duas subáreas do design de origami adaptado: as dobras reais e as dobras substitutas. Segundo Francis et al. (2014), as dobras reais dizem respeito às dobras originais do origami no papel, ao passo que as dobras substitutas são dobras adaptadas e aplicadas em materiais rígidos e/ou mais grossos que o papel. Morgan et al. (2016) reuniram diferentes técnicas de transposição das dobras reais para dobras substitutas desenvolvidas por diversos pesquisadores do origami contemporâneo.

Cada técnica envolve uma estratégia diferente de adaptação da dobra real para a dobra substituta - a modificação entre uma solução para outra está focada em como podem ser configurados os planos de superfície e, especialmente, como as dobradiças serão construídas. O objetivo maior dessas técnicas, conforme explicam Morgan et al. (op. cit.), está em fomentar metodologias que preservem os movimentos do origami original sem deformar os planos, mantendo assim a sua integridade física e geométrica. O estudo de Morgan et al. reúne as seguintes técnicas: a técnica de deslocamento dos eixos rotacionais do centro da

espessura do material para suas bordas superiores ou inferiores, desenvolvida por Tachi (2011); a técnica das dobras em membrana, que é a colocação de planos espessos sob uma membrana flexível, desenvolvida por Zirbel et al. (2013); a técnica de painéis afunilados, que é o desbaste das faces espessas para preservar a cinemática do modelo, desenvolvida por Tachi (op. cit.); a técnica de deslocamento dos vincos das dobras, semelhante à técnica das dobras em membrana, mas que precisa de um material rígido nas lacunas entre os painéis, desenvolvida por Abel et al. (2015); e, por fim, a técnica OPT de deslocamento de painéis, que é o deslocamento de cada painel a partir de um plano de encaixe que estende os eixos rotacionais de volta para o plano de união desses painéis, desenvolvida por Edmondson et al. (2014).

Todas as técnicas descritas se referem a métodos de aplicação do origami em materiais que são rígidos e/ou possuem densidade maior do que o papel. Devido a essas características, tanto o padrão de vincos quanto o modo de construção requerem que o design seja um pouco diferente do origami original. A partir dessa elucidação teórica, cabe agora desenvolver um estudo experimental de aplicação de uma dessas técnicas, em ordem de entender como se dá o seu funcionamento e eficácia dentro de um design de produto específico.

### **3. Material e Métodos**

O material considerado diz respeito ao estudo experimental no desenvolvimento de uma bolsa com design de origami adaptado e provinda de fontes sustentáveis. Para os esboços iniciais e construções geométricas manuais são utilizados papel sulfite, papel colorset, lapiseira, régua de alumínio e borracha; para construções digitais são utilizados os softwares Adobe Illustrator®, Adobe Photoshop®, e impressões digitais. O desenvolvimento do protótipo foca-se na sustentabilidade, portanto, os materiais são necessariamente de caráter reutilizável: tecido de roupas usadas, linha e agulha para costura, embalagens de comida e bebida, capas de revistas velhas, papelão de caixas usadas, tesoura, cola acetato de polivinila, estilete e régua de alumínio. O método geral da pesquisa baseia-se nos princípios do raciocínio científico indutivo-confirmável, influenciado pelo empirismo de Francis Bacon e pela indução confirmabilista de Isaac Newton (KÖCHE, 2013, p. 55).

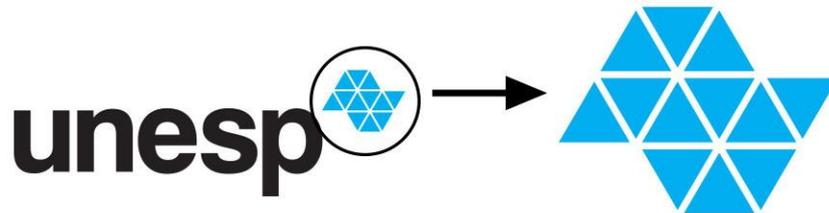
O método científico indutivo-confirmável fundamenta-se na observação e análise dos elementos constituintes do fenômeno (etapa bibliográfica teórica) para construir testes experimentais reflexivos (etapa experimental prática), sendo todo o processo norteado pelo raciocínio da indução das hipóteses e a generalização dos resultados em lei. Além do método geral descrito por Köche, são também considerados os métodos específicos para a concepção sistemática de protótipos aplicados com origami, relatados na bibliografia de Francis et al. (2014) e Morgan et al. (2016), cujos estudos exploram o elenco de diversos projetos com o origami adaptado e traduzidos metodologicamente.

### **4. Resultados e Discussão**

Viu-se no estudo teórico que a técnica de modelagem do padrão de vincos pode ser útil para se alcançar formas complexas através da planificação simples. Para testar essa premissa, foi desenvolvido o estudo prático de padrão de vincos em busca de uma forma complexa: o logotipo da Universidade Estadual Paulista. O objetivo desta etapa inicial do experimento é testar de forma aplicada o alcance de modelagem de uma forma complexa, como a do logotipo considerado, através do mapeamento de dobras. Sendo confirmada a premissa desse

primeiro estudo, que possui caráter mais abrangente, será desenvolvido o segundo estudo experimental, este partindo de uma aplicação mais concreta e específica: um design de produto (Figura 1).

Figura 1: O Logotipo da UNESP.

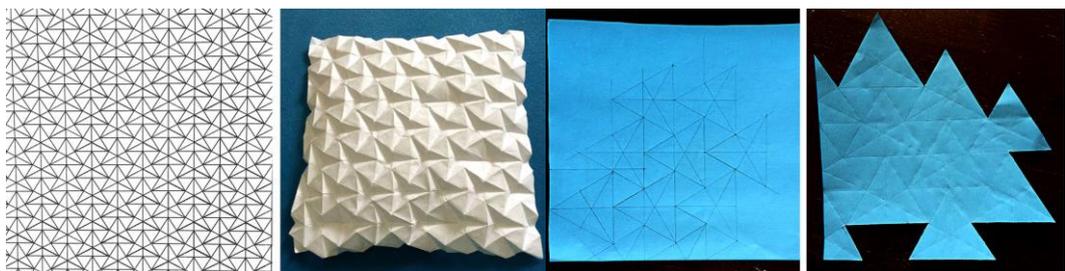


Fonte: Elaborado por Samanta A. Teixeira – logotipo disponível em:  
<<http://www.rc.unesp.br/igce/saepeig/STAEPE/logos.php>>. Acesso em 22 jan. 2017.

No logotipo, retirou-se a tipografia da UNESP para se focar apenas na reprodução do símbolo, que representa o estado de São Paulo. Com a forma definida, o próximo passo é a criação do padrão de vincos. O trabalho do professor Tomohiro Tachi (2010) auxiliou na escolha do padrão de dobras, pois seus estudos de estruturas dobráveis são vastos e detalhados. No artigo “Considerações Geométricas para Design de Estruturas Rígidas de Origami” (op. cit., tradução nossa) constam alguns padrões de dobras elencados e estudados por Tachi, entre eles tem-se o Miura Ori, design de Koryo Miura, e um padrão de dobras criado por Ron Resch. Depois de dobrado, é possível perceber que as dobras de Ron Resch possuem exatamente o mesmo padrão de triângulos do símbolo da UNESP, ficando este, então, o padrão de vincos escolhido para o estudo experimental.

Como se pode observar na Figura 2, a formação dos triângulos equiláteros principais se dá através das dobras internas dos triângulos maiores, que ficam escondidos na forma final. Com o desenho do padrão de vincos feito, foi definido o local exato onde cada dobra-vale e dobra-montanha deveria ser posicionada e marcada. O teste inicial aplicado em um papel de formato quadrado gerou consequentemente uma forma final quadrada também. Por isso, notou-se a necessidade de definição não apenas do formato das dobras, mas também o formato planejado para que, quando dobrado, o papel assumisse a forma do símbolo sem adição de dobras extras.

Figura 2: O Padrão de Vincos de Ron Resch (à esq.) e o recorte em papel colorido (à dir.).

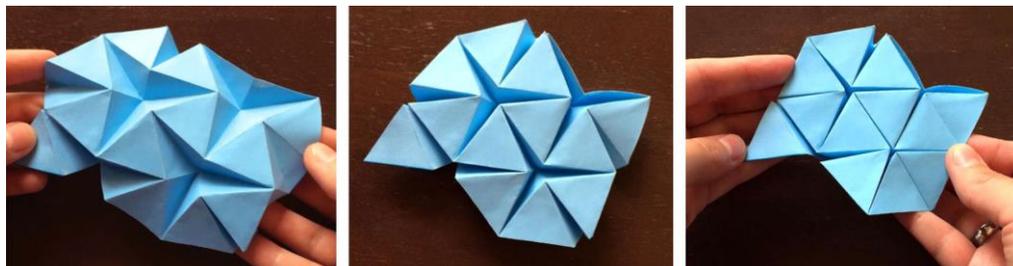


Fonte: Elaborado por Samanta A. Teixeira.

A planificação com formato específico possui 8 triângulos internos maiores completos

e 3 metades de triângulos internos em papel colorido. Depois de dobrado, o origami apresentou 12 triângulos externos menores, tendo resultado visual mostrado na Figura 3.

**Figura 3: O origami UNESP.**



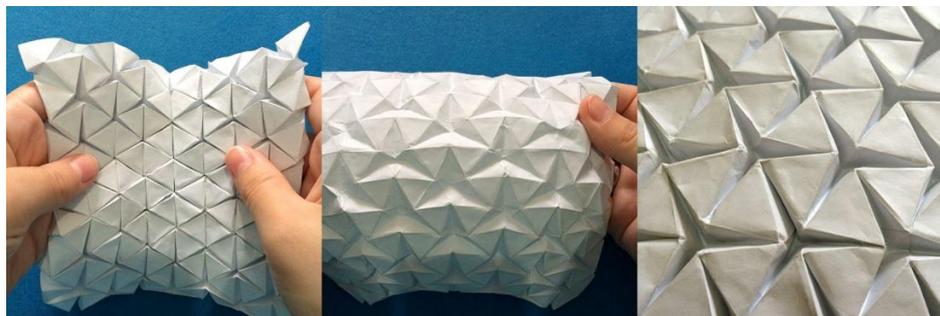
Fonte: Elaborado por Samanta A. Teixeira.

O origami UNESP comprovou de modo prático a possibilidade de se projetar formas específicas através do padrão de vincos. Esse primeiro estudo experimental demonstrou que a forma planificada inicial possui tanta importância de planejamento e testes quanto o formato das dobras e o padrão de vincos como um todo. O primeiro estudo experimental confirmou ser possível o controle e planejamento pleno de uma forma complexa somente com dobras e a construção controlada do formato inicial planificado. O segundo estudo experimental realizado diz respeito ao teste de uma das técnicas de design de adaptação do origami para a concepção de um produto.

Essa etapa caracteriza-se pela tentativa de entender experimentalmente como se dá a adaptação do origami em outros tipos de materiais que não o papel, e elucidar as principais possibilidades e restrições do protótipo a ser construído, método que Löbach acredita ser uma das principais ferramentas do designer: “o design é uma ideia, um projeto ou um plano para a solução de um problema determinado. [...] a confecção de croqui, projetos, amostras, modelos constitui o meio de tornar visualmente perceptível a solução de um problema” (LÖBACH, 2001, p. 16). O produto considerado para esse estudo é uma bolsa, um acessório de moda de função clara, direta e do cotidiano comum. Além dos aspectos técnicos do origami contemporâneo, a sustentabilidade foi um fator de decisão importante dentro desse projeto. A concepção da bolsa-origami é dividida pelas seguintes fases: 1- o padrão de vincos; 2- a matéria-prima; 3- o design de adaptação do origami. Foram desenvolvidos um protótipo e um produto final durante o processo.

Na Fase 1- Padrão de Vincos, a aplicação do padrão de vincos de um origami para o projeto da bolsa surgiu com duas intenções: adotar a linguagem do origami em busca da revalorização de materiais que seriam descartados; criar uma estrutura dinâmica para modelar o conteúdo interno da bolsa de maneira diferenciada, formando uma espécie de “desenhos visuais” que se modificam conforme as formas dos objetos guardados na bolsa. Vários padrões de vincos foram testados, muitos conhecidos e utilizados em outros projetos como o Miura-Ori, de Koryo Miura, e o escama de peixe do origami Magic-Ball, de Yuri e Katrin Shumakov. Porém, esses padrões de vincos possuíam expansão e compactação muito grandes, o que poderia comprometer a integridade estrutural da bolsa ou mesmo dificultar seu uso no dia-a-dia. Foi escolhido o mesmo padrão de vincos de Ron Resch utilizado para o logotipo da UNESP devido à sua forma maleável, porém, estável.

**Figura 4: Padrão de Vincos de Ron Resch para a Bolsa-Origami.**



Fonte: Elaborado por Samanta A. Teixeira.

Ao manipular o padrão de vincos de Ron Resch com as mãos, o modelo demonstrou que suas dobras se compactam e se expandem com facilidade, possibilitando uma mudança constante de forma no origami como um todo, quer dizer, o padrão possui um dinamismo cinemático que era desejado para a bolsa. Apesar da importância cada vez mais ascendente da sustentabilidade, poucos estudos acadêmicos se focam no reaproveitamento de roupas manufaturadas: algumas tecnologias patenteadas buscam o reaproveitamento de água na lavagem de roupas (DE SOUZA, 2000), na secagem de roupas (SUN; WANG; LI; 2013) e a remodelagem industrial de roupas usadas para confecção de novas fibras sintéticas (NAKAJIMA, 1991). Por isso, o segundo estudo experimental busca atender também essa área pouco explorada da sustentabilidade, no sentido de reapropriar e ressignificar roupas antigas e/ou usadas. Na Fase 2, as matérias-primas inicialmente escolhidas foram uma blusa usada, e papelões de embalagens de comida, caixas e capas de revistas velhas (Figura 5).

**Figura 5: Matéria-Prima do Protótipo.**

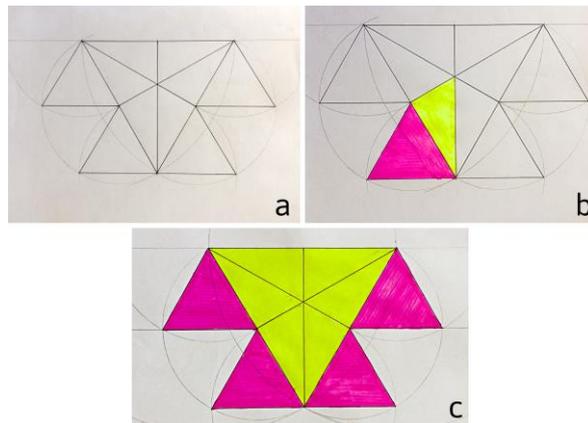


Fonte: Elaborado por Samanta A. Teixeira.

Na Fase 3, depois de esclarecidas as muitas técnicas possíveis dentro do design do origami adaptado, escolheu-se a técnica das dobras em membrana, elaborada por Zirbel et al. (2013), para o desenvolvimento do protótipo de bolsa-origami. Considera-se esta fase a mais importante de todo o processo, pois é nela que se verifica a aplicação da técnica de modo experimental e que se esclarece o nível de alcance metodológico do design de adaptação do origami. Os tecidos comuns são, por natureza, flexíveis, maleáveis. O desafio do projeto está na definição de um formato tão geométrico e preciso quanto o padrão de vincos de um origami em cima de um material tão “mole” e orgânico quanto o tecido. Pesquisas como a de Francis et al. (2014) mostram que esse tipo de modelagem é possível quando se aplica algum tipo de estrutura rígida no produto. Para que o padrão de vincos fique aparente na bolsa e não haja deformações nos painéis geométricos, adotou-se o papelão reaproveitado de caixas,

embalagens e capas de revistas para formar a estrutura rígida necessária e, com ela, desenhar esse formato específico. A seguir, na Figura 6 seguem as etapas de adaptação do padrão de dobras.

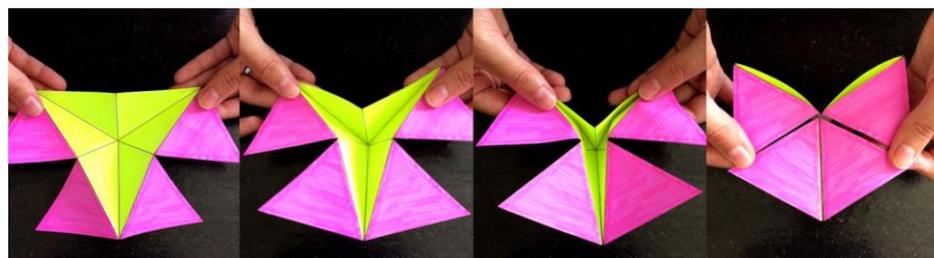
**Figura 6: Construção geométrica do Padrão de Vincos de Ron Resch em papel.**



Fonte: Elaborado por Samanta A. Teixeira.

O padrão de vincos de Ron Resch possui como faces aparentes triângulos equiláteros. Sua construção geométrica, Figura 6 (a), pode ser feita através da inscrição de círculos. Em 6 (b), as faces coloridas mostram os padrões que se repetem, ou seja, são os painéis que precisam ser projetados nas caixas de papelão para serem aplicados na blusa mais tarde. Quando o padrão estiver totalmente dobrado, em 6 (c), os triângulos de cor rosa são os que ficarão aparentes visualmente, ao passo que o triângulo maior de cor amarela ficará oculto. A Figura 7 demonstra a cinemática descrita.

**Figura 7: Cinemática do Padrão de Vincos de Ron Resch.**



Fonte: Elaborado por Samanta A. Teixeira.

Após a construção geométrica inicial do padrão em papel, o próximo passo foi a adaptação das dobras em material rígido. Na Figura 8, estão o recorte dos padrões geométricos no papelão e a aplicação e colagem dos padrões recortados com acetato de polivinila no lado avesso da blusa. Para o acabamento, as costuras das alças da blusa foram retiradas e a barra para o fundo da bolsa foi costurada. O protótipo do design de bolsa-origami pode ser visto na Figura 9.

**Figura 8: Recorte dos padrões geométricos em papelão e colagem no tecido e a blusa com os recortes geométricos finalizados.**



Fonte: Elaborado por Samanta A. Teixeira.

**Figura 9: Protótipo da Bolsa-Origami.**



Fonte: Elaborado por Samanta A. Teixeira.

A escolha dos materiais levantou um questionamento pensado após a execução do protótipo: surgindo a necessidade de se lavar a bolsa, os papelões internos podem comprometer a integridade estrutural do produto. Nesse questionamento, outro material foi pensado para substituição do papelão: o tetra pak. Por conta dessa última desvantagem, produto com acabamento foi construído com o objetivo de melhorar as premissas de projeto da bolsa-origami. O foco de desenvolvimento do produto final esteve na modificação da matéria-prima dos painéis geométricos, pois estes descrevem visualmente o padrão de dobras de Ron Resch e não podem sofrer deformações devido a possíveis lavagens ou outros fatores de risco durante o uso diário da bolsa. Para substituição dos papelões de embalagem de comida, revistas velhas e caixas usadas, o tetra pak se mostrou como uma interessante alternativa de material, pois possui rigidez estrutural necessária e é impermeável à água, além de ser amplamente utilizado em embalagens de perecíveis como leites/sucos e ser de difícil reciclagem<sup>5</sup>. Segundo Martinez-Lopez et al. (2016), o tetra pak é um material composto, ou seja, é a combinação macroscópica de dois ou mais materiais diferentes, que se divide em seis camadas: quatro de polietileno, uma de celulose e uma de alumínio, cada uma possuindo uma função diferente como barreira protetora de oxigênio, estabilidade e proteção contra umidade externa. O tetra pak possui hoje algumas pesquisas aplicadas muito importantes para a área sustentável: Martinez-Lopez et al. (op. cit.), por exemplo, reaproveitaram os resíduos de tetra pak para reforçar o concreto de polímeros que revestem containers de bebidas.

De acordo com eles, o concreto de polímero é muito utilizado em rodovias, pontes e

<sup>5</sup> O tetra pak é considerado um material nobre e não pode ser descartado na natureza. Cf. SILVA et al. (2015).

tubulações de água e a adição de partículas ou fibras de materiais reciclados como o tetra pak faz com que ele se torne mais reforçado e durável (idem). Outro exemplo é o uso desse material composto no enchimento de lajes desenvolvido por Vargas et al. (2014), substituindo os blocos cerâmicos convencionais e reduzindo o peso da estrutura em 10%. Contribuindo para área agrícola brasileira, Silva et al. (2015) desenvolvem o processo de reutilização do tetra pak em telhas recicladas de instalações rurais. Os pesquisadores afirmam que a aplicação do chamado “longa vida” melhora o conforto térmico do local, reduzindo os índices de temperatura, umidade e carga térmica de radiação. A gama de benefícios que o tetra pak possibilitou nos estudos descritos é considerável e relevante, o desenvolvimento da bolsa-origami tem como objetivo ser mais um exemplo de reciclagem, porém dentro da área de design de produto. Para a concepção final da bolsa, foram reunidas seis caixas de leite comum e duas blusas usadas, uma para compor a matéria-prima principal da bolsa e outra para ser o tecido do forro (que não foi considerado na concepção do protótipo) (Figura 10).

**Figura 10: Matéria-prima do Produto final.**



Fonte: Elaborado por Samanta A. Teixeira.

As caixas de leite possuem, por padrão, as dimensões de 31,5 x 23,5 cm. Ao serem recortados os padrões do padrão de vincos de Ron Resch, aproximadamente 25,5 x 15,42 cm. de área do material pôde ser reutilizado para a bolsa, ou seja, 53,11% de reaproveitamento.

**Figura 11: Áreas de descarte e de aproveitamento de 1 caixa de tetrapak.**



Fonte: Elaborado por Samanta A. Teixeira.

Seis caixas de leite não tiveram o tamanho suficiente para completar a área da bolsa, então o restante foi retirado de quatro caixas pequenas de suco com 200 ml. de volume cada. Após os painéis serem recortados e fixados no lado avesso, a blusa apresentou o seguinte aspecto mostrado na Figura 12.

**Figura 12: Painéis de tetra pak fixados no lado de dentro da blusa.**



Fonte: Elaborado por Samanta A. Teixeira.

Por cima dos padrões em tetra pak, a segunda blusa foi colada para dar o acabamento em forro. Para manter o formato do padrão de vincos, grampos foram aplicados nas dobras por dois dias. Dessa maneira, os grampos asseguram que o desenho geométrico da bolsa fique “inscrito” no tecido mesmo depois que as dobras forem soltas.

**Figura 13: Adição do forro e grampos para acomodar as dobras no tecido.**



Fonte: Elaborado por Samanta A. Teixeira.

Após costurar o fundo da blusa e virá-la do lado certo, a bolsa-origami apresentou o resultado apresentado na Figura 14.

Figura 14: A Bolsa-Origami.



Fonte: Elaborado por Samanta A. Teixeira.

O protótipo e o produto final da bolsa-origami desenvolvidos nessa etapa experimental foram manufaturados com o intuito de entender os diversos estudos científicos de design das dobraduras através da prática projetual. Investigando os diferentes projetos divulgados, percebe-se que o origami enquanto paradigma transita sem esforço entre o campo acadêmico e o campo profissional do design. Durante a realização do estudo prático experimental, foram consideradas duas importantes referências no ramo do mercado de produtos: a linha de bolsas e mochilas Pop-Up Pattern, da designer Maori Kimura, e a linha de bolsas e carteiras Bao Bao, do designer Issey Miyake. Os produtos de Miyake e Kimura possuem diferentes apropriações das dobraduras bem como exploração diferenciada de materiais, ambos compondo-se como exemplos de aplicações em design relevantes no mercado de consumo.

Considerando a bolsa-origami do presente estudo, o foco de projeto foi pautado em cima de três pilares: técnica, sustentabilidade e desenho. A exploração técnica foi baseada nas dobras em membrana, elaborada por Zirbel et al. (2013) e evidenciada por Francis et al. (2014) e Morgan et al. (2016). A realização bolsa é uma comprovação prática desta técnica de design de adaptação do origami, uma das primeiras evidências de que a hipótese de pesquisa possui validade. Aliado ao design de origami está a orientação pela sustentabilidade desse projeto, a decisão pelo reaproveitamento de materiais usados foi baseada tanto nos estudos de sustentabilidade criativa de Kazazian (2005) quanto na importância do design social indiciado por Löbach (2001).

No Brasil, as embalagens representam cerca de um terço dos resíduos sólidos urbanos (NEVES; CASTRO, 2012 apud SILVA et al., 2015). Sendo o tetra pak uma parte considerável destas embalagens residuais, a bolsa-origami compõe-se como uma alternativa factível de reciclagem, dado que seus materiais compositivos foram reutilizados possibilitando a reinserção deles no mercado de produtos. Uma restrição do projeto foi o rendimento do material. Como visto na fase 2 de matéria-prima, não se obteve aproveitamento completo das caixas de leite, sendo reaproveitados 50% de material de cada uma. Um dos motivos desse

problema foi a escala adotada para o padrão de vincos: para dinamizar o trabalho de recorte e cola, os padrões das dobras foram desenhados para terem um tamanho facilitado de manipulação, cada triângulo equilátero aparente possuindo uma área de 7,5 x 6 cm. Possivelmente se a escala for diminuída e o processo de recorte for automatizado através de máquinas de corte a laser, o aproveitamento das caixas de tetra pak tem o potencial de aumentar de maneira proporcional e o processo pode ser mais rápido e prático.

O foco do projeto no desenho diz respeito à inovação criativa, ou seja, a busca por um formato diferenciado de dobras com a adoção do padrão de vincos de Ron Resch que confere ao produto não apenas um resultado visual diferenciado como também revaloriza a matéria-prima reaproveitada. A transposição do padrão de vincos de Ron Resch em um design de produto como uma bolsa não foi até então observada em outros projetos. O design da bolsa-origami possui estrutura externa simples, quer dizer, a blusa como matéria-prima sem uso de costura complexa. Dessa maneira, acredita-se que blusas, camisetas e vestidos usados que não possuem muita interferência de corte podem ser reapropriados por este tipo de metodologia projetual. O conteúdo interno da bolsa tanto participa da formação externa das dobras quanto é preservado devido à modelagem dinâmica e adaptativa do padrão de vincos.

Outro ponto de restrição do projeto está na viabilização industrial deste produto, uma vez que a estrutura interna elaborada para o padrão de vincos é complexa e específica. Contudo, Balkcom e Mason (2008) iniciaram o caminho da automatização do origami com a criação de um robô que dobra estruturas maleáveis. Observando e mapeando os movimentos que as mãos desempenham durante a concepção de uma dobradura, os pesquisadores desenvolveram uma parametrização de configuração de espaço para padrões de múltiplos vértices. Isso fez com que fosse possível transpor a cinemática necessária de dobragem manual para um braço robótico, este conseguindo desenvolver desde origamis simples até sacolas de compras.

Uma última restrição encontrada no projeto está na colagem das formas geométricas no tecido. Embora tenha sido utilizada a cola acetato de polivinila por questões financeiras, sua durabilidade é mínima e é lavável à água. Nesse caso a cola Triunflex pode ser uma opção de cola mais eficaz e duradoura, pois é de fácil aplicação e é resistente ao calor e à umidade (COSTA et al., 2017). Esses foram os pontos de consideração e análise do estudo prático experimental. Considerando a evolução da presente investigação até esse momento, cabe um retorno à questão de pesquisa: Como o origami pode ser aplicado ao design para fomentar novas ideias e conceitos e quais são as contribuições positivas intrínsecas ao design de origami? Não coincidentemente as dobraduras, assim como outros tipos de linguagem ancestrais do oriente, surgiram e foram apropriadas pelos japoneses de maneira única e inédita, sendo a eles comum dialogar aspectos naturais com tecnologia: “Buscar inspiração na natureza é uma tarefa difícil nos tempos de hoje, mas os japoneses parecem lidar com a eletrônica com a mesma facilidade com que seus antepassados ouviam o vento” (AZEVEDO, 1994, p. 75). Como Cardoso pontua, a prática projetual do Japão é uma fonte de referência que pode sempre trazer à tona novos conceitos e práticas interessantes a nós, povos ocidentais:

A ascensão do Japão como uma das maiores potências econômicas do mundo figura como um dos fenômenos de maior impacto global do último meio século, trazendo no seu bojo a afirmação de uma fortíssima cultura de design que atingiu projeção internacional a partir da década de 1960 [...]. (CARDOSO, 2008, p. 162).

Se nos anos 1960, o design japonês como um todo começou a influenciar a esfera

internacional, hoje com a internet, os computadores e celulares, ele é uma realidade ainda maior e intrínseca a muitos países. O origami tem a sua importância estética para o design como um todo, pois se trata de um signo que nasceu das artes manuais e, portanto, possui potencial de informação clara, direta e, portanto, imprescindível ao designer, como evidencia Löbach:

Os objetos artísticos podem ser vistos como uma classe especial de portadores de informação. Sua característica reside no fato de transmitirem uma informação que é percebida instantaneamente em sua totalidade. [...] Devido à percepção global da informação no objeto artístico, este se torna especialmente adequado para transmitir relações complexas de uma forma concentrada. (LÖBACH, op. cit., p. 35).

Tais relações complexas que o origami concentra, algumas estudadas na presente pesquisa, compõem fundamental característica ao designer que queira projetar em cima desta linguagem, pois:

Se um produto industrial for demasiado pobre em informação, ele perde sua capacidade de manter a atenção durante muito tempo, durante o processo de percepção estética. O usuário não tem então a oportunidade de 'desvendá-lo' psicologicamente. (LÖBACH, op. cit., p. 174).

Em entrevista ao professor e pesquisador de design de origami Jun Mitani, ele afirma que um dos grandes problemas da industrialização de produtos pensados com origami é o alto custo que estes processos demandam, por isso há uma grande necessidade de mais investigações para melhorar e abranger os processos produtivos, de forma que se tornem mais baratos e acessíveis em larga escala.

## 5. Considerações Finais

A presente pesquisa buscou entender a importância que o origami, arte de dobrar papel, possui dentro da área do design. Para tal, elencou-se uma série de pesquisas e projetos para que se compreendesse melhor como o origami atua hoje em âmbitos acadêmicos e de mercado, mas principalmente, elucidar quais são as técnicas criadas e desenvolvidas dentro do design de origami nos últimos anos. Diante da hipótese de pesquisa de que o origami possui uma relevante natureza multidisciplinar prática, constituindo-se como uma ferramenta paradigmática científica e artística de grande potencial a contribuir amplamente para diversas áreas do design, foi realizado um estudo prático e experimental de maneira a buscar comprovação da hipótese e do elenco de informações teóricas na forma de um produto.

A realização da Bolsa-Origami demonstrou ser possível a construção sustentável de um artefato através das técnicas de design de adaptação do origami. A importância das técnicas do origami para o design torna-se clara ao elencar e analisar a diversidade de pesquisas e projetos realizados em muitos países, pois são evidenciadas as diferentes realidades, apropriações e possibilidades que a dobradura contemporânea consegue alcançar hoje. O passar de tantos séculos não tornou o origami esquecido ou uma mera prática nostálgica superada, pelo contrário. Os novos adventos tecnológicos e a revolução digital trouxeram à tona todo o potencial que as dobras em papel podem proporcionar à sociedade, sendo que muitas contribuições estão sendo desenvolvidas todos os dias globalmente. O campo do design do origami está em constante evolução, por isso ainda há muito que se pesquisar em cima das possibilidades, melhorias e inovações de projetos, especialmente em termos de custo/benefício e sustentabilidade. Espera-se que essa pesquisa possa auxiliar futuros estudos

com o design do origami, especialmente em território nacional, onde há muito a ser explorado.

## Referências

- ABEL, Z. et al. Rigid Origami Vertices: Conditions and Forcing Sets. **Cambridge University Press, Cambridge**, v. 7, n. 1, p. 171-184, 2015. Disponível em: <<http://arxiv.org/abs/1507.01644v1>>. Acesso em 11 Abr. 2016.
- ANDREASS, B. Origami art as a means of facilitating learning. **Procedia - Social and Behavioral Sciences**, Sinaia, v. 11, p. 32-36, 2011. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877042811000309>>. Acesso em 11 abr. 2016.
- AZEVEDO, W. **Os signos do design**. São Paulo: Global, Col. Contato Imediato, 1994.
- BALCOM, D. J.; MASON, M. T. Robotic origami folding. **International Journal of Robotics Research**, Londres, v. 27, n. 5, p. 613-627, mai. 2008. DOI 10.1177/0278364908090235
- BONSIEPE, G. **Design, Cultura e Sociedade**. São Paulo: Blucher, 2011.
- CARDOSO, R. **Uma introdução à história do design**. 3. ed. rev. e aum. São Paulo: Blucher, 2008.
- COSTA, C. et al. Industrial and natural waste transformed into raw material. **Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part L: Journal of Materials: Design and Applications, Porto**, v. 1, p 1-10, jan. 2017. DOI 10.1177/1464420716677087.
- DEMAINE, E. D. et al. Programmable matter by folding. **Proceedings of The National Academy of Sciences of the United States of America**, Estados Unidos, v. 107, n. 28, p. 12441-12445, jul. 2010.
- DE SOUZA, F. F. **Clothes washing machine water reutilisation technique doubles efficiency, through recycling of the rinsing water to carry out the next wash**. BR9901898-A, 14 jun. 1999, 7 nov. 2000.
- DUREISSEIX, D. An Overview of Mechanisms and Patterns with Origami. **International Journal of Space Structures**, Estados Unidos, v. 27, n. 1, p. 1-14, mar. 2012. DOI 10.1260/0266-3511.27.1.1.
- EDMONDSON, B. J. et al. An Offset Panel Technique for Thick Rigidly Foldable Origami. In: Proceedings of ASME 2014 International Design Engineering Technical Conferences & Computers and Information in Engineering Conference. **Conferência...** Buffalo: The American Society of Mechanical Engineers, 2014. (38, v. 5B). ISBN 978-0-7918-4637-7. Disponível em: <<http://proceedings.asmedigitalcollection.asme.org/proceeding.aspx?articleid=2090950>>. Acesso em 11 abr. 2016.
- FRANCIS, K. C. et al. From crease pattern to product: considerations to engineering origami-adapted designs. In: Proceedings of ASME 2014 International Design Engineering Technical Conferences & Computers and Information in Engineering Conference. **Conferência...** Buffalo: The American Society of Mechanical Engineers, 2014. (38, v. 5B), p. 1-15. ISBN 978-0-7918-4637-7. Disponível em: <<http://proceedings.asmedigitalcollection.asme.org/proceeding.aspx?articleid=2090926>>. Acesso em 11 abr. 2016.

- FUSE, T. **Floral Origami Globes**. Tradução Kazuhiko Nagai e Karen Sandness. Tóquio: Japan Publications Trading, 2007.
- GJERDE, E. **Origami Tessellations: Awe-Inspiring Geometric Designs**. Massachusetts: A K Peters, 2008.
- HATORI, K. History of origami in the east and the west before interfusion. In: Origami 5: Fifth International Meeting of Origami Science, Mathematics, and Education. **Encontro Internacional...** Massachusetts: A K Peters, 2011. (v. 5), p. 3-11. ISBN 978-1-56881-714-9.
- HYDE, R. et al. Eyeglass: A Very Large Aperture Diffractive Space Telescope. In: Proceedings of SPIE Highly Innovative Space Telescope Concepts (Ed. Howard A. MacEwen). **Conferência...** Washington: SPIE The International Society for Optics and Photonics, 2002. (v. 4849), p. 28-39. DOI 10.1117/12.460420.
- IWAKI, M. et al. A programmable DNA origami nanospring that reveals force-induced adjacent binding of myosin VI heads. **Nature**, Londres, v. 7, dez. 2016. DOI 10.1038/ncomms13715.
- KAMIYA, S. **Works of Satoshi Kamiya 2 - 2002-2009**. Tóquio: Gallery Origami House, 2012.
- KAZAZIAN, T. **Haverá a idade das coisas leves: design e desenvolvimento sustentável**. Tradução Eric Roland Rene Heneault. São Paulo: SENAC, 2005.
- KÖCHE, J. C. **Fundamentos de metodologia científica: teoria da ciência e iniciação à pesquisa**. Petrópolis: Vozes, 2013.
- KOMIYAMA, M. et al. Nanomechanical DNA origami 'single-molecule beacons' directly imaged by atomic force microscopy. **Nature**, Londres, v. 2, n. 44, p. 1-8, 2011. DOI 10.1038/ncomms1452.
- KURIBAYASHI, K.; YOU, Z. A novel origami stent. In: Summer Bioengineering Conference, 2003, Key Biscayne. **Conferência...** Florida: Tulane University, 2003. Disponível em: <<http://www.tulane.edu/~sbc2003/pdfdocs/0257.PDF>>. Acesso em 25 mai. 2015.
- KURIBAYASHI, K.; YOU, Z. Expandable tubes with negative poisson's ratio and their application in medicine. In: Origami 4 - Fourth International Meeting of Origami Science, Mathematics, and Education (org. Robert Lang), 2006, Pasadena. **Encontro Internacional...** Massachusetts: A K Peters, 2009.
- LANG, R. J. (Org.) **Origami 4: Fourth International Meeting of Origami Science, Mathematics, and Education**. Massachusetts: A K Peters, 2009.
- LANG, R. J. **Origami Design with Robert Lang - US Zeitgeist 2010**. Estados Unidos: [s. n.], 2010. Disponível em: <<http://youtu.be/-9EvAY8xCBc>>. Acesso em 6 fev. 2017.
- LANG, R. J. **Origami Design Secrets: Mathematical Methods for an Ancient Art**. 2. ed. Massachusetts: A K Peters, 2003.
- LANG, R. J.; IVERSON, P. W.; YIM, M. (Org.). **Origami 5: Fifth International Meeting of Origami Science, Mathematics, and Education**. Massachusetts: A K Peters, 2011.
- LÖBACH, B. **Design industrial: base para a configuração dos produtos industriais**. Tradução Freddy Van Camp. São Paulo: Blucher, 2001.
- MARTINEZ-LOPEZ, M. et al. Waste Tetra Pak particles from beverage containers as reinforcements in polymer mortar: Effect of gamma irradiation as an interfacial coupling factor. **Construction and Building Materials**, Oxford, v. 121, p. 1-8, set. 2016. DOI 10.1016/j.conbuildmat.2016.05.153.

- MENGES, A. Fusing the Computational and the Physical: Towards a Novel Material Culture. **Architectural Design**, São Francisco, v. 85, n. 5, p. 8-15, 2015. Disponível em: <<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/ad.2015.85.issue-5/issuetoc>>. Acesso em 11 nov. 2015.
- MITANI, J. A Design Method for 3D Origami Based on Rotational Sweep. **Computer-Aided Design and Applications**, Estados Unidos, v. 6, n. 1, p. 69-79, 2009. Disponível em: <[http://mitani.cs.tsukuba.ac.jp/dl/CAD\\_2009\\_3d\\_origami\\_based\\_on\\_rotational\\_sweep\\_mitani.pdf](http://mitani.cs.tsukuba.ac.jp/dl/CAD_2009_3d_origami_based_on_rotational_sweep_mitani.pdf)>. Acesso em 31 mai. 2015.
- MITANI, J.; SUZUKI, H. Making Papercraft Toys from Meshes using Strip-based Approximate Unfolding. In: 31 st International Conference on Computer Graphics and Interactive Techniques, 2004, Los Angeles. **Conferência...** Los Angeles: ACM SIGGRAPH 2004 Papers, 2004, p. 259-263. DOI 10.1145/1186562.1015711.
- MONTROLL, J. **A plethora of polyhedra in origami**. Nova York: Dover Publications, 2002.
- MORGAN, M. R. et al. Towards developing product applications of thick origami using the offset panel technique. **Mechanical Sciences**, Alemanha, v. 7, n. 1, p. 69-77, mar. 2016. ISSN 2191-9151. Disponível em: <<http://www.mech-sci.net/7/69/2016/ms-7-69-2016.html>>. Acesso em 2 abr. 2016.
- NAKAJIMA, Y. M. **Moulding material from synthetic fibre scrap - e.g. reduced and opened-up clothing pieces are mixed with thermoplastic plus additives**. JP91052499-B, 13 maio 1983, 12 ago. 1991.
- NEVES, A. C. R. R.; CASTRO, L. O. A. Separação de materiais recicláveis: panorama no Brasil e incentivos à prática. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, Santa Maria, v. 8, n. 8, p. 1734-1742, dez. 2012. ISSN: 2236-1170.
- OVERVELDE, J. T. B. et al. Rational design of reconfigurable prismatic architected materials. **Nature**, Londres, v. 541, p. 347-352, jan. 2017. DOI 10.1038/nature20824.
- RAAB, M. et al. Shifting molecular localization by plasmonic coupling in a single-molecule mirage. **Nature**, Londres, v. 8, jan. 2017. DOI 10.1038/ncomms13966.
- RAZANI, R. **Phantastische Papierarbeiten**. Augsburg: Augustus Verlag, 1993.
- RON Resh official website. [S.l.: s. n.], 2017. Disponível em: <<http://www.ronresch.org/ronresch/>>. Acesso em 5 jan. 2017.
- ROTHEMUND, P. W. K. Folding DNA to create nanoscale shapes and patterns. **Nature**, Londres, v. 440, n. 7082, p. 297-302, 2006. DOI 10.1038/nature04586.
- SILVA, K. C. P. et al. Reuse of packaging waste Tetra Pak-((R)) in roofing. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 19, n. 1, p. 58-63, jan. 2015. DOI 10.1590/1807-1929/agriambi.v19n1p58-63.
- STEWART, I. Some assembly needed. **Nature**, Londres, v. 448, p. 419-419, jul. 2007.
- STROBL, H. **Special Snapology**. Jena: Friedrich-Schiller-University, 2010. Disponível em: <<http://www.knotology.eu/PPP-Jena2010e/start.html>>. Acesso em 29 jan. 2017.
- SUN, P.; WANG, J.; LI, X. **Heat reutilizing-type clothes dryer, has protective cover layer provided with air inlet, air cylinder formed with ventilation hole, and return air channel connected with air cylinder, where rear plate is connected with air inlet**. CN202744850-U, 06 jul. 2012, 20 fev. 2013.

- TACHI, T. Rigid-Foldable Thick Origami. In: Origami 5: Fifth International Meeting of Origami Science, Mathematics, and Education (org. Robert Lang, Patsy W. Iverson, Mark Yim), 2010, Singapura. **Encontro Internacional...** Massachusetts: A K Peters, 2011.
- TACHI, T. Geometric considerations for the design of rigid origami structures. In: Proceedings of the International Association for Shell and Spatial Structures, 2010, Xangai. **Simpósio...** Xangai: Journal of the International Association for Shell and Spatial Structures, 2010. Disponível em: <[http://origami.c.u-tokyo.ac.jp/~tachi/cg/DesignOfRigidOrigamiStructures\\_tachi\\_IASS2010.pdf](http://origami.c.u-tokyo.ac.jp/~tachi/cg/DesignOfRigidOrigamiStructures_tachi_IASS2010.pdf)>. Acesso em 24 jun. 2016.
- TEMKO, F. **Kirigami greeting cards and gift wrap**. Tóquio: Tuttle Publishing, 2004.
- VARGAS, A. et al. Precast slabs using recyclable packaging as flooring support elements. **Journal of Cleaner Production**, Oxford, v. 66, p. 92-100, mar. 2014. DOI 10.1016/j.jclepro.2013.10.059
- WANG, F. et al. Folding to curved surfaces: a generalized design method and mechanics of origami-based cylindrical structures. **Scientific Reports**, Londres, v. 6, p. 33312-33312, set. 2016. DOI 10.1038/srep33312.
- YAMADA, T. R. U. **Estruturas flat foldable em Bambu Laminado Colado baseadas em técnicas de dobra e corte do origami e do kirigami**. 2016. 224p. Tese (Doutorado em Design) – Universidade Estadual Paulista, Bauru, 2016.
- YAMAGUCHI, M. **Kusudama ball origami**. Japão: Japan Publications, 2000.
- YANG, J. et al. Aptamer-Binding Directed DNA Origami Pattern for Logic Gates. **ACS Applied Materials & Interfaces**, Estados Unidos, v. 8, n. 59, p. 34054-34060, dez. 2016. DOI 10.1021/acsami.6b10266.
- YOSHIZAWA, A. **Sosaku Origami: Creative Origami**. Japão: NHK, 1984.
- YOU, Z. 'Origami Engineer' flexes to create stronger, more agile materials. **Science Magazine AAAS**, Washington, v. 332, p.1376-1377, jun. 2011. Disponível em: <<http://www.eng.ox.ac.uk/deployable/research/Science2011Merali13767.pdf>>. Acesso em 25 mai. 2015.
- ZHOU, X.; ZANG, S.; YOU, Z. Origami mechanical metamaterials based on the Miura-derivative fold patterns. **Proceedings of the Royal Society A-Mathematical Physical and Engineering Sciences**, Londres, v. 472, n. 2191, p. 20160361-20160361, jul. 2016. DOI 10.1098/rspa.2016.0361.
- ZIRBEL, S. A. et al. Accommodating thickness in origami-based deployable arrays. In: Proceedings of ASME 2013 International Design Engineering Technical Conferences & Computers and Information in Engineering Conference. **Conferência...** Portland: The American Society of Mechanical Engineers, 2013. (37, v. 6B). ISBN 978-0-7918-5594-2. Disponível em: <<http://proceedings.asmedigitalcollection.asme.org/proceeding.aspx?articleid=1830748&resultClick=3>>. Acesso em 11 abr. 2016.