

The background of the entire page is a repeating pattern of origami crease diagrams. These diagrams consist of solid lines representing fold lines and dashed lines representing cut lines, forming a grid of interconnected geometric shapes like triangles and hexagons.

Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho"

# DESIGN DO ORIGAMI

Um Estudo sobre Técnicas  
Projetuais com Dobras

Samanta Aline Teixeira

Prof. Dr. Milton Koji Nakata  
(Orientador)

BAURU 2017



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”  
FACULDADE DE ARQUITETURA, ARTES E COMUNICAÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DESIGN

**DESIGN DO ORIGAMI: um estudo sobre técnicas projetuais  
com dobras**

Samanta Aline Teixeira

Bauru  
2017

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”  
FACULDADE DE ARQUITETURA, ARTES E COMUNICAÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DESIGN

Samanta Aline Teixeira

**DESIGN DO ORIGAMI: um estudo sobre técnicas projetuais  
com dobras**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Design da Faculdade de Arquitetura, Artes e Comunicação da UNESP – Campus de Bauru, como parte dos requisitos para obtenção ao título de Mestre em Design, sob orientação do Prof. Dr. Milton Koji Nakata.

Bauru  
2017

Teixeira, Samanta Aline.

Design do origami: um estudo sobre técnicas  
projetuais com dobras / Samanta Aline Teixeira,  
2017.

103 f. : il.

Orientador: Milton Koji Nakata

Dissertação (Mestrado)- Universidade Estadual  
Paulista. Faculdade de Arquitetura, Artes e Comunicação,  
Bauru, 2017.

1. Origami. 2. Design. 3. Técnicas em dobras. 4.  
*Crease Pattern*. 5. Design do origami adaptado.  
I. Universidade Estadual Paulista. Faculdade de  
Arquitetura, Artes e Comunicação. II. Título.

Samanta Aline Teixeira

## **DESIGN DO ORIGAMI: um estudo sobre técnicas projetuais com dobras**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Design da Faculdade de Arquitetura, Artes e Comunicação da UNESP – Campus de Bauru, como parte dos requisitos para obtenção ao título de Mestre em Design, sob orientação do Prof. Dr. Milton Koji Nakata.

### **Banca examinadora:**

Prof. Dr. Milton Koji Nakata  
Orientador e Presidente da Banca  
(PPG Design/UNESP)

Prof. Dra. Cassia Leticia Carrara Domiciano  
Membro interno  
(PPG Design/UNESP)

Prof. Dr. Paulo Kawauchi  
Membro externo  
(PPG Ciências Sociais Aplicadas/  
UNIMAR - Marília/SP)

Bauru, 23 de março de 2017



**ATA DA DEFESA PÚBLICA DA DISSERTAÇÃO DE MESTRADO DE SAMANTA ALINE TEIXEIRA, DISCENTE DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DESIGN, DA FACULDADE DE ARQUITETURA, ARTES E COMUNICAÇÃO - CÂMPUS DE BAURU.**

Aos 23 dias do mês de março do ano de 2017, às 09:00 horas, no(a) Auditório da Secretaria de Pós-Graduação/FAAC, reuniu-se a Comissão Examinadora da Defesa Pública, composta pelos seguintes membros: Prof. Dr. MILTON KOJI NAKATA - Orientador(a) do(a) Departamento de Design / Faculdade de Arquitetura, Artes e Comunicação de Bauru, Professora Doutora CASSIA LETICIA C DOMICIANO do(a) Departamento de Design / Faculdade de Arquitetura, Artes e Comunicação de Bauru, Prof. Dr. PAULO KAWAUCHI do(a) Arquitetura e Urbanismo / Universidade de Marília - UNIMAR, sob a presidência do primeiro, a fim de proceder a arguição pública da DISSERTAÇÃO DE MESTRADO de SAMANTA ALINE TEIXEIRA, intitulada **O DESIGN DO ORIGAMI: UM ESTUDO SOBRE TÉCNICAS PROJETUAIS COM DOBRAS**. Após a exposição, a discente foi arguida oralmente pelos membros da Comissão Examinadora, tendo recebido o conceito final: APROVADO \_\_\_\_\_. Nada mais havendo, foi lavrada a presente ata, que após lida e aprovada, foi assinada pelos membros da Comissão Examinadora.

Prof. Dr. MILTON KOJI NAKATA



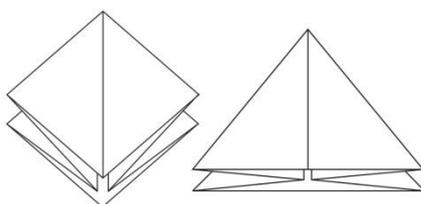
Professora Doutora CASSIA LETICIA C DOMICIANO



Prof. Dr. PAULO KAWAUCHI

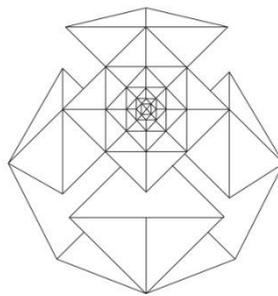


## DEDICATÓRIA



Dedico esse trabalho aos meus irmãos Pedro e Melissa.  
Nenhum conhecimento no mundo se equipara à mente  
de uma criança.

## AGRADECIMENTOS



Agradeço imensamente à minha mãe, Maria José, por me ensinar o que é bondade, paciência e, principalmente, a importância de perseguir os sonhos.

Ao meu namorado, Marcel, por me ensinar o que é amor, dedicação e, especialmente, o que é rir.

Aos meus irmãos, Vinícius, Pedro e Melissa, pelo companheirismo e ternura que somente os irmãos possuem.

Ao meu pai, Pedro, por me ensinar a importância de aprender sempre mais.

Ao meu orientador, Prof. Milton Nakata, por aceitar minhas ideias com respeito e tornar tudo isto possível.

Aos professores Paulo Kawauchi e Cássia Domiciano por avaliarem meu trabalho com apuro.

Às minhas amigas, Lais, Yu, Gi, e Paula pelas conversas, brincadeiras e conselhos.

Aos meus sogros e cunhado, Lizete, Ricardo e Tiago, por me acolherem em sua família.

Ao Prof. Dorival Rossi, por ter (re)descoberto o origami para mim.

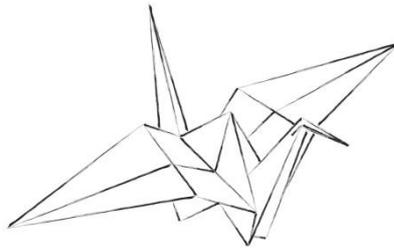
Aos meus companheiros de oficina Junia e Maurício (Flor), pela ajuda desde 2010.

À Samanta Nagashima por ter sido a modelo das fotos deste trabalho.

Aos professores e funcionários da Pós Graduação em Design, por todo o ensinamento e cooperação.

À CAPES, Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, pelo auxílio financeiro que possibilitou a plena execução desta pesquisa.

Muito obrigada a todos!



“O puro tato abre para a informação, correlato doce do que antigamente era chamado de o intelecto.”

*Michel Serres*

“A ciência da matéria tem como modelo o origami, diria o filósofo japonês, ou a arte de dobrar o papel.”

*Gilles Deleuze*

“Cada dobra, ação-dobra ou paixão-dobra, é o surgimento de uma singularidade, o começo de um mundo.”

*Pierre Lévy*

“Não se trata de uma ideia imposta sobre algo amorfo; trata-se de fazer surgir de si mesmo e do mundo circundante uma forma que abarque ambos.”

*Vilém Flusser*

## RESUMO

A presente pesquisa busca investigar o 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, são consideradas três principais vertentes: 1) investigar o estado da arte do origami, desde o seu surgimento histórico até a evolução cronológica de pesquisa científica, processos de comunicação e segmentos estéticos; 2) analisar diferentes publicações do design do origami, as técnicas envolvidas e áreas de atuação; 3) desenvolver estudos de caso em prototipagem baseados no material estudado. Através do método indutivo-confirmável, o estudo possui dois momentos: pesquisa teórica bibliográfica e pesquisa prática experimental. O estudo teórico baseia-se na leitura e seleção de artigos de periódicos, publicações de congressos e livros que elucidem as diferentes possibilidades de ação projetual das dobraduras como a técnica do *crease pattern* e as vertentes do design de origami adaptado. O estudo experimental trata-se da construção de protótipos para a comprovação prática das técnicas e segmentos estudados. O objetivo de pesquisa está na compreensão da importância do design de origami em diferentes áreas do conhecimento teórico e aplicado e como as dobraduras são reapropriadas para gerar novas formas de construção e modelagem com os materiais e estruturas. Busca-se uma contribuição geral no sentido de solidificar mais e melhorar os conceitos e pesquisas com o design do origami no Brasil.

**Palavras-Chaves:** origami; design; técnicas em dobras; *crease pattern*; design do origami adaptado.

## **ABSTRACT**

The present research aims to investigate the projectual and scientific role that origami, folding paper art, is performing globally and how folds design can contribute to the creative process and to technological innovations. To this end, three main aspects are considered: 1) to investigate the state of origami's art, from its historical emergence to the chronological evolution of scientific research, communication processes and aesthetic segments; 2) analyze different publications of origami design, the techniques involved and acting areas; 3) to develop case studies with prototyping based on the material studied. Through the inductive-confirmatory method, this study has two moments: theoretical bibliographic research and practical experimental research. The theoretical study is based on reading and selection of articles from journals, congress publications and books that elucidate the different possibilities of folds design as crease pattern technique and origami-adapted design. The experimental study is based on prototypes construction for practical verification of techniques and segments studied. The research objective is to understand the importance of origami design in different areas of theoretical and applied knowledge, and how foldings are reappropriated to generate new forms of construction and modeling with materials and structures. A general contribution is considered to solidify more and better the concepts and researches with origami design in Brazil.

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

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1	- As diferentes escritas para a palavra origami. ....	21
Figura 2	- A aula “Vorkurs” de Josef Albers na escola Bauhaus, 1928. ....	24
Figura 3	- Estudos com origami de Albers em Black Mountain College, 1946. ....	24
Figura 4	- Aulas de Albers na Ulm Community College, 1954-55. ....	25
Figura 5	- Um dos padrões em dobras de Ron Resch, em 1959. ....	25
Figura 6	- Outros padrões em dobras de Ron Resch. ....	26
Figura 7	- Painel Sanduíche, criado por Ron Resch. ....	27
Figura 8	- “Bichos” de Lygia Clark. ....	28
Figura 9	- Composição básica do origami: Dobras-montanha e Dobras-vale. ....	30
Figura 10	- O <i>crease pattern</i> do origami Miura-Ori. ....	31
Figura 11	- O processo de dobragem completa do Miura-Ori. ....	31
Figura 12	- O diagrama ilustrativo de Akira Yoshizawa. ....	32
Figura 13	- O diagrama ilustrativo de Tomoko Fuse. ....	33
Figura 14	- Criação do origami Hana através do diagrama ilustrado. ....	34
Figura 15	- Os diferentes tipos de reprodução/divulgação do origami. ....	34
Figura 16	- Canal de Jo Nakashima no Youtube. ....	35
Figura 17	- Oficinas de origami desenvolvidas na UNESP de Bauru, 2009 a 2015. ....	37
Figura 18	- Oficina de origami e LED na Semana de Ciências e Tecnologia, 2016. ....	38
Figura 19	- O origami tsuru e seu <i>crease pattern</i> . ....	39
Figura 20	- Desenho do <i>crease pattern</i> e o origami Andrea’s Rose. ....	39
Figura 21	- Origami Tradicional de Satoshi Kamiya e Akira Yoshizawa. ....	41
Figura 22	- Origami Tradicional de John Montroll. ....	42
Figura 23	- <i>Kusudama</i> de Makoto Yamaguchi. ....	42
Figura 24	- <i>Kusudama</i> luminária do estúdio de design Foldability. ....	43
Figura 25	- Origami <i>Tessellations</i> de Robert Lang, Joel Cooper e Eric Gjerde. ....	44
Figura 26	- Oficina de origami <i>tessellations</i> em tecido de Chris Palmer. ....	44
Figura 27	- Origami <i>Tessellations</i> na coleção de moda de Issey Miyake. ....	45
Figura 28	- <i>Kirigami</i> de Florence Temko. ....	46
Figura 29	- <i>Kirigami</i> arquitetônico de Ramin Razani. ....	46
Figura 30	- <i>Kirigami pop-up</i> de Robert Sabuda. ....	46
Figura 31	- <i>Papercraft</i> de Justin Roiland e Dan Harmon. ....	47
Figura 32	- <i>Snapology</i> de Heinz Strobl. ....	48

Figura 33	- Protótipo de um hangar com o origami <i>Snapology</i> , de Heinz Strobl.....	48
Figura 34	- Metamateriais baseados no <i>Snapology</i> .....	49
Figura 35	- Gráfico de evolução anual dos documentos publicados sobre “origami”.....	51
Figura 36	- Gráfico de evolução anual de citações em documentos sobre “origami”.....	51
Figura 37	- Países envolvidos com as publicações sobre origami. ....	52
Figura 38	- As áreas de estudo das publicações sobre origami. ....	54
Figura 39	- Números totais das áreas de publicações sobre origami. ....	55
Figura 40	- Mapa de termos mais relevantes dentro das publicações sobre o origami.....	56
Figura 41	- <i>Zoom</i> do mapa de termos - área vermelha.....	57
Figura 42	- <i>Zoom</i> do mapa de termos - área verde.....	58
Figura 43	- <i>Zoom</i> do mapa de termos - área azul. ....	58
Figura 44	- O DNA origami, criado por Paul W. K. Rothemund.....	60
Figura 45	- Tipos de design do origami adaptado.....	62
Figura 46	- Dobras curvas aplicadas em metal e policarbonato. ....	63
Figura 47	- Design de origami em curvas .....	63
Figura 48	- Dobras reais e dobras substitutas.....	64
Figura 49	- O telescópio espacial Eyeglass, criado por Robert J. Lang.....	65
Figura 50	- O programa Ori-Revo, desenvolvido por Jun Mitani. ....	66
Figura 51	- Possibilidades de modelagem digital e manual do Ori-Revo.....	66
Figura 52	- O Origami Heart Stent, criado por Zhong You e Kaori Kuribayashi. ....	67
Figura 53	- A compactação e expansão do Origami Heart Stent. ....	68
Figura 54	- O Origami Magic Ball, ou Dragon’s Egg, de Yuri e Katrin Shumakov. ....	68
Figura 55	- As diferentes técnicas de design do origami adaptado.....	69
Figura 56	- Aplicação da técnica de painéis afunilados em arquitetura cinética.....	71
Figura 57	- Aplicação da técnica de deslocamento de painéis (OPT) em uma mesa.....	71
Figura 58	- Aplicação da técnica das dobras em membrana em uma mochila.....	72
Figura 59	- O logotipo da UNESP.....	73
Figura 60	- Estudos de <i>crease pattern</i> desenvolvidos por Tomohiro Tachi.....	74
Figura 61	- Esquema cinemático de dois <i>crease patterns</i> : (a)-Miura Ori e (b)-Ron Resch. ....	74
Figura 62	- O <i>crease pattern</i> de Ron Resch.....	75
Figura 63	- Desenho do <i>crease pattern</i> em papel colorido e o formato final.....	75
Figura 64	- O origami UNESP.....	76
Figura 65	- <i>Crease pattern</i> de Ron Resch para a bolsa-origami. ....	77

Figura 66	- Matéria-prima do protótipo 1.....	78
Figura 67	- Construção geométrica do <i>crease pattern</i> de Ron Resch.....	79
Figura 68	- Cinemática do <i>crease pattern</i> de Ron Resch.....	79
Figura 69	- Recorte dos padrões geométricos em papelão e colagem no tecido.....	80
Figura 70	- A blusa com os recortes geométricos finalizados. ....	80
Figura 71	- Protótipo 1 da Bolsa-Origami.....	81
Figura 72	- Composição do tetra pak. ....	82
Figura 73	- Matéria-prima do Protótipo 2.....	83
Figura 74	- Áreas de descarte e de aproveitamento de 1 caixa de tetrapak. ....	83
Figura 75	- Painéis de tetra pak fixados no lado de dentro da blusa. ....	84
Figura 76	- Adição do forro e grampos para acomodar as dobras no tecido. ....	84
Figura 77	- Protótipo 2 da bolsa-origami. ....	85
Figura 78	- Linha Pop-up Pattern, de Maori Kimura. ....	86
Figura 79	- Linha Bao Bao, de Issey Miyake. ....	86
Figura 80	- Braço robótico que dobra origamis, de Balkcom e Mason.....	88

**LISTA DE TABELAS**

Tabela 1 - Divisões do Origami Artístico.....	40
Tabela 2 - Divisões do Design de Origami. ....	50

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AFM: *Atomic Force Microscope* / Microscópio de força atômica

CAD: *Computed-aided design* / Desenho assistido por computador

CG: *Computer graphics* / Computação Gráfica

DNA: Ácido Desoxirribonucleico

LED: *Light Emitting Diode* / Diodo emissor de luz

MIT: *Massachusetts Institute of Technology* / Instituto Tecnológico de Massachusetts

OPT: *Offset Panel Technique* / Técnica de deslocamento de painéis

UNESP: Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho"

## SUMÁRIO

<b>RESUMO</b> .....	10
<b>ABSTRACT</b> .....	11
<b>LISTA DE ILUSTRAÇÕES</b> .....	12
<b>LISTA DE TABELAS</b> .....	15
<b>LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS</b> .....	16
<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	18
1.1. CONCEITOS E JUSTIFICATIVA .....	18
1.2. QUESTÃO DE PESQUISA.....	19
1.3. HIPÓTESES .....	19
1.4. OBJETIVOS .....	20
<b>2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	20
2.1. ORIGEM ESCRITA E HISTÓRICA DO ORIGAMI .....	20
2.2. EXPERIMENTAÇÕES COM DOBRAS NO SÉCULO XX .....	22
2.3. ESTADO DA ARTE DO ORIGAMI .....	29
2.3.1. Elementos e estruturas em dobras.....	30
2.3.2. Áreas de comunicação e criação.....	31
2.3.3. Áreas de atuação .....	40
2.3.4. Bibliometria de pesquisa.....	50
2.4. DESIGN DO ORIGAMI ADAPTADO.....	61
<b>3. MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	72
<b>4. RESULTADOS</b> .....	73
4.1. ESTUDO DE CASO 1: Técnica do <i>crease pattern</i> .....	73
4.2. ESTUDO DE CASO 2: Protótipo 1 .....	76
4.2.1. Fase 1 - O <i>crease pattern</i> .....	77
4.2.2. Fase 2 - Matéria-prima .....	77
4.2.3. Fase 3 - A técnica.....	78
4.2.4. Protótipo 2.....	81
<b>5. DISCUSSÃO</b> .....	85
<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	89
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	90
<b>APÊNDICE A</b> .....	101
<b>APÊNDICE B</b> .....	103

# 1. INTRODUÇÃO

## 1.1. CONCEITOS E JUSTIFICATIVA

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 existência recente (LANG, 2003, p. 3). Sua expansão paradigmática 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, embalagens, design de interiores, moda e 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>1</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 se formula através das seguintes dúvidas: Como o origami pode ser aplicado ao design para fomentar novas ideias e conceitos? Quais são os produtos, métodos, técnicas e paradigmas envolvidos? Quais são as contribuições positivas intrínsecas ao design de origami? Para responder essas questões, o estudo se divide em dois momentos: pesquisa bibliográfica teórica e pesquisa prática experimental. 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

---

<sup>1</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.

diversas áreas do design. Através do método indutivo (KÖCHE, 2013, p. 55), o enfoque de verificação da hipótese está na análise de produtos e técnicas indicadas por pesquisas com as dobraduras, mais especificamente a técnica geral do *crease pattern* e o design do origami adaptado (conceitos que serão explicados ao longo do estudo). Por meio desse elenco de técnicas e métodos, objetiva-se gerar um produto final que comprove de maneira prática a veracidade de ação projetual desta linguagem japonesa ancestral. A seguir, seguem-se os princípios e procedimentos de pesquisa.

## **1.2. QUESTÃO DE PESQUISA**

A questão que a presente pesquisa busca responder é: Qual é a importância do design do origami, levando em consideração os diferentes tipos de produtos e técnicas envolvidas?

## **1.3. HIPÓTESES**

A hipótese para a questão de pesquisa é a seguinte: as técnicas do origami são importantes para o design devido ao seu caráter prático e multidisciplinar e, por conta dessa premissa, o design que parte do raciocínio das dobraduras consegue traduzir mais e melhor diversas áreas do conhecimento em concretas tecnologias contemporâneas. Elucidar e entender o design do origami pode gerar um *know how* para a ação projetual como um todo, incluindo o design de produtos que será a área específica de experimentação prática neste estudo. Para testar a hipótese, precisam ser identificadas as variáveis independentes e dependentes da pesquisa proposta. As variáveis independentes (aquelas que não dependem de outras variáveis para serem verificadas) envolvem três aspectos a serem investigados de forma quantitativa, todos pertencentes ao estudo bibliográfico teórico, sendo eles:

- 1- O estado da arte do origami;
- 2- As maneiras e os momentos em que o origami e design se juntam para gerarem novos projetos e conhecimento;
- 3- As áreas de atuação e tipos de pesquisas envolvidas.

As variáveis dependentes (aquelas que dependem de outras variáveis para serem verificadas) envolvem dois aspectos a serem investigados de forma qualitativa, pertencentes à etapa do estudo experimental prático, sendo eles:

- 1- A possibilidade de desenvolver um projeto de produto através do conhecimento sobre o design do origami;

2- O produto, as técnicas e materiais envolvidos juntamente com os possíveis aspectos positivos de inovação, tecnologia e sustentabilidade agregados.

#### 1.4. OBJETIVOS

O objetivo geral desse estudo é elucidar a importância do origami pensado em design através de dois momentos: um estudo teórico bibliográfico e um estudo prático experimental.

Os objetivos específicos são:

- pesquisar a origem histórica das dobraduras;
- pesquisar o estado da arte do origami, que possui três momentos: os elementos e estruturas possíveis, áreas de atuação/criação e bibliometria de pesquisa;
- elencar e analisar as diferentes técnicas de design do origami e as possibilidades de produtos envolvidos;
- desenvolver estudos de caso dentro do design de produtos de forma experimental e prática, buscando testar e entender a veracidade/alcance de algumas técnicas de design do origami estudadas;
- contribuir para a consolidação da pesquisa científica com o origami no Brasil, especialmente em termos de metodologia projetual baseado nas dobraduras.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1. ORIGEM ESCRITA E HISTÓRICA DO ORIGAMI

Origami, em japonês 折り紙, significa “papel dobrado” ou “dobras em papel” e é composto por duas palavras em *romaji*<sup>2</sup>: *ori* (dobrar) e *kami* (papel), sendo que *kami* muda foneticamente para *gami* ao formar a palavra completa (PRIETO, 2002, p. 175). 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).

---

<sup>2</sup> *Romaji* é a escrita não usual que traduz os ideogramas japoneses para o alfabeto romano, este empregado pelos povos ocidentais.

Figura 1- As diferentes escritas para a palavra origami.

折紙 - em kanji  
(o mais comum)  
 折り紙 - em kanji e hiragana  
 おりがみ - em hiragana  
 origami - (alfabeto romano) em romaji

Fonte: elaborado pela autora.

A escrita do origami remete à sua origem histórica: *Kami*, representado pelo *kanji*<sup>3</sup> 紙, é o ideograma derivado do desenho da seda, quer dizer, o tecido que era comumente utilizado para dobrar artisticamente. Já *Ori*, representado pelo *kanji* 折, é o ideograma derivado do desenho da mão, quer dizer, a ferramenta que os artesãos utilizavam para o ato da dobradura. Nos casos mais comuns, o *hiragana*<sup>4</sup> ri (り) aparece separado dos *kanjis*, 折り紙, para especificar a ideia “origami” em meio a outras possíveis leituras que os mesmos ideogramas podem carregar.

A origem histórica do origami é controversa e passível de discussão até hoje. Muitos pesquisadores acreditam que as primeiras dobraduras surgiram da arte de dobrar tecidos juntamente à criação do papel na China do século II, sendo posteriormente aperfeiçoado no Japão do século VI (HONDA, 1959; ASCHENBACH; FAZENDA; ELIAS, 1992; UENO, 2003). Porém, o mais recente estudo de Koshiro Hatori (2011) refuta essas datas, considerando que o origami como é conhecido hoje possui origem muito mais recente e que, inclusive, apresenta trajetórias orientais e ocidentais consideravelmente distintas. Segundo o mesmo, o origami oriental teve seus primeiros indícios com a confecção de embrulhos de papel cerimoniais no século XIV, no Japão; ao passo que o origami ocidental começou com os certificados de batismo no século XVI, na Europa. Nos primeiros anos da restauração Meiji, anos 1860 e 1870, o ensino europeu foi

<sup>3</sup> Kanji é uma escrita japonesa complexa classificada como ideograma. Segundo Bueno (2007, p. 351), o ideograma se caracteriza como um sinal que não representa fonemas, e sim ideias ou palavras. Dependendo do contexto, um único kanji pode apresentar diversos significados.

<sup>4</sup> Hiragana é uma escrita japonesa simples, a primeira a ser ensinada às crianças nas escolas, representando vogais ou sílabas fonéticas.

introduzido no Japão, trazendo o origami ocidental para os jardins de infância japoneses ao mesmo tempo em que o restante do mundo começou a conhecer o origami oriental. Foi a partir dessas trocas culturais que as dobraduras assumiram sua forma de arte consolidada e conhecida nos dias atuais. Essa teoria tem sido a mais bem aceita atualmente pelos pesquisadores mais influentes da área, incluindo Robert J. Lang (2003) e Thomas Hull (2005).

## 2.2. EXPERIMENTAÇÕES COM DOBRAS NO SÉCULO XX

Stewart evidencia a importância de atuação que o origami está construindo em diversas áreas da ciência e do design:

Economizar espaço é um imperativo no comércio, na engenharia e nas estruturas dos seres vivos. [...] Ao longo das últimas duas décadas, um grupo dedicado de matemáticos, engenheiros e cientistas computacionais vem desenvolvendo um novo ramo da matemática para entender a ciência da dobradura de objetos planos. [...] Os resultados têm sido intrigantes e engenhosos, e já possuem aplicações em mapas, embalagens de comida, recipientes de bebidas dobráveis, airbags de carros e antenas de naves espaciais. (STEWART, 2007, p. 419, tradução nossa).

Os valores estéticos do origami estão sendo evidenciados e reapropriados pelo design, conduta que Cardoso aponta como fundamental para a área:

Design, arte e artesanato têm muito em comum e hoje, quando o design já atingiu uma certa maturidade institucional, muitos designers começam a perceber o valor de resgatar as antigas relações com o fazer manual. (CARDOSO, 2008, p. 21).

Tal resgate das relações manuais surgiu da busca pelo conhecimento dos materiais na prática, ao passo que as primeiras iniciativas de experiência com as dobraduras foram do professor alemão Josef Albers (YAMADA, 2016, p. 59) que, a partir dos anos 1920, foi um dos primeiros artistas a explorar o origami em ambiente universitário. Depois de lecionar em muitas escolas na Alemanha, Albers se fixou como aluno e posterior professor na escola de arte, design e arquitetura da Bauhaus. Quando a escola alemã fechou em 1933, Albers mudou-se para os Estados Unidos onde lecionou na Black Mountain College, e em Yale nos anos 1950 (ADLER, 2004).

Na área da arquitetura, o professor trabalhou com sobreposições de vidros e litografia, mas foi o seu trabalho com o origami e *kirigami*<sup>5</sup> que tornou Albers um dos grandes pioneiros na exploração artística e pedagógica com materiais e suas propriedades físicas (DEMAINE et al.,

---

<sup>5</sup> Dobraduras que possuem dobraduras e recortes. Cf. Capítulo 2.3.3. Áreas de atuação.

2015). A relevância inédita de seu trabalho universitário para o campo do design estava baseada em suas práticas experimentais:

O material de experimentação de Josef Albers, conduzido como parte do curso de fundação da Bauhaus, em Dessau, e mais tarde no Black Mountain College, na Carolina do Norte, [...] foi um precursor que gerou a exploração de material em design. [...] ele identificou o comportamento próprio do material como uma força motriz em um ilimitado processo criativo que desdobra novas possibilidades de design e inovação no "fazer". (MENGES, 2015, p. 9, tradução nossa).

A trajetória de Albers possuiu dois nortes importantes, seus trabalhos artísticos profissionais e sua pedagogia em sala de aula, ambos conectados com a prática das dobraduras:

Todos os artistas podem ser percebidos como os professores no sentido de que os seus trabalhos apresentam seus pensamentos e ideias para o público; isto é particularmente verdadeiro no caso de Albers, pois sua filosofia artística pessoal foi centrada em torno de convicções que eram aplicáveis tanto em âmbito da sala de aula quanto em uma galeria de arte. (ADLER, 2004, p. 2, tradução nossa).

Apesar das muitas mudanças de universidades, os ideais de exploração dos materiais como estabilidade, capacidade de carga, força exercida, padrões de dobras, e a forte crença de que os cursos de artes moldam as pessoas e a sociedade sempre estiveram presentes na conduta de Albers. Inspirado pelos seus primeiros anos na vanguardista Bauhaus, Albers baseava seus métodos artísticos e de ensino na exploração tátil dos materiais, prática inédita e um tanto inusitada para a época:

[...] é importante reconhecer que Albers não se limitou a um único formato ou ideia. Ele experimentava constantemente com os meios tradicionais e contemporâneos, e criou um vasto corpo de trabalho diversificado. (ADLER, op. cit., p. 57, tradução nossa).

Figura 2- A aula “Vorkurs” de Josef Albers na escola Bauhaus, 1928.



Fonte: Arquivos da Bauhaus. Disponível em:

<https://www.flickr.com/photos/87334865@N08/albums/72157633016636829>. Acesso em: 6 set. 2016.

Figura 3- Estudos com origami de Albers com alunos na escola Black Mountain College, 1946.



Fonte: Fundação The Josef and Anni Albers. Foto por Genevieve Naylor. Disponível em:

<https://www.flickr.com/photos/87334865@N08/albums/72157633016636829>. Acesso em: 6 set. 2016.

Figura 4 - Aulas de Albers na Ulm Community College, 1954-55.

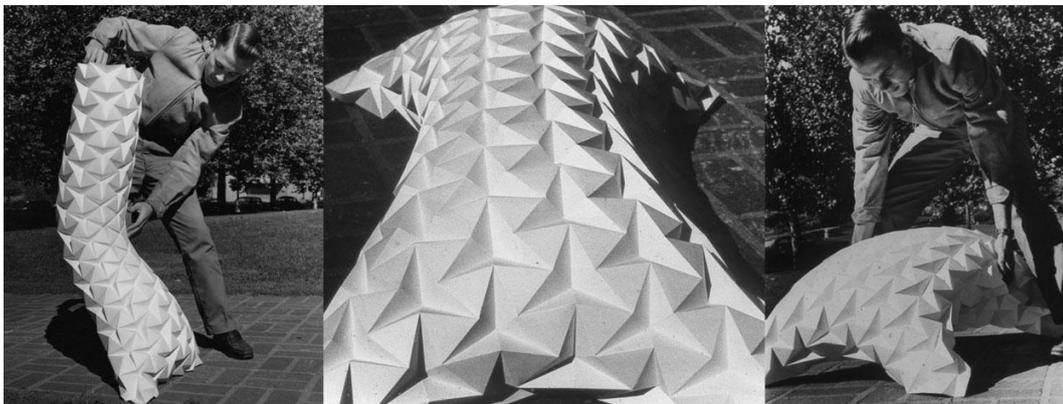


Fonte: Fotos por Hans G. Conrad e Henry Cartier-Bresson. Disponível em:

<<https://www.flickr.com/photos/87334865@N08/albums/72157633016636829>>. Acesso em: 6 set. 2016.

Como mostrado nas figuras acima, os estudos com origami de Albers envolviam desde o padrão de dobras Miura-Ori até o origami em curvas, ramos estes que serão explicados mais à frente neste estudo. Outro grande precursor histórico dos estudos modernos com o origami foi o professor americano Ronald Dale Resch. Formado em artes na Universidade de Iowa e, posteriormente, professor de ciências da computação na Universidade de Utah, Resch desenvolveu uma série de estudos práticos com o origami, popularizando o ramo dos *tessellations*<sup>6</sup> nos anos 1950 e 1960 (GJERDE, 2008). Sendo um dos pioneiros de sua época a experimentar construções geométricas em três dimensões através da computação gráfica, Resch desenvolveu inéditas criações com o *crease pattern*<sup>7</sup>, além de evidenciar o potencial estético, matemático e cinemático dos padrões em dobras.

Figura 5 - Um dos padrões em dobras de Ron Resch, em 1959.

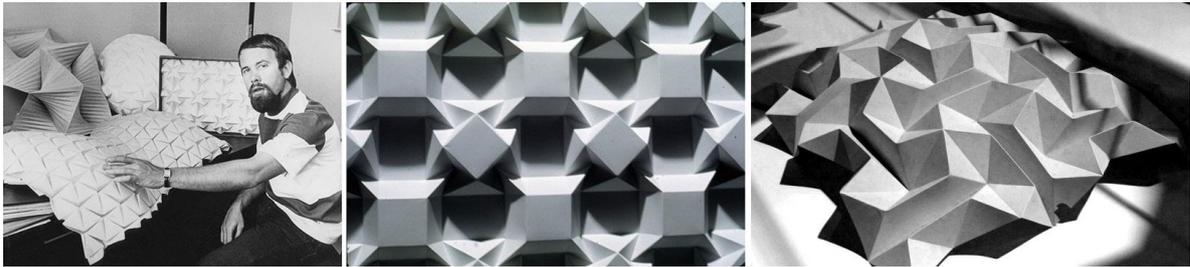


Fonte: Disponível em: <<http://www.ronresch.org/>>. Acesso em: 28 jun. 2016.

<sup>6</sup> Dobraduras que possuem repetição de dobras geométricas ao longo do papel, semelhante aos mosaicos e azulejos. Cf. Capítulo 2.3.3. Áreas de atuação.

<sup>7</sup> Traduz-se como padrão de vincos ou dobras. Cf. Capítulo 2.3.1. Elementos e estrutura em dobras.

Figura 6- Outros padrões em dobras de Ron Resch.



Fonte: Disponível em: <<http://www.ronresch.org/>>. Acesso em: 28 jun. 2016.

Resch possuiu uma carreira de trabalho diversificada e atípica: foi professor de 1967 a 1984 nas Universidades de Illinois, Utah e Boston; de 1985 a 2003 foi consultor e diretor de muitas empresas em Utah, Califórnia, Massachusetts e Nova Iorque; de 1963 a 2007 teve seus trabalhos artísticos expostos em diversas cidades dos Estados Unidos, Inglaterra, Canadá, Japão e Alemanha (RESCH, 2017). Ron Resch construiu o que Bonsiepe (2011, p. 19) defende como o “legítimo design inovador”, quer dizer, aquele que consegue transitar e atuar em ambientes distintos e de poucas interações como as universidades, as galerias de arte e as corporações empresariais.

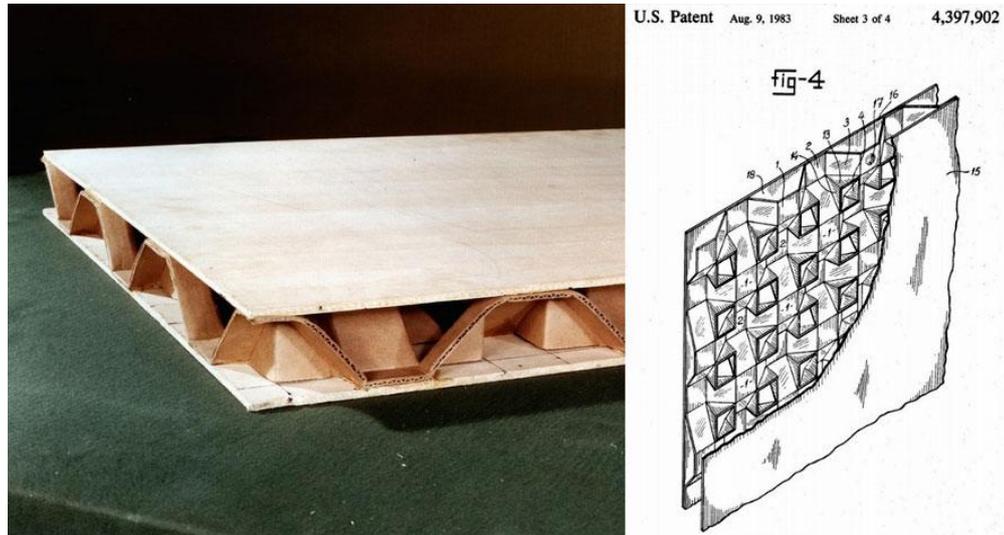
As diversas construções com dobras do professor Ron Resch (resgatados e documentados atualmente por Mitya Miller, Erik Demaine e Robert Lang no domínio online), trazem à tona a prática do origami em comunhão com o design no âmbito experimental. Diz Resch, em seu documentário:

O design é um tipo de ciclo de experiências entre o artista e o ambiente, entre o designer e alguns problemas posteriores. As pessoas estão sempre na posição de querer saber o que acontece quando elas se deparam com um problema e surgem com uma ideia repentina, então pensam: “Talvez isso funcione”. Tendo isso em mente, elas vão em frente e tentam fazer alguma coisa. Em contrapartida, o ambiente responde colidindo muitas vezes contra estas propostas de soluções. É então o momento de modificar a fabricação e tentar algo diferente de novo e de novo, formando um ciclo. (RESCH, 1992, tradução nossa).

O professor explica neste trecho do documentário que as suas ações em design são versadas na prática, improvisação, e na melhoria de um projeto através da análise das tentativas, erros e possíveis reinvenções, desde os rascunhos em desenho até as modelagens táteis do papel. Os diversos experimentos com dobras fizeram com que Resch obtivesse, ao longo do tempo, muita experiência de aplicação diversificada do *crease pattern*, tornando-o uma referência de consultoria empresarial. Enquanto pesquisador do origami, a trajetória do

professor fez com que concretizasse uma série de patentes, entre elas, o painel sanduíche: produto desenvolvido a pedido da multinacional The Royal Packaging Industries Van Leer, nos Países Baixos em 1970.

Figura 7- Painel Sanduíche, criado por Ron Resch.



Fonte: RESCH, 1983.

Os painéis de transporte de produtos que a empresa utilizava eram feitos de madeira. O painel sanduíche surgiu para substituir a madeira pelo papelão e assim, diminuir os custos de fabricação desses painéis. A estrutura em dobras do papelão fez com este fosse, ao mesmo tempo, rígido estruturalmente e leve em peso, tornando mais fácil seu reaproveitamento em construções de paredes e pavimentações (RESCH, 1983).

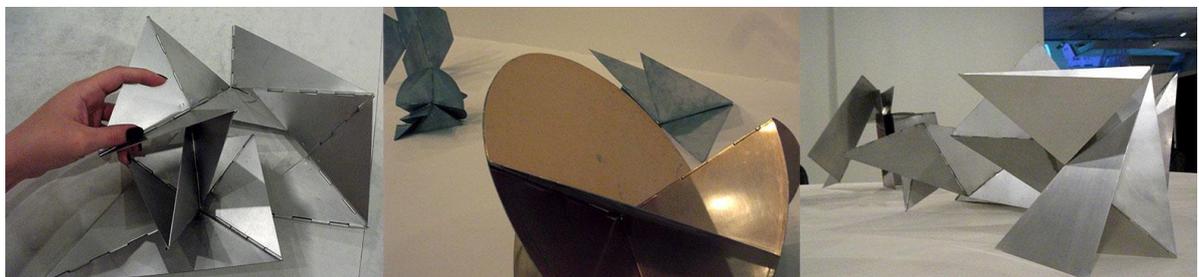
Na mesma época de Resch, tem-se a artista Lygia Clark, no Brasil, que evidenciou os primeiros estudos com origami de uma maneira particularmente diferente (YAMADA, 2016, p. 63). Lygia Clark começou sua carreira artística em 1947, no Rio de Janeiro. Depois de frequentar estúdios em Paris, ela voltou ao Brasil e fez parte do Grupo Frente e o Manifesto Neoconcreto entre 1954 e 1959 (BARACHINI, 2010). Assim como Resch e Albers, Clark demonstrou em sua carreira profissional um profundo interesse pelas propriedades dos materiais, as estruturas possíveis e seu potencial de mutação:

Marcada pela inquietude, Lygia Clark inicia seu percurso oferecendo grande contribuição ao projeto construtivo brasileiro [...]. Explora as possibilidades compositivas do plano, até que ele não mais a satisfaz, para, em seguida, ao abandonar a pintura, trabalhar com objetos tridimensionais, revolucionando, dessa forma, os princípios construtivos. (MEDEIROS, 2015, p. 54).

Lygia Clark foi uma das primeiras artistas brasileiras a atuar no campo do experimentalismo, juntamente com Hélio Oiticica, nos anos 1960 e 1970. (SPERLING, 2015, p. 18; MEDEIROS, op. cit., p. 36). Sua arte diferenciada girou em torno de três pontos principais: a geometria representacional, experiências corporais do público e o conceito do “não-objeto”, criado pelo crítico Ferreira Gullar (SPERLING, op. cit.). O não-objeto, também conhecido como quase-corpo, se trata da superação da dualidade sujeito-objeto na arte representativa para adentrar no campo da vivência ativa. O exercício artístico de Oiticica e Clark estavam baseados nesse momento em uma nova noção de público: este tendo o papel não da interpretação de uma narrativa, mas no ser e vir-a-ser, no visualizar através do experimentar e na construção de percepções próprias dentro da relação ambiente e espectador (idem).

A obra de Clark paira pela virtualidade e a “proposição” no lugar da “proposta”. Para ela “a obra é o ato de fazê-la” (ibidem) e, assim como Resch e Albers, sua revolução paradigmática esteve no ato estético como campo de experiência (MEDEIROS, op. cit., p. 36). Lygia Clark possuiu várias fases de experimentações, mas foi na concepção da sua série mais famosa “Bichos”, em 1960, que o origami ganhou afinidade de linguagem como um todo.

Figura 8- “Bichos” de Lygia Clark.



Fonte: Exposição Lygia Clark: Uma retrospectiva, 2012. Fotos tiradas pela autora.

“Bichos” surgiram na intenção de simular sistemas virtuais, abertos à manipulação (SPERLING, op. cit., p. 26-27). Constituindo-se como uma série de peças metálicas com dobradiças e planos deslizantes, os bichos podiam ser manipulados por todo e qualquer público que se encontrava no local da exposição. Caracterizadas pela modelagem com materiais rígidos como o metal, a proposição dessas peças, segundo Medeiros (op. cit., p. 43), estava pautada na mistura entre padrões rígidos e flexíveis: “podemos perceber como há um privilégio dessas transformações, da mutabilidade como característica intrínseca a eles, em detrimento da fixidez e da estabilidade das formas” (idem). Para além da proposição principal, que era a participação ativa do espectador, as construções de Clark neste trabalho em particular são fundamentadas no

raciocínio das dobras. Mais ainda, por se tratar da transição entre o esquema de montagem em papel para o produto final em metal, os bichos de Lygia Clark foram um dos primeiros testes do que seria hoje a área mais recente e inovadora do origami aplicado a materiais rígidos: o chamado design do origami adaptado (YAMADA, 2016; MORGAN et al., 2016; FRANCIS et al., 2014).

### **2.3. ESTADO DA ARTE DO ORIGAMI**

Trajetórias históricas como a de Albers, Resch e Clark 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 Encontro Internacional de Ciências do Origami, Matemática e Educação (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 encontro 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:

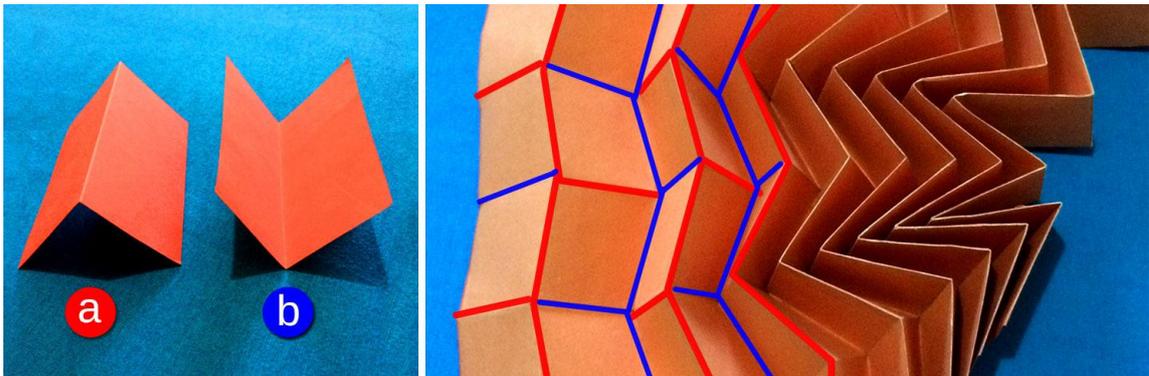
Os conceitos de origami e ciência parecem estar tão distantes dentro dos campos humanos de atuação quanto você possa imaginar: o primeiro, uma arte, um fazer manual, associado a uma tradição japonesa de centenas de anos atrás; o último, uma rigorosa e racional forma do conhecimento. Mas, curiosamente, ambos os campos entrelaçam-se 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 (MENGENS, 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 que serão elucidados com mais detalhes nos próximos capítulos.

### 2.3.1. Elementos e estruturas em dobras

Para entender o como e o porquê da expansão do design de origami, é preciso antes de tudo esclarecer como se dá a estruturação da dobradura. Segundo Lang (2010) e Dureisseix (2012), a primeira característica fundamental do origami é que todo modelo possui dobras-vale e dobras-montanha em suas configurações. O que torna um origami mais ou menos complexo são a combinação e interação entre suas dobras-vale e dobras-montanha, demonstradas abaixo:

Figura 9- Composição básica do origami: Dobras-montanha e Dobras-vale.

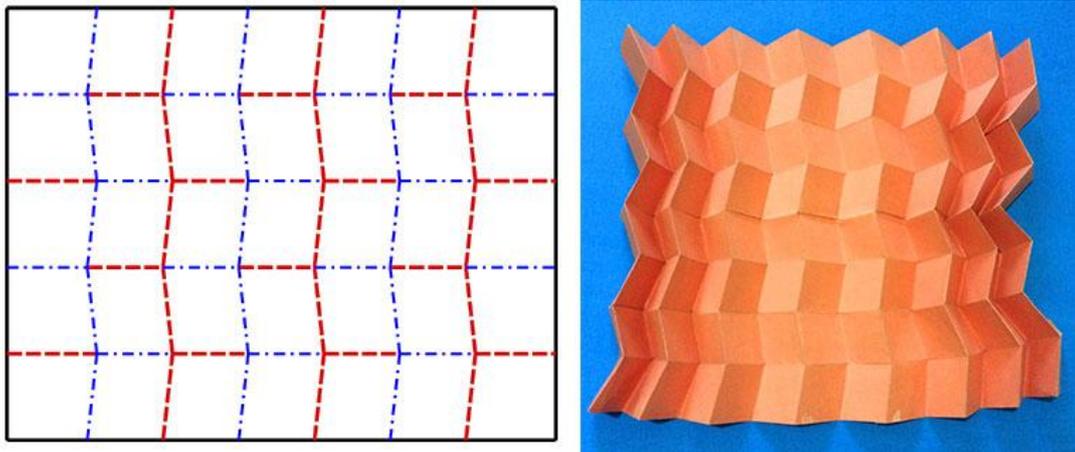


Fonte: elaborado pela autora.

À esquerda da figura 9 tem-se o papel com as duas configurações básicas que compõem qualquer tipo de origami. Em 9(a), está a dobra-montanha representada pela cor vermelha e em 9(b), está a dobra-vale representada pela cor azul. À direita tem-se um origami começando a se dobrar de acordo com um conjunto de dobras-vale e dobras-montanha, estas dispostas de uma determinada maneira ao longo do papel. Esta “determinada maneira” é caracterizada, por sua vez, pelo chamado *crease pattern*. O *crease pattern* constitui-se como o segundo 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, op. cit., p. 2). *Crease pattern* pode ser traduzido literalmente como padrão de dobras ou padrão de vincos. Porém, não se trata essencialmente de um “padrão”, tal termo dá a ideia de repetição geométrica, o que não acontece em todos os casos, vários modelos são simétricos e vários outros são assimétricos. *Crease pattern* diz mais respeito ao mapeamento do papel, quer dizer, um esquema estratégico de diagramação para montagem de determinados modelos de origami. Alguns *crease patterns* possuem linhas de cor diferente para diferenciar as vales das montanhas e, assim, facilitar a montagem – ver figura 10. A orientação de dobragem através desse

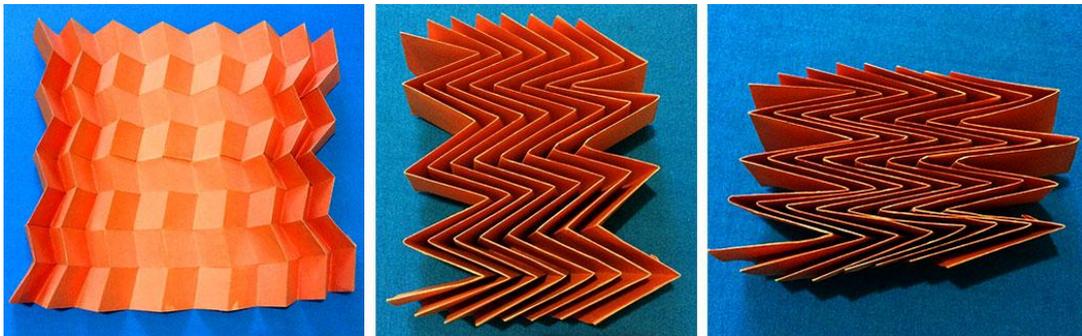
mapeamento do papel possibilita a confecção de um origami específico, como pode ser visto na figura 11.

Figura 10 - O *crease pattern* do origami Miura-Ori.



Fonte: elaborado pela autora.

Figura 11 - O processo de dobragem completa do Miura-Ori.



Fonte: elaborado pela autora.

Na figura 10, ao lado esquerdo consta o *crease pattern* do origami Miura-Ori, modelo criado pelo astrofísico Koryo Miura. Ao lado direito consta o papel já com as marcas das dobras feitas através do mapeamento do *crease pattern*. O Miura-Ori, mundialmente conhecido, é produto de um estudo de dobras para aplicação em grandes membranas espaciais (MIURA, 1985).

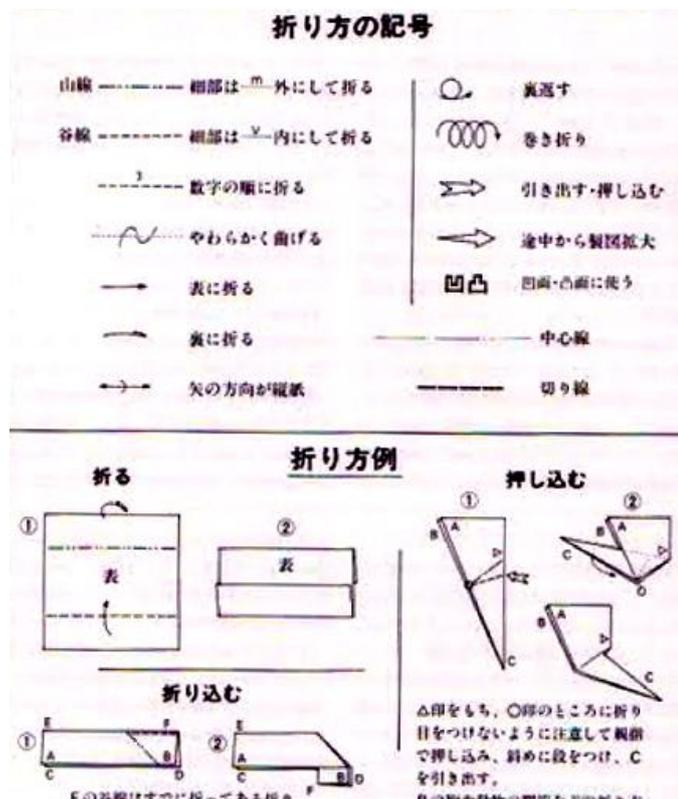
### 2.3.2. Áreas de comunicação e criação

Considerando o panorama histórico descrito por Hull e Lang (2005), o origami como é conhecido nos dias de hoje se construiu por meio de um longo processo de adoção de novas

linguagens comunicacionais no período moderno e contemporâneo (idem). O aprendizado das dobraduras começou de pessoa a pessoa, das mãos do mestre às mãos do aluno. Depois surgiram os diagramas ilustrados, quando a impressão no papel em série se tornou uma realidade moderna. Mais à frente, próximo aos dias atuais, surgiu o computador e a internet e, com eles, o origami divulgado digitalmente. Simultaneamente, o pensamento do *crease pattern* começou a ser explorado com a aplicação das dobraduras às pesquisas científicas e projetuais. O processo de comunicação e aprendizado do origami moderno começou com os diagramas ilustrativos de Akira Yoshizawa, mais à frente também adotados por Harbin e Oppenheimer, e logo foram popularizados e utilizados até hoje por origamistas contemporâneos (FUSE, 2007; MONTROLL, 2002; MUKERJI, 2008), saindo da divulgação restrita de pessoa a pessoa para se tornar uma forma de arte mundial:

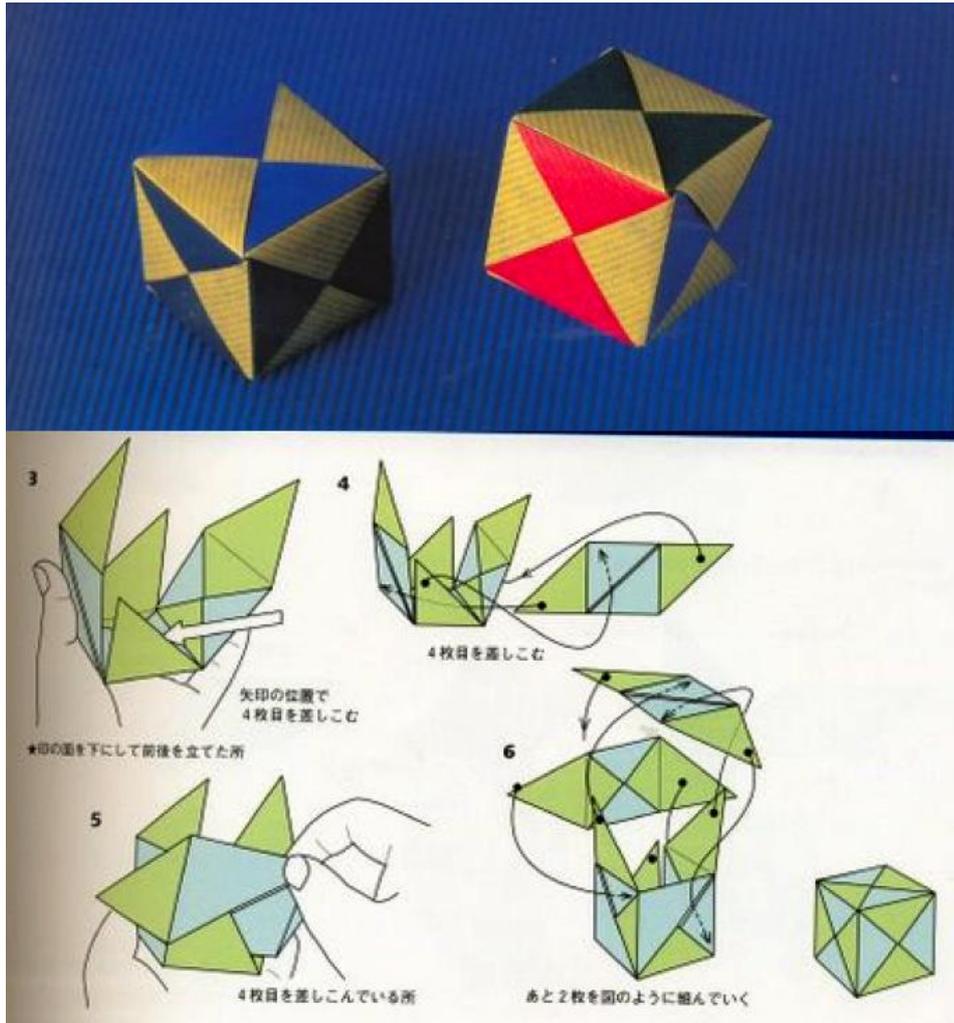
[...] o origami moderno, no sentido do que encontramos quando olhamos para um típico livro de instruções de origami, surgiu apenas entre 1940 e 1950. Foi quando milhares de indivíduos como o mágico Robert Harbin, na Inglaterra, Lillian Oppenheimer (a vovó do origami nos EUA), em Nova Iorque, e o mestre do origami Akira Yoshizawa, no Japão, se encarregaram em comunicar e popularizar esta arte para o resto do mundo. (LANG; HULL, op. cit., p. 92, tradução nossa).

Figura 12 - O diagrama ilustrativo de Akira Yoshizawa.



Tomoko Fuse, por exemplo, é uma das principais divulgadoras do origami ensinado com os diagramas ilustrados, possuindo mais de 60 publicações nas línguas japonesa, coreano, italiano, alemão e inglês. Seus origamis já foram expostos no museu do Louvre- França, no Reino Unido, Estados Unidos e na escola Bauhaus, Alemanha<sup>8</sup>.

Figura 13 - O diagrama ilustrativo de Tomoko Fuse.

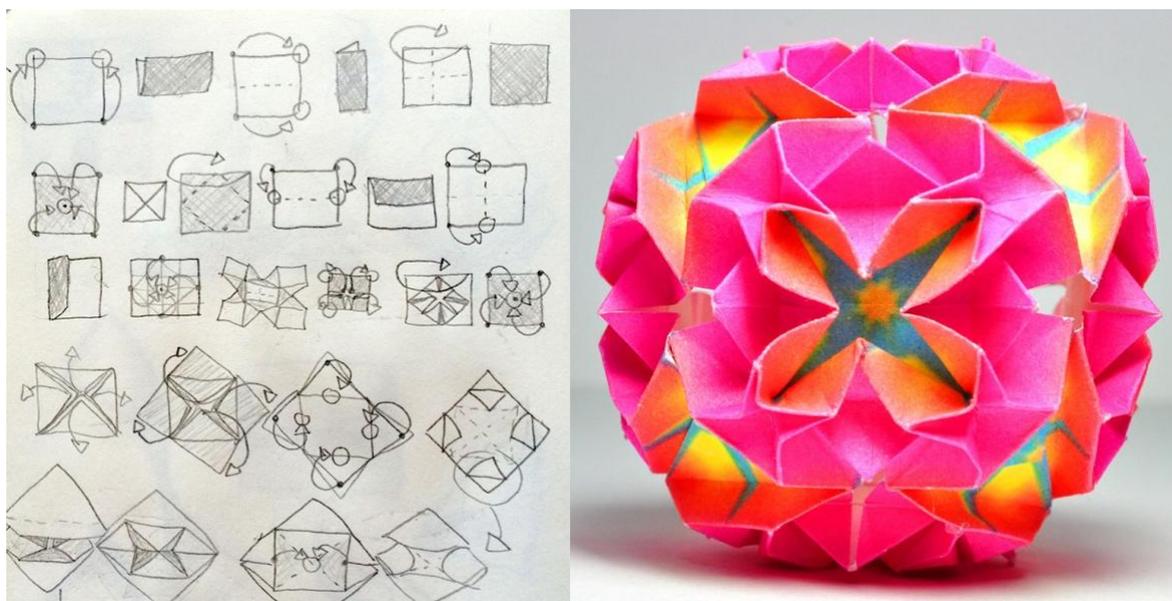


Fonte: adaptado de FUSE, 2007, p. 80.

O diagrama ilustrado não serve apenas para reproduzir modelos já existentes, mas constitui-se também como uma ferramenta metodológica para criar outros origamis inéditos. A familiaridade com o esquema passo a passo, exercitado com a leitura e prática de obras como as de Fuse, Montroll e Mukerji, faz com que o processo de modificação do papel transfira-se da estratégia da reprodução para a elaboração, como mostrado na figura 14.

<sup>8</sup> A biografia e trajetória profissional de Tomoko Fuse estão explanadas no prefácio de seu livro. Cf. FUSE, 2007.

Figura 14 - Criação do origami Hana através do diagrama ilustrado.



Fonte: elaborado pela autora.

Após o diagrama ilustrado, surgiram outras maneiras do origami ser divulgado, reproduzido e, conseqüentemente, criado, como os vídeos na internet, as aulas/oficinas de origami e a esquematização do *crease pattern*, conforme o fluxograma abaixo.

Figura 15 - Os diferentes tipos de reprodução/divulgação do origami.



Fonte: elaborado pela autora.

Os vídeos de origami estão exemplificados na figura 16: trata-se do canal online do brasileiro Jo Nakashima, cujos tutoriais de origami são um dos mais acessados no domínio Youtube, possuindo mais de um milhão de inscritos. Boa parte das dobraduras ensinadas são criações do próprio Nakashima.

Figura 16 - Canal de Jo Nakashima no Youtube.



Fonte: Disponível em: <<https://www.youtube.com/user/jonakashima/featured>>. Acesso em: 9 jun. 2016.

O ensino dinâmico através dos vídeos tutoriais de origami já foi instrumento de ludicidade aplicado às aulas de farmácia na faculdade St. John's University College of Pharmacy and Health Sciences, em Nova Iorque (SEE; CONRY, 2014). Buscando inovação no ensino pedagógico, See e Conry utilizaram o origami para passar conhecimento com os alunos lado a lado, eliminando a figura do professor “sábio no palco”, método de ensino conhecido como *flipped-classroom*, quer dizer, sala de aula invertida (Idem). A proposta girava em torno dos alunos assistirem e dobrarem o origami ensinado no vídeo do Youtube “How to make a paper crane”. Os professores acreditam que a escolha do tema dobradura era interessante para alunos de farmácia justamente porque lhes era um assunto desconhecido e, ao buscarem informações independentemente, o aprendizado foi transmitido de maneira interativa e democrática (Ibid.).

Percebe-se que o esquema passo a passo fica um pouco mais claro e dinâmico com o formato dos vídeos do que com o diagrama ilustrado, pois a mídia possibilita o registro visual da precisão dos movimentos que as dobras exigem. O terceiro modo de aprendizagem e criação de origamis são as aulas e oficinas presenciais, se tratando do aprendizado e exploração das dobraduras através do fazer manual coletivo físico e em tempo real. A oficina possibilita um modo mais rápido de aprender origami, pois o processo passo a passo é desenvolvido de maneira mais ativa através da ação em conjunto, onde um auxilia o outro.

Com o trabalho de Chen (2006), membro do Instituto Nacional de Educação de Cingapura, as aulas de origami alcançam o nível de inclusão social, promovendo o ensino de matemática para estudantes com problemas auditivos. Chen acredita que o origami é um dos melhores instrumentos pedagógicos, pois se trata de uma forma de arte que promove

experiências fortemente versadas na manipulação tátil e com apelo geométrico visual (CHEN, op. cit., p. 262). Outro exemplo do ensino com origami são as aulas de geometria desenvolvidas na Turquia por Arici e Aslan-Tutak (2015, p. 179). Os educadores instruem alunos de colegial, idades entre 15 a 16 anos, a dobrarem origamis enquanto extraem conceitos geométricos como os elementos de um triângulo, as relações de ângulos e lados, bissetrizes e mediatrizes. Arici e Aslan-Tutak concluem que o ato de dobrar origami auxilia o aprendizado dos alunos melhorando seus conhecimentos espaciais e associações de formas. A oficina de origamis é um método de ensino que também já foi aplicado na escola Puchenii Moşneni, Romênia, com o professor Andreass (2011).

De acordo com o relato (op. cit., p. 33), uma das principais razões que levou o professor a ensinar origami foi a falta de interesse e motivação dos alunos, além da dificuldade de comunicação entre eles, resultando em atitudes extremas como a violência física e verbal. Com a oficina, Andreass objetivou melhorar o ambiente estudantil em três aspectos: a curiosidade, através da amostra das possibilidades do que o aluno pode fazer com o papel; a ajuda coletiva, através do estímulo de praticar as dobraduras em grupos; e o autodescobrimento, através do desafio em buscar e reproduzir origami por si próprio. As aulas e oficinas de origami no Brasil estão exemplificadas na Figura 17 e 18. Trata-se de oficinas de dobraduras anuais, ministradas na UNESP – Universidade Estadual Paulista – em Bauru, São Paulo, de 2009 a 2015.

Figura 17 - Oficinas de origami desenvolvidas na UNESP de Bauru, 2009 a 2015.



Fonte: elaborado pela autora. Registros realizados pela organização do Interdesigners.

Em 2016, a oficina de origamis conseguiu se expandir e ser proposta para as escolas de ensino público fundamental, médio e técnico através da Semana de Ciências e Tecnologia de Bauru. A proposta da oficina nessa ocasião se modificou para ensinar aos estudantes de 10 a 15 anos não apenas a arte da dobradura, mas também princípios básicos de circuitos com LEDs. O objetivo foi demonstrar a possibilidade de mistura de linguagens entre a tradição artesanal do origami e a tecnologia dos circuitos eletrônicos às crianças e adolescentes.

Figura 18 - Oficina de origami e LED na Semana de Ciências e Tecnologia de Bauru, 2016.

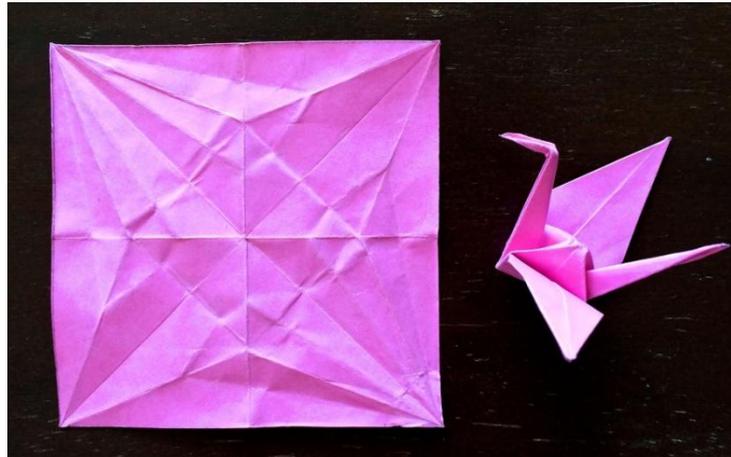


Fonte: elaborado pela autora.

Aprender origami pode abrir portas para diversas possibilidades de se descobrir e formular novas tecnologias emergentes, especialmente dentro do ramo dos metamateriais, estes sendo amplamente explorados atualmente (NEVILLE; SCARPA; PIRRERA, 2016; ZHOU; ZANG; YOU, 2016). Quando o origami é criado ou reproduzido através dos métodos de ensino como vídeos tutoriais, diagramas ilustrados ou oficinas, o processo de ação se foca no esquema do passo a passo.

Sejam os origamis reproduções de modelos já existentes, ou criações de outros novos, o processo passo a passo se foca em uma linha do tempo, com começo, meio e fim, cujas etapas são bem delineadas em cima da progressiva mutação do papel. Já as etapas de criação e reprodução através do *crease pattern* - o quarto tipo de difusão do origami -, apresentam uma trajetória diferente, uma vez que esse ramo do origami surgiu como método científico. O *crease pattern* pode ser tanto uma estratégia quanto consequência de criação do origami. O processo de consequência é observado através do desdobramento de um modelo de origami, quer dizer, o retorno ao seu estado inicial planejado. O papel desdobrado apresenta as marcas das dobras (que é o *crease pattern*) formadas em função da dobragem do modelo.

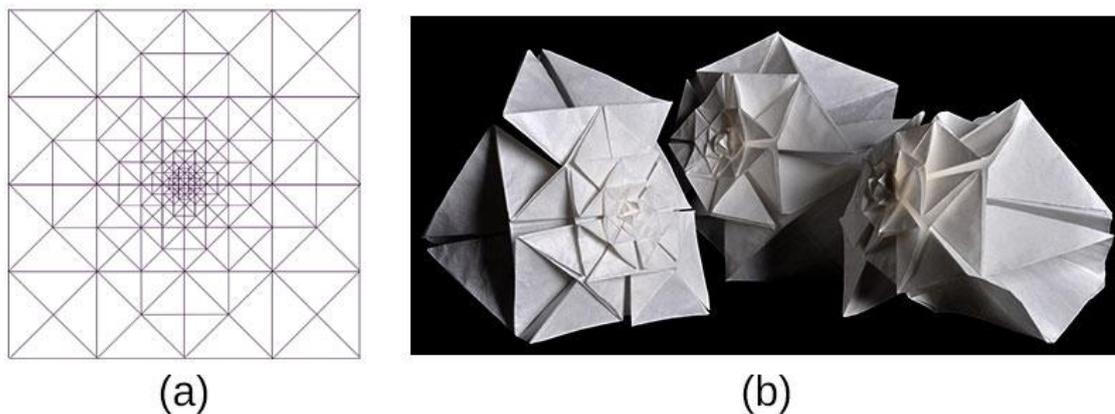
Figura 19 - O origami tsuru e seu *crease pattern*.



Fonte: elaborado pela autora.

O tradicional origami tsuru, por exemplo, possui um *crease pattern* como consequência do seu processo de dobragem. Todavia, por se configurar como uma espécie de “DNA” do papel, o *crease pattern* também é uma forma de reproduzir modelos existentes sem a necessidade de vídeos, oficinas ou diagramas. A próxima figura ilustra um exemplo.

Figura 20 - Desenho do *crease pattern* e o origami Andrea’s Rose.



Fonte: elaborado pela autora.

Na Figura 20(a) tem-se o *crease pattern* do origami Andrea’s Rose, autoria de J. C. Nolan; em 20(b) têm-se três modelos prontos baseados nesse mapeamento de dobras. O que se torna claro ao dobrar um origami, não a partir de esquemas passo a passo, mas através de seus *crease patterns*, é a visualização da construção do modelo como um todo. A transformação do plano 2D para o plano 3D e, conseqüentemente, da forma simples para a forma complexa, tornam-se

evidentes com tal adoção visual/tátil. O *crease pattern* passou a ser adotado como estratégia de design a partir de estudos como o Miura-Ori para materiais espaciais (MIURA, 1985), o programa de modelagem Ori-Revo (MITANI, 2009) e o telescópio Eyeglass (HYDE et al., 2002). Tais projetos foram elaborados objetivando diferentes inovações com a mesma ferramenta: o mapeamento de dobras em busca de formas específicas.

### 2.3.3. Áreas de atuação

O origami é uma linguagem diversificada e dinâmica. Sua complexidade histórica refletiu em sua estética naturalmente mestiça através das diferentes apropriações no ocidente e oriente (HATORI, 2011), fazendo com que as dobraduras hoje detenham 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.

Segmento do Origami	Forma Associada	Quantidade de folhas de papel	Técnica
Origami Tradicional (折り紙)	Figuras Representativas e/ou Geométricas	1 folha	Dobras
<i>Kusudama</i> (くす玉) / Modular	Figuras Modulares	Mais de 1 folha	Dobras, Cortes, Colagem, Costura
<i>Tessellations</i>	Padrões Geométricos	1 folha	Dobras
<i>Kirigami</i> (切り紙) / <i>Pop-Up</i> / Arquitetônico / <i>Papercraft</i>	Figuras Representativas e/ou Geométricas	1 folha ou mais	Dobras, Cortes, Colagem
<i>Snapology</i> / Tiras	Figuras Modulares	Mais de 1 folha	Dobras e Cortes

Fonte: elaborado pela autora.

Para entender cada segmento, precisa-se antes esclarecer as formas associadas. As formas representativas pertencem ao âmbito concreto e constituem-se como signos de pessoas, objetos, plantas, animais, etc. Também pertence a este ramo figuras mitológicas como dragões, ogros, fênix, entre outras figuras fantásticas. As formas geométricas pertencem ao âmbito abstrato e podem representar tanto construções com ângulos, ou seja, conjunto de retas e

planos, como construções com curvas, ou seja, conjunto de espirais, elipses ou círculos. As figuras modulares possuem uma característica especial que as diferem das figuras geométricas em geral, que é o fator de modulação de peças, ou seja, a confecção e união de vários módulos iguais para compor um todo. Os padrões geométricos são a repetição de uma determinada figura geométrica ao longo do plano do papel, podendo ser uma figura com ângulos ou curvas.

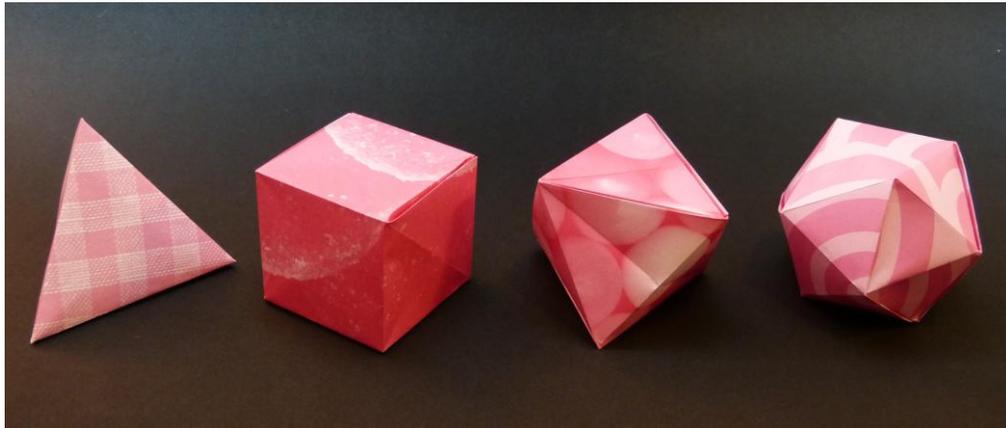
O origami tradicional, como já mencionado, é a dobradura feita com uma única folha de papel (LANG, 2010), a característica mais importante e a primeira a ser explorada historicamente. A concepção artística do origami tradicional baseia-se nas formas representativas ou geométricas.

Figura 21 - Origami Tradicional de Satoshi Kamiya e Akira Yoshizawa.



Fonte: KAMIYA, 2012; YOSHIZAWA, 1984.

Figura 22 - Origami Tradicional de John Montroll.



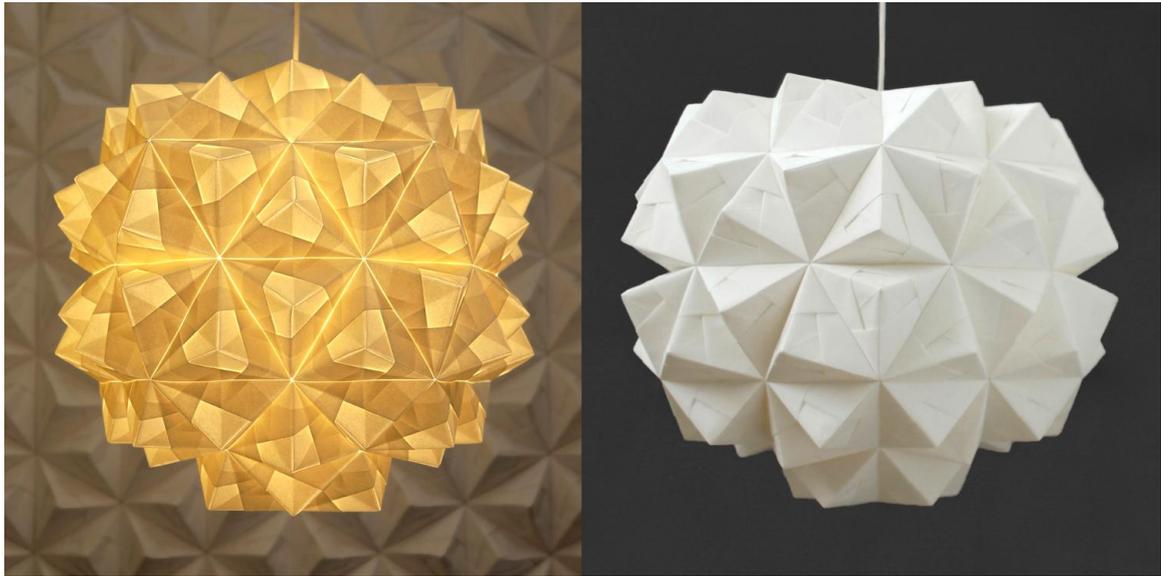
Fonte: Disponível em: <<https://www.flickr.com/photos/ebesan2000/13178742034>>. Acesso em: 4 fev. 2017.

O *kusudama* (ou origami modular) compõe o segundo segmento da tabela 1, sendo uma espécie de globo composta por vários módulos de papel unidos no centro. A união pode ser feita através de encaixes de dobras, cola ou costura. Sua origem remonta o Japão pré-moderno, antes da abertura do comércio japonês nos anos de 1850: o *kusudama* era uma bola que continha ervas medicinais e que costumeiramente ficava suspensa acima da cama dos enfermos para auxiliar no combate às doenças (KENNEWAY, 1987, p. 95). Dessa prática surgiu seu nome, *kusu* (くす) é remédio, e *dama* (玉) é bola (YAMAGUCHI, 2000, p. 77). Hoje os *kusudamas* são utilizados para decoração e design de interiores. Um exemplo de *kusudama* atualizado em produto de consumo é a luminária Sonobe, desenvolvida pelo estúdio de design Foldability, em Londres – figura 24.

Figura 23 - *Kusudama* de Makoto Yamaguchi.

Fonte: YAMAGUCHI, 2000, p. 11-12.

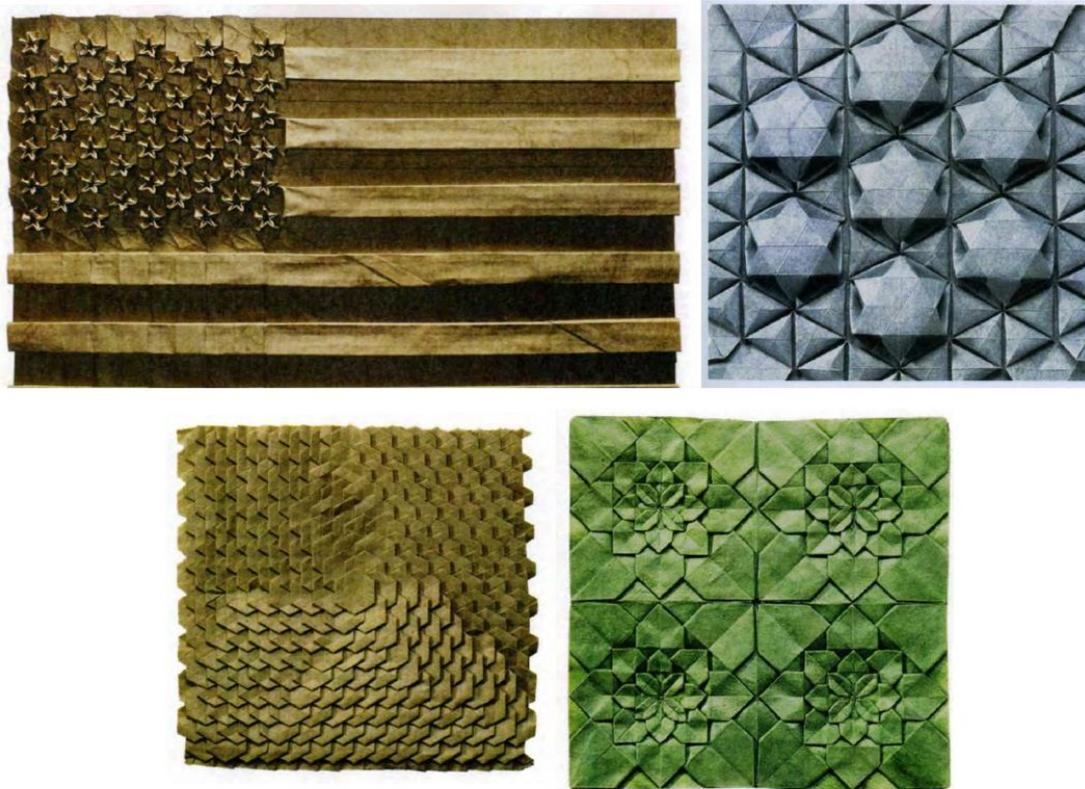
Figura 24 - *Kusudama* luminária do estúdio de design Foldability.



Fonte: Disponível em: <<http://www.foldability.co.uk/sonobe-collection>>. Acesso em: 6 fev. 2017.

O origami *tessellations*, terceiro segmento do origami artístico, é uma dobradura de papel que possui repetidos padrões geométricos ao longo do plano, assemelhando-se a telhas ou mosaicos (VERRILL, 1998, p. 55). Sua origem data desde a antiguidade com os mosaicos e telhas dos romanos e bizantinos, mas principalmente com os artesãos islâmicos que, durante o apogeu de sua atividade artística no século XIII, criaram uma das maiores referências para o origami *tessellations*: o palácio de Alhambra em Granada, Espanha (GJERDE, 2008, p. 2). Da argila, concreto e telhas dos artesãos islâmicos, passando pelos desenhos bidimensionais de Escher no século XIX, os *tessellations* transpostos para as dobras de papel passaram a ser uma nova forma de arte evidenciada pelos professores Ronald Resch e Shuzo Fujimoto, entre 1950 a 1970 (GJERDE, op. cit.). Hoje o origami *tessellations* está sendo muito utilizado no design de moda, pois possui grande facilidade de aplicação em tecidos.

Figura 25 - Origami *Tessellations* de Robert Lang, Joel Cooper e Eric Gjerde.



Fonte: GJERDE, 2008.

O artista Chris Palmer, por exemplo, foi um dos pioneiros a aplicar o origami *tessellations* em tecido, desenvolvendo uma série de workshops e palestras como a da figura 26 - uma de suas oficinas desenvolvidas em Berkeley, Califórnia (MCKEVITT, 2012).

Figura 26 - Oficina de origami *tessellations* em tecido de Chris Palmer.



Fonte: Disponível em: <<http://blog.berkeleyrep.org/2012/01/fabric-origami-with-chris-palmer.html>>. Acesso em: 6 fev. 2017.

Figura 27 - Origami *Tessellations* na coleção de moda de Issey Miyake.

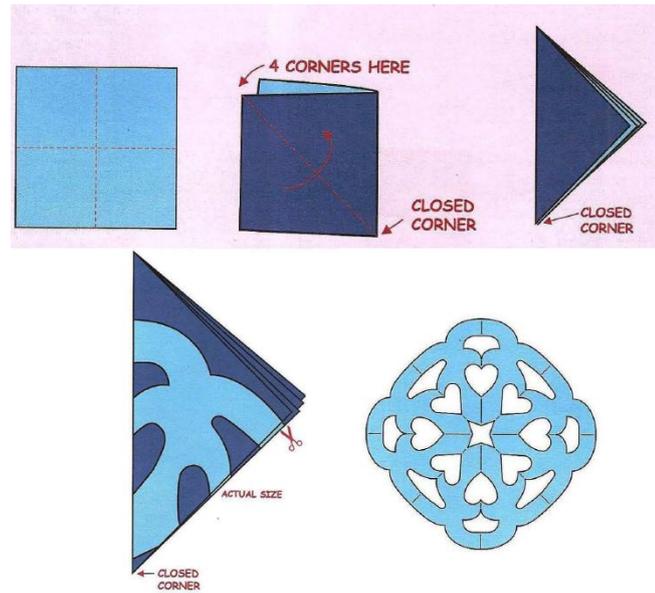


Fonte: Disponível em: <<http://www.vogue.co.uk/fashion/spring-summer-2015/ready-to-wear/issey-miyake>>. Acesso em: 6 fev. 2017.

Dentro da mesma linha de ação projetual de Palmer, o estilista Issey Miyake é uma importante referência contemporânea do origami *tessellations* aplicado na moda (TEIXEIRA et al., 2015, p. 113). Em sua coleção Primavera Verão 2015, Miyake comprova que a inovação com o origami vai muito além da arte em papel, abrindo um leque de possibilidades que o vestuário pode abarcar.

O *kirigami*, quarto segmento da tabela 1 e também conhecido como arquetônico, se trata da construção de uma peça artística em papel através de dobras e cortes (UENO, 2011). Tendo sua provável origem na China juntamente com a invenção do papel em 105 d.C., o *kirigami* foi explorado na confecção de talismãs e brincadeiras de teatro (YAMADA, 2016, p. 53). A técnica de corte e dobra no papel foi atualizada em 1981 por Masahiro Chatani com a aplicação mais voltada para a arquitetura (CHATANI, 1983 apud UENO, op. cit.). O kirigami também é muito utilizado hoje no design gráfico com os livros infantis, onde é popularmente conhecido como *pop-up* (figura 30).

Figura 28 - Kirigami de Florence Temko.



Fonte: TEMKO, 2004, p. 8-12.

Figura 29 - Kirigami arquitetônico de Ramin Razani.



Fonte: RAZANI, 1993, p. 11-27.

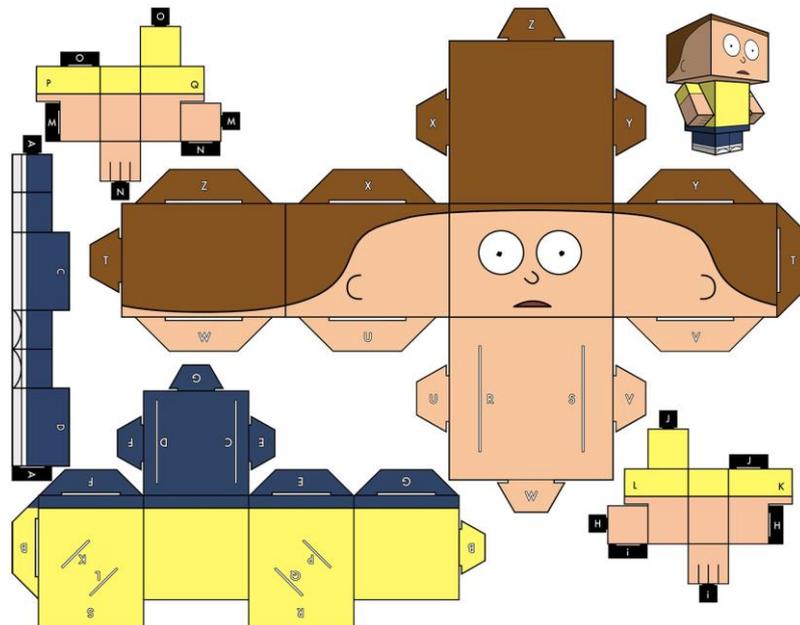
Figura 30 - Kirigami pop-up de Robert Sabuda.



Fonte: Disponível em: <<http://www.iocomunica.com.br/voce-sabe-o-que-e-um-livro-pop-up/>>. Acesso em: 6 fev. 2017.

O *papercraft*, embora elencado na mesma área do *kirigami* por semelhança de técnica, é um segmento um pouco diferente. Mais aplicado ao design de embalagens e ao design de brinquedos, o *papercraft* se trata do projeto de planificação de uma figura tridimensional, quer dizer, da concepção de uma peça complexa através de um plano com dobras, cortes, encaixes e/ou cola. A principal diferença do *papercraft* frente a outros tipos de origamis está no fato de que a figura planificada não parte de um quadrado de papel, mas sim do recorte de uma forma específica e diversificada, além da união de vários tipos de dobraduras para compor um todo. Um exemplo está na figura 31, onde vários planos como a cabeça, tronco, pernas e braços estão separados na forma planificada e são unidos depois de dobrados para compor o boneco final.

Figura 31 - *Papercraft* de Justin Roiland e Dan Harmon.



Fonte: Disponível em: <<http://www.cubecraft.com/cubee/morty-smith>>. Acesso em: 5 fev. 2017.

Métodos de construção computadorizada para *papercrafts* estão sendo desenvolvidos por cientistas como Mitani e Suzuki (2004), que contribuem para a indústria tanto em termos de rapidez na confecção de brinquedos como também na possibilidade de detalhes complexos e organicidade representativa.

O último segmento do origami artístico da tabela 1 é o *snapology*, ou origami em tiras, uma das áreas mais recentes das dobraduras. Criado por Heinz Strobl (GOLDMAN, 2011), o *snapology* funciona de maneira parecida com os *kusudamas*, pois é um origami modular, porém com a diferença de que os módulos são várias tiras de papel, tornando a figura tridimensional mais “oca”.

Figura 32 - *Snapology* de Heinz Strobl.



Fonte: adaptado de STROBL, 2010.

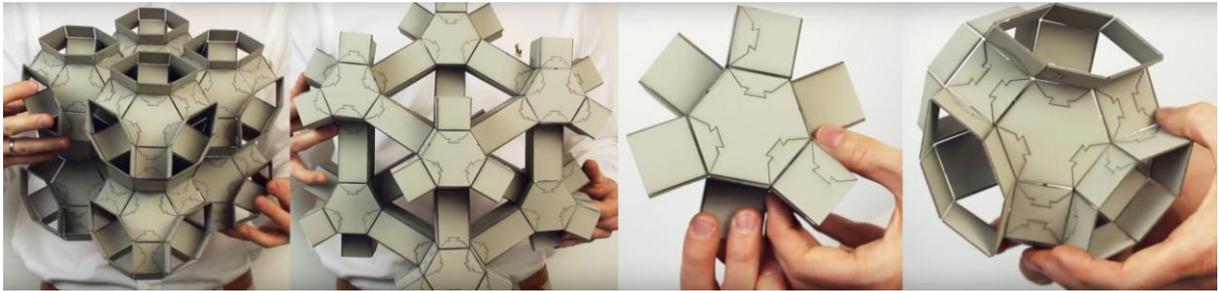
Segundo Strobl (op. cit.), o *snapology* tem interessante aplicação nos projetos de arquitetura e design de moda devido à sua praticidade de montagem pautada nos princípios matemáticos geométricos como os sólidos de Arquimedes e Platão (idem).

Figura 33 - Protótipo de um hangar com o origami *Snapology*, de Heinz Strobl.



Fonte: adaptado de STROBL, 2010.

Figura 34 - Metamateriais baseados no *Snapology*, por Overvelde, Weaver, Hoberman e Bertoldi.



Fonte: Disponível em: <<https://www.seas.harvard.edu/news/2017/01/toolkit-for-transformable-materials>>.

Acesso em: 6 fev. 2017.

O *snapology* também possibilitou uma contribuição recente para a pesquisa em metamateriais com Overvelde et. al., (2017). Os pesquisadores da Universidade de Harvard afirmam que os metamateriais/materiais arquitetados estão cada vez mais em alta nas pesquisas científicas mundiais em design devido à “possibilidade de incorporar mecanismos internos capazes de reconfigurar sua arquitetura espacial, e dessa forma tornar possível o ajuste de funcionalidade” (OVERVELDE et al., op. cit., p. 347, tradução nossa). Segundo os mesmos, as concepções em protótipos funcionais (como os mostrados na figura 34 acima) 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 ajustáveis<sup>9</sup> (idem).

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, os projetos foram formulados em consequência da prática estética. A próxima tabela de número 2, porém, representa o movimento contrário de apropriação, tendo o design como ponto de partida. A tabela 2 foi construída visando técnicas do origami criadas com o objetivo específico de pesquisa e design aplicado atualmente. Para a elaboração da mesma, foram considerados os estudos Francis et al. (2014, p. 2).

<sup>9</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.

Tabela 2 - Divisões do Design de Origami.

Segmento do Origami	Forma Associada	Ponto de Referência	Áreas de atuação
Inspiração	Abstrata, Subjetiva	Raciocínio das Dobras	Biologia Molecular, Medicina, Genética, Nanotecnologia, Bioquímica
Adaptação	Concreta, Objetiva	Mecanismo das Dobras	Engenharias, Robótica, Design de Produto, Artes, Arquitetura, Moda

Fonte: elaborado pela autora.

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. 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 prática abrangente: “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 descrito por Bonsiepe é precisamente a característica que permeia as pesquisas com origami atualmente.

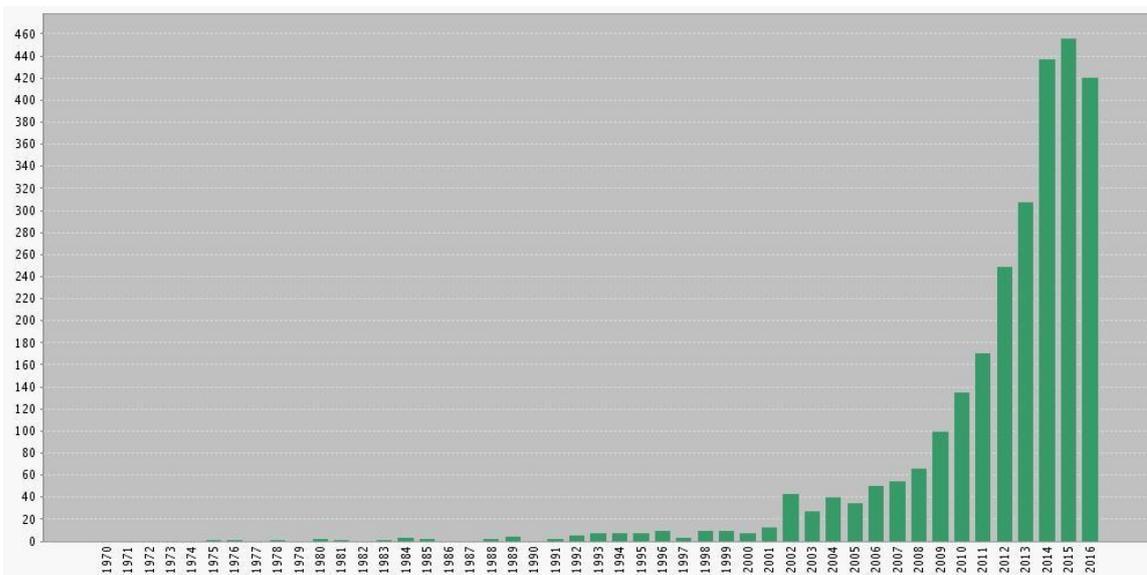
O segmento de adaptação está mais conectado ao mecanismo das dobras, ou seja, como o origami funciona como objeto ou estrutura. Essa área apresenta pesquisas mais práticas e de enfoque no funcionalismo e criatividade como as ciências sociais aplicadas e as engenharias. Entretanto, existem domínios que 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.

#### 2.3.4. Bibliometria de pesquisa

Para entender melhor os segmentos da tabela 2 no capítulo anterior, foi desenvolvido um estudo bibliométrico baseado nas configurações atuais de pesquisa sobre o origami em âmbito científico mundial. A busca de dados foi realizada em duas bases de dados, Web of Science e Scopus, com início em 08 de maio de 2016, e atualizada em 24 de novembro de 2016.

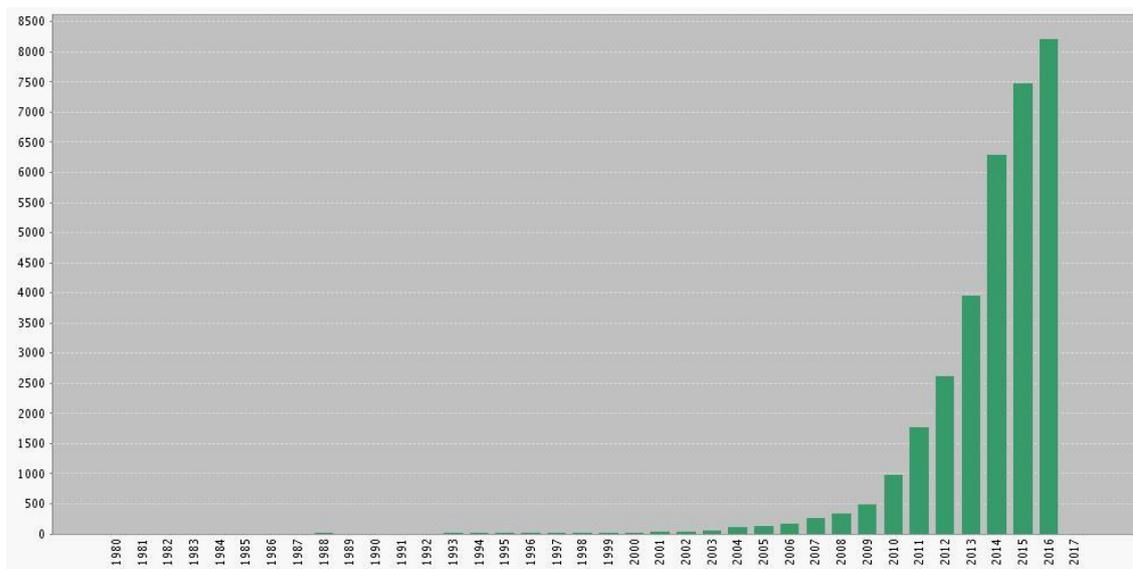
A base de dados Web of Science possui aproximadamente 90 milhões de registros que abrangem periódicos, congressos e patentes<sup>10</sup>. Dentro dela buscou-se o tópic “origami” entre os anos 1990 até 2016: em maio de 2016 foram encontrados 2208 documentos, ao passo que em novembro foram encontrados 2.719 documentos relacionados com o termo. Dois gráficos foram gerados a partir dos resultados da bibliometria mais atual:

Figura 35 - Gráfico de evolução anual dos documentos publicados envolvendo o tema “origami”.



Fonte: WEB OF SCIENCE, 2016.

Figura 36 - Gráfico de evolução anual de citações em documentos envolvendo o tema “origami”.



Fonte: WEB OF SCIENCE, 2016.

<sup>10</sup> Cf. <<http://wokinfo.com/citationconnection/>>. Acesso em 8 jun. 2016.

Os gráficos acima demonstram que a pesquisa sobre o origami tem crescido consideravelmente nos últimos 10 anos. Com relação à figura 35, o número de documentos publicados em conexão com o tópico “origami” aumentou de 37 em 2005, para 458 em 2015: um aumento de 1237% (cálculos aproximados). Já o número de citações de documentos que falam sobre o origami, figura 36, é ainda maior: por cálculos aproximados, com menos de 200 citações em 2005, o origami foi mencionado por volta de 8200 vezes em 2015: um aumento de 4100%. Essas altas porcentagens ao longo dos anos são um indício claro de como a natureza do origami contemporâneo tem se configurado atualmente: uma linguagem acessível e versátil em diversas situações, inclusive na pesquisa científica.

Para entender um pouco mais da natureza destas pesquisas, como os tipos de enfoques e países envolvidos, utilizou-se a base de dados Scopus, que conta com mais de 60 milhões de registros em periódicos e mais de 113 mil livros publicados<sup>11</sup>. Buscando o tópico “origami” dentro dos títulos, resumos e palavras-chaves das publicações, foram encontrados 2231 documentos. O site gerou automaticamente uma série de gráficos sobre esses resultados, alguns aqui recortados:

Figura 37 - Países envolvidos com as publicações sobre origami.



Fonte: adaptado de SCOPUS, 2016.

<sup>11</sup> Cf. <<https://www.elsevier.com/solutions/scopus/content>>. Acesso em 8 jun. 2016.

Na figura 37 têm-se os países envolvidos com a pesquisa do origami. A Scopus considera como representante do país os autores das publicações. Como há muitas publicações com vários autores envolvidos, a maioria dos artigos possui diferentes nacionalidades envolvidas em um mesmo documento. O primeiro fato a se verificar é que em primeiro lugar está os Estados Unidos, com 862 publicações, e não o Japão, precursor histórico do origami. Tal comportamento comprova a modificação de eixos geográficos com relação à apropriação do tema<sup>12</sup>. Sabe-se que uma das causas da ascensão dos Estados Unidos deve-se ao trabalho de divulgação do físico Robert J. Lang, que faz palestras sobre o origami científico no mundo inteiro, contribuindo para a solidificação e reconhecimento do tema internacionalmente. Outro pesquisador do eixo americano muito conhecido é o professor do MIT (Instituto de Tecnologia de Massachusetts) Erik D. Demaine. Em segundo lugar de publicações com o origami tem-se o Japão, com 347 publicações. Dois importantes divulgadores da pesquisa das dobraduras no eixo japonês são os professores Tomohiro Tachi, da Universidade de Tóquio, e Jun Mitani, da Universidade de Tsukuba. China, Alemanha, Reino Unido e França aparecem na sequência dos maiores números de publicações.

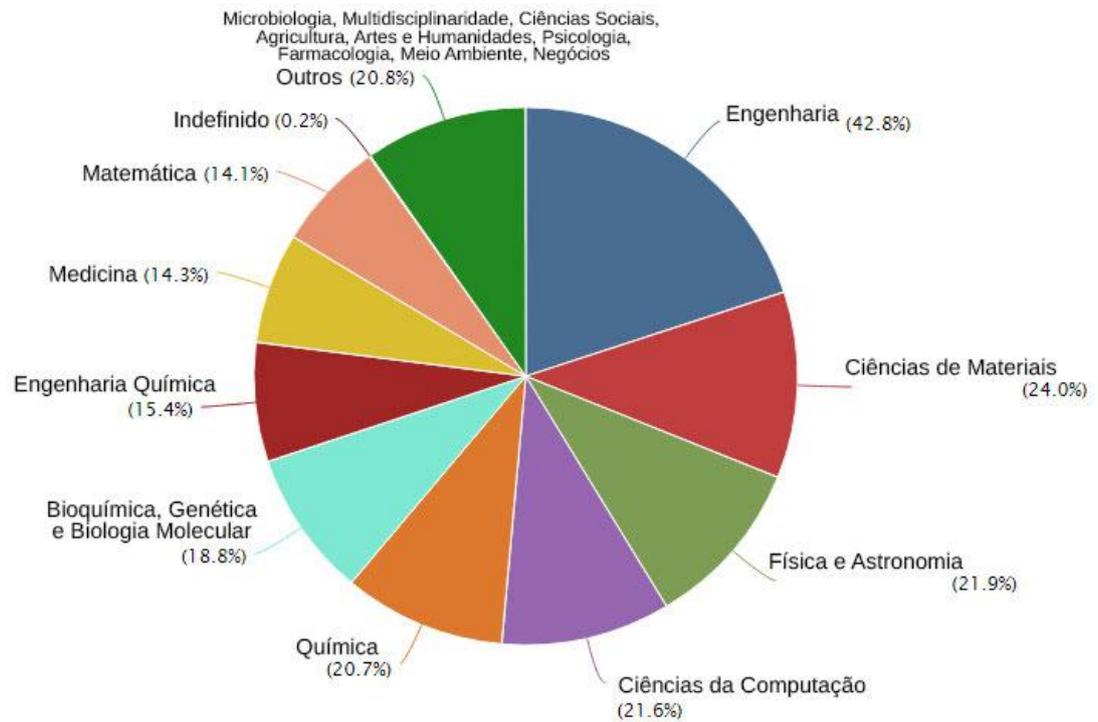
No Brasil, 4 publicações foram encontradas envolvendo o tema do origami, um número que expressa ser o assunto ainda muito novo por aqui. As publicações brasileiras são artigos de periódicos, e os temas abrangem as áreas do Meio Ambiente, Agricultura, Ciências de Materiais, Ciências Sociais, Física e Astronomia. Os autores brasileiros são da Universidade Federal do Paraná, Universidade Federal de Ouro Preto, Universidade Federal de Minas Gerais, Universidade Federal Fluminense e Universidade Federal do Rio de Janeiro. Ainda que seja um número tímido com relação ao eixo norte do mundo, as publicações brasileiras possuem relevante complexidade e especificidade sobre o origami científico. O próximo gráfico mostra as diferentes áreas do conhecimento das publicações em geral que envolvem o tema do origami.

---

<sup>12</sup> Jun Mitani, em entrevista, indica haver certa dificuldade dos japoneses desassociarem a tradição do origami para utilização em pesquisas acadêmicas. Cf. Apêndice A.

Figura 38 - As áreas de estudo das publicações sobre origami.

### Áreas de estudo dos documentos



Fonte: adaptado de SCOPUS, 2016.

Na figura 38, percebe-se que há uma variedade de diferentes áreas que envolvem os estudos de origami, e suas aparições também são relativamente balanceadas comparadas umas às outras. A exceção está na Engenharia, que representa quase metade das publicações. Ressaltando que as áreas ilustradas no gráfico não representam números absolutos, cada documento pode estar inserido em mais de uma área ao mesmo tempo. A variedade de assuntos evidencia que o origami consegue permear diferentes setores do conhecimento, demonstrando o seu caráter naturalmente multidisciplinar. Na área "Outros", representado por 20,8% do total, há um número considerável de estudos diversificados, envolvendo desde a Enfermagem e Psicologia até as Artes, Negócios e Farmacologia. Na figura 39, constam os números absolutos de documentos publicados em todas as áreas relacionadas:

Figura 39 - Números totais das áreas de publicações sobre origami.

Subject Area	Documents ▾
- Engenharia	954
- Ciências de Materiais	536
- Física e Astronomia	488
- Ciências da Computação	482
- Química	462
- Química, Genética e Biologia Molecular	420
- Engenharia Química	343
- Medicina	318
- Matemática	314
- Imunologia e Microbiologia	77
- Multidisciplinaridade	74
- Ciências Sociais	51
- Agricultura e Ciências Biológicas	46
- Artes e Humanidades	46
- Psicologia	35
- Farmacologia, Toxicologia e Farmacêuticos	34
- Ciências do Meio Ambiente	24
- Negócios, Gestão e Contabilidade	19
- Ciências Planetárias e da Terra	15
- Energia	12
- Neurociência	12
- Profissões da Saúde	7
- Indefinido	4
- Veterinária	4
- Odontologia	2
- Enfermagem	2
- Ciências de decisão	2
- Economia, Econometria e Financeiro	1
Total de Documentos	2231

Fonte: adaptado de SCOPUS, 2016.

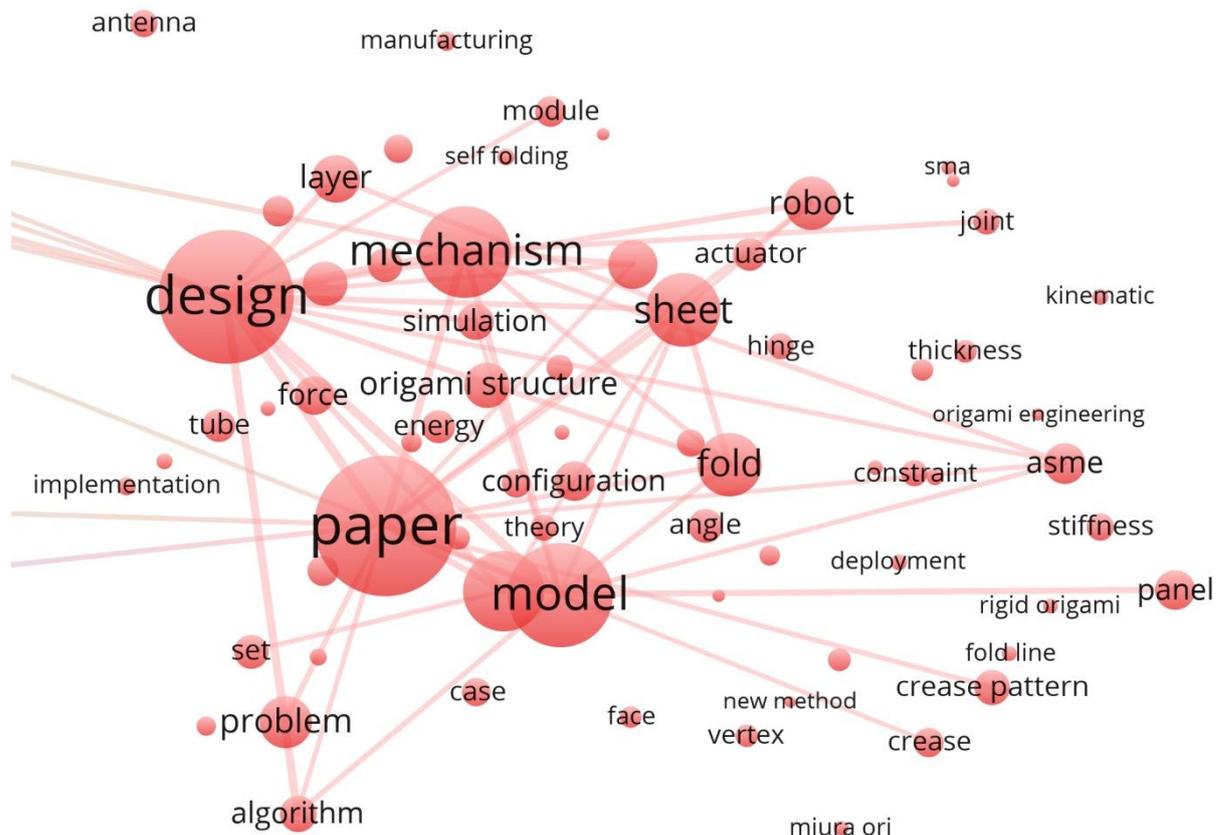
Percebe-se que a área da Multidisciplinaridade é a que mais possui destaque dentro da área “Outros”, o que demonstra seu potencial de crescimento ainda que tímido se comparado a outras grandes áreas da biologia, química, física e matemática. A última parte desta análise bibliométrica buscou entender melhor o caráter das pesquisas de forma mais específica e como



robótica, pois possuem muitos termos próprios da área). Um exemplo dessa margem de erro é utilizar uma contagem de repetição de termos muito pequena: esta escolha pode culminar em um resultado de termos com diversas naturezas específicas, fazendo com que o gráfico gerado se torne muito complexo, cheio de informações e de difícil análise. Depois de vários testes, adicionando e subtraindo o número de repetições, notou-se que o mapa que indicava os termos mais relevantes dentro do assunto “origami” era o que possuía o número de, no mínimo, 30 repetições: um total de 295 termos encontrados.

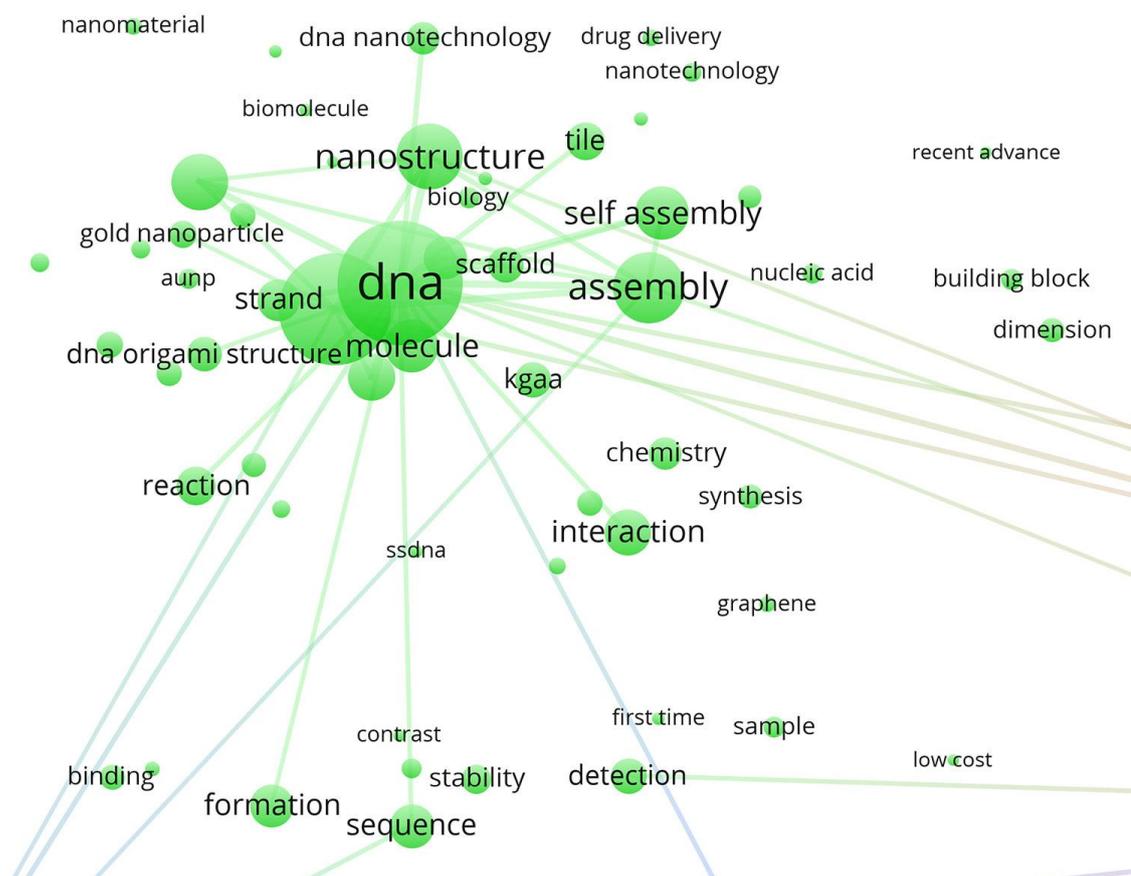
Dentro dos 295 termos encontrados, o programa selecionou automaticamente 60% dos mais relevantes. Porém, mesmo depois dessa seleção automática, alguns termos foram retirados manualmente por serem considerados integrantes da gramática textual e não um termo de relevância para o estudo. Algumas das palavras retiradas foram: conclusão, expressão, Elsevier (nome de uma das principais editoras dos documentos), tópico, lado, nível, revisão, etc. As próximas figuras são recortes mais aproximados do mapa da figura 40, apresentando as seguintes interações entre os termos mais mencionados nas publicações:

Figura 41 - Zoom do mapa de termos - área vermelha.



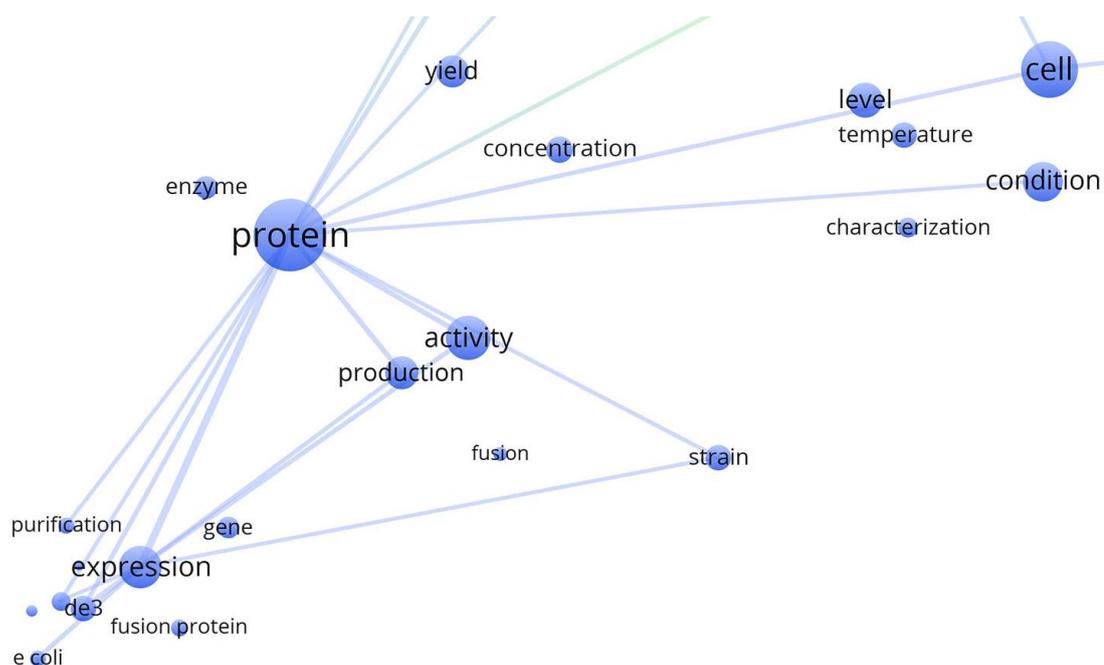
Fonte: elaborado pela autora.

Figura 42 - Zoom do mapa de termos - área verde.



Fonte: elaborado pela autora.

Figura 43 - Zoom do mapa de termos - área azul.



Fonte: elaborado pela autora.

Analisando as figuras 41, 42 e 43, notam-se três grandes áreas de interação entre os termos selecionados. Através de termos como “engenharia do origami”, “estrutura”, “mecanismo”, “robô”, “autodobrável”, “simulação”, “modelo”, “cinemático”, “origami rígido”, “dobradiça”, “desdobramento”, entre outros, percebe-se que a área vermelha representa pesquisas que estudam o mecanismo das dobras, ou seja, abrangem as áreas do design da engenharia, robótica, artes e ciências sociais aplicadas. Através de termos como “DNA”, “nanoestrutura”, “ácido nucléico”, “*scaffold*”<sup>13</sup>, “química”, “síntese”, “molécula”, entre outros, percebe-se que os setores verdes representam a área de microbiologia, química e genética. Através de termos como “fusão protéica”, “proteína”, “concentração”, “célula”, “enzima”, “purificação”, entre outros, percebe-se que os setores azuis também representam a área da genética e biologia molecular.

As bolinhas representam os termos de ocorrência, os que estão bem próximos uns dos outros possuem conexão apenas com as bolinhas do mesmo grupo. Por exemplo: “papel”, “padrão”, “folha”, “design” e “*crease pattern*” estão no mesmo grupo de interação que é o vermelho. Os termos que estão bem afastados dos grupos são aqueles que possuem conexão com duas ou mais áreas, é o caso de termos como “célula”, “sensor”, “baixo custo” e “implementação”. O tamanho das bolinhas indica o número de ocorrências dos termos. Por exemplo: bolinhas grandes como “DNA origami”, “DNA”, “design” e “papel” possuem de 800 a 700 ocorrências dentro dos documentos; bolinhas médias como “dobra”, “mecanismo”, “padrão”, “modelo”, “proteína”, “célula”, “folha”, “montagem”, “nanoestrutura” e “automontagem” possuem de 400 a 260 ocorrências; bolinhas pequenas como “arte”, “*crease pattern*”, “usuário”, “autodobrável”, “protótipo”, “ácido nucléico”, “estrutura de DNA origami”, “química”, “nanotecnologia DNA”, “purificação”, “gene” possuem de 140 a 50 ocorrências.

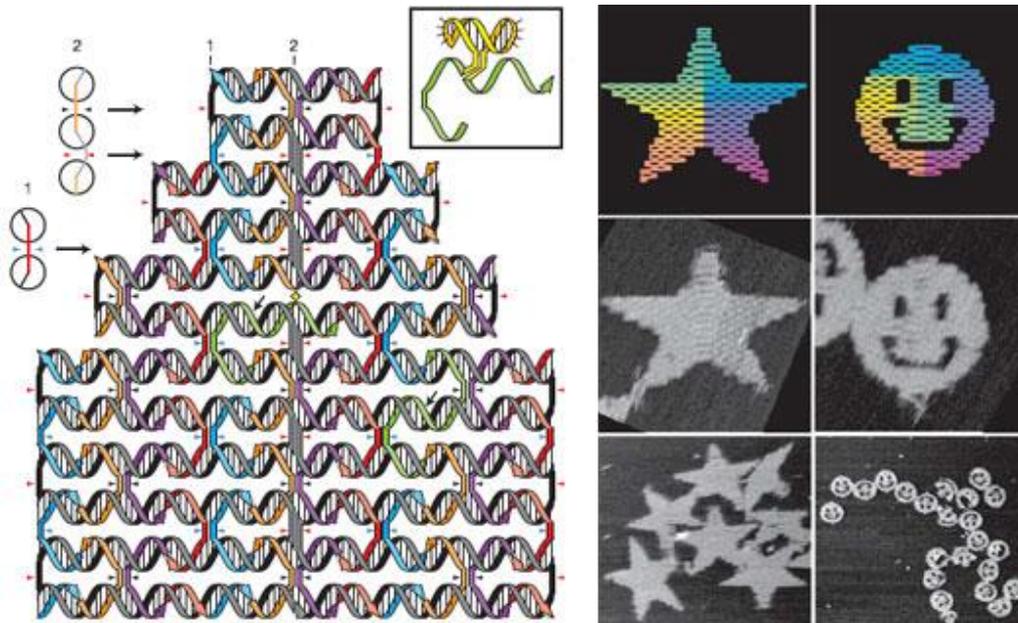
Mas o que esse gráfico realmente significa? Como o design de origami se conecta com esses termos e o que deles pode-se extrair de informação? Visualmente, são analisadas três situações considerando o mapa bibliométrico gerado. Primeiro, a área de pesquisa biológica, que na tabela 2 do capítulo “Área de atuação” foi classificada como design de inspiração, é uma das mais expressivas e recorrentes, pois abrange tanto o campo azul quanto o campo verde. Porém, nota-se que a diversidade de termos é baixa, o que indica o caráter específico de estudos como a nanotecnologia. Segundo, o campo vermelho, que na tabela 2 classificou-se como design de adaptação, é o mais diversificado e com caráter mais multidisciplinar. Nota-se isso através da conexão e proximidade de vários termos (papel, modelo, design, padrão, folha, geometria,

<sup>13</sup> Nome de uma proteína. Cf. ROTHEMUND, 2006.

mecanismo) com diferentes áreas como robótica, artes, engenharia, matemática e ciências de materiais. Terceiro, o campo vermelho se foca em pesquisas de processos de aplicação do origami em diversas áreas do conhecimento científico e projetual, ao passo que os campos verde e azul se focam em pesquisas específicas aplicadas à biologia molecular, medicina, genética, microbiologia e bioquímica.

Considerando o mapa de termos, nota-se que no momento em que o origami é tratado como pesquisa de mecanismo, quer dizer, como design de adaptação, ele consegue ser inferido em diferentes áreas do conhecimento com liberdade de ação (campo vermelho), trazendo diversidade multidisciplinar e inovação metodológica em diferentes escalas<sup>14</sup>. Por outro lado, quando o origami é tratado como pesquisa de raciocínio, quer dizer, como design de inspiração, as ciências biológicas como um todo conseguem absorver mais e melhor os princípios das dobraduras em seus estudos (campos azul e verde), fazendo desta área de pesquisa a mais expansiva de todas aqui consideradas. 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. ROTHEMUND, 2006; KOMIYAMA et al., 2011).

Figura 44 - O DNA origami, criado por Paul W. K. Rothemund.



Fonte: ROTHEMUND, 2006, p. 298-299.

<sup>14</sup> Os aspectos do design de adaptação do origami serão mais explorados no Capítulo 2.4. Design do origami adaptado.

Para entender melhor a área do design inspirado no origami, cita-se o trabalho de Paul Rothemund, 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 demonstrado na figura 44, cujo lado esquerdo consta a estratégia de dobragem, e cujo lado direito consta os resultados: na primeira linha está a exploração de formas com as dobras no computador e nas duas linhas seguintes as fotos do DNA dobrado final, com o auxílio do Microscópio de Força Atômica (AFM). Rothemund (op. cit.) acredita que a manipulação de formas do DNA evita problemas de estequiometria e purificação, estes não sendo evitados com eficácia pelo DNA comum, onde a estrutura é simples e plana. Entende-se através do trabalho de Rothemund 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 Rothemund 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).

O estudo bibliométrico analisado indica um importante comportamento da pesquisa do origami: dependendo de como esta linguagem é encarada e explorada, os resultados e discussões de pesquisa são bem diferentes. Se o estudo de design do origami desejado estiver na área de inspiração, parte integrante das ciências biológicas, as referências serão mais recorrentes e com alta conectividade entre os estudos, sendo que muitos documentos novos são continuidades de outros anteriores. Se o estudo de design do origami desejado estiver na área de adaptação, parte integrante das engenharias e ciências sociais aplicadas, as referências serão mais independentes, porém com alto grau de aplicabilidade inédita, mais exploratória e diversificada. Elucidar tais premissas pode facilitar o caminho de investigação aos novos pesquisadores.

#### **2.4. DESIGN DO ORIGAMI ADAPTADO**

Até aqui, foi visto que o design do origami possui os segmentos da inspiração e da adaptação e como suas respectivas pesquisas se comportam em cenário acadêmico mundial. A seguir, cabe analisar as técnicas específicas de design do origami adaptado, área de maior interesse ao presente estudo. Francis, em conjunto com Lang e outros pesquisadores de engenharia, vêem no origami e seu exercício metodológico de projeto uma fundamental influência para a concepção de produtos industriais:

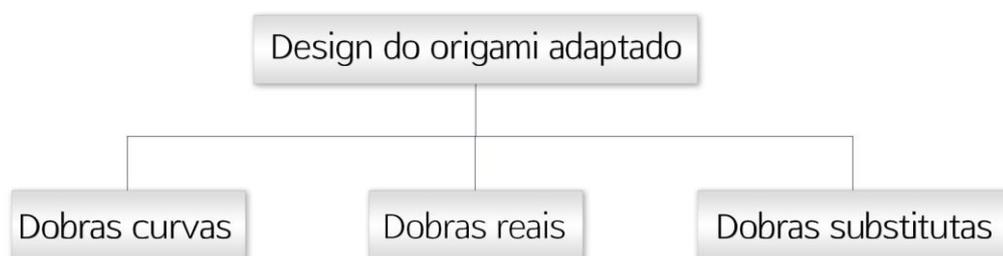
Essa influência pode ser uma inspiração indireta para os designers considerando as dobraduras em projetos- seja reconhecendo o possível uso de abordagens do origami na concepção de novos sistemas, seja analisando os sistemas já existentes. (FRANCIS et al., 2014, p. 1, tradução nossa).

A área do design do origami que parte da adaptação possui estratégias mais próximas com a prática e modelagem do origami tradicional e, devido a essa característica, consegue se conectar melhor com o design de produtos como um todo:

[...] o "design adaptado do origami" desenha mais diretamente a partir do origami, fazendo com que as relações entre modelos de origami clássicos e o design emergente sejam mais aparentes. Os modelos de origem no origami são empregados por designs adaptados do origami. Por consequência, um modelo de origem no origami é aquele que auxilia na criação de produtos. Adaptações aos modelos de origami existentes podem ser feitas para melhorar o desempenho de aplicações específicas. Dessa maneira, o *crease pattern* deste modelo ajustado serve como modelo-fonte do origami. (FRANCIS et al., op. cit., tradução nossa).

Neste trecho, os autores explicam que a prática de adaptação de um origami original para outros tipos de materiais faz com que seu potencial de ação específica tenha maior abrangência, pois se aumenta a durabilidade e se preserva a resistência do material sem prejudicar a cinemática e/ou forma do produto. O design do origami adaptado possui três subáreas: as dobras curvas, as dobras reais, e as dobras substitutas, cada uma com a sua particularidade de ação (idem).

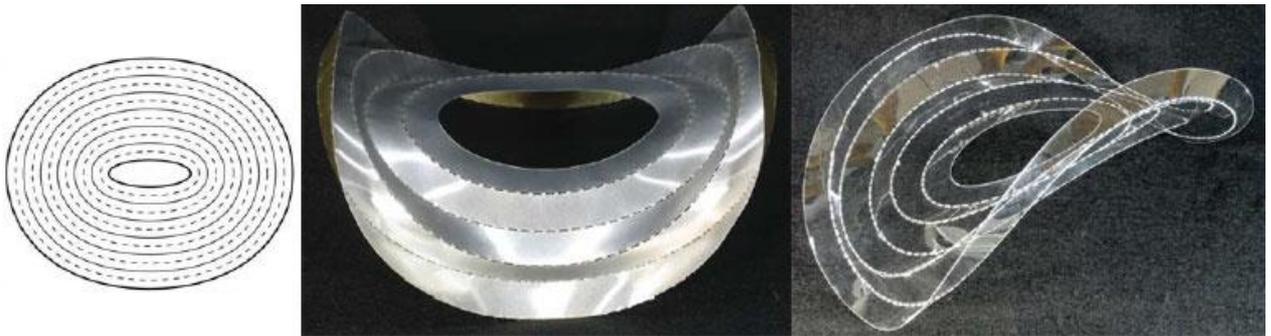
Figura 45 - Tipos de design do origami adaptado.



Fonte: elaborado pela autora.

As dobras curvas são adaptações que não se comportam como dobras de fato, mas sim como superfícies deformadas curvilíneas, estas podendo ser observadas em trabalhos como de Erik Demaine, Martin Demaine e Koschitz (2008):

Figura 46 - Dobras curvas aplicadas em metal e policarbonato.



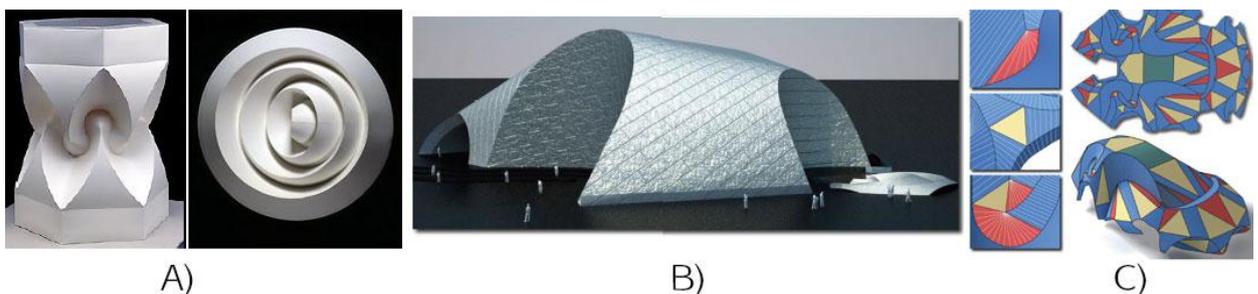
Fonte: DEMAINE; DEMAINE; KOSCHITZ, 2008, p. 32.

Conforme a figura acima, os pesquisadores do MIT desenvolveram uma série de estudos envolvendo crease patterns de planos que, ao serem dobrados, se tornam objetos curvos tridimensionais. Os formatos de círculos concêntricos são uma referência ao trabalho do professor Josef Albers que, junto aos seus alunos, foi o primeiro pesquisador a desenvolver pesquisas aplicadas com o origami em curvas (DEMAINE; DEMAINE; KOSCHITZ, op. cit., p. 29). Estudos como ilustrado na figura 46 indicam ser possível aplicar o crease pattern em materiais mais rígidos como o metal e policarbonato, característica que pode ser útil aos projetos de arquitetura:

A criação de formas tridimensionais a partir de uma folha plana tem vantagens arquitetônicas inerentes e contribui para a área fornecendo técnicas de geração de formas para superfícies a serem desenvolvidas. Achemos a área madura para uma maior colaboração entre a matemática, arquitetura, design e fabricação. (DEMAINE; DEMAINE; KOSCHITZ, op. cit., p. 32, tradução nossa).

Uma comprovação dessa colaboração entre áreas através do design do origami em curvas é evidenciado por Dureisseix (2012) e Killian et al. (2008):

Figura 47 - Design de origami em curvas aplicado à arte, arquitetura e design de produto.

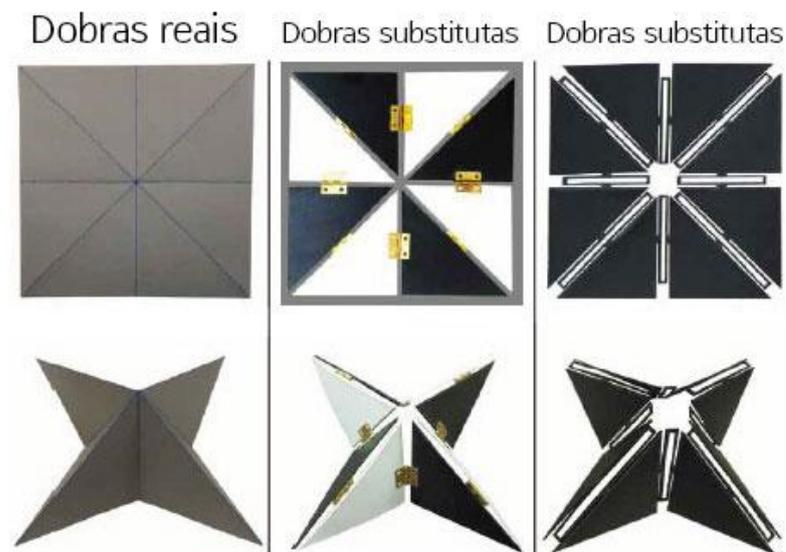


Fonte: KILLIAN et al., 2008, p. 33-34.

Na figura 47 (a) consta o trabalho de David Huffman, que utiliza a técnica do origami em curvas para construir peças artísticas tridimensionais. Em 47(b) e 47(c) constam dois projetos de Killian et al. (op. cit., p. 33). que utilizam o design adaptado do origami em curvas. Em 47(b) tem-se um projeto de arquitetura para espaço público e em 47(c) tem-se o envelopamento de um carro a partir de uma única superfície que o cobre por inteiro e respeita sua forma complexa original. Segundo os autores, as dobras em curvas contribuem para a construção e otimização do design de superfícies como um todo, possuindo aplicações tanto na arquitetura quanto no design de produtos, sendo um ramo de estudo complexo e ainda pouco explorado (idem).

As duas subáreas restantes do design de origami adaptado, dobras reais e substitutas, estão intimamente conectadas. Segundo Francis et al. (2014), as dobras reais dizem respeito às dobras originais do origami no papel, enquanto que as dobras substitutas são dobras adaptadas e aplicadas em materiais rígidos e/ou mais grossos que o papel.

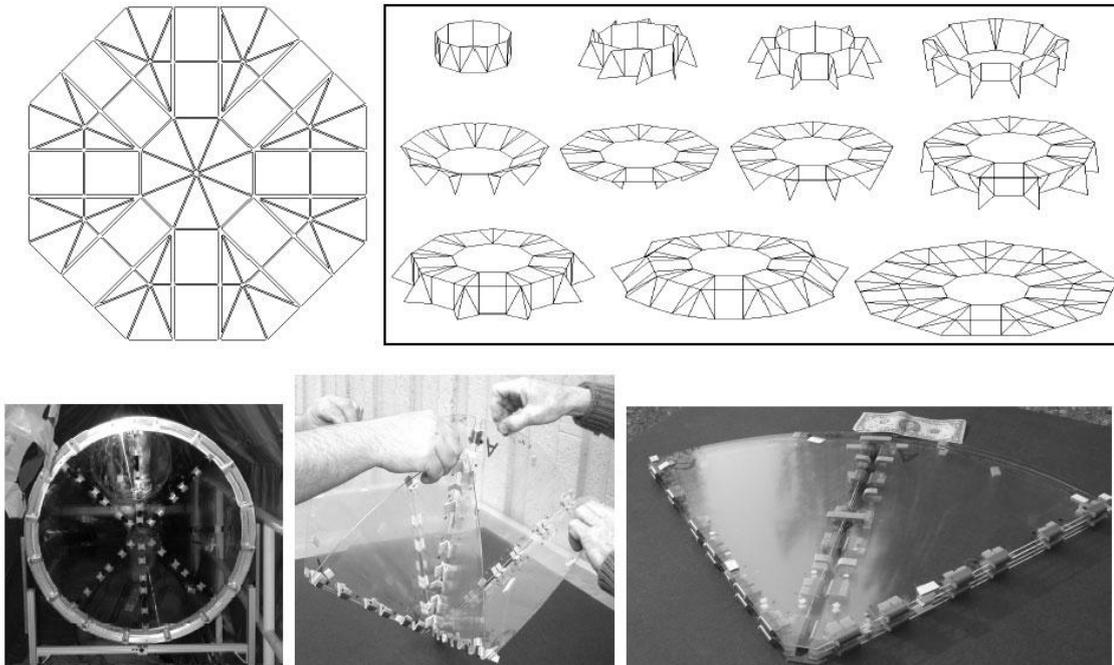
Figura 48 - Dobras reais e dobras substitutas.



Fonte: adaptado de FRANCIS et al., 2014, p. 3.

Na figura 48 têm-se as dobras reais de um origami no papel e dois tipos de adaptações das dobras em materiais rígidos. A primeira adaptação no meio utiliza dobradiças simples entre os planos triangulares. A segunda adaptação à direita possui dobradiças mais elaboradas, se aproximando mais das características cinemáticas das dobras reais do que a primeira adaptação. Um exemplo aplicado de dobras substitutas pode ser observado na construção do telescópio Eyeglass, desenvolvido na Lawrence Livermore National Laboratory, em Livermore, Califórnia (HYDE et al., 2002):

Figura 49 - O telescópio espacial Eyeglass, criado por Robert J. Lang.



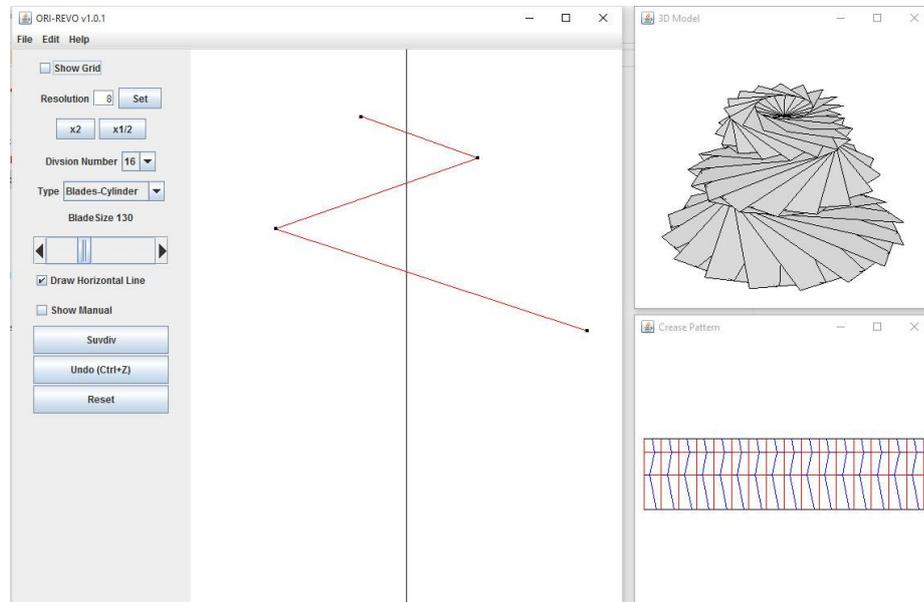
Fonte: HYDE et al., 2002, p. 35-36.

Na primeira linha da figura 49, tem-se o crease pattern adaptado das lentes e a trajetória de dobragem do telescópio. Nas três fotos da segunda linha tem-se o registro de montagem em escala 1x1 do telescópio, feito com vidro (HYDE et al., op. cit., p. 28). Observando as fotos, percebe-se que as dobradiças possuem o mesmo tipo de adaptação das dobras como as demonstradas no primeiro modelo da figura 48. O projeto surgiu com a intenção de deixar o telescópio pequeno para a viagem e grande para o destino, como Lang coloca (2010), ou seja, dobrado para entrar no foguete e desdobrado para quando chegar ao espaço. As dobras do telescópio possibilitam que sua forma desdobrada seja maior do que a de telescópios comuns; dessa maneira, o Eyeglass consegue capturar imagens de planetas e estrelas com maior resolução e detalhes, além de economizar combustível do transporte.

O design de adaptação do origami possui como premissa inicial o crease pattern planejado, por isso alguns pesquisadores propõem maneiras automáticas de controlar o mapeamento de dobras, concedendo ao projeto mais rapidez e precisão de desenho. O programa Ori-Revo, por exemplo, constrói o origami através da varredura rotacional, técnica comumente utilizada em sistemas CAD e CG. De acordo com o criador do programa, professor Jun Mitani (2009, p. 79), o Ori-Revo possibilita uma liberdade de criação entre duas e três

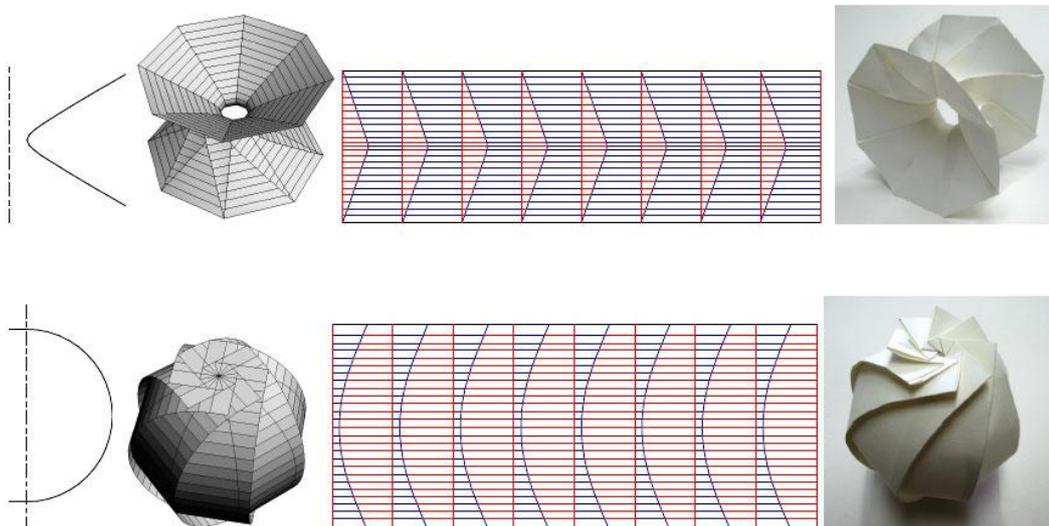
dimensões que pode ser aplicada tanto artística quanto industrialmente. O programa foi desenvolvido em Java Script e é open source, disponível para download no site do criador.

Figura 50 - O programa Ori-Revo, desenvolvido por Jun Mitani.



Fonte: Disponível em: <[http://mitani.cs.tsukuba.ac.jp/ori\\_revo/](http://mitani.cs.tsukuba.ac.jp/ori_revo/)>. Acesso em: 9 jun. 2016.

Figura 51 - Possibilidades de modelagem digital e manual do Ori-Revo.

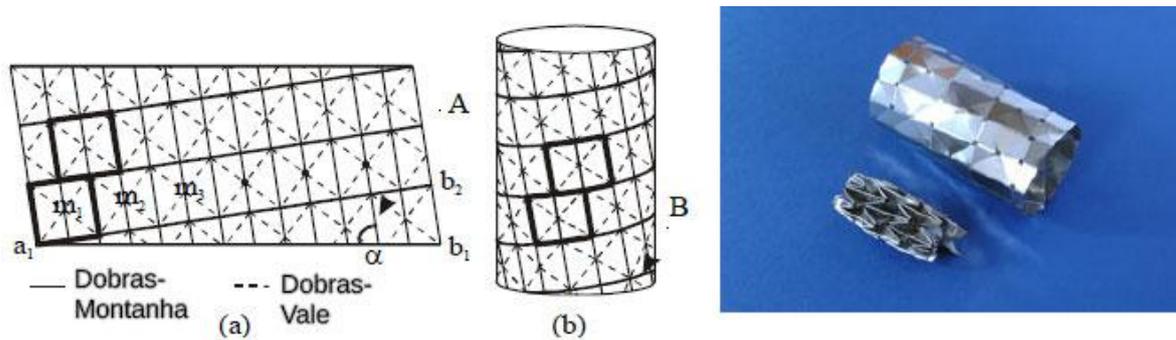


Fonte: MITANI, 2009, p. 76.

Na figura 51, da esquerda para a direita observa-se: o desenho feito no programa Ori-Revo, seu respectivo modelo 3D, o crease pattern gerado e, por fim, o modelo final dobrado fisicamente. Observa-se no programa de Mitani uma omissão do esquema passo a passo: o Ori-

Revo possibilita a criação de novos modelos de origami através de cálculos computacionais e a única maneira de se obter os modelos físicos é através de seus crease patterns, constituindo-se como uma nova estratégia de modelagem tridimensional em cima de um misto de técnicas digitais e manuais. Outro exemplo de design de adaptação do origami que se baseia no crease pattern é o Origami Heart Stent, um projeto medicinal desenvolvido por Kaori Kuribayashi e Zhong You (2003, 2009).

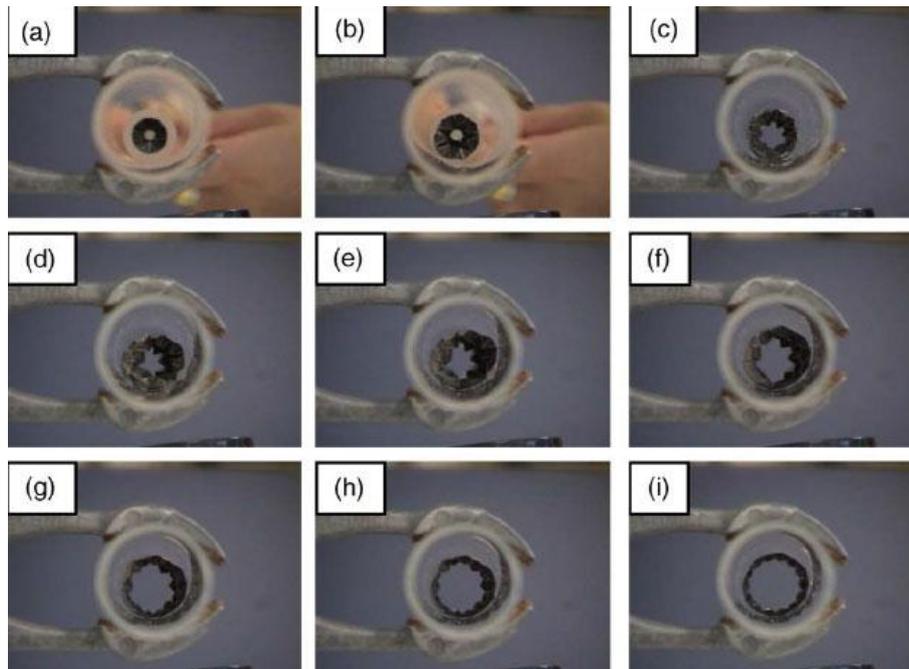
Figura 52 - O Origami Heart Stent, criado por Zhong You e Kaori Kuribayashi.



Fonte: KURIBAYASHI; YOU, 2009.

De acordo com Kuribayashi e You (2003), o *stent* é um tubo flexível comumente usado em certos processos cirúrgicos, auxiliando no tratamento de câncer no esôfago/duto biliar, problemas intestinais e bloqueios cardiovasculares causadores de infarto. Os pesquisadores afirmam que os *stents* antigos são rígidos e limitados em sua forma, feitos de uma malha metálica com ou sem membrana de revestimento externo. O diferencial do Origami Heart Stent está na sua estrutura dinâmica. O projeto nasceu da técnica de *crease pattern* com a intenção de se autodobrar, trazendo dois estados de forma: compactação e expansão.

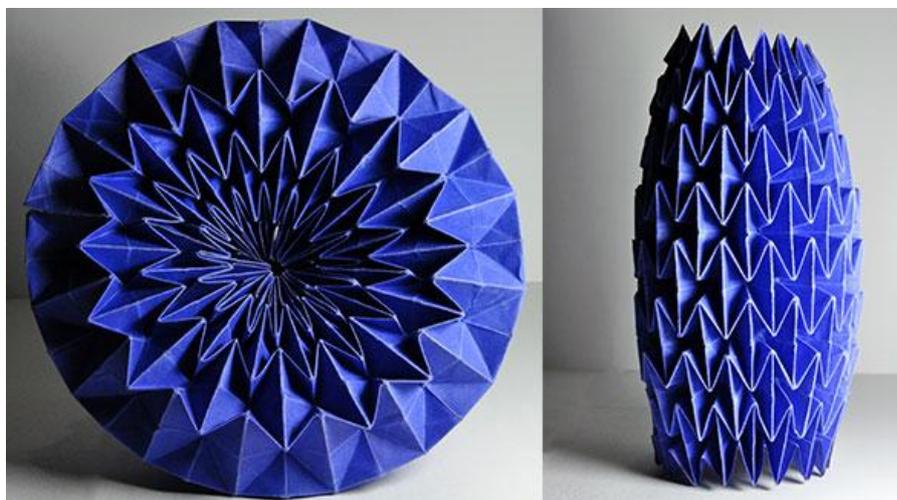
Figura 53 - A compactação e expansão do Origami Heart Stent.



Fonte: KURIBAYASHI et. al., 2006.

Como demonstrado na figura 53, o *stent* foi inserido em um tubo de plástico que simula uma veia humana. O aparelho se compacta ao ser inserido dentro da pessoa (buscando o mínimo de desconforto no processo), e se expande quando chega ao problema identificado (desbloqueando uma veia entupida de gordura, por exemplo). O Origami Heart Stent é um redesign de *stent* que se formulou através do *crease pattern* do origami Magic Ball, modelo artístico criado por Yuri Shumakov e Katrin Shumakov (2001).

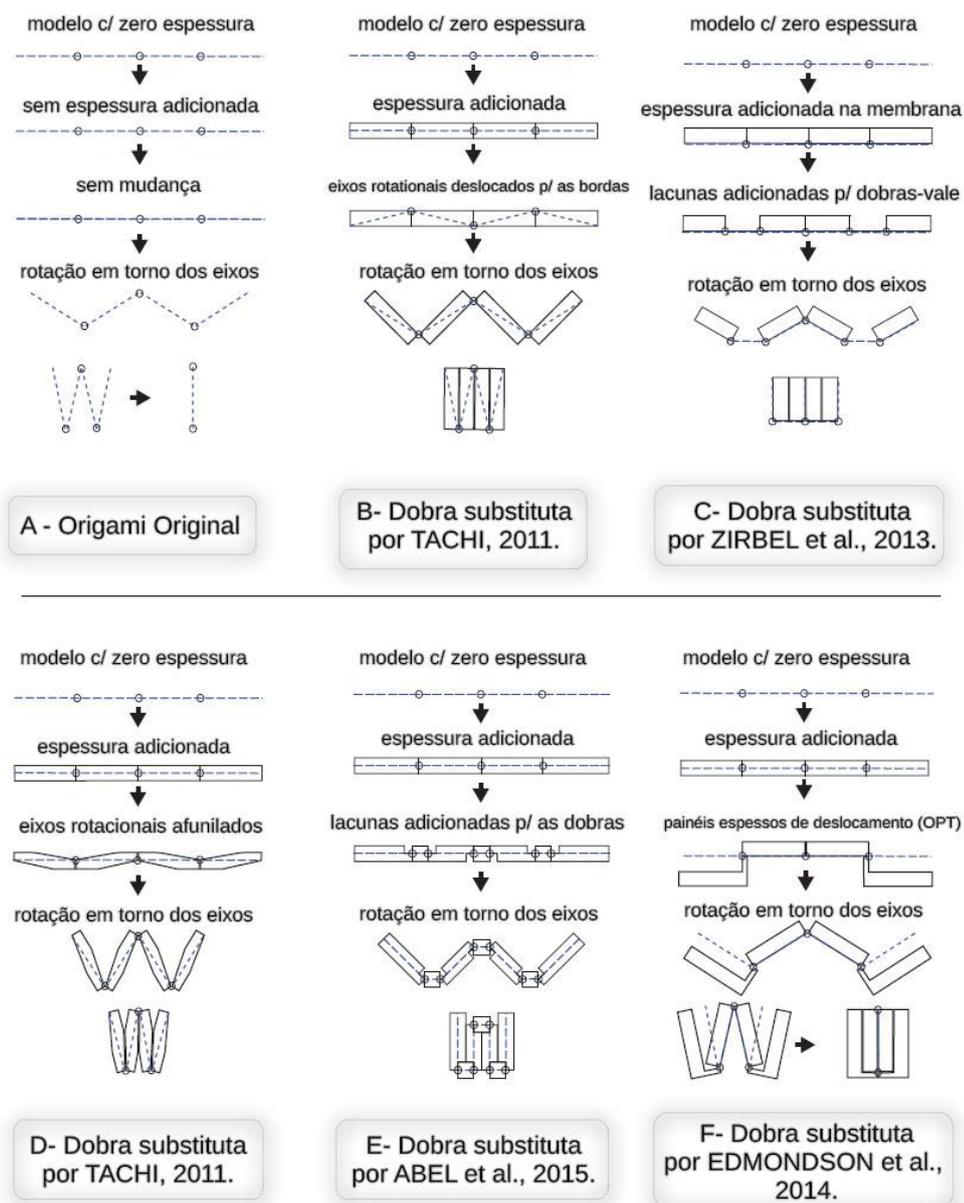
Figura 54 - O Origami Magic Ball, ou Dragon's Egg, de Yuri e Katrin Shumakov.



Fonte: elaborado pela autora.

As dobras escamas-de-peixe presentes no Origami Magic Ball também são conhecidas como base *waterbomb* (ONAL; WOOD; RUS, 2013, p. 431) e possuem um potencial de expansão e compactação muito interessante a projetos como o Origami Heart Stent. O princípio geral do *crease pattern* é a “raiz” da “árvore” do design de origami adaptado, porém, as suas “folhas” são outras técnicas específicas que se modificam conforme a necessidade, material e função do produto desejado. Morgan et al. (2016) reuniram as diferentes técnicas de transposição das dobras reais para dobras substitutas desenvolvidas por diversos pesquisadores do origami contemporâneo, conforme a figura abaixo:

Figura 55 - As diferentes técnicas de design do origami adaptado.

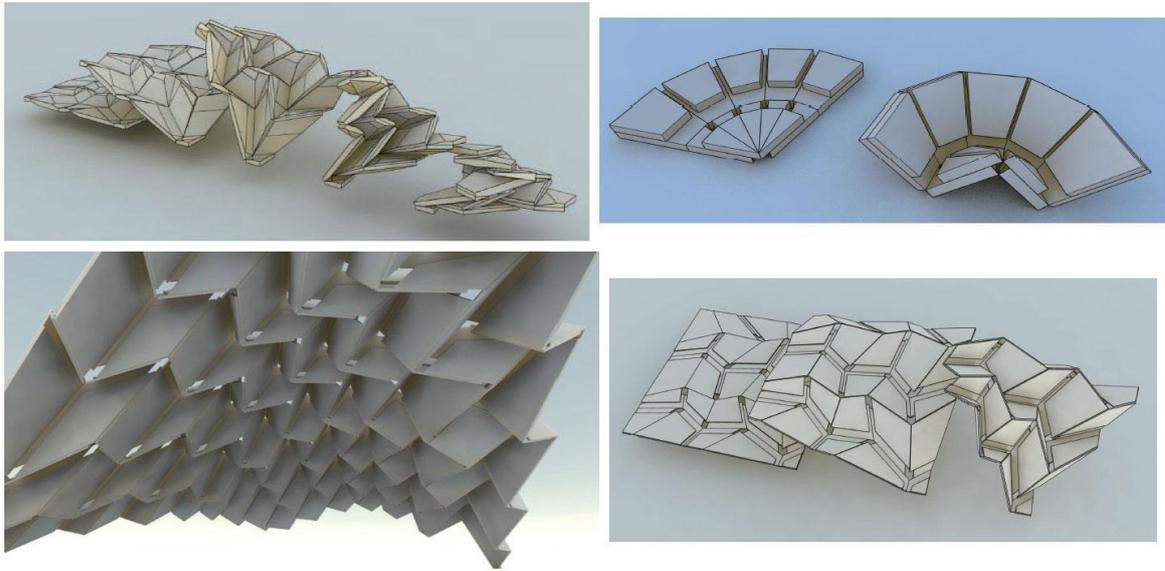


Fonte: adaptado de MORGAN et al., 2016, p. 71.

Na figura 55, 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 preservar os movimentos do origami original considerado sem deformar os planos do mesmo, mantendo assim a sua integridade física. Em 55(a), o modelo ilustrado é de um origami original, ou seja, é a planificação da dobra real e seu comportamento cinemático com espessura zero. Em 55(b), tem-se a técnica de deslocamento dos eixos rotacionais do centro da espessura do material para suas bordas superiores ou inferiores, desenvolvida por Tachi (2011). Em 55(c), tem-se a técnica das dobras em membrana, que é a colocação de planos espessos sob uma membrana flexível, desenvolvida por Zirbel et al. (2013). Em 55(d), tem-se a técnica de painéis afunilados, que é o desbaste das faces espessas para preservar a cinemática do modelo, desenvolvida por Tachi (op. cit.). Em 55(e), tem-se 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). Em 55(f), tem-se a técnica OPT de deslocamento de painéis, trata-se do 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).

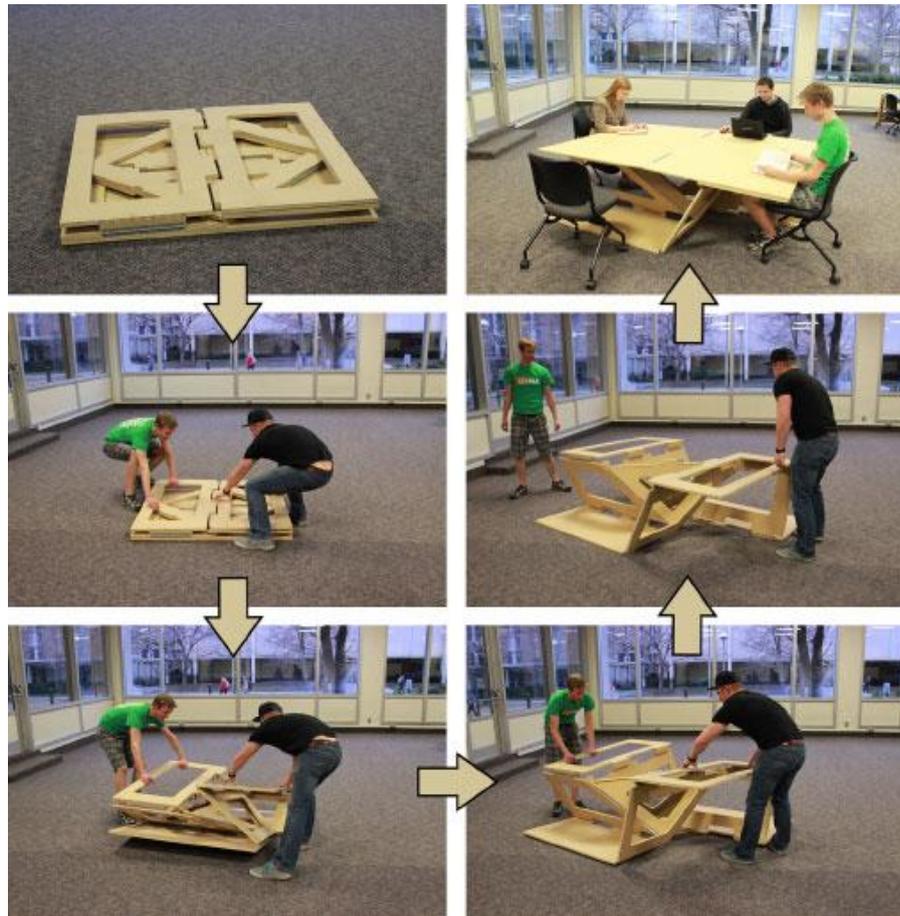
Todas as técnicas descritas acima se referem a métodos de aplicação do origami em materiais que são rígidos e/ou possuem densidade maior do que o papel. Devido a essas características, tanto o *crease pattern* quanto o modo de construção requerem que o design desejado seja um pouco diferente do origami original. Segue abaixo alguns exemplos de aplicação possíveis com as técnicas mencionadas:

Figura 56 - Aplicação da técnica de painéis afunilados em um projeto de arquitetura cinética.



Fonte: TACHI, 2011, p. 261-263.

Figura 57 - Aplicação da técnica de deslocamento de painéis (OPT) em uma mesa.



Fonte: MORGAN et al., 2016, p. 76.

Figura 58 - Aplicação da técnica das dobras em membrana em uma mochila.



Fonte: FRANCIS et al., 2014, p. 3.

Conforme pode ser observado pelos exemplos acima, cada técnica requer uma determinada estratégia de união entre os painéis geométricos dos produtos. No exemplo da técnica de Tachi, as juntas são planos mais finos do que os painéis que compõem a estrutura; no caso da mesa de Morgan et al., as juntas são outros painéis menores do que os principais; e, por fim, no caso da mochila de Francis et al., as juntas são a continuidade do tecido do produto, porém com a ausência de uma aplicação de rigidez presente nos painéis em triângulos. Este último produto e técnica serão considerados para a formulação de estudos de casos a seguir, compondo o último capítulo da presente investigação.

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

O material considerado diz respeito aos estudos de casos, o momento experimental prático da pesquisa. 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.

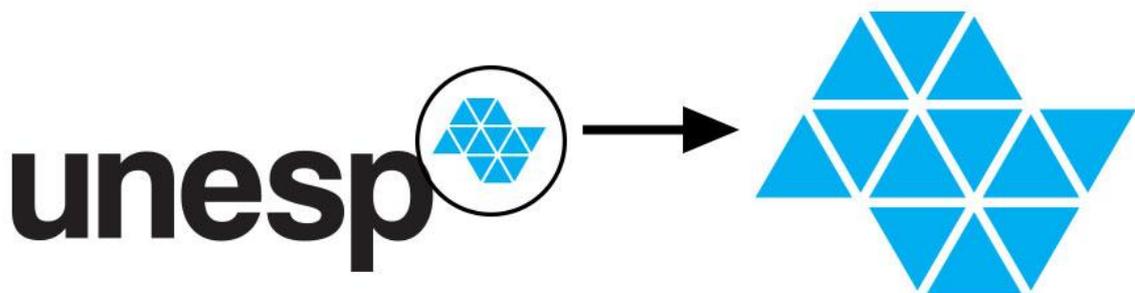
O método geral da pesquisa baseia-se nos princípios do raciocínio científico indutivo-confirmável, influenciado pelo empirismo de Francis Bacon e pela indução confirmabilista de Isaac Newton (KÖCHE, 2013, p. 55). O método científico indutivo-confirmável fundamenta-se na observação e análise dos elementos 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 (Cf. capítulo 2.4. Design do origami adaptado).

## 4. RESULTADOS

### 4.1. ESTUDO DE CASO 1: Técnica do *crease pattern*

Viu-se no estudo teórico que a técnica de modelagem do *crease pattern* pode ser útil para se alcançar formas complexas através da planificação simples. Para testar essa premissa, foi desenvolvido o estudo prático de *crease pattern* em busca de uma forma complexa: o logotipo da Universidade Estadual Paulista. O objetivo 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 de caso, que possui caráter mais abrangente, será desenvolvido o segundo estudo de caso, este partindo de uma aplicação mais concreta e específica: um design de produto.

Figura 59 - O logotipo da UNESP.

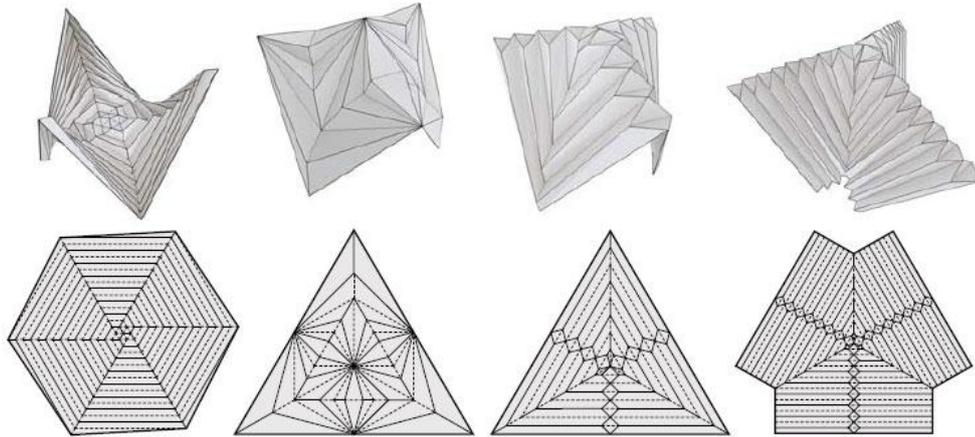


Fonte: elaborado pela autora – logotipo disponível em:

<<http://www.rc.unesp.br/igce/saepeig/STAEPE/logos.php>>. Acesso em: 22 jan. 2017.

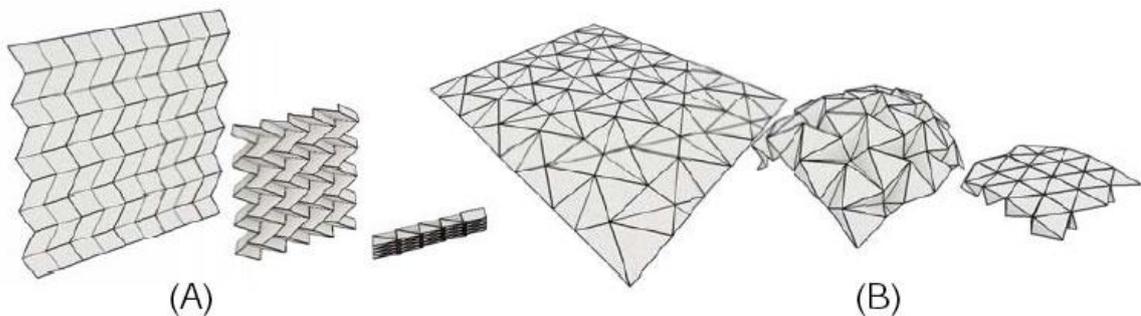
Na figura 59, retirou-se a tipografia da UNESP para se focar apenas na reprodução do símbolo do logotipo, representante do estado de São Paulo. Com a forma definida, o próximo passo foi a criação do *crease pattern*. O trabalho do professor Tomohiro Tachi auxiliou na escolha do padrão de dobras, pois seus estudos de estruturas dobráveis são vastos e detalhados:

Figura 60 - Estudos de *crease pattern* desenvolvidos por Tomohiro Tachi.



Fonte: TACHI, 2010, p. 5.

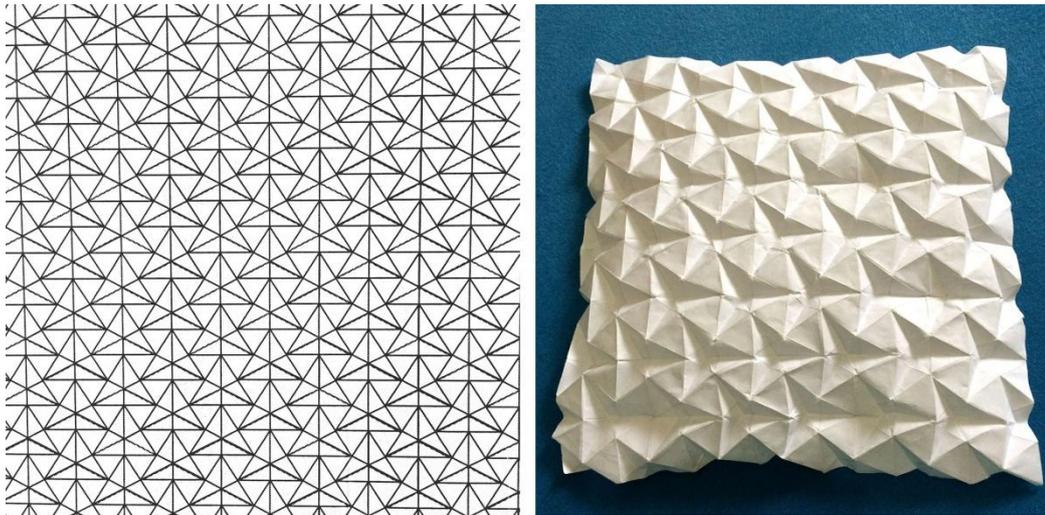
Figura 61 - Esquema cinemático de dois *crease patterns*: (a)-Miura Ori e (b)-Ron Resch.



Fonte: TACHI, 2010, p. 5.

Nas figuras 60 e 61, constam alguns padrões de dobras elencados e estudados por Tachi. Em 61(a), tem-se o Miura Ori, já mencionado anteriormente, e em 61(b), tem-se o padrão de dobras criado por Ron Resch. Depois de dobrado, nota-se que as dobras de Ron Resch descrevem exatamente o padrão de triângulos característicos do símbolo da UNESP, ficando este, então, o padrão de escolha para o estudo de caso 1.

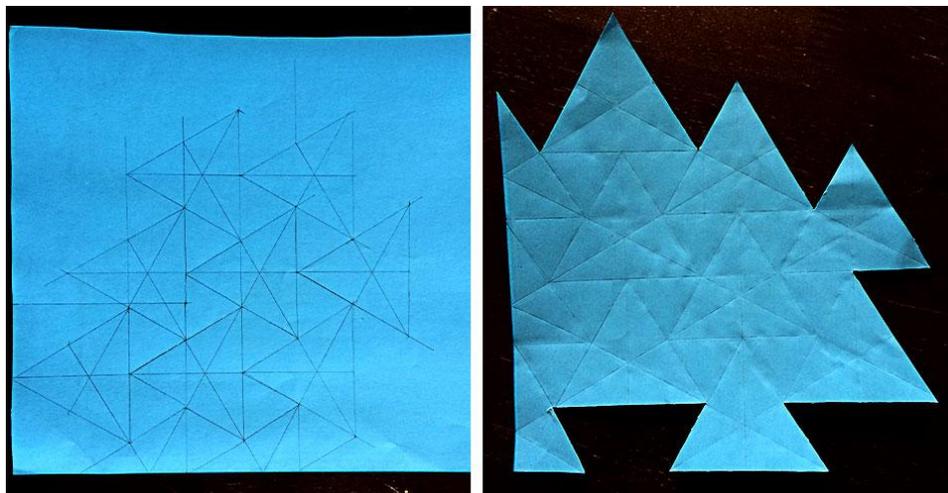
Figura 62 - O *crease pattern* de Ron Resch.



Fonte: elaborado pela autora.

Como se pode observar na figura 62, 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 *crease pattern* 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 planificado para que, quando dobrado, o papel assumira a forma do símbolo sem adição de dobras extras. A planificação com formato específico pode ser observado na figura abaixo, que possui 8 triângulos maiores completos e 3 metades.

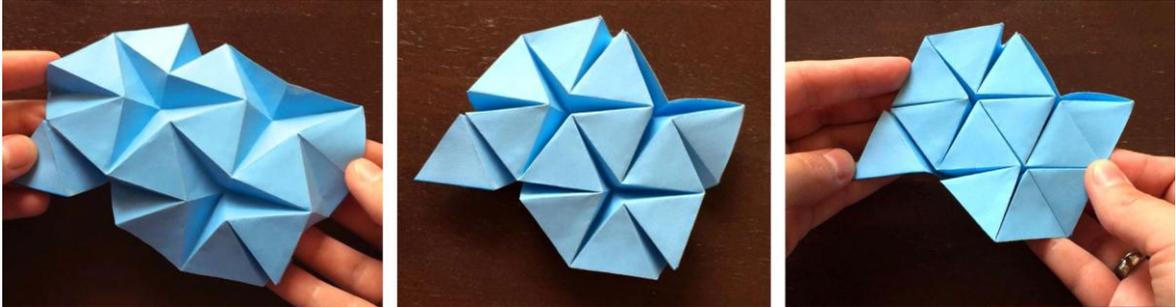
Figura 63 - Desenho do *crease pattern* em papel colorido e o recorte para o formato final.



Fonte: elaborado pela autora.

Depois de dobrado, o origami apresentou o seguinte resultado visual:

Figura 64 - O origami UNESP.



Fonte: elaborado pela autora.

O origami final ilustrado na figura 64 comprovou de modo prático a possibilidade de se projetar formas específicas através do *crease pattern*. Esse primeiro estudo de caso demonstrou que a forma planificada inicial possui tanta importância de planejamento e testes quanto o formato das dobras e o *crease pattern* como um todo.

#### 4.2. ESTUDO DE CASO 2: Protótipo 1

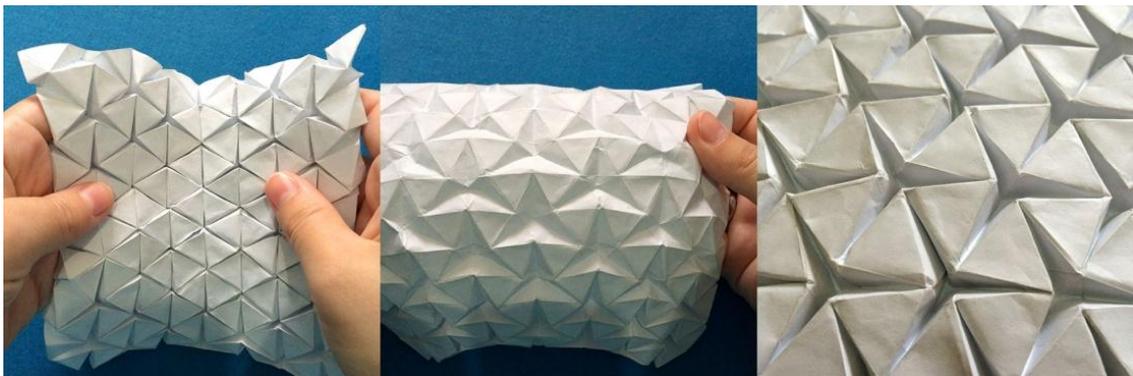
O primeiro estudo de caso confirmou ser possível o controle e planejamento pleno de uma forma complexa somente com dobras e a construção do formato inicial planificado. O segundo estudo de caso realizado diz respeito ao teste de uma das técnicas de design do origami adaptado para a concepção de um produto. 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 *crease pattern*; 2- a matéria-prima; 3- a técnica de design do origami adaptado. Foram desenvolvidos dois protótipos durante o processo.

#### 4.2.1. Fase 1 - O *crease pattern*

A aplicação do *crease pattern* 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”, estes se modificando conforme as formas dos objetos guardados na bolsa. Vários *crease patterns* 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 *crease patterns* possuíam expansão e compactação muito grandes, o que poderia comprometer a integridade estrutural da bolsa ou mesmo dificultar seu uso no dia-a-dia. Escolheu-se, então, o *crease pattern* de Ron Resch devido à sua forma maleável, porém, estável, além de ter sido um padrão de dobras já testado no primeiro estudo de caso.

Figura 65 - *Crease pattern* de Ron Resch para a bolsa-origami.



Fonte: elaborado pela autora.

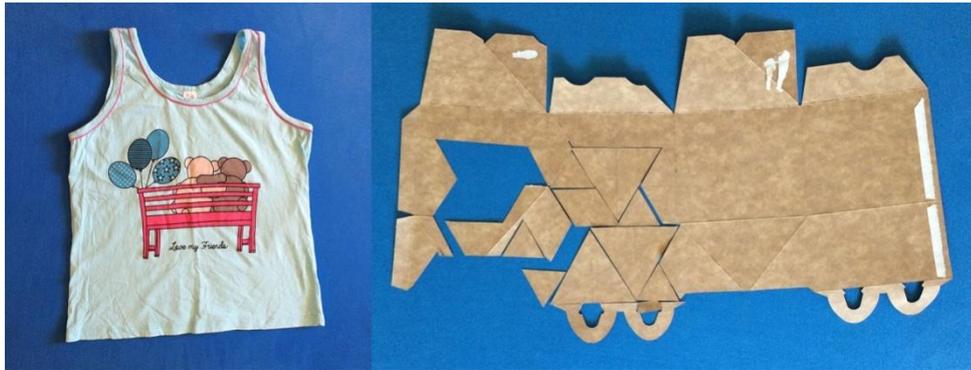
Ao manipular o *crease pattern* de Ron Resch com as mãos, o modelo demonstrou que suas dobras se compactam e se expandem com facilidade, possibilitando uma mudança constante de forma no origami como um todo, quer dizer, o padrão possui um dinamismo cinemático que era desejado para a bolsa.

#### 4.2.2. Fase 2 – Matéria-prima

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

confeção de novas fibras sintéticas (NAKAJIMA, 1991). O segundo estudo de caso busca uma reapropriação e resignificação de roupas antigas e/ou usadas. Para tal, as matérias-primas inicialmente escolhidas foram uma blusa usada, e papelões de embalagens de comida, caixas e capas de revistas velhas.

Figura 66 - Matéria-prima do protótipo 1.



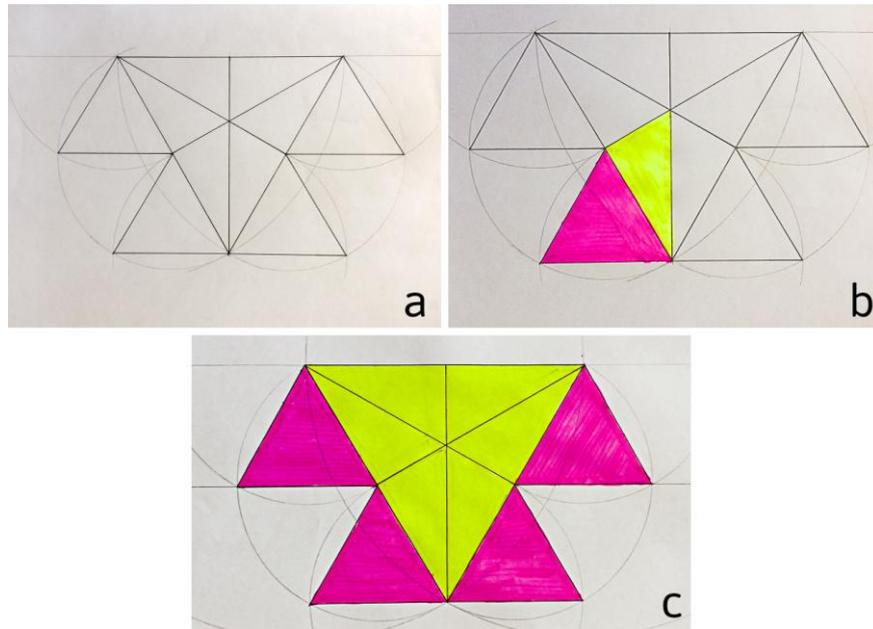
Fonte: elaborado pela autora.

#### 4.2.3. Fase 3 - A técnica

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 adaptado 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 *crease pattern* 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 *crease pattern* 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, seguem as etapas de adaptação do padrão de dobras.

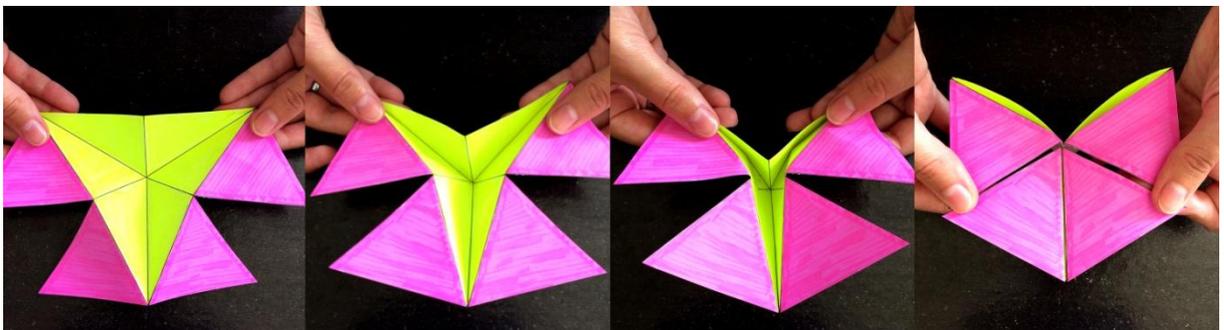
Figura 67 - Construção geométrica do *crease pattern* de Ron Resch.



Fonte: elaborado pela autora.

O *crease pattern* de Ron Resch possui como faces aparentes triângulos equiláteros. Sua construção geométrica, figura 67(a), pode ser feita através da inscrição de círculos. Em 67(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 67(c), os triângulos de cor rosa são os que ficarão aparentes visualmente, ao passo que o triângulo maior de cor amarela ficará oculto. A próxima figura abaixo demonstra a cinemática descrita:

Figura 68 - Cinemática do *crease pattern* de Ron Resch.



Fonte: elaborado pela autora.

Após a construção geométrica inicial do padrão em papel, o próximo passo foi a adaptação das dobras em material rígido. Na figura 69 abaixo, do lado esquerdo está o recorte

dos padrões geométricos no papelão; do lado direito, está a aplicação e colagem dos padrões recortados com acetato de polivinila no lado avesso da blusa.

Figura 69 - Recorte dos padrões geométricos em papelão e colagem no tecido.



Fonte: elaborado pela autora.

A figura 70 apresenta a frente e verso da blusa com todos os padrões geométricos fixados. Para o acabamento, as costuras das alças da blusa foram retiradas e a barra para o fundo da bolsa foi costurada. O protótipo 1 do design de bolsa-origami pode ser visto na figura 71:

Figura 70 - A blusa com os recortes geométricos finalizados.



Fonte: elaborado pela autora.

Figura 71 - Protótipo 1 da Bolsa-Origami.



Fonte: elaborado pela autora.

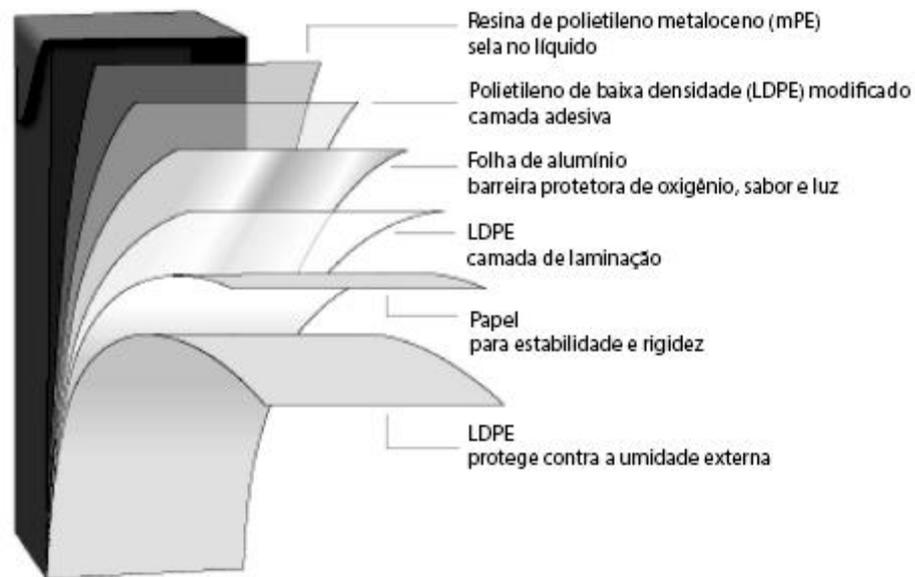
A escolha dos materiais levantou um questionamento pensado após a execução do protótipo: surgindo a necessidade de se lavar a bolsa, os papelões internos podem comprometer a integridade estrutural do produto. Nesse questionamento, outro material foi pensado para substituição do papelão: o tetra pak. Por conta dessa última desvantagem, um novo protótipo foi construído com o objetivo de melhorar as premissas de projeto da bolsa-origami.

#### 4.2.4. Protótipo 2

O foco de desenvolvimento do protótipo 2 está 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 outro 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>15</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.

<sup>15</sup> O tetra pak é considerado um material nobre e não pode ser descartado na natureza. Cf. SILVA et al. (2015).

Figura 72 - Composição do tetra pak.



Fonte: adaptado de BEKHTA et al., 2016.

A composição do tetra pak se divide em seis camadas: quatro de polietileno, uma de celulose e uma de alumínio, cada uma possuindo uma função diferente conforme as descrições na figura 72. 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 os mesmos, o concreto de polímero é muito utilizado em rodovias, pontes e 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 de tetra pak 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. Como observado, a gama de benefícios que o tetra pak possibilitou nos estudos descritos é considerável e relevante, o protótipo 2 de bolsa-origami tem como objetivo ser mais um exemplo de reciclagem, porém dentro da área de design de produto. Para a concepção do segundo protótipo, 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<sup>16</sup>.

Figura 73 - Matéria-prima do Protótipo 2.



Fonte: elaborado pela autora.

As caixas de leite possuem, por padrão, as dimensões de 31,5 x 23,5 cm. Ao serem recortados os padrões do *crease pattern* 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 74 - Áreas de descarte e de aproveitamento de 1 caixa de tetrapak.



Fonte: elaborado pela autora.

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, 200 ml. de volume cada. Após os painéis serem recortados e fixados no lado avesso, a blusa apresentou o seguinte aspecto:

<sup>16</sup> O forro da bolsa não havia sido considerado na concepção do primeiro protótipo.

Figura 75 - Painéis de tetra pak fixados no lado de dentro da blusa.



Fonte: elaborado pela autora.

Por cima dos padrões em tetra pak, a segunda blusa foi colada para dar o acabamento em forro. Para manter o formato do *crease pattern*, 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 76 - Adição do forro e grampos para acomodar as dobras no tecido.



Fonte: elaborado pela autora.

Após costurar o fundo da blusa e virá-la do lado certo, o protótipo de bolsa-origami apresentou o seguinte resultado:

Figura 77 - Protótipo 2 da bolsa-origami.



Fonte: elaborado pela autora.

## 5. DISCUSSÃO

O protótipo de bolsa-origami desenvolvido nesse estudo buscou entender os diversos estudos de design das dobraduras no campo teórico científico 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.

Figura 78 - Linha Pop-up Pattern, de Maori Kimura.



Fonte: Disponível em: <[https://www.flickr.com/photos/maori\\_k/](https://www.flickr.com/photos/maori_k/)>. Acesso em: 9 fev. 2017.

Figura 79 - Linha Bao Bao, de Issey Miyake.



Fonte: Disponível em: <<https://www.shopbaobaoisseymiyake.com/>>. Acesso em: 9 fev. 2017.

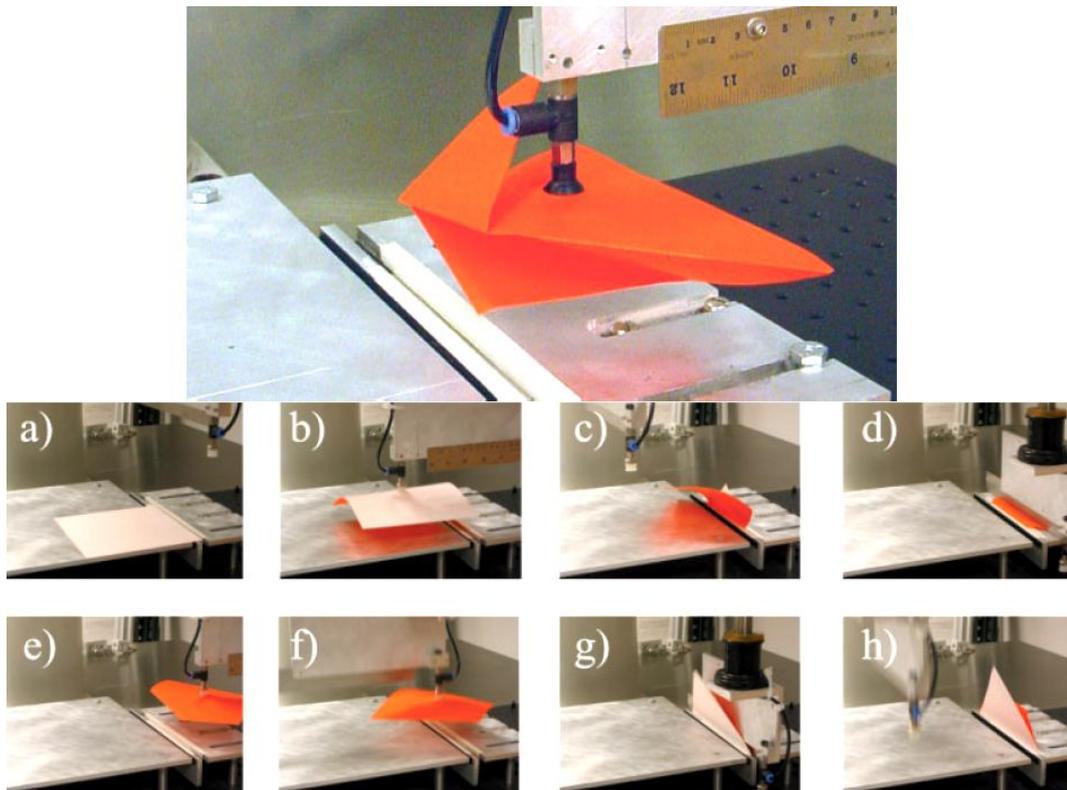
Os produtos de Miyake e Kimura possuem diferentes apropriações das dobraduras bem como exploração diferenciada de materiais, ambos compondo-se como exemplos de aplicações concretas no mercado de consumo. Considerando o protótipo da bolsa-origami do estudo, o foco de projeto foi pautado em cima de três 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 do protótipo da bolsa é uma comprovação prática desta técnica de design do origami adaptado, uma das primeiras evidências de que a hipótese de pesquisa possui validade. Com relação ao sustentável, a decisão

pelo reaproveitamento de materiais usados foi baseada tanto nos estudos de sustentabilidade criativa de Kazazian (2005) quanto na importância do design social indicado 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 no mercado de produtos. Uma restrição do projeto foi o rendimento do material. Como visto no capítulo 4.2.4, 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 *crease pattern*: 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 possui 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 pode 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 desenho diferenciado de dobras com a adoção do *crease pattern* de Ron Resch. Sua transposição 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 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 *crease pattern*.

Outro ponto de restrição do projeto está na viabilização industrial deste produto, uma vez que a estrutura interna elaborada para o *crease pattern* 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.

Figura 80 - Braço robótico que dobra origamis, de Balkcom e Mason.



Fonte: BALKCOM; MASON, 2008, p. 613-618.

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 Triunfex 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: qual é a importância do design do origami, levando em consideração os diferentes tipos de produtos e técnicas envolvidas?

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 e direta, esta 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 Jun Mitani (Cf. Apêndice A), o mesmo 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.

## **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

A presente pesquisa buscou entender a importância que o origami, arte de dobrar papel, possui dentro da área do design. Para tal, buscou-se traçar um histórico mais abrangente possível, começando pelo período de surgimento e adaptação entre os eixos oriental e ocidental, passando pelas primeiras experimentações no século XX juntamente com a evolução comunicativa, até chegar ao presente período cuja linguagem em dobradura se tornou mais técnica e científica. 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. Por fim, a última etapa do estudo foi desenvolvida de forma prática experimental, de maneira a buscar comprovação da hipótese e do elenco de informações teóricas na forma de um protótipo de produto. A realização da bolsa-origami demonstrou ser possível a construção sustentável de um artefato através das técnicas de design do origami adaptado. 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, mas ao contrário. Os novos adventos tecnológicos e a revolução digital trouxeram à tona todo o potencial que as dobras podem proporcionar à sociedade, este estudo é uma das muitas contribuições que existem 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 acertos de projetos, especialmente em termos de custo/benefício. 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.
- ADLER, E. D. **A New Unity!** The art and pedagogy of Josef Albers. 2004. Dissertação (Mestrado em Artes) - University of Maryland, College Park, 2004.
- 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.
- ARICI, S.; ASLAN-TUTAK, F. The effect of origami-based instruction on spatial visualization, geometry achievement, and geometric reasoning. **International Journal of Science and**

- Mathematics Education**, Países Baixos, v. 13, n. 1, p. 179–200, fev. 2015. DOI 10.1007/s10763-013-9487-8.
- ASCHENBACH, M. H. C. V.; FAZENDA, I. C. A.; ELIAS, M. D. C. **A arte-magia das dobraduras: Histórias e atividades pedagógicas com origami**. 3. ed. São Paulo: Scipione, 1992.
- 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
- BARACHINI, T. Lygia Clark e seus objetos de flexibilidade implícita. In: I CSO Congresso Internacional Criadores Sobre outras Obras (ed. João Paulo Queiroz), 2010, Lisboa. **Anais eletrônicos...** Lisboa: FBAUL, 2010. Disponível em: <<http://cso.fba.ul.pt/atas.htm>>. Acesso em: 7 set. 2016.
- BEKHTA, P. et al. Properties of Composite Panels Made from Tetra-Pak and Polyethylene Waste Material. **Journal of Polymers and the Environment**, Nova Iorque, v. 24, n. 2, p. 159-165, jun. 2016. DOI 10.1007/s10924-016-0758-7
- BONSIEPE, G. **Design, Cultura e Sociedade**. São Paulo: Blucher, 2011.
- BUENO, S. **Minidicionário da Língua Portuguesa**. São Paulo: FTD, 2007.
- CARDOSO, R. **Uma introdução à história do design**. 3. ed. rev. e aum. São Paulo: Blucher, 2008.
- CHATANI, M. **Origamic architecture of Masahiro Chatani**. Tóquio: Shokokusha Publishing Company, 1983.
- CHEN, K. Math in motion: Origami math for students who are deaf and hard of hearing. **Journal of Deaf Studies and Deaf Education**, Oxford, v. 11, n. 2, p. 262-266, mar. 2006. DOI 10.1093/deafed/enj019.

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.; DEMAINÉ, M. L.; KOSCHITZ, D. Curved Crease Origami. In: RFR and Waagner-Biro Stahlbau AG. *Advances in Architectural Geometry. Simpósio...* Viena: Vienna University of Technology, 2008. (1, v. 1), p. 29-32. ISBN 978-0-7918-4637-7. Disponível em: <<http://www.architecturalgeometry.org/aag08/>>. Acesso em: 11 abr. 2016.

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.

\_\_\_\_\_. A review on curved creases in art, design and mathematics. **Symmetry: Culture and Science**, Hungria, v. 26, n. 2, p. 145-161, jul. 2015.

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.

ECK, N. J. V.; WALTMAN, L. **VOSviewer**: Visualizing scientific landscapes. Países Baixos: [s.n.], 2016. Disponível em: <<http://www.vosviewer.com/>>. Acesso em: 08 jun. 2016.

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.

GOLDMAN, F. Using the snapology technique to teach convex polyhedra. 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.

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.

HONDA, I. **How to make origami: A complete guide for japanese paper folding**. Nova Iorque: McDowell Obolensky, 1959.

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.

KENNEWAY, E. **Complete origami**. Londres: Ebury Press, 1987.

KILLIAN, M. et al. Developable Surfaces with Curved Creases. In: RFR and Waagner-Biro Stahlbau AG. *Advances in Architectural Geometry*. **Simpósio...** Viena: Vienna University of Technology, 2008. (1, v. 1), p. 33-36. ISBN 978-0-7918-4637-7. Disponível em: <[http://vecg.cs.ucl.ac.uk/Projects/SmartGeometry/creases/creases\\_aag\\_08.html](http://vecg.cs.ucl.ac.uk/Projects/SmartGeometry/creases/creases_aag_08.html)>. Acesso em: 11 abr. 2016.

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.

\_\_\_\_\_. 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.

KURIBAYASHI, K. et al. Self-deployable origami stent grafts as a biomedical application of Ni-rich TiNi shape memory alloy foil. **Materials Science and Engineering**, Lausana, v. 419, n. 1-2, p. 131-137, mar. 2006. DOI 10.1016/j.msea.2005.12.016.

LANG, R. J. (Org.) **Origami 4: Fourth International Meeting of Origami Science, Mathematics, and Education**. Massachusetts: A K Peters, 2009.

\_\_\_\_\_. **Origami Design with Robert Lang - US Zeitgeist 2010**. Estados Unidos: [s. n.], 2010. Disponível em: <<http://youtu.be/-9EvAY8xCBc>>. Acesso em: 6 fev. 2017.

\_\_\_\_\_. **Origami Design Secrets: Mathematical Methods for an Ancient Art**. 2. ed. Massachusetts: A K Peters, 2003.

LANG, R. J.; HULL, T. Origami design secrets: mathematical methods for an ancient art. **Mathematical Intelligencer**, Estados Unidos, v. 27, n. 2, p. 92-95, 2005.

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.

MCKEVITT, K. **Fabric origami with Chris Palmer**. Berkeley: [s. n.], 2012. Disponível em: <<http://blog.berkeleyrep.org/2012/01/fabric-origami-with-chris-palmer.html>>. Acesso em: 6 fev. 2017.

MEDEIROS, I. A Relação entre corpo e subjetividade na obra de Lygia Clark. **Concinnitas**, Rio de Janeiro, v. 1, n. 26, p. 36-58, jul. 2015. ISSN: 1981-9897.

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.

MIURA, K. Method of Packaging and Deployment of Large Membranes in Space. In: 31 st Congress of the International Astronautical Federation, 1980, Tóquio. **Congresso...** Japão: The Institute of Space and Astronautical Science report, dez. 1985 (618). ISSN 02856808. Disponível em: <<http://ci.nii.ac.jp/naid/110000029131/en>>. Acesso em: 28 jun. 2016.

MONTROLL, J. **A plethora of polyhedra in origami**. Nova Yorque: 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.

MUKERJI, M. **Ornamental origami: Exploring 3D Geometric Designs**. Reino Unido: A K Peters, 2008.

- 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.
- NEVILLE, R. M.; SCARPA, F.; PIRRERA, A. Shape morphing Kirigami mechanical metamaterials. **Scientific Reports**, v. 6, p. 1-12, ago. 2016. DOI 10.1038/srep31067.
- ONAL, C. D.; WOOD, R. J.; RUS, D. An Origami-Inspired Approach to Worm Robots. **ASME Transactions on Mechatronics**, West Lafayette, v. 18, n. 2, p. 430-438, abr. 2013. DOI 10.1109/TMECH.2012.2210239.
- 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.
- PRIETO, J. I. R. Matemáticas y Papiroflexia. **Sigma- Revista de matemáticas**, País Basco, v. 21, p. 175-192, out. 2002.
- 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.
- RESCH, R. D. **Construction-element**. US4397902 A, 27 dez. 1977, 9 ago. 1983. Disponível em: <https://www.google.com/patents/US4397902>>. Acesso em: 28 jun. 2016.
- 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.
- SCOPUS. Base de Dados online. [S.l.]: Elsevier, 2016. Disponível em: <<https://www.scopus.com/search/form.uri?zone=TopNavBar&origin=searchbasic>>. Acesso em: 8 jun. 2016.
- SEE, S.; CONRY, J. Flip My Class! A faculty development demonstration of a flipped-classroom. **Currents in Pharmacy Teaching and Learning**, Estados Unidos, v. 6, n. 4, p. 585–588, ago. 2014. DOI 10.1016/j.cptl.2014.03.003.
- SHUMAKOV, K.; SHUMAKOV, Y. **Origami Magic Ball Wonders: From dragon's egg to hot air ballon**. [S.l.]: Oriland, 2001.
- 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.
- SPERLING, D. M. Corpo + Arte = Arquitetura: Proposições de Hélio Oiticica e Lygia Clark. **Concinnitas**, Rio de Janeiro, v. 1, n. 26, p. 18-35, jul. 2015. ISSN: 1981-9897.
- 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.
- TEIXEIRA, S. A. et al. Corpo e origami: um estudo sobre dobras e sua inovação dentro da arte contemporânea. **Palíndromo**, Florianópolis, v. 7, p. 102-123, dez. 2015. DOI 10.5965/2175234607142015102
- TEMKO, F. **Kirigami greeting cards and gift wrap**. Tóquio: Tuttle Publishing, 2004.
- THE RON Resch Paper and Stick Film. Direção: Ronald D. Resch. [S.l.]: [s.n.], 1992. 1 vídeo online (41 min.) son., color. Disponível em: <<https://vimeo.com/36122966>>. Acesso em: 28 jun. 2016.
- UENO, T. R. **Do origami tradicional ao origami arquitetônico**: uma trajetória histórica e técnica do artesanato oriental em papel e suas aplicações no design contemporâneo. 2003. 103p. Dissertação (Mestrado em Desenho Industrial) – Universidade Estadual Paulista, Bauru, 2003.
- \_\_\_\_\_. Diretrizes construtivas para origami arquitetônico de 90 graus. In: XX Simpósio Nacional de Geometria Descritiva e Desenho Técnico, 2011, Rio de Janeiro. **Simpósio...** Rio de Janeiro: UFRJ, 2011. Disponível em: <[http://graphica.org.br/por\\_home.html](http://graphica.org.br/por_home.html)>. Acesso em: 5 fev. 2017.

- 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
- VERRILL, H. Origami Tessellations. **Bridges: Mathematical Connections in Art, Music, and Science**, Winfield, v. 1, p. 55-68, jul. 1998. ISSN: 1099-6702.
- 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.
- WEB OF SCIENCE. Base de Dados online. [S.I.]: Thomson Reuters, 2016. Disponível em: [http://apps.webofknowledge.com/CitationReport.do?product=UA&search\\_mode=CitationReport&SID=3Dq7oUiuM3QZLe88YcE&page=1&cr\\_pqid=1&viewType=summary](http://apps.webofknowledge.com/CitationReport.do?product=UA&search_mode=CitationReport&SID=3Dq7oUiuM3QZLe88YcE&page=1&cr_pqid=1&viewType=summary). Acesso em: 08 jun. 2016.
- 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.

## APÊNDICE A

Entrevista (em inglês) com Jun Mitani, professor de ciências da computação da Universidade de Tsukuba, Japão.

Entrevistadora: Samanta Aline Teixeira.

Entrevistado: Jun Mitani.

Local e data: Troca de e-mails nos dias 23 a 28 de agosto de 2014.

**Samanta: What is the importance of origami for you? How it emerged all of your work focused on the folding and computing?**

**Jun:** My specialty is computer graphics, and geometric modeling. As a computer graphics, we can make everything we can image. On the other hand, origami is very interesting target. We cannot design freely, there exists tough constraints on its geometry. We design origami works with trial and error approach old days. But now we can use computer for designing origami. It is fun for me to find mathematical theories in origami, and make it possible to design new shapes based on the algorithms I implemented on a computer.

**Samanta: Do you think that origami is increasingly connected with other languages and means than paper itself?**

**Jun:** Yes, origami is a good tool to communicate with people who live in other countries and has different culture. Sheets of paper are universal, and we can get square sheets with low cost. Making something by hands is fun for everyone.

**Samanta: In your opinion, what benefits origami today as a creative tool?**

**Jun:** Origami, on which cutting is not allowed, is not good tool for making something we want. However, this tough restriction, just folding, raises and stimulates our creativity. I don't think origami has explicit benefits but an interesting material which encourages our creativity.

**Samanta: As far as I've researched in scientific articles, which have sought more is applied of origami in to the DNA, computing and mathematics. In Brazil, almost no one talks about it. In large projects implemented as objects of day-to-day, interior design, installations, architecture, origami projetual has great performance, but it isn't formalized in academic research recently. Do you disagree? How do you think that origami is acting in universities? What is your reality and your country in relation to all this?**

**Jun:** It is same situation in Japan, too. We rarely think origami is a research target, but just a play of kids. In Japan, we have more clear image for the word, origami, that is folded from a square sheet of paper. Therefore, we do not say that folding DNA is a kind of origami. Origami is not used in academic context. However, we noticed that there exists a lot of researches somehow related to origami as you mentioned, I think some people are now remarked that origami could be an academic target.

**Samanta: Some time ago, you performed work together with fashion designer Issey Miyake. How was that experience? Have been working with other professionals from other segments?**

**Jun:** It was the wonderful experience. As same with other people, I thought that origami should be made from a sheet of paper, I was amazed when I saw the new fashion product. The movement of shape transformation of the clothes from the flat state to the 3D form was so different from of paper sheets. The collaboration was a good experience for me to know the possibility of origami. I was contacted from several companies since then, but I noticed that it is not so easy to produce commercial product with origami technology. Folding is a kind of high-cost method for manufacturing. I felt the needs of another research focusing on folding technology for mass-product manufacturing.

## APÊNDICE B

Reconstrução do *crease pattern* de Ronald Resch.

