

# Arqueologia das Ciências Humanas e Sociais Aplicadas

Anna Paula Lombardi  
(Organizadora)



 **Atena**  
Editora

Ano 2019

**Anna Paula Lombardi**

(Organizadora)

# **Arqueologia das Ciências Humanas e Sociais Aplicadas**

Atena Editora

2019

2019 by Atena Editora

Copyright © da Atena Editora

**Editora Chefe:** Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

**Diagramação e Edição de Arte:** Geraldo Alves e Natália Sandrini

**Revisão:** Os autores

### Conselho Editorial

- Prof. Dr. Alan Mario Zuffo – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas  
Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília  
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa  
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná  
Prof. Dr. Darllan Collins da Cunha e Silva – Universidade Estadual Paulista  
Profª Drª Deusilene Souza Vieira Dall’Acqua – Universidade Federal de Rondônia  
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria  
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná  
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice  
Profª Drª Juliane Sant’Ana Bento – Universidade Federal do Rio Grande do Sul  
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense  
Prof. Dr. Jorge González Aguilera – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão  
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará  
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista  
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará  
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas  
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande  
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

#### **Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)**

A772 Arqueologia das ciências humanas e sociais aplicadas [recurso eletrônico] / Organizadora Anna Paula Lombardi. – Ponta Grossa (PR): Atena Editora, 2019. – (Arqueologia das Ciências Humanas e Sociais Aplicadas; v. 1)

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-85-7247-035-3

DOI 10.22533/at.ed.353191501

1. Arquitetura e urbanismo. 2. Patrimônio cultural. I. Lombardi, Anna Paula. II. Série.

CDD 720

**Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422**

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores.

2019

Permitido o download da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)

## APRESENTAÇÃO

A obra “Arqueologia das Ciências Humanas e Sociais Aplicadas” aborda uma série de livros de publicação da editora Atena. O volume 1, apresenta 19 capítulos sobre os aspectos relevantes da área de conhecimento da Arquitetura e Urbanismo relacionado aos aspectos gerais das edificações. Os capítulos exibem a preocupação em relatar a importância de preservar os aspectos históricos e culturais que devem ser mantidos através das edificações.

O Patrimônio histórico cultural brasileiro de natureza material e imaterial, previsto na lei é uma forma de garantir a preservação e a história dos edifícios e possibilita manter a cultura em um determinado local e região. Embora, a maioria deles necessita de manutenção, reparos e restauração na materialidade para manter viva a imaterialidade contida nos imóveis.

Neste volume, os capítulos apresentam uma riqueza de detalhes e particularidades das edificações distribuídas em diversas cidades brasileiras. A importância desses estudos, estão evidenciados na formação em nível de graduação e pós-graduação de acadêmicos registrando um salto quantitativo e qualitativo nas últimas décadas corroborando com a relevância dos temas abordados.

Aos leitores desta obra, que ela possa inspirar a criação de novos e sublimes estudos, proporcionando discussões e propostas para um conhecimento significativo.

Anna Paula Lombardi

## SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO 1</b> .....	<b>1</b>
A COR E AS SUPERFÍCIES ARQUITECTÓNICAS EM EDIFÍCIOS PATRIMONIAIS: O CASO DA IGREJA DE N. S. DA CONCEIÇÃO DOS HOMENS PARDOS, LARANJEIRAS, BRASIL	
<i>Eder Donizeti da Silva</i> <i>Adriana Dantas Nogueira</i>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.3531915011</b>	
<b>CAPÍTULO 2</b> .....	<b>18</b>
A GALILÉ NOS CONVENTOS FRANCISCANOS NO NORDESTE DO BRASIL COLONIAL: INTEGRAÇÃO OU SEGREGAÇÃO?	
<i>Ivan Cavalcanti Filho</i>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.3531915012</b>	
<b>CAPÍTULO 3</b> .....	<b>33</b>
A IMAGEM COMO SÍMBOLO: UMA FOTOGRAFIA E A MODERNIDADE ARQUITETÔNICA NAS PRIMEIRAS CASAS DE GOIÂNIA	
<i>Ana Amélia de Paula Moura Ribeiro</i>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.3531915013</b>	
<b>CAPÍTULO 4</b> .....	<b>49</b>
A IMPORTÂNCIA DA PRESERVAÇÃO LEGAL DO ENTORNO DOS BENS INVENTARIADOS DO MUNICÍPIO DE SÃO LOURENÇO DO SUL, RS, BRASIL	
<i>Andréia Schneid</i> <i>Ana Lúcia Costa de Oliveira</i>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.3531915014</b>	
<b>CAPÍTULO 5</b> .....	<b>65</b>
A TAIPA DE CARNAÚBA NO INTERIOR DO PIAUÍ: A INFLUÊNCIA DA GLOBALIZAÇÃO NA DESVALORIZAÇÃO DA CULTURA	
<i>Tayná Rosal Arnaldo</i> <i>Márcia Piauilino Lins</i> <i>Patrícia Mendes dos Santos</i>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.3531915015</b>	
<b>CAPÍTULO 6</b> .....	<b>78</b>
ARQUITETURA E URBANISMO EM GOIÂNIA NOS REGIMES DE HISTORICIDADE TELEOLÓGICO E PRESENTISTA	
<i>Wilton Medeiros</i>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.3531915016</b>	
<b>CAPÍTULO 7</b> .....	<b>89</b>
CASA ZENON ROCHA: O PRIMEIRO TOQUE DA ARQUITETURA MODERNA NA CIDADE DE TERESINA	
<i>Emanuelle Karenyne Mota Chaves</i> <i>Hugo Bona de Carvalho</i> <i>Beatriz Natália Guedes Alcoforado Aguiar</i>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.3531915017</b>	

**CAPÍTULO 8 ..... 101**

CENTRO DE DOCUMENTAÇÃO E PESQUISA ATTÍLIO CORREIA LIMA: REQUALIFICAÇÃO EM PATRIMÔNIO CULTURA EDIFICADO

*Ariene Ferreira Silva*

**DOI 10.22533/at.ed.3531915018**

**CAPÍTULO 9 ..... 119**

DIÁLOGO ENTRE ARQUITETURA E PRESERVAÇÃO DOCUMENTAL

*Ana Cristina de Souza*

*Eliana Maria dos Santos Bahia*

**DOI 10.22533/at.ed.3531915019**

**CAPÍTULO 10 ..... 136**

ESTADO DE CONSERVAÇÃO DE EDIFICAÇÕES PRETENSAMENTE RESTAURADAS: O CASO DO CAMPUS DE LARANJEIRAS DA UFS/SERGIPE/BR

*Eder Donizeti da Silva*

*Adriana Dantas Nogueira*

*Josefa Luana Oliveira Freire*

**DOI 10.22533/at.ed.35319150110**

**CAPÍTULO 11 ..... 153**

GEOMETRIA E ARQUITETURA: CONSTRUÇÃO DE ESTRUTURAS COMPLEXAS A PARTIR DE MÓDULOS GEOMÉTRICOS

*Mariana Tiemi Uemura Kawaguti*

*Patricia Andrea Paladino*

**DOI 10.22533/at.ed.35319150111**

**CAPÍTULO 12 ..... 170**

GERHARD BORMANN E O CEARÁ: NOVOS MATIZES NO PROCESSO DE DIFUSÃO DA ARQUITETURA MODERNA NO BRASIL

*Paulo Costa Sampaio Neto*

**DOI 10.22533/at.ed.35319150112**

**CAPÍTULO 13 ..... 187**

INDÍCIOS DA MODERNIZAÇÃO DA ARQUITETURA ESCOLAR NA DÉCADA DE 1930 EM MANUAIS DE OBRAS PÚBLICAS

*Marina Goldfarb*

*Nelci Tinem*

**DOI 10.22533/at.ed.35319150113**

**CAPÍTULO 14 ..... 201**

O RESGATE E A CONSERVAÇÃO DA MEMÓRIA PROJETUAL E CONSTRUTIVA DO CAMPUS

*Claudio Antonio S. Lima Carlos*

**DOI 10.22533/at.ed.35319150114**

**CAPÍTULO 15 ..... 218**

PATRIMÔNIO CULTURAL EDIFICADO EM RISCO: CASOS NO PLANALTO SUL-RIO-GRANDENSE

*Liliany Schramm da Silva Gattermann*

*Mariana Mattei Santos*

**DOI 10.22533/at.ed.35319150115**

<b>CAPÍTULO 16</b> .....	<b>230</b>
PATRIMÔNIO CULTURAL: DO TOMBAMENTO À RESTAURAÇÃO	
<i>Franciane dos Santos Pereira</i>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.35319150116</b>	
<b>CAPÍTULO 17</b> .....	<b>241</b>
A (NÃO) DOCUMENTAÇÃO DA MORTE DA ARQUITETURA INDUSTRIAL: ESTUDO DE CASO EM BELO HORIZONTE	
<i>Ronaldo Andre Rodrigues da Silva</i>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.35319150117</b>	
<b>CAPÍTULO 18</b> .....	<b>261</b>
ROTA DA ARQUITETURA RELIGIOSA NO PIAUÍ: ESTUDO COMPARATIVO ENTRE AS INFLUÊNCIAS ESTILÍSTICAS DAS PRINCIPAIS EDIFICAÇÕES SACRAS DO SÉC. XVII	
<i>Alaiana Rodrigues Lima</i>	
<i>Tiago Silva de Sousa</i>	
<i>Modesto Luis de Sousa Neto</i>	
<i>Naira Oliveira Martins da Silva</i>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.35319150118</b>	
<b>CAPÍTULO 19</b> .....	<b>274</b>
SANTO ANTÔNIO DE JESUS – RECONSTRUINDO UMA HISTÓRIA CONSCIENTIZAÇÃO CULTURAL ATRAVÉS DA CONTEXTUALIZAÇÃO HISTÓRICA DE SANTO ANTÔNIO DE JESUS	
<i>Bruna Andrade Silva</i>	
<i>Jade Andrade Malta Santos</i>	
<i>Luana Veiga Meira</i>	
<i>Vitória Maria</i>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.35319150119</b>	
<b>SOBRE A ORGANIZADORA</b> .....	<b>288</b>

## GEOMETRIA E ARQUITETURA: CONSTRUÇÃO DE ESTRUTURAS COMPLEXAS A PARTIR DE MÓDULOS GEOMÉTRICOS

### **Mariana Tiemi Uemura Kawaguti**

IFSP – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo – Câmpus São Paulo, Arquitetura e Urbanismo, Departamento de Construção Civil  
São Paulo – SP

### **Patricia Andrea Paladino**

IFSP – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo – Câmpus São Paulo, Arquitetura e Urbanismo, Departamento de Construção Civil  
São Paulo – SP

**RESUMO:** A geometria modular compõe um vasto campo de estudo. O termo “módulo” vem do latim *Modulus* que significa medida pequena. As pequenas peças agrupadas da maneira correta podem render grandes e belos resultados. A construção modular consiste em criar um objeto complexo a partir da repetição de várias peças unitárias semelhantes. O comportamento geométrico dos módulos pode seguir técnicas de transformações como a repetição, a reflexão, a rotação e a translação. A lógica da geometria modular vem sendo utilizada por muitos matemáticos e filósofos da história por apresentar harmonia e beleza das formas.

A facilidade de se criar peças modulares chegou ao seu ápice com a vinda da Revolução

Industrial cujo desenvolvimento tornou-se viável e barato. O aprofundamento das técnicas de encaixe a cada dia influencia mais o mercado da construção civil trazendo variação de formas, agilizando o projeto, economizando os espaços e barateando os custos. Na arquitetura, a geometria modular teve o seu marco em 1851 com a construção do Palácio de Cristal, em Londres. Na área do design, as peças modulares são sinônimo de flexibilidade e beleza, criando novas formas e modificando os espaços.

Este trabalho pretende desenvolver alguns objetos de design por meio da composição de oito peças modulares. Partindo da arte vernacular japonesa do origami, e os princípios de isometria simples das formas geométricas; a análise dos módulos demonstra que cada peça, por apresentar um sistema de encaixe diferente a partir de variadas dobras, está diretamente ligado ao formato das composições tridimensionais.

**PALAVRAS-CHAVE:** Arquitetura; Matemática; Módulos; Origami.

### 1 | INTRODUÇÃO

A construção modular consiste em criar um objeto complexo a partir da repetição de peças

unitárias semelhantes. O estudo de peças modulares nas construções arquitetônicas tem alcançado grande relevância na elaboração de projetos. O comportamento geométrico dos módulos pode seguir diversas técnicas de transformações geométricas como a reflexão, rotação e translação.

As peças modulares na construção civil ganharam força a partir da Revolução Industrial com a introdução de técnicas de moldes pré-fabricados, trazendo diversos benefícios como a rapidez de reprodução das peças, a redução dos custos e a versatilidade do uso dos espaços.

A lógica dos sistemas modulares segue padrões matemáticos simples que compõem uma grande harmonia de formas, sendo alvo de estudo de matemáticos, arquitetos, engenheiros e diversos outros profissionais.

O estudo da geometria modular apresenta-se como alternativa morfológica para a forma dos projetos arquitetônicos, inspirando os desenhos de projeto e design.

## 2 | DISCUSSÃO DE DADOS

A metodologia do trabalho consiste em três partes: aparato teórico-histórico da geometria modular, a arte vernacular do origami, sua origem e evolução em oposição ao processo de construção modular pós Revolução Industrial; estudo matemático-teórico sobre os princípios da isometria plana aplicados aos módulos; e desenvolvimento de peças criando estruturas complexas e o estudo dos sistemas de encaixe.

O estudo histórico visa discutir o uso dos módulos nas construções arquitetônicas mostrando seu uso e influência no projeto, com destaque ao marco da Coordenação Modular, o Palácio de Cristal em Londres de 1851, pós Revolução Industrial, com ênfase no processo industrial das peças, na agilidade e barateamento da produção. A introdução à arte vernacular consiste em apresentar o origami como alternativa de construção de peças modulares que viabilizem a flexibilidade e dimensão geométrica de peças.

O estudo matemático para embasamento da pesquisa apresenta o levantamento dos princípios da isometria simples das figuras geométricas: translação, reflexão e rotação. Desta maneira, é possível acompanhar as técnicas de transformações dos módulos simples em estruturas complexas viabilizando o resultado final da forma que está diretamente ligado ao sistema de encaixe das peças.

O desenvolvimento dos módulos em origami permitiu uma experiência de reconstrução e transformação de peças simples em estruturas mais complexas, por meio da análise de encaixes. Pretendeu-se nesta etapa, realizar um detalhamento deste experimento tridimensional com o objetivo de gerar novas formas, como alternativa plástica.

## 2. 1. Estudo Histórico

### 2.1.1. Origem e Evolução das Peças Modulares

A utilização de módulos na arquitetura aparece na história desde as antigas civilizações. O uso da unidade básica das ordens das colunas gregas a partir do século VI, por exemplo, seguia um padrão de tamanho e proporção no qual cada módulo apresentava uma importância singular no equilíbrio físico, beleza, estabilidade e harmonia das formas.

“A proporção dos elementos das ordens gregas era a expressão da beleza e harmonia.” (CHING, 1998)

Essas ordens arquitetônicas compreendem um conjunto de elementos que se relacionam harmonicamente segundo preceitos clássicos de beleza. A proporção entre a altura e o diâmetro da coluna, capitel e entablamento são características que facilitam o entendimento e distinção das ordens gregas cada qual com sua harmonia.

A partir do diâmetro da coluna formavam-se as dimensões de projeto de forma que sempre houvesse concordância harmônica entre elas. Esse sistema de proporção era denominado *Canon* e consistia no uso do raio da base do fuste como valor modular para determinar as relações e estruturas dimensionais do projeto, como no caso da altura da coluna que continha um número específico de módulos. É também na Grécia que surge a primeira relação entre o volume do edifício e o espaço natural com uma maior preocupação à plasticidade externa ao conteúdo do espaço interno.

A partir do século XVIII com a vinda da Revolução Industrial, as peças modulares ganharam força nas construções arquitetônicas. A rapidez de reprodução das peças, juntamente à queda dos custos de produção, acelerou o processo de introdução das estruturas modulares na construção civil através de peças pré-moldadas.

Como marco da Arquitetura Industrial encontra-se o Palácio de Cristal de Londres, idealizado e elaborado pelo arquiteto-paisagista Joseph Paxton entre 1850 e 1851. Construído para ser o palco da Grande Exposição de 1851 (primeira grande feira internacional com mais de 14 mil expositores), a enorme construção que durou apenas quatro meses foi feita inteiramente de ferro fundido, vidro e madeira. A partir de estudos já elaborados pelo arquiteto sobre estufas envidraçadas, o projeto, desenvolvido em apenas oito dias, foi idealizado como uma enorme galeria envidraçada em três níveis.

“O Crystal Palace não era tanto uma forma particular quanto um processo de construção tornado manifesto como sistema total, desde a concepção, a fabricação e o transporte iniciais até a construção e desenvolvimentos finais. Como os edifícios ferroviários, com os quais tinha uma certa analogia, era um kit de montagem altamente versátil” (FRAMPTON, 1980, p.31)

O Palácio de Cristal era composto por uma estrutura ininterrupta de ferro fundido em treliças por todo o perímetro, com exceção dos três pórticos simétricos da entrada.

A elaboração do projeto contava com um módulo básico de 2,44 metros dispostos em vãos estruturais de 7,31 a 21,95 metros.

A novidade do processo técnico de construção estava na rapidez da montagem e exatidão da forma utilizando módulos e construção estandardizada das grelhas moldadas em série. A capacidade de terem-se estruturas de ferro fundido junto ao envidraçamento modular constituiu um padrão construtivo em toda a Europa em casas de câmbio, mercados e galerias.

A facilidade da construção consistiu em criar um grande pavilhão de ferro que poderia ser montado e desmontado posteriormente, com todas as peças pré-fabricadas e apenas montadas no local, sendo que cada parte não poderia ultrapassar uma tonelada para a facilidade de manuseio, e economia de gastos usando painéis de vidro de maior largura. O invólucro total contava com 93.000 metros quadrados de vidro, o que por um lado mantinha uma iluminação natural direta, dificultava a ventilação e climatização da estrutura.

A utilização de peças pré-moldadas garantia não somente a agilidade de montagem das estruturas como também a facilidade de transportar *kits* de construções completas a longas distâncias. Desta maneira, peças pré-moldadas de ferro fundido começaram a ser exportadas por todo mundo pelos países industrializados.



Figura 1. Perspectiva Interna do Palácio de Cristal

Fonte: [https://arcowebarquivos.s3.amazonaws.com/imagens/47/78/arq\\_44778.jpg](https://arcowebarquivos.s3.amazonaws.com/imagens/47/78/arq_44778.jpg)

### 2.1.2. Estudo da Geometria Através do Origami

A arte vernacular milenar do *origami* tem sua origem no Oriente adotando como berço o Japão. A etimologia da palavra *origami* é um composto de dois radicais: *Ori* que significa dobra e *Kami* que tem duas acepções – papel e Deus -, evidenciando a importância dessa arte à cultura japonesa.

Utilizado inicialmente nas cerimônias xintoístas das classes elitizadas como forma

de ornamento (*Katashiro*), o *origami* popularizou-se no período *Tokugawa* (1603-1867) quando o papel tornou-se mais acessível sendo que até então, era um produto de distinção entre classes sociais. Apesar de ser uma arte milenar, os primeiros estudos escritos sobre a elaboração do *origami* padrão *tsuru* é datado de 1797 por Sembazuru Orikata e 1845 por Kan no Mado.

“Por meio do origami podia-se distinguir um agricultor de um guerreiro, um seguidor de um mestre, bastando observar as dobraduras que eles portavam.” (OLIVEIRA, 2004, p.2)

A popularização das dobraduras pelo restante do mundo deu-se no século VIII pelos árabes como auxílio no estudo da matemática. No mundo ocidental, a técnica do *origami* só deu-se no século XII, na Espanha, a partir das invasões mulçumanas. Foi Miguel de Unamuno o maior divulgador dessa arte na Espanha incentivando uma escola exclusiva para o tema, depois de conhecer a arte na exposição mundial de inauguração da Torre Eiffel em 1889.

Entre 1950 e 1960, com a forte popularização mundial do *origami*, diversos países foram adotando e se aprofundando nesta técnica. A americana Lilian Oppenheimer foi a primeira a impulsionar esse movimento com a fundação do *The Organic Center New York* em 1958.

Apesar de ser uma técnica livre de estudo de dobras (*folding*), o *origami* moderno japonês dispõe de regras para representação gráfica das dobras (1956). Idealizado por Akira Yoshizawa, as dobras recebem diferenciações que servem como matrizes de figuras bases, criando uma sistematização das dobras. Esse processo ampliou a difusão da técnica podendo-se criar, também, novas peças base.

Considerada filosofia e arte pela vertente Oriental, o *origami* consiste em usar o mínimo de dobras possíveis para expressar a essência do que deseja representar. Ao contrário da corrente Ocidental, a arte vernacular japonesa vem sendo estudada por profissionais de diversas áreas que buscam exatidão e proporção das formas abrindo espaço para os processos matemáticos, técnicas geométricas e mecanismos computacionais.

## 2.2. Estudo Matemático-Teórico

### 2.2.1. Princípios da Isometria

A isometria é uma transformação geométrica que consiste em conservar a distância entre quaisquer pares de pontos e ângulos de forma que a figura primária e o transformado sejam congruentes. Os segmentos de uma figura a outra são geometricamente iguais podendo variar de direção e sentido.

O uso da isometria está presente na história da humanidade desde as antigas civilizações. Padrões em pinturas, esculturas e cerâmicas na arte oriental são grande exemplo dessa transformação geométrica nas quais usam a repetição de elementos

gerando novos desenhos.

A isometria simples, que é o estudo do trabalho em questão, é composta por três propriedades: reflexão, rotação e translação. Em todos os casos é mantido o comprimento dos segmentos e abertura dos ângulos, mas somente na translação é mantida a direção do objeto transformado. A rotação é feita em um ponto fixo enquanto que na reflexão existem infinitos pontos fixos. A orientação dos ângulos é mantida na translação e rotação, e invertida na reflexão.

A reflexão consiste na duplicação da figura tendo como congruência o eixo  $r$  de reflexão. Dobrando-se o plano da imagem e sua imagem refletida no eixo  $r$ , a figura original e a transformada sobrepõem-se exatamente em todos os pontos. Também é possível a reflexão deslizante quando esta é resultado de uma reflexão seguida por uma translação paralela ao eixo  $r$ .

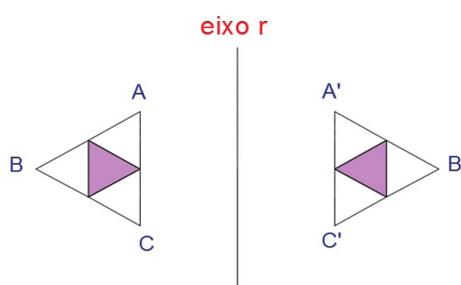


Figura 3. Reflexão de objeto a partir do eixo  $r$ .

O conceito de rotação está ligado à movimentação do objeto no qual o plano de rotação apresenta uma amplitude angular  $\alpha$  tal que a distância do centro de rotação a um ponto qualquer da figura seja a mesma para a da imagem rotacionada. A rotação pode ser positiva quando funciona em sentido anti-horário, e negativa em sentido horário.

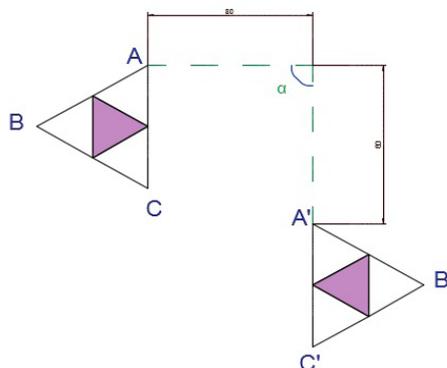


Figura 4. Rotação de uma peça mostrando as particularidades do processo

A translação está associada a um vetor (uma direção, sentido e comprimento)

conservando a direção e comprimento de segmentos de reta e amplitudes dos ângulos, ou seja, não há deformação da peça. Consiste no deslocamento em uma reta mantendo-se inalterado como no caso de elevadores.

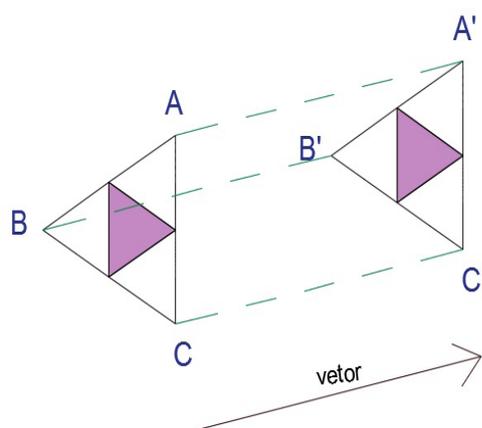


Figura 5. Translação de um objeto a partir de um vetor – a figura permanece a mesma

### 2.3. Elementos do Desenho Bidimensional

Segundo Wong em seu livro *Forma e Desenho*, o desenho bidimensional pode apresentar um número de formas idênticas ou semelhantes que constituem a “unidades de forma”. O uso dessa técnica ajuda a unificar o desenho e pode ser facilmente descoberta na maioria das imagens. Quando se usa a mesma forma mais de uma vez no mesmo desenho, o autor nomeia como repetição, que traz uma harmonia ao conjunto. Dentro deste conjunto, podem-se diferenciar diversos tipos de repetição como: repetição de formato, tamanho, cor, textura, direção, posição, espaço e gravidade. No conjunto de módulos com uma unidade fixa, a repetição só é possível com o uso da peça integral em todos os seus aspectos, não podendo variar conforme o desenho livre.

“O desenho é um processo de criação visual que tem propósito. Diversamente da pintura e da escultura, que constituem a realização das visões e sonhos pessoais dos artistas, o desenho preenche necessidades práticas.” (WONG, 1993, p.41)

Ainda dentro das propriedades de forma no desenho bidimensional, Wong analisa e aplica conceitos de estrutura, similaridade, gradação, radiação, anomalia, contraste e concentração do desenho e suas possíveis combinações. No caso do estudo em questão, os tipos de desenho plano ligados às peças modulares pré-determinadas seguem apenas certos pontos das primícias do desenho de Wong, não tendo abertura para a flexibilidade da forma.

No capítulo *Forma Bidimensional* do referido livro, o autor explica a composição de desenhos com repetição dentro de uma moldura de referência definida (espaço visível) no qual pode atender a uma disposição regular, estabelecendo uma composição formal,

que consiste na organização dos elementos de acordo com uma ordem matemática pré-determinada. Quando a repetição acontece com desenhos unitários já sobrepostos, tornando-se uma superunidade, e a reprodução é feita em sequências em diversos sentidos, definindo padrões, forma-se uma malha de desenhos complementares que exploram diversos tipos de repetição possíveis.

A superunidade gerada pode sofrer os diversos tipos de transformações no desenho como as *unidades de forma*, exibindo a radiação, translação, rotação e inversão de estruturas de repetição.

“O desenho bidimensional se refere à criação de um mundo bidimensional por meio de esforços conscientes de organização dos vários elementos. [...] cujo objetivo principal é estabelecer harmonia e ordem visual ou gerar interesse visual intencional.” (WONG, 1993, p. 238)

## 2. 4. Análise dos Módulos Desenvolvidos

### 2.4.1. Criação de Brinquedo Modular

Buscando por módulos em origami para a facilitação do entendimento de sistemas de encaixe modular, chegou-se a uma peça padrão, amplamente utilizada na arte vernacular japonesa para construção de estruturas. Dessa peça primária, foram verificados e estudados oito tipos de combinações de dobras gerando novos oito módulos distintos – cada qual com seu sistema de encaixe. Apesar de serem diferentes peças em si, o encaixe pode ser feito entre as mesmas, criando-se formas inovadoras que dependem do manejo dos módulos.

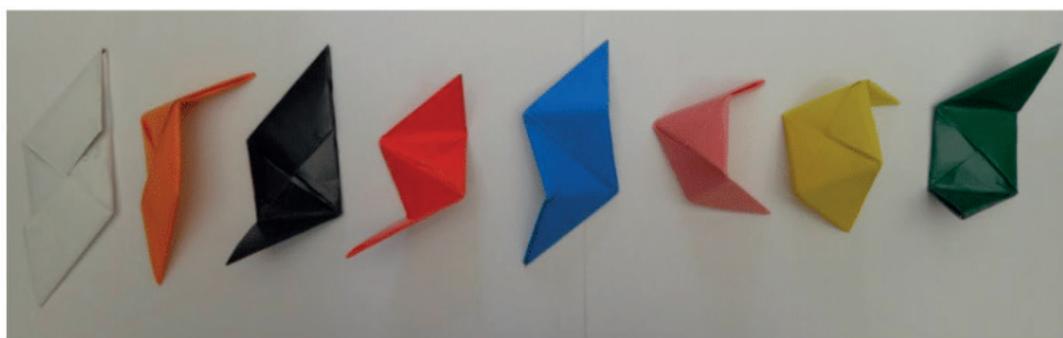


Figura 6. Os 8 módulos desenvolvidos que se distinguem por sua dobra de encaixe, cada um em uma cor

A peça que inspirou a criação dos módulos apresenta uma dobra a mais em seu processo de elaboração, mostrando um detalhamento estético maior e mais harmônico, entretanto, não é necessária para o sistema de encaixe e portanto não fez parte da formulação das novas peças. O procedimento de encaixe continua o mesmo e segue as mesmas dimensões da peça original com a altura 3 vezes maior que a largura. As peças elaboradas foram construídas artesanalmente, utilizando papel cartão de diferentes cores com gramatura 250 a 300 g/m<sup>2</sup>.

No desenvolvimento do projeto, diversos módulos foram criados com a exploração de seus sistemas de encaixe. A partir desse estudo, pôde-se chegar a conclusão de que a plasticidade desses objetos modulares está diretamente ligada ao seu sistema de encaixe, e este, por sua vez, tem relação com suas dobras características (*folding*).



Figura 7. Peças brancas, módulo 1

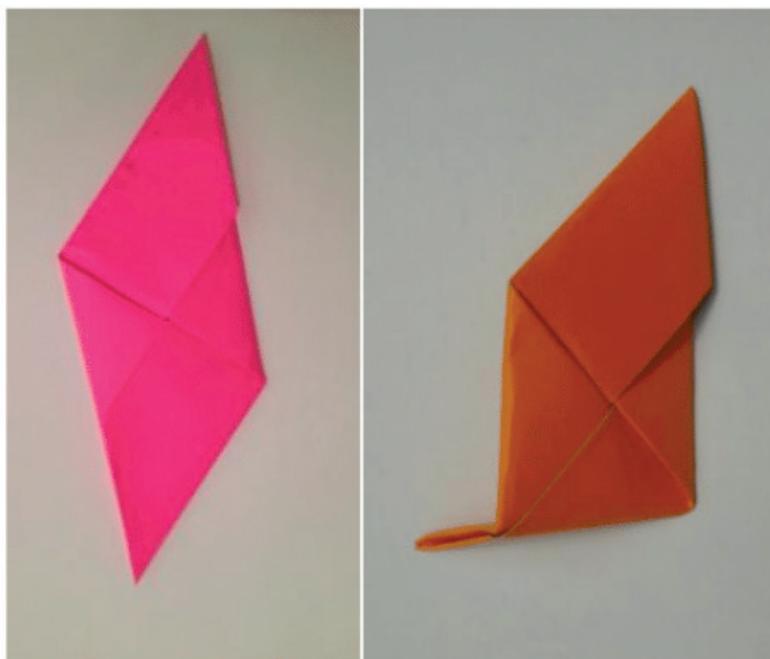


Figura 8. Segunda peça comparada à primeira

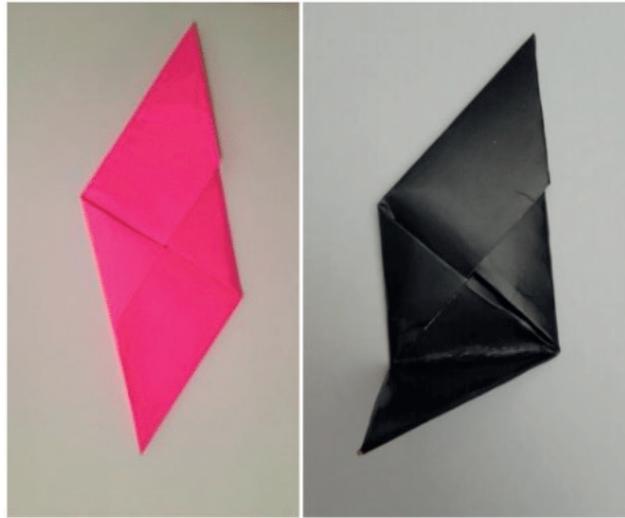


Figura 9. Terceira peça comparada à primeira

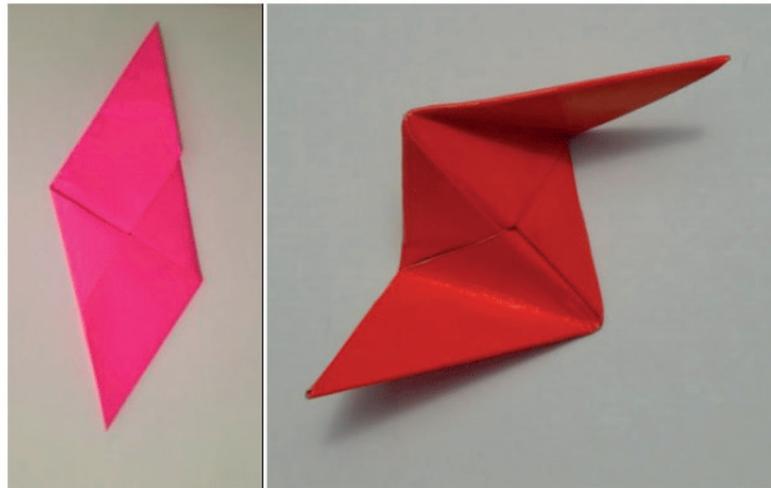


Figura 10. Quarta peça comparada à primeira

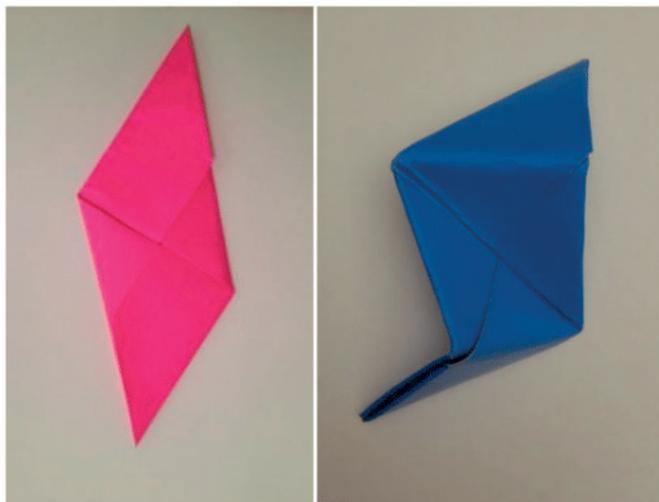


Figura 11. Quinta peça comparada à primeira

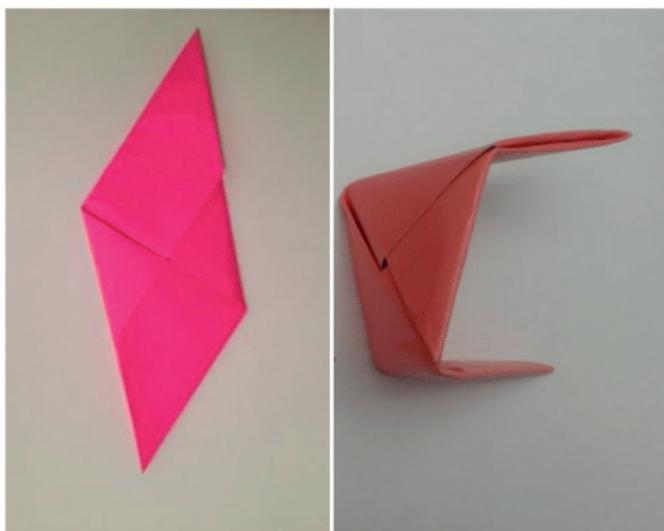


Figura 12. Sexta peça comparada à primeira

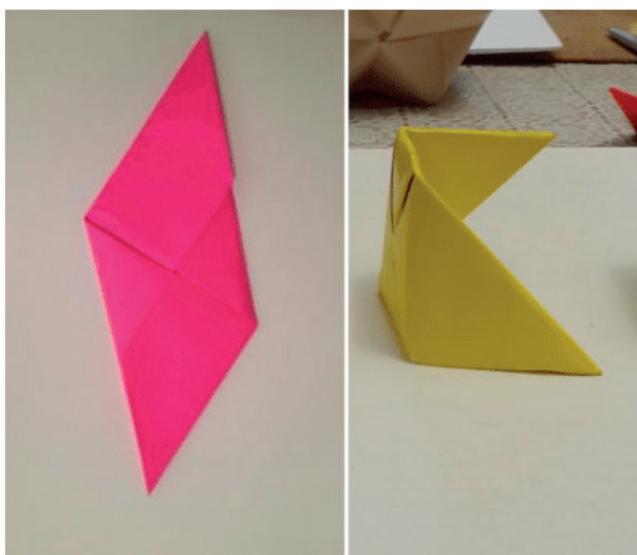


Figura 13. Sétima peça comparada à primeira

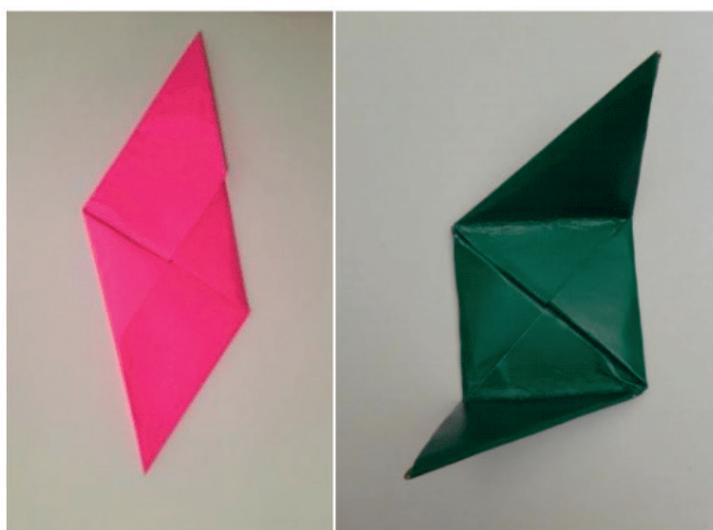


Figura 14. Oitava peça comparada à primeira

Sendo parte do objetivo do trabalho construir estruturas complexas a partir de módulos geométricos, foram elaboradas diferentes maquetes modulares com as peças em papel cartão – escolha proposital por apresentar flexibilidade e resistência às estruturas. Em relação a esta construção, foi executado um tutorial de criação de um brinquedo modular, detalhando os passos para a construção de algumas estruturas utilizando os módulos geométricos.

A utilização da dobradura no ensino da matemática, por exemplo, ajuda na visualização da lógica da geometria, de forma a mostrar-se com alternativa lúdica e educativa, incentivando o aluno a desenvolver o senso de espaço e plano. O sistema de encaixe é de fácil entendimento e apresenta diversas possibilidades de objetos, tanto tridimensionais na construção de estruturas sólidas quanto formas vazadas, lembrando o desenho bidimensional.



Figura 15. Tutorial Simplificado de construção de um balão com as peças modulares

Entre os objetos construídos, a partir desses módulos, encontram-se diferentes estruturas. No caso do balão, mostrado na Figura 5, representa a opção mais simples de construção, composta de apenas 3 itens do mesmo módulo. O segundo objeto elementar, o cubo simples, foi feito com apenas 6 peças de outro tipo de módulo. Apesar do processo de junção dos módulos ser o mais simples possível, é possível construir estruturas um pouco mais complexas. O *kusudama Sonobe*, uma peça de decoração de origem japonesa que lembra uma esfera, é constituído por 30 peças de outro tipo de módulo apresentando os três tipos de isometria em sua montagem.



Figura 16. Alguns objetos construídos com as peças modulares. Kusudama Sonobe, balão, cubo e balão, respectivamente.

Um estudo mais aprofundado das peças pôde gerar outras formas inovadoras. A construção de *Esponjas de Menger*, por exemplo, demonstram alternativas morfológicas de objetos mesclando-se diversas peças distintas. Fazendo referência a uma iteração do processo fractal da *Esponja de Menger*, foi possível a construção de uma estrutura com 72 peças; desenvolveu-se também um cubo de 1.154 peças utilizando a mesma lógica de encaixe da primeira.

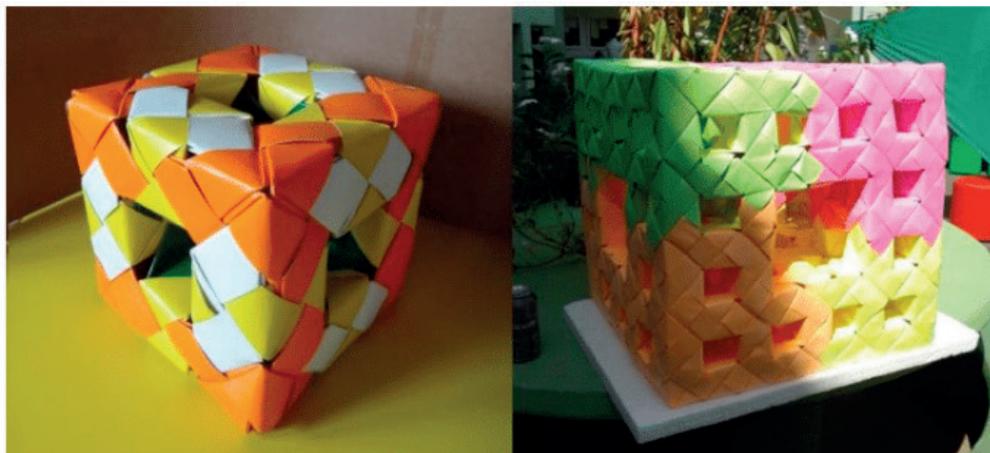


Figura 17. Esponjas de Menger representando uma iteração e duas iterações, respectivamente.

Apartir disso, começou-se a pesquisar diferentes materiais para o desenvolvimento das peças. Os materiais estudados dependem da função escolhida para cada objeto.

#### *2.4.2. Utilização de outros materiais*

A partir do estudo de diferentes materiais, percebeu-se que os objetos desenvolvidos poderiam alcançar outras funções dependendo de sua matéria-prima. Elaborou-se, então, uma luminária com acetato de baixa gramatura e papel vegetal 70/75 g/m<sup>2</sup>. Esses tipos de materiais apresentam características translúcidas que permitem a passagem de luz.

A aplicação dos mesmos princípios estudados anteriormente deu origem ao primeiro objeto feito inteiramente de acetato para função de iluminação. O *Kusudama Sonobe* foi o produto de teste dando o resultado cristalino esperado. Após o teste com acetato, foi-se experimentado o mesmo objeto com peças em papel vegetal, chegando-se a outra estrutura translúcida, mas de diferente efeito lumínico. O acetato, por ser transparente, faz com que a luz tenha efeito direto tornando-se um objeto de iluminação mais focal; no caso do papel vegetal, a transparência é opaca, o que dá um efeito de luz difusa no lustre.

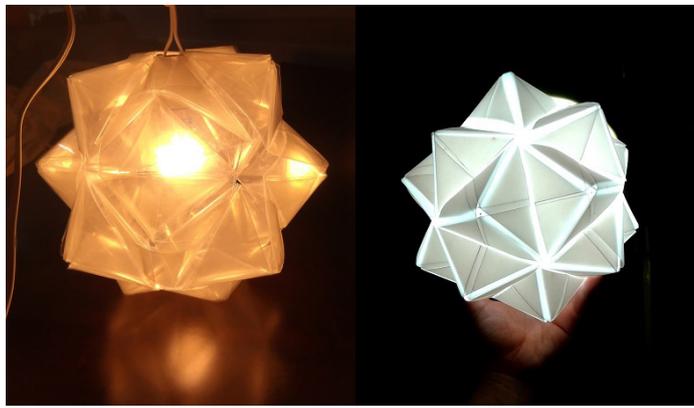


Figura 18. Lustres desenvolvidos: de acetato e de papel vegetal, respectivamente.

## 2.5. Princípios de Isometria nas Peças Modulares: O Sistema de Encaixe

O sistema de encaixe das peças modulares segue padrões simples de isometria. A utilização teórica da transformação isométrica num conjunto de peças tridimensionais assemelha-se ao estudo feito com figuras planas. A partir do encaixe adequado de módulos, é possível verificar a repetição das estruturas para a criação de conjuntos complexos.

O princípio da rotação, por exemplo, é encontrado em todas as estruturas construídas, caracterizando um padrão de construção e formas. A primeira parte da Figura 9 mostra uma estrutura modular composta de 3 peças formando metade de um prisma. Considerando o objeto tridimensional de pontas A, B e C marcadas, é possível a relação de rotação quando agrupadas em um conjunto maior de “meios primas”, como pode ser visto na outra parte da figura; desta maneira, é possível uma relação com a imagem em amarelo exemplificando uma das rotações existentes no projeto.

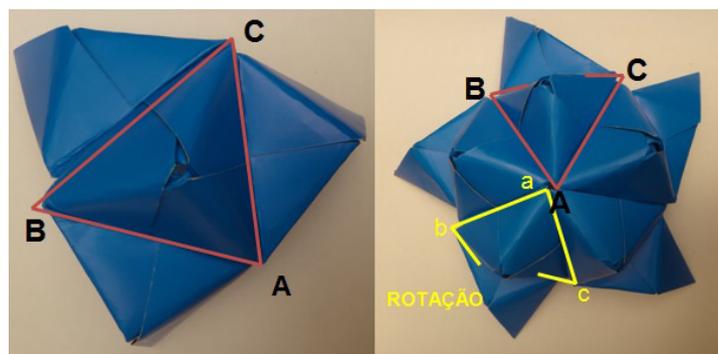


Figura 19. Estudo de rotação das estruturas modulares construídas: figura de pontos A, B e C rotacionado na imagem amarela com ponta a, b e c com movimento positivo em sentido anti-horário.

No caso de transformações de reflexão, é mais fácil a identificação desse princípio através da utilização do módulo unitário. A partir da construção do cubo, é visível a reflexão da peça em contorno verde para o preto, como mostra a Figura 10. A

peça primária em contorno verde se espelha na peça transformada em contorno preto e encaixam-se cada aba numa outra peça em branco.

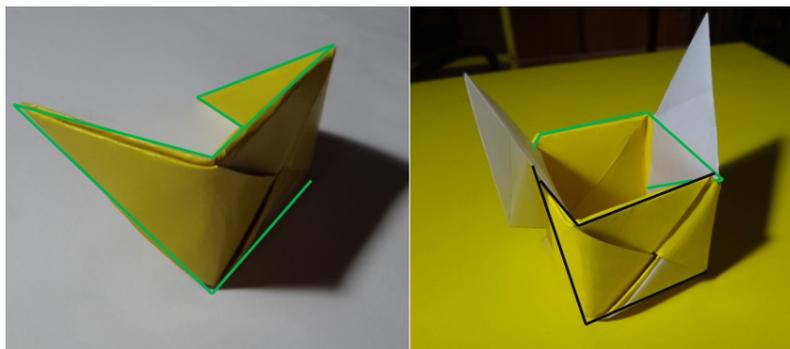


Figura 20. A peça primária em contorno verde é refletida na segunda imagem como mostra a contorno preto.

Na utilização de planos feitos em módulos, é possível uma melhor visualização do princípio de translação. A movimentação em vetor trabalha em malha bidimensional, portanto, foi necessária uma análise dos módulos no mesmo plano. No caso das estruturas construídas, a maneira mais fácil de entender a translação é observar uma superfície da *Esponja de Menger*. A Figura 11 mostra uma peça primária branca com contorno preto e sua localização em uma das faces do cubo. Segundo as características de translação, a figura desloca-se sem sofrer qualquer deformação, como acontece nessa superfície. A figura em contorno verde evidencia o “deslocamento” da peça em contorno preto, sem sofrer alterações.

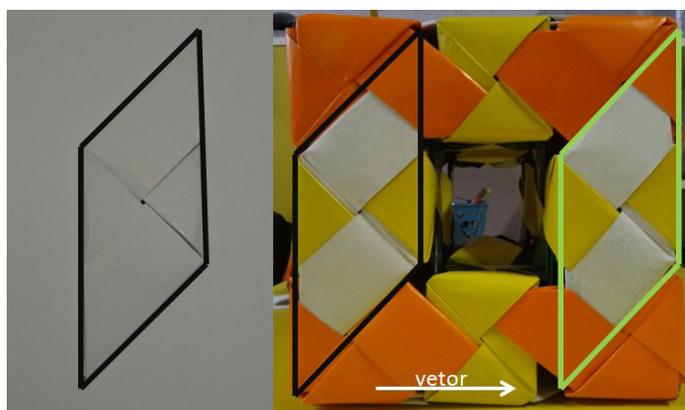


Figura 21. Face da Esponja de Menger evidenciando o princípio de translação da peça em contorno preto para a de verde.

O estudo dos princípios de isometria auxilia no entendimento dos encaixes modulares, uma vez que explicam geometricamente as relações de padronização modular das peças. A importância desse conhecimento completa o raciocínio de padrões de encaixe e sustenta teoricamente a relevância do trabalho.

### 3 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

O trabalho desenvolvido apresenta a importância do uso de peças modulares como alternativa morfológica. Na arquitetura, pode-se dizer que a modulação dessas estruturas atinge um potencial de inspiração aos arquitetos, abrindo uma nova possibilidade à concepção das obras.

A partir de uma análise mais detalhada dos módulos em origami e seu sistema geométrico de encaixe, pode-se apontar a sua relevância como potencial de sugestão a novas formas no projeto arquitetônico contemporâneo, modificando a plasticidade do desenho e ampliando a aplicação de estruturas modulares.

No projeto arquitetônico, o uso de técnicas de pré-moldados na construção vem a cada dia facilitando a edificação da obra, economizando recursos e agilizando a produção. Na concepção de obras arquitetônicas atuais, a modularidade é sinônimo de sustentabilidade, economia e rapidez. O uso de estruturas pré-moldadas diminui o resíduo gerado na construção civil, ajudando na sustentabilidade de concepção da obra. A diminuição do desperdício de materiais na construção acarreta uma economia significativa no valor da obra.

Nos dias atuais, diversos arquitetos adotam a ideia de modularidade em seus projetos buscando inovação das formas e economia nos processos. As casas de reuso de *containers*, por exemplo, mostram-se como grande fonte de alternativa morfológica utilizando uma estrutura pré-definida. As coberturas treliçadas também são um exemplo de modularidade, uma vez que funcionam com a junção de diversas peças fundidas podendo-se ampliar ou diminuir suas dimensões retirando ou acrescentando mais “peças”, contando com suas particularidades de estruturação.

Entre diversos exemplos inspirados em módulos na arquitetura, pode-se citar o caso concreto da *Escola M3* nas áreas rurais da Colômbia. Elaborado pelo escritório M3H1 Arquitectura, o projeto de setembro de 2013 tinha como partido a construção de estruturas modulares facilmente montáveis que atendessem às necessidades funcionais de seus espaços, recebendo o Prêmio Corona Pro Hábitat 2013.

“Escola M3 se enraíza como um projeto que mediante rápidas modificações é capaz de se adaptar às condições tanto climáticas quanto produzidas pelos desastres naturais, nas diversas zonas do território rural colombiano.” (M3H1 Arquitectura)

Com o módulo base de 2,5m x 2,5m, na *Escola M3*, o projeto é feito inteiramente de Bambu por apresentar flexibilidade de construção e acessibilidade de material. O sistema modular é bastante versátil e de simples construção, permitindo infinitas possibilidades de implantação e atendendo às necessidades da população local. A ideia se apresenta em um *kit* de montagem rápida com instruções de construção e um diagrama de adaptação e crescimento, podendo ser adaptado e modificado de acordo com o uso.

O uso de peças modulares vem sendo uma ferramenta potencializadora de

formas arquitetônicas, já que inspira os arquitetos e projetistas e modifica os espaços e plasticidade dos projetos. Dessa maneira, tornou-se alvo de pesquisas tanto na área da arquitetura quanto da matemática. A lógica das figuras geométricas facilita o desenvolvimento das peças deixando o desenho ainda mais fácil de ser representado. A aplicação de princípios matemáticos aos módulos, mesmo trabalhando em planos diferentes, mostra a aplicação lógica dos sistemas de encaixe. O estudo dos módulos geométricos para gerar estruturas complexas mostra a versatilidade e beleza das formas e compõe um vasto campo de estudo e pesquisa, agregando valor tanto estrutural quanto plástico.

## REFERÊNCIAS

GREVEN, H. e BALDAUF, A. **Introdução à coordenação modular de construção no Brasil: uma abordagem atualizada**. Coleção Habitare, volume 9. ANTAC. Porto Alegre, 2007

FRAMPTON, K. **História Crítica da Arquitetura Moderna**. 4ª edição. Editora Martins Fontes. São Paulo, 2015

OLIVEIRA, F.F. **Origami: Matemática e Sentimento**. 2004.

ROSA, W. **Arquitetura industrializada: a evolução de um sonho à modularidade**. São Paulo: FAUUSP, 2007

VENTURA, A. **Reflexão sobre conceitos de produção modular e arquitetura**. Pós. Rev Programa Pós-GradArquit Urban. FAUUSP [online]. 2006

WONG, W. **Princípios de forma e desenho**. São Paulo: Martins Fontes, 1998.

Agência Brasileira do ISBN  
ISBN 978-85-7247-035-3

