



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE ARTES E COMUNICAÇÃO
DEPARTAMENTO DESIGN

NATALIE CHAVES VASCONCELOS SANTOS

**EXPLORANDO A CIMÁTICA COMO INSPIRAÇÃO NA PRODUÇÃO DE UMA
COLEÇÃO DE LADRILHOS HIDRÁULICOS BASEADOS NA VOCALIZAÇÃO DE
AVES: UMA ABORDAGEM INTERDISCIPLINAR**

Recife
2025

NATALIE CHAVES VASCONCELOS SANTOS

**EXPLORANDO A CIMÁTICA COMO INSPIRAÇÃO NA PRODUÇÃO DE UMA
COLEÇÃO DE LADRILHOS HIDRÁULICOS BASEADOS NA VOCALIZAÇÃO DE
AVES: UMA ABORDAGEM INTERDISCIPLINAR**

TCC apresentado ao Departamento de Graduação em Design da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para obtenção do título de bacharel em Design.

Área de concentração: Design gráfico

Orientadora: Profa. Dctre. Eva Rolim Miranda

Recife

2025

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do programa de geração automática do SIB/UFPE

Santos, Natalie Chaves Vasconcelos.

Explorando a cimática como inspiração na produção de uma coleção de ladrilhos hidráulicos baseados na vocalização de aves: uma abordagem interdisciplinar / Natalie Chaves Vasconcelos Santos. - Recife, 2025.

94 p. : il., tab.

Orientador(a): Eva Rolim Miranda

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal de Pernambuco, Centro de Artes e Comunicação, Design - Bacharelado, 2025.

Inclui referências.

1. Design. 2. Cimática. 3. Pássaros. 4. Ladrilho Hidráulico. 5. Estampa.
I. Miranda, Eva Rolim. (Orientação). II. Título.

760 CDD (22.ed.)

AGRADECIMENTOS

Quando entrei no curso, tinha uma visão completamente diferente do que desejava para meu futuro e minha carreira profissional. Ao longo desses quatro anos, pude me reconhecer como uma designer que transita entre diversos campos, e hoje fico feliz por todas as conquistas e escolhas que fiz durante minha trajetória acadêmica. Tenho muito orgulho deste projeto, que reflete meu interesse por trabalhos colaborativos e multidisciplinares, algo que busquei levar comigo durante toda a minha jornada na UFPE. Mas nada disso, porém, seria possível sem o apoio e a ajuda de muitas pessoas.

Aos meus familiares que torceram e acompanharam de perto os desafios deste projeto e da faculdade, deixo minha gratidão — em especial à minha mãe Luciana Chaves, ao meu irmão Gabriel di Sergius Chaves, à minha prima Isabella Chaves e à minha tia Suely Chaves.

Um agradecimento especial à minha melhor amiga, Marina Paixão, que sempre esteve ao meu lado nas jornadas acadêmicas, essa caminhada teria sido muito mais difícil sem você.

Agradeço também ao meu namorado, Mateus Barbosa, pelo incentivo constante e por sempre falar com tanto orgulho do meu projeto para as pessoas.

Sou grata a todos os meus amigos que, durante o desenvolvimento deste trabalho, se mostraram curiosos, prestativos e dispostos a ler, revisar e opinar com carinho e atenção.

Por fim, agradeço à minha orientadora, Eva Rolim, por todo o suporte ao longo do desenvolvimento deste trabalho, especialmente nas etapas finais. Meu sincero agradecimento também a Alyson Carvalho do Departamento de Física por toda a disponibilidade e ajuda com o experimento de Chladni. Deixo também meu agradecimento ao professor Antônio Roberto, meu antigo orientador, por me apresentar à biomimética e pelo apoio nas etapas iniciais do projeto.

A todos que, de alguma forma, contribuíram para que este trabalho se tornasse realidade: meu muito obrigada.

RESUMO

O presente trabalho de natureza exploratória tem como principal objetivo estabelecer uma abordagem multidisciplinar que relaciona os campos do Design e da Física através da Cimática, ciência que estuda as ondas sonoras no meio físico. A temática do estudo foi selecionada tendo em vista a oportunidade de aprofundamento em colaborações interdisciplinares aplicadas ao Design, permitindo não apenas a exploração de técnicas criativas inovadoras, mas também o reconhecimento da importância do Design em diferentes áreas do conhecimento e sua presença em contextos que ultrapassam a percepção visual. Durante o processo experimental, foi realizado o Experimento de Chladni, que utiliza o fenômeno de ressonância de frequências sonoras para formar padrões de imagem. Esses padrões serão gerados a partir da frequência sonora extraída da vocalização de espécies de pássaros encontrados na região do nordeste brasileiro e servirão de base para o desenvolvimento de estampas aplicadas à ladrilhos, aproveitando conceitos da biomimética e transformando características bioacústicas em uma representação gráfica da identidade do canto de cada espécie. Dessa forma, o projeto promove a interseção entre ornitologia, ciência e design ao mesmo tempo em que ressalta o Design como campo interdisciplinar.

Palavras-chave: Pássaros, Cimática, Design, Ladrilho Hidráulico, Estampa.

ABSTRACT

This practice-based final paper aims to establish a multidisciplinary approach connecting fields of Design and Physics through Cymatics, the study of the sound waves in a physical environment. The research theme was chosen for its potential to deepen interdisciplinary collaborations of design, allowing not only the exploration of innovative creative techniques, but also the recognition of Design's importance across different fields of knowledge and its presence in contexts that go beyond visual perception. As part of the experimental process, the Chladni Plate experiment was conducted, utilizing the resonance of sound frequencies to generate visual patterns. These patterns were created based on the frequencies extracted from the vocalizations of bird species from the northeast of Brazil and will serve as the foundation for the development of cement tile designs. By applying concepts from biomimetics, this project transforms bioacoustic characteristics into a graphical representation of each species' identity. In this way, the project fosters an intersection between art, science, and design while emphasizing design as an inherently interdisciplinary discipline.

Palavras-chave: Birds, Cymatics, Design, Cement tile, Pattern.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
1.1 Objetivo geral	10
1.2 Objetivos específicos	10
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	12
2.1 O que é Cimática?	12
2.1.1 Ondas sonoras e frequência (Hz)	12
2.1.2 Experimento de Chladni	13
2.2 Biomimética	15
2.2.1 Bioacústica	15
2.2.2 Espectrograma	16
2.3 Ladrilhos Hidráulicos	17
2.4 Conceitos e princípios de design	19
2.4.1 Rapport	19
2.4.2 Gestalt	20
a. Pregnância	21
b. Fechamento	21
c. Proximidade	21
d. Continuidade	21
e. Semelhança	22
f. Segregação	22
g. Unidade	23
h. Unificação	23
2.4.3 Princípios de Wucius Wong	23
2.5 Interdisciplinaridade	23
2.6 Análise de Similares	24
3 METODOLOGIA DO PROJETO	25
3.1 Pesquisa e seleção inicial	26
3.2 Compreensão do experimento e testes	28
3.3 Preparação e execução final do experimento	31
3.3.1 Identificação da frequência	31
3.3.2 Criação das novas placas de Chladni	33
3.3.3 Execução do experimento	34
a. Placa de Chladni feita de ferro	35
b. Placa feita com tela de pintura	35
c. Placa feita com bexiga de festa	36
d. Resultado preliminar do experimento	37
3.3.4 Ajustes e adições	38
3.3.5 Resultado final do experimento e espécies selecionadas	39
3.4 Processo criativo	43
3.4.1 Moodboards	43

3.4.2 Design e abstração dos padrões	47
a. Ladrilho Ararinha-Azul	48
b. Ladrilho Jacucaca	56
c. Ladrilho Atobá-de-Pé-Vermelho	64
d. Ladrilho Surucuá-de-Barriga-Vermelha	72
3.5 Resultado final	82
4 CONSIDERAÇÕES FINAIS	91
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	93

1 INTRODUÇÃO

Enquanto aluna do curso de Design da UFPE, procurei me envolver em projetos que me permitissem explorar o mundo por diferentes perspectivas. Esse interesse por novas formas de pensar e criar me levou a implementar conexões diversas e processos inovadores nos meus projetos, além dos tradicionalmente ensinados e replicados na faculdade. Este projeto reflete essa trajetória e traduz minha paixão por construir conexões entre o Design e outras áreas do conhecimento, impulsionada pela vontade de estimular a busca por processos inovadores de criação, interpretação e exploração.

Diante da proposta de reconhecer a relevância do design, foram consideradas diversas áreas a fim de criar uma conexão interdisciplinar com o Design, como a psicologia ou a química. Entretanto, a escolha da física, através da Cimática, tornou-se curiosa ao tratar-se de uma disciplina que estuda um fenômeno não visível, o som. Isso permitiu não apenas a exploração de processos criativos inovadores, mas também o reconhecimento da presença do design em contextos que transcendem a percepção humana para além do que os olhos podem ver.

1.1 Objetivo geral

Este Trabalho de Conclusão de Curso tem como objetivo geral a criação de uma coleção de ladrilhos hidráulicos a partir da associação entre os campos do Design e da Física, utilizando a Cimática como ponto de inspiração para desenvolver estampas baseadas nas vocalizações de aves da fauna nordestina, explorando a biomimética como processo criativo e destacando o Design como um campo interdisciplinar.

1.2 Objetivos específicos

- Explorar a ciência da Cimática como inspiração e ferramenta de conexão entre o Design e a Física, promovendo a interdisciplinaridade entre diferentes áreas do conhecimento;

- Realizar o experimento de Chladni aplicando frequências sonoras simbólicas extraída das vocalizações de espécies de pássaros encontrados no nordeste;
- Utilizar a Cimática como partido e inspiração para abstração e representação simbólica da vocalização de espécies de pássaros encontrados no nordeste;
- Desenvolver estampas para uma coleção de ladrilhos hidráulicos inspirados nos padrões visuais obtidos com o Experimento de Chladni, aplicando princípios do design como Gestalt, Rapport e os conceitos de Wucius Wong;
- Evidenciar o potencial do Design como um campo de conhecimento interdisciplinar e como agente na promoção de processos criativos exploratórios;
- Promover a interdisciplinaridade entre ornitologia, ciência (Física, especificamente) e Design.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 O que é Cimática?

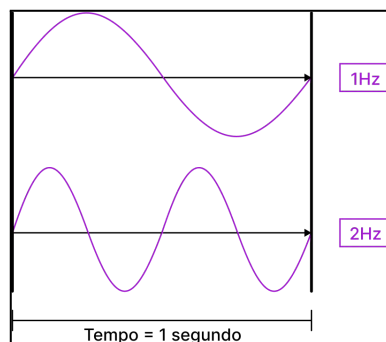
No âmbito das ciências dentro da física, a área da Cimática destaca-se como a responsável pelo estudo das ondas sonoras associadas a padrões físicos. Também conhecida como Ciência do Som Visível, a Cimática consiste no entendimento e representação do comportamento de vibrações das ondas sonoras no meio líquido ou sólido (Heinrichs, 2019).

2.1.1 Ondas sonoras e frequência (Hz)

Uma onda sonora é uma vibração que propaga-se por um meio material e que pode variar em relação à sua frequência, criando assim, diferentes notas, timbres e consequentemente, sons. A fim de discernir cada padrão de vibração, é utilizada a escala de medição em *hertz*, representada pelo símbolo Hz, que configura-se na unidade de frequência no Sistema Internacional de Unidades. Ao tratar de unidades na casa dos milhares, é comum representá-las utilizando um *k* (mil) entre o número e o símbolo, ou seja, ao invés de escrever 20.000Hz, escreve-se 20kHz.

O hertz corresponde à frequência de oscilação de uma onda sonora por segundo (Figura 1), portanto, se uma onda sonora apresenta apenas 2Hz, significa que ela realiza 2 vibrações por segundo (Magno, 2020).

Figura 1 – Representação da frequência de ondas sonoras no tempo de 1 segundo.



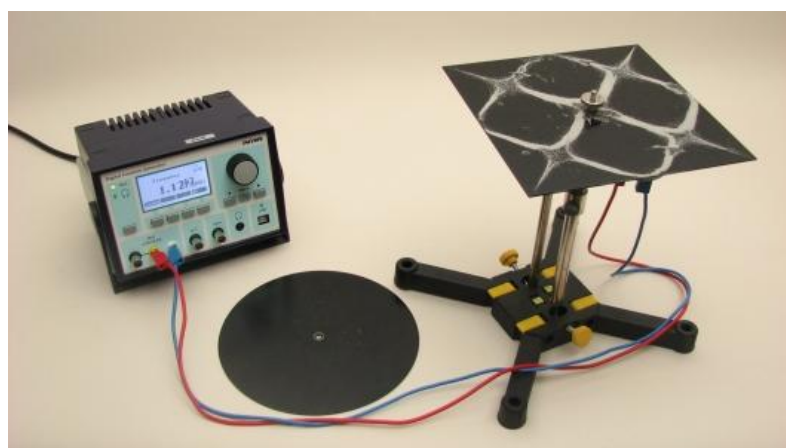
Fonte: A autora (2024) Referencial: Magno, 2020.

Embora a escala não tenha um limite máximo, a percepção auditiva humana se restringe a sons compreendidos entre aproximadamente 20Hz e 20kHz (Heffner, 2007, p.20), diferente de outras espécies de animais, como os morcegos, que podem escutar e se comunicar em frequências bem mais altas, podendo chegar a aproximadamente 200kHz.

2.1.2 Experimento de Chladni

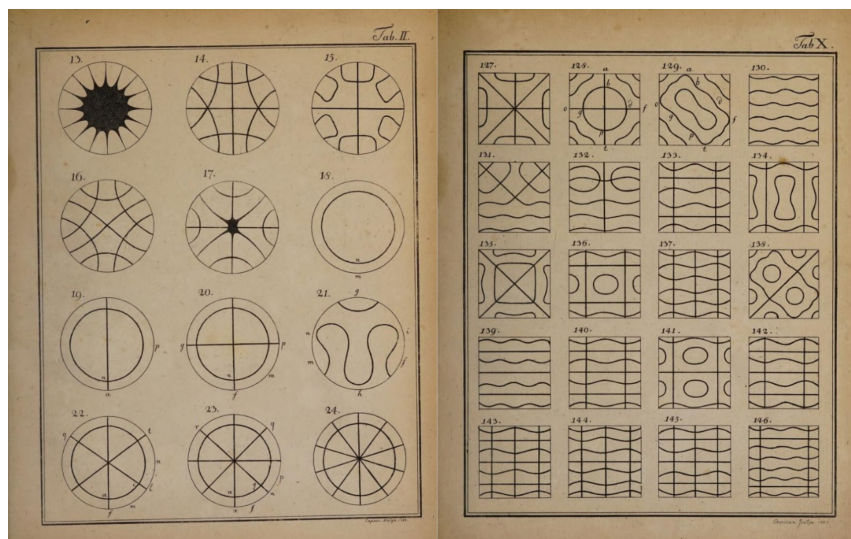
O Experimento de Chladni ou Prato de Chladni foi desenvolvido pelo físico Ernst Chladni, também conhecido como o pai da acústica. O propósito do experimento é representar as vibrações das ondas sonoras de forma visual, por meio de uma placa de metal, acrílico ou plástico coberta por uma fina camada de areia (Figura 2). Ao induzir diferentes frequências no alto-falante conectado à placa, as vibrações do som fazem a placa tremer, promovendo lentamente o deslocamento da areia e padrões geométricos (Figura 3) que podem variar de acordo com o formato da placa (Magno, 2020). Na primeira versão do experimento durante século 18, Chladni utilizava um arco de violino para gerar diferentes notas diretamente na placa e registrou todos os seus resultados no seu livro *Entdeckungen über die Theorie des Klanges* (Figura 3).

Figura 2 – Aparelho para Experimento de Chladni formando padrões na areia.



Fonte: Phywe.com.

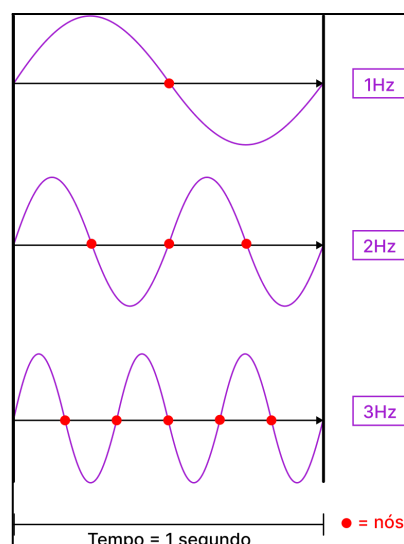
Figura 3 – Registros dos testes de Ernst Chladni no seu livro.



Fonte: Chladni, Ernst Florens Friedrich, Livro *Entdeckungen über die Theorie des Klanges*, p.94.

A reação de deslocamento se manifesta devido ao acúmulo de areia nos chamados 'nós' ou zonas nulas (Figura 4), que são os pontos em que não ocorre movimentação na onda sonora (Heinrichs, 2019, p.74), ou seja, quanto maior é uma frequência, maior é a quantidade de ondas e de nós, formando padrões cada vez mais elaborados.

Figura 4 – Indicação dos nós ou zonas nulas em vermelho dentro dos comprimentos de onda.



Fonte: A autora (2024) Referencial: Magno, 2020.

2.2 Biomimética

A bioinspiração consiste em utilizar a inspiração na natureza para criar soluções ou elementos. Lurie-Luke (2014) destaca que a análise de inovações bioinspiradas pode ser realizada sob diversas perspectivas, enfatizando a importância de considerar os agrupamentos de organismos, o estágio de desenvolvimento e as características específicas das inovações. Além disso, destaca-se a possibilidade de classificar essas inovações com base na origem da inspiração biológica, abrangendo a criação de materiais, a percepção ambiental por sensores, padrões comportamentais e processos funcionais dos organismos.

Neste projeto, a biomimética foi empregada ao explorar a vocalização de pássaros majoritariamente encontrados no nordeste do Brasil e suas implicações por meio da Cimática como inspiração na concepção dos ladrilhos hidráulicos. A pesquisa objetiva transcender a simples imitação estética a fim de abstrair os padrões acústicos derivados da fauna como uma ferramenta para informar e inspirar o design de superfícies construídas. Essa abordagem interdisciplinar não apenas presta homenagem à complexidade dos sistemas naturais, mas também integra considerações de inovação, evidenciando como a natureza pode servir de catalisador para inovações gráficas aplicadas a materiais.

Ao analisar e aplicar os princípios da Cimática, este projeto visa demonstrar a viabilidade de utilizar padrões sonoros naturais como uma fonte de inspiração para o desenvolvimento de ladrilhos que sejam não apenas esteticamente agradáveis, mas que também reflitam uma conexão com o ambiente natural, promovendo uma maior harmonia entre o construído e o natural.

2.2.1 Bioacústica

A Bioacústica é um ramo da ciência que estuda os padrões de sons emitidos por organismos vivos, combinando biologia e acústica para entender melhor o comportamento e estilo de vida das espécies através da sua comunicação. No caso das aves, o estudo de sua bioacústica é bastante facilitado pelo grande número de

interessados na prática de observação de pássaros. São durante estas práticas que muitos observadores conseguem captar os cantos dos pássaros e registrar as condições do ambiente, documentando todo o processo e resultados em sites e fóruns específicos sobre a temática, que conseguem gerar dados, espectrogramas, identificar padrões e ajudam no mapeamento da distribuição e identificação de novas espécies (Vielliard, Silva, 2008).

Segundo os mesmos autores, a bioacústica pode contribuir para novas interações multidisciplinares:

[...] Com o uso das ferramentas disponíveis hoje para análise dos sinais sonoros e as bases teóricas desenvolvidas pela bioacústica, pesquisas multidisciplinares podem ser planejadas. As linhas de pesquisa, bem estabelecidas atualmente, se referem aos mais variados domínios da biologia e interações podem ser desenvolvidas também nas áreas de comunicação, educação e artes. (Vielliard, Silva, 2008).

2.2.2 Espectrograma

O espectrograma é um gráfico que representa o som de uma forma visual, onde o eixo x indica o tempo e o eixo y a frequência. No caso da bioacústica, é utilizado para analisar padrões dos cantos das aves, já que sua representação democratiza melhor o entendimento dos padrões sonoros através de formas e cores, sem adentrar tanto em questões técnicas (Sousa, 2022).

Uma boa referência para análise é o Bem-te-vi, que possui um canto de três sílabas bastante conhecido e fácil de ser identificado em um espectrograma (Figura 5).

Figura 5 – Espectrograma do canto do bem-te-vi.



Fonte: WikiAves Bem-te-vi. Nelson C. Lobo Martins (2009) | Legenda: A autora.

Em um espectrograma, as cores indicam a intensidade do som emitido. Enquanto o preto e cores mais escuras referem-se a sons mais baixos, cores mais claras e quentes indicam o aumento do volume, fazendo com que as notas de um som possam ser identificadas comparando as áreas mais claras e escuras do espectrograma. Ao analisar a figura acima, nota-se o espectro da vocalização do Bem-te-vi na parte mais inferior do gráfico sendo repetida três vezes, referente às três sílabas emitidas pela ave durante seu canto característico.

2.3 Ladrilhos Hidráulicos

Ladrilhos hidráulicos constituem uma categoria de revestimento à base de cimento, fabricado de maneira artesanal, cuja origem remonta à Europa em 1867. No Brasil, as primeiras peças foram importadas de Portugal, França e Bélgica e, no fim do século XIX, as primeiras fábricas começaram a surgir no país (Maciel et, 2020).

Figura 6 – Modelos de ladrilhos hidráulicos.



Fonte: A autora (2024) Referencial: Magno, 2020.

O ladrilho hidráulico desempenha um papel não só funcional, como também ornamental, resgatando tradição e expressão cultural em sua utilização e produção. Atualmente, a peça é considerada patrimônio material, natural e imóvel no Brasil pelo Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional (IPHAN) devido à sua memória histórica e das técnicas artesanais vinculadas à sua produção (Lamas; Longo; Souza, 2018).

Apesar de sua popularização e presença em ambientes contemporâneos, a preservação de locais históricos e patrimônios tombados, onde os ladrilhos são frequentemente encontrados, simboliza a persistência e valorização da memória iconográfica e histórica desses lugares (Vasconcelos, 2014).

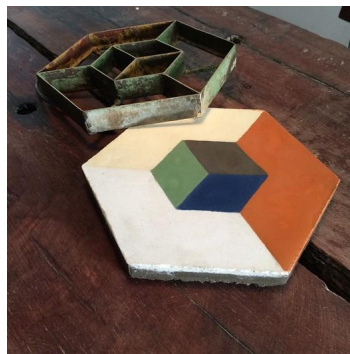
Figura 7 – Processo de produção do ladrilho hidráulico.



Fonte: Artigo - A produção de ladrilho e o ofício de ladrilhar: método de produção de ladrilhos do século XVIII aos nossos dias (2018).

O procedimento para a produção do ladrilho hidráulico (Figura 6) inicia-se com a concepção do desenho que será efetuado e que pode ser composto por formas retas e curvas de diferentes colorações. Após a definição do design, um molde de ferro é confeccionado (Figura 7), o qual servirá como delimitador para cada cor presente no ladrilho. Ao adicionar todas as tintas no molde é acrescentada uma camada de cimento para que o ladrilho siga para a prensa e por fim, submetido ao processo de cura na água. É desta última etapa que se origina o nome ladrilho hidráulico (Maciel et al, 2020).

Figura 8 – Ladrilho hidráulico e molde para produção artesanal.



Fonte: Archdaily - Ladrilhos hidráulicos: Como são fabricados e quais as possibilidades de desenho? (2020).

2.4 Conceitos e princípios de design

2.4.1 Rapport

No design, o Rapport é uma técnica bastante utilizada no design de superfície para definir padrões de alinhamento e encaixes em estampas, sejam elas padronagens contínuas, que se completam sem deixar espaços ou padronagens modulares que podem ser rotacionadas, refletidas e combinadas gerando novos padrões (Rubim, 2004).

A técnica de Rapport também considera padrões de distribuição do módulo em relação ao espaço de aplicação, podendo influenciar na percepção de profundidade da composição e na repetição de cada módulo. No caso deste projeto, foi explorada a técnica de Rapport através da translação, rotação e reflexão dos módulos de cada ladrilho (Figura 9).

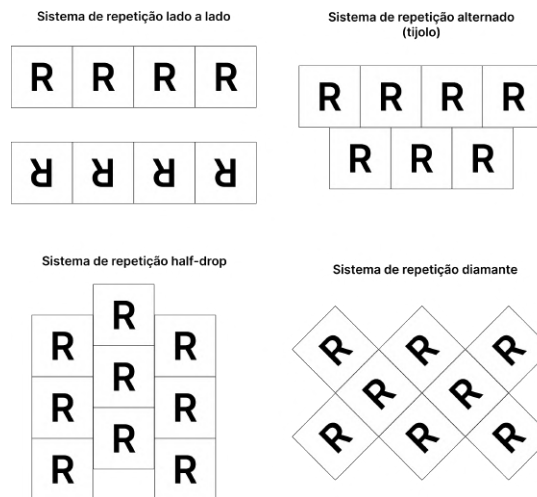
Figura 9 – Exemplo da técnica de Rapport utilizando módulos.



Fonte: A autora (2025).

No Rapport, além dos princípios referentes ao sentido de cada peça, existem também as formas de paginação e repetição, como o alinhamento lado a lado, alinhamento alternado (também conhecido como tijolo), o alinhamento diamante e o alinhamento half-drop conforme ilustrado na figura 10.

Figura 10 – Exemplo de sistemas de repetição no Rapport.

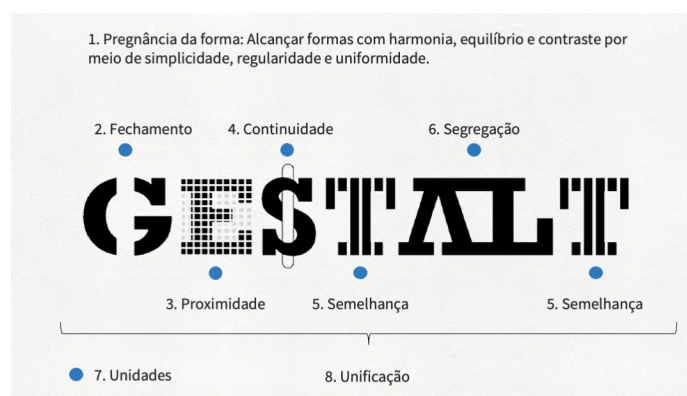


Fonte: A autora (2025).

2.4.2 Gestalt

A Gestalt no design compreende um conjunto de princípios que ajudam a explicar como o cérebro interpreta padrões. Esta teoria é bastante aplicada no design gráfico e no design de interfaces para criar elementos visuais harmônicos, simbólicos e de fácil compreensão. Com ela, é possível induzir o observador a interpretar um elemento através de outro ponto de vista ou até mesmo induzi-lo a tomar alguma decisão específica. Segundo o livro Gestalt do Objeto, existem oito princípios principais da Gestalt. (Gomes Filho, 2008)

Figura 11 – Princípios da Gestalt no design



Fonte: Faberhaus - Gestalt: Um resumo das oito leis da psicologia da forma (2015).

a. Pregnância

O princípio da pregnancy busca gerar uma composição visual que consiga transmitir o seu objetivo de forma harmônica e simples. Uma imagem com alta pregnancy tende a possuir elementos com baixa complexidade, com espaços de respiro e um equilíbrio maior na composição. Já imagens com baixa pregnancy possuem muitos elementos, cores, informações e uma composição visual mais carregada (Gomes Filho, 2008).

b. Fechamento

O princípio do fechamento, afirma que o cérebro tende a completar imagens e formas que não estão totalmente preenchidas. Este princípio é muito utilizado na criação de logos e propagandas como uma forma de explorar representações visuais mais inovadoras e criativas. Por exemplo, na logo da marca Unilever são incorporados diversos elementos gráficos que, em conjunto, formam a letra U (Gomes Filho, 2008).

c. Proximidade

O princípio da proximidade interpreta que todo elemento que está próximo a outro tem algum tipo de relação ou pertencem ao mesmo grupo. Por exemplo, ao criar um texto, é comum que os espaçamentos definam a proximidade das linhas para setorizar a informação em diferentes grupos, como parágrafos ou tópicos (Gomes Filho, 2008).

d. Continuidade

O princípio da continuidade reflete que todo elemento que possui alguma forma de alinhamento entre si, têm uma relação ou sentido. Por exemplo, ao fazer vários pontos de forma aleatória em um papel, não é possível interpretar alguma lógica ou relação entre eles, mas, ao alinhar estes pontos, é possível interpretá-los como uma linha pontilhada contínua (Gomes Filho, 2008).

e. Semelhança

O princípio da similaridade induz que todo elemento que possui características parecidas fazem parte do mesmo grupo ou têm a mesma função. Por exemplo, ao sublinhar partes de um texto para a cor vermelha, compreende-se que todo elemento textual que possuir esta nova característica, será interpretado como um grupo de texto que, de alguma forma, possui relação entre si (Gomes Filho, 2008).

f. Segregação

O princípio de segregação consiste na diferenciação de elementos dentro de uma composição visual, seja ela através de contraste, formas, posições ou delimitações. Por exemplo, em uma folha de papel onde existem vários quadrados pretos e apenas um círculo roxo, este elemento tende a se destacar e se diferenciar dos demais através da forma (Gomes Filho, 2008).

Indo além, existem designers que consideram mais princípios na Gestalt, sendo um deles o princípio de figura-fundo, que pode ser relacionado com o princípio de segregação. O princípio de figura-fundo utiliza o contraste entre o plano de fundo e o elemento gráfico principal para induzir o observador a ter interpretações diferentes para o mesmo elemento visual a depender do seu foco. Este conceito foi introduzido pela primeira vez em 1915 pelo psicólogo e fenomenólogo dinamarquês Edgar Rubin, que ficou conhecido pelas suas pesquisas na área e pelo seu experimento de ilusão de ótica chamado Vaso de Rubin (Donaldson, 2017).

Figura 12 – Experimento de ilusão de ótica do Vaso de Rubin, onde é possível identificar o princípio de figura (vaso) - fundo (dois rostos).



Fonte: The Illusions Index - Rubin's Vase (2017).

g. Unidade

O princípio da unidade consiste na interpretação de que todo elemento que começa e se encerra nele mesmo representa uma unidade. Por exemplo, uma palavra pode ser interpretada como uma unidade, ao mesmo tempo em que cada letra também pode ser considerada uma unidade ou subunidade (Gomes Filho, 2008).

h. Unificação

O princípio da unificação consiste na interpretação de vários elementos sendo pertencentes a um mesmo contexto. A unificação ocorre quando todos os elementos estão respeitando o mesmo padrão, alinhamento, cores e características gerais, criando uma relação entre todos os aspectos da composição (Gomes Filho, 2008).

2.4.3 Princípios de Wucius Wong

Wucius Wong é um designer e artista chinês responsável por aprofundar as teorias da Gestalt na aplicação gráfica. Sua maior contribuição para a área foi com a publicação do seu livro “Princípios da Forma e Desenho”, onde ele contribui com conceitos que são aplicados ao design gráfico até os dias atuais. Dentre estes princípios destacam-se os princípios da unidade, equilíbrio, ênfase, ritmo, proporção, movimento, variedade, harmonia, equilíbrio, contraste dentre outros. Esses princípios servem como base para estabelecer boas práticas do design gráfico e são essenciais em um projeto visual (Wong, 1998).

2.5 Interdisciplinaridade

A interdisciplinaridade configura-se como uma relação de interação e conexão entre diferentes áreas do conhecimento. Ao contrário da multidisciplinaridade, que trata da relação entre disciplinas como uma contribuição de escopo individual, a interdisciplinaridade vê essa relação como uma possibilidade de troca de conhecimento entre saberes.

Segundo Edgar Morin, filósofo e sociólogo francês, a multidisciplinaridade pode ser definida como:

[...] uma **associação de disciplinas, por conta de um projeto ou de um objeto que lhes sejam comuns**; as disciplinas ora são convocadas como técnicos especializados para resolver tal ou qual problema; ora, ao contrário, estão em completa interação para conceber esse objeto e esse projeto [...]. (Morin, 2003, p. 115).

A importância de ter um ambiente colaborativo reflete na qualidade dos processos de criação, tendo em vista que mais de um olhar é aplicado à mesma problemática, resultando em diferentes pontos de vista e interpretações. Desta forma, o conhecimento não se organiza estritamente por áreas definidas e delimitadas, mas sim, através da colaboração, relação e interação com o meio e com os outros (Piaget. 1981,p.52).

2.6 Análise de Similares

Foi utilizado como principal referência de análise o projeto *Textile printing designs of upholstery Fabrics inspired by the plastic constructions of Cymatics effects on the sand*, publicado no Jornal Internacional Árabe de Arte Digital e Design (Figura 13), que utilizou o Experimento de Chladni na criação de estampas para móveis. A partir da análise do projeto foi possível constatar a viabilidade da proposta deste TCC, validar técnicas de criação e processo criativo pensadas anteriormente, além de analisar dificuldades que poderiam surgir na etapa experimental. Para ultrapassar as barreiras linguísticas durante a análise, foi utilizado o Chat GPT para traduzir cada capítulo do artigo, que foi publicado no idioma árabe.

Figura 13 – Referencial teórico.



Fonte: Textile printing designs of upholstery Fabrics inspired by the plastic constructions of Cymatics effects on the sand (Nasr; El Wakeel; Abd El Aziz, 2023).

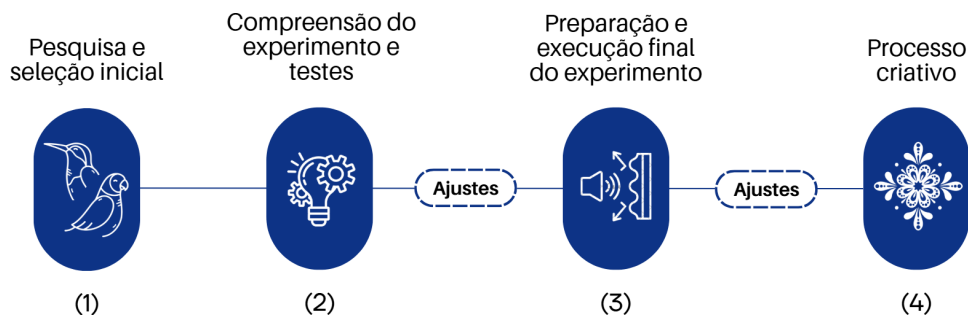
3 METODOLOGIA DO PROJETO

Considerando o caráter experimental-exploratório do projeto, a estruturação das etapas segue os princípios da pesquisa-ação (Thiollent, 2022), com coleta gradual de informações a cada validação ou teste realizado, ou seja, ocorreu de forma não linear, sendo necessário realizar ajustes ao longo do processo.

Como parte da pesquisa para estruturação das etapas do projeto e estudo de viabilidade, foi realizada uma análise de similares, que visou a antecipação de possíveis dificuldades e a coleta de insights relevantes que poderiam contribuir para o processo criativo.

Para obter um resultado satisfatório do experimento e do produto final, foram estruturadas as seguintes etapas principais: (1) Pesquisa e seleção inicial, visando realizar uma pré seleção das espécies de aves de acordo com critérios definidos e encontrar fontes confiáveis para fornecer os cantos dos pássaros, (2) Compreensão do experimento e testes, visando entender as limitações do aparelho, realizar testes iniciais e elaborar ajustes, (3) Preparação e execução final do experimento, buscando reunir as informações e materiais necessários para gerar os padrões geométricos no Experimento de Chladni, e por fim, a etapa de (4) Processo criativo, na qual foram coletadas as representações gráficas obtidas no Experimento de Chladni para inspiração na criação das estampas dos ladrilhos hidráulicos, seguindo a estética visual de cada ave e aplicando os princípios de Design. (Figura 14).

Figura 14 – Principais etapas do projeto.



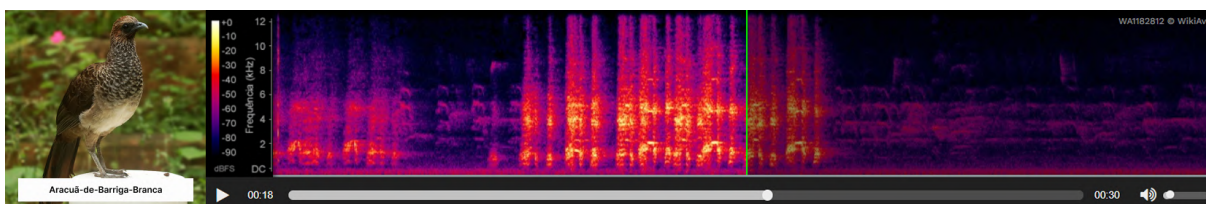
Fonte: A autora (2025).

3.1 Pesquisa e seleção inicial

Com o aprofundamento do tema durante as pesquisas e o surgimento de novas informações (como a existência da bioacústica e dos espectrogramas), foi necessário buscar fontes que pudessem fornecer informações mais confiáveis e específicas sobre o assunto, principalmente áudios dos cantos das aves.

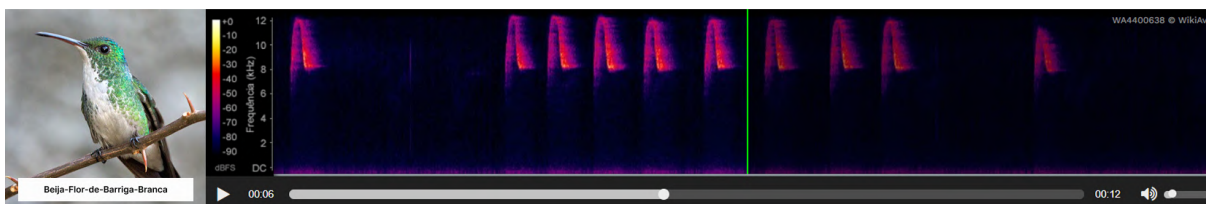
A WikiAves, considerada a maior comunidade de observadores de pássaros do Brasil, foi a escolhida como fonte primordial de informações sobre os pássaros. Por meio da pesquisa por localização, foram selecionadas onze espécies de aves majoritariamente presentes no nordeste brasileiro. Além disso, utilizando recursos do site, foi possível acessar imagens de alta qualidade, áudios das vocalizações dos pássaros e espectrogramas para melhor visualização (Figuras 15 a 25).

Figura 15 – Aracua-de-Barriga-Branca e espectrograma do áudio correspondente à ave



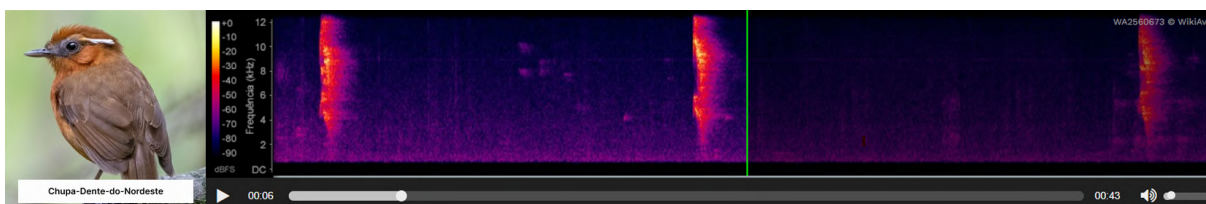
Fonte: Foto - WikiAves Leonardo Casadei (2016) | Espectrograma - WikiAves Gilberto Müller (2013)

Figura 16 – Beija-Flor-de-Barriga-Branca e espectrograma do áudio correspondente à ave



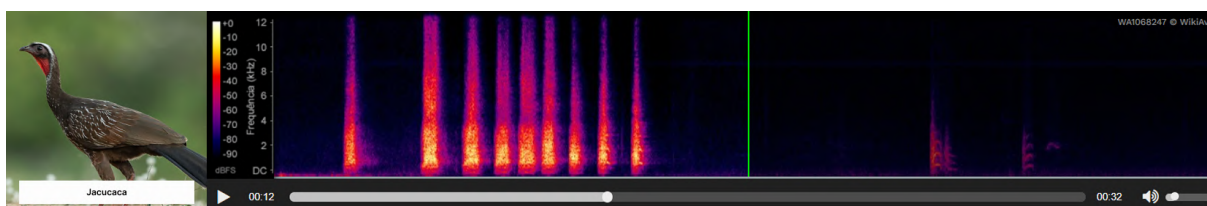
Fonte: Foto - WikiAves Carlos Nobre (2012) | Espectrograma - WikiAves Paulo Estevam (2021)

Figura 17 – Chupa-Dente-do-Nordeste e espectrograma do áudio correspondente à ave



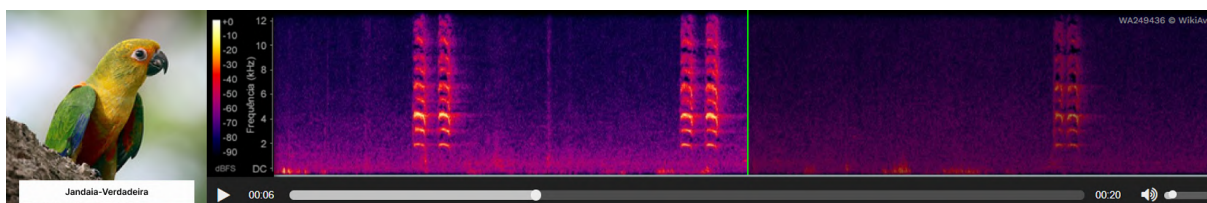
Fonte: Foto - WikiAves Thiago Zanetti (2020) | Espectrograma - WikiAves Marco Cruz (2017)

Figura 18 – Jacucaca e espectrograma do áudio correspondente à ave



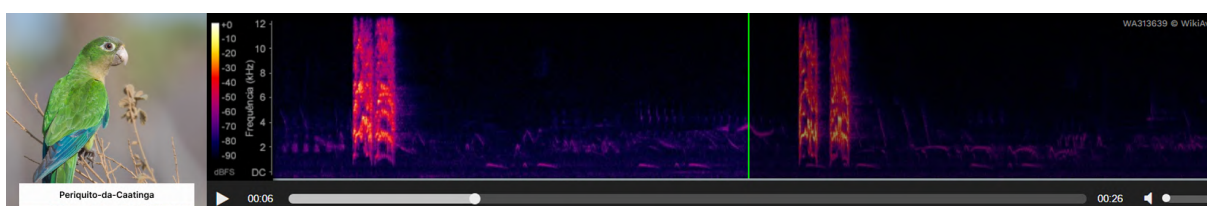
Fonte: Foto - WikiAves Ester Ramirez (2018) | Espectrograma - WikiAves Pedro Têia (2013)

Figura 19 – Jandaia-Verdadeira e espectrograma do áudio correspondente à ave



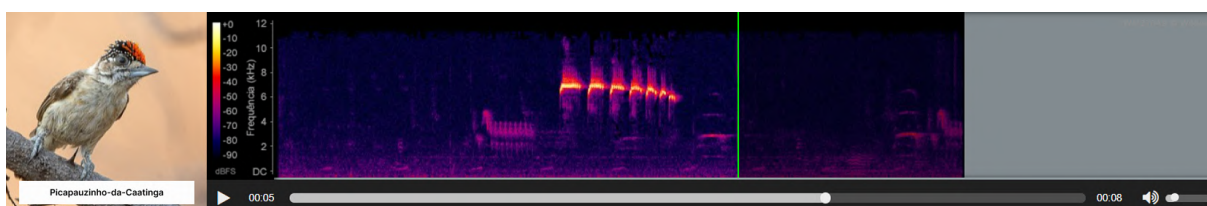
Fonte: Foto - WikiAves Herculano Neto (2018) | Espectrograma - WikiAves Gustavo Gonsioroski (2010)

Figura 20 – Periquito-da-Caatinga e espectrograma do áudio correspondente à ave



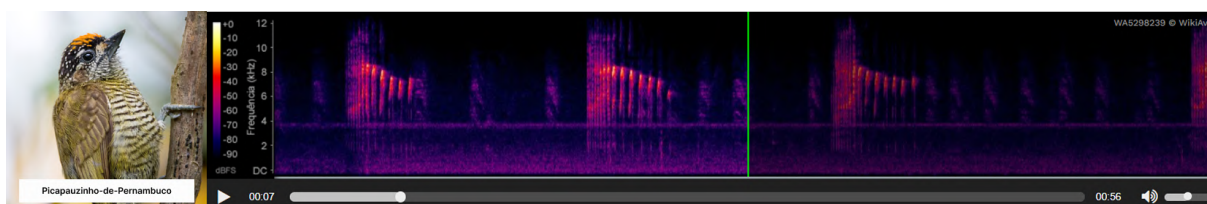
Fonte: Foto - WikiAves Guto Balieiro (2015) | Espectrograma - WikiAves Jeremy Minns (2001)

Figura 21 – Picapauzinho-da-Caatinga e espectrograma do áudio correspondente à ave



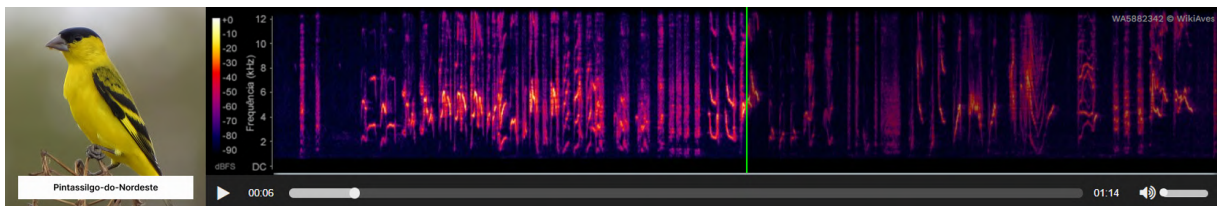
Fonte: Foto - WikiAves Fabyano Costa (2021) | Espectrograma - WikiAves Ciro Albano (2008)

Figura 22 – Picapauzinho-de-Pernambuco e espectrograma do áudio correspondente à ave



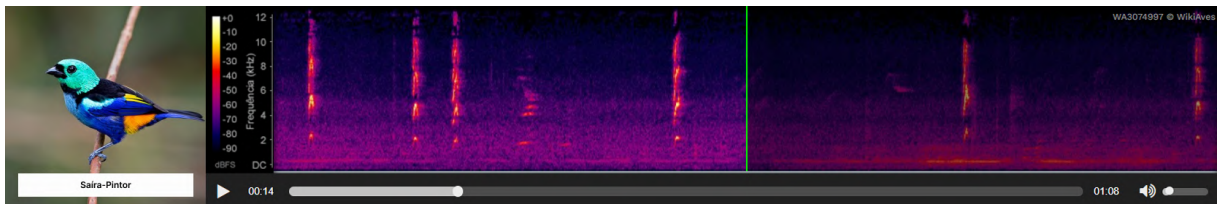
Fonte: Foto - WikiAves Luiz Matos (2023) | Espectrograma - WikiAves Abraão Tenório (2020)

Figura 23 – Pintassilgo-do-Nordeste e espectrograma do áudio correspondente à ave



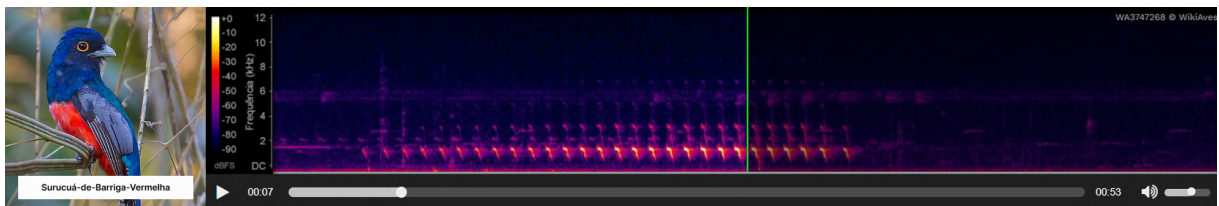
Fonte: Foto - WikiAves Breno Farias (2024) | Espectrograma - WikiAves Breno Farias (2020)

Figura 24 – Saíra-Pintor e espectrograma do áudio correspondente à ave



Fonte: Foto - WikiAves Ciro Albano (2014) | Espectrograma - WikiAves Jayrson Araújo (2018)

Figura 25 – Surucuá-de-Barriga-Vermelha e espectrograma do áudio correspondente à ave



Fonte: Foto - WikiAves Bertrando Campos (2015) | Espectrograma - WikiAves Luiz Matos (2020)

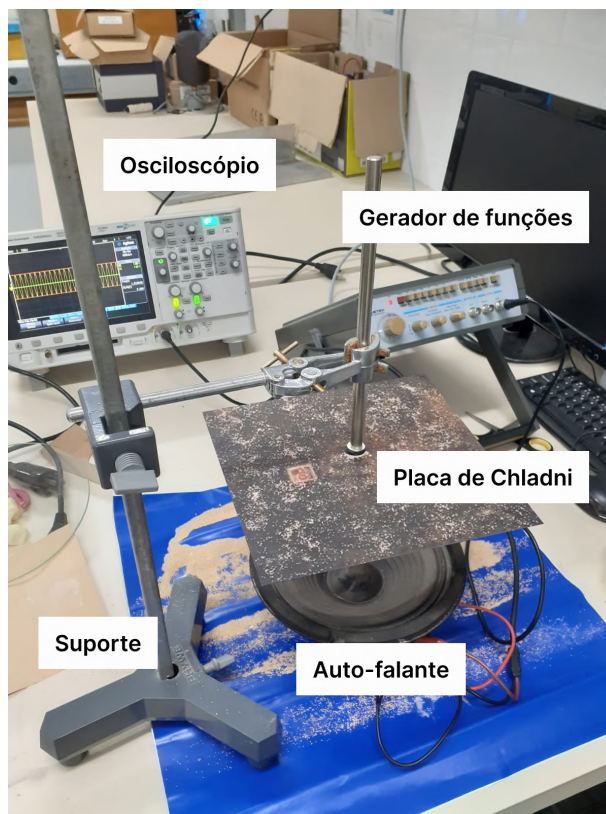
Os critérios para a seleção inicial das onze espécies de aves levaram em consideração não apenas a localização de cada uma, mas também a variabilidade estética — para garantir uma paleta de cores diversa — e a variabilidade nos tipos de vocalização, com o objetivo de obter padrões geométricos distintos durante o experimento, especialmente entre cantos mais graves e mais agudos.

3.2 Compreensão do experimento e testes

O Experimento de Chladni foi realizado utilizando um aparelho disponível no Laboratório de Física Moderna do Departamento de Física da UFPE, durante o mês de março de 2025. O aparelho em questão é específico para este experimento e é utilizado no laboratório para fins didáticos. Sua estrutura é composta por um gerador de funções, que possibilita a indução de frequências específicas, um osciloscópio,

instrumento que serve para medir e visualizar as frequências, um auto-falante, para emitir o som, um suporte para segurar a placa e por fim, uma placa (ou prato) de Chladni, disponível no formato quadrado 20x20 e feito de ferro (Figura 26).

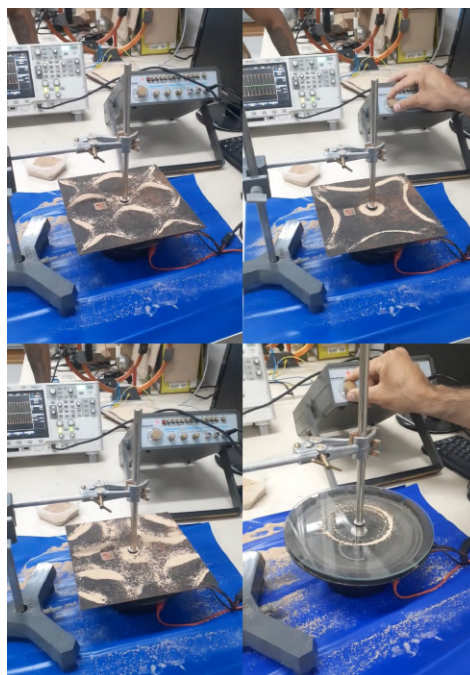
Figura 26 – Componentes do Experimento de Chladni.



Fonte: A autora (2025).

Foi realizado um encontro presencial acompanhado pelo doutor em física Alyson Carvalho, para operar o aparelho e obter maior compreensão do seu funcionamento, entendimento do experimento de forma prática (Figura 27) e verificação de possíveis dificuldades ou impedimentos.

Figura 27 – Testes de frequências aleatórias no Experimento de Chladni, realizados no Departamento de Física da UFPE.



Fonte: A autora (2025).

Após o primeiro encontro no laboratório e da realização de testes de execução, foram identificados alguns pontos de atenção em relação ao próprio aparelho e aos áudios de algumas aves selecionadas que poderiam prejudicar a eficácia do projeto, sendo necessário utilizar a criatividade e alguns ajustes para contornar a problemática.

Na etapa de (1) Pesquisa e seleção inicial, foi feita uma seleção de onze espécies para serem testadas no experimento com cantos que variam entre graves e agudos. Após analisar alguns dos áudios, foi constatado que certas vocalizações não iriam ressoar de forma suficiente para criar um estímulo na placa de Chladni disponível no laboratório devido ao material da placa e à amplitude do alto-falante.

A segunda problemática encontrada foi em relação à qualidade dos áudios que, por se tratarem de registros feitos na natureza, continham ruídos externos que influenciariam no processamento do canto. Para contornar esta situação, foi proposta a edição de cada áudio para isolar a nota mais aguda de cada vocalização, facilitando a identificação da frequência ou a aplicação do próprio áudio isolado diretamente na placa de Chladni.

Por fim, a última problemática levantada foi a possibilidade das placas disponíveis no laboratório (sendo uma de vidro e outra de metal) não reagirem aos áudios das vocalizações selecionadas por conta de suas espessuras e materiais. Foi proposta então, a elaboração de uma nova placa mais fina, flexível e sensível à frequências mais graves para simular um ‘tímpano artificial’.

3.3 Preparação e execução final do experimento

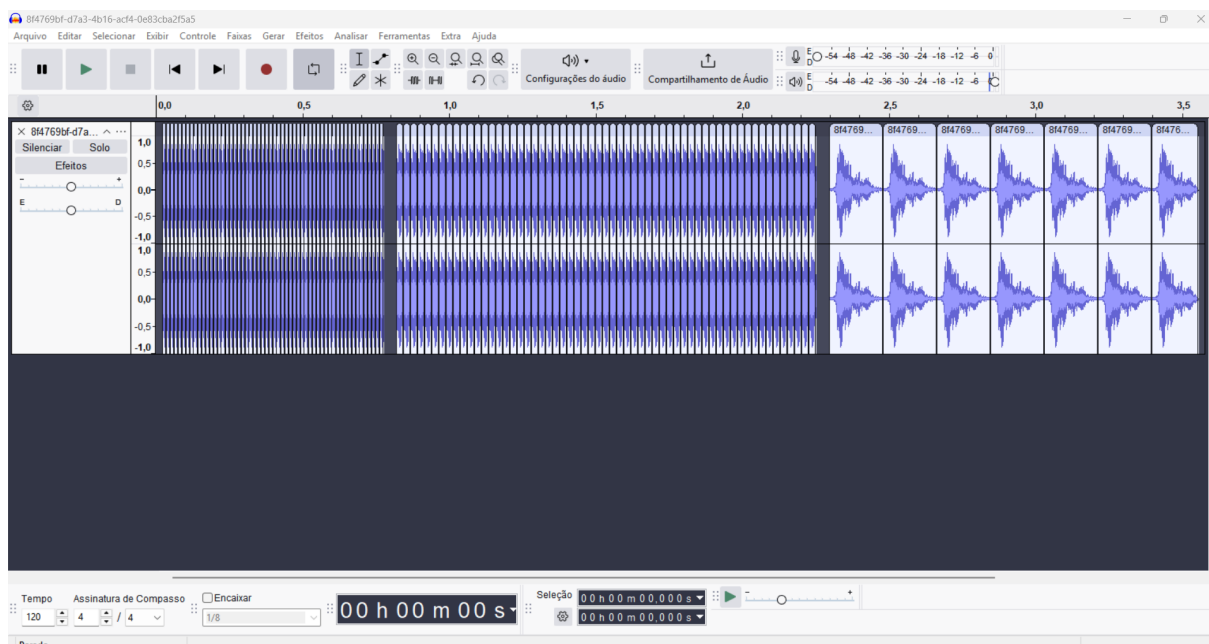
3.3.1 Identificação da frequência

Ao executar o Experimento de Chladni, é comum que sejam utilizadas frequências contínuas diretamente aplicadas à placa, ou seja, frequências que não sofrem oscilações, ao contrário dos cantos de aves, que possuem variações significativas de frequência e vibração. Desta forma, foi necessário desenvolver um método para identificar uma frequência que pudesse representar simbolicamente cada ave dos áudios selecionados.

Ao considerar que uma vocalização trata-se de um som que oscila, compreende-se que existirá mais de uma frequência presente, portanto foram definidas duas abordagens para definir a frequência (Hz) simbólica de cada áudio. A primeira, para vocalizações rápidas com apenas uma nota, foi considerada a frequência mais alta registrada. Já para vocalizações mais longas com mais de uma nota, foi calculada a média entre as frequências mais altas.

Para identificar a frequência de cada nota foi realizado primeiramente um processo de edição dos áudios através do software *Audacity*, onde foi possível isolar a nota mais aguda e replicá-la, criando um áudio em looping com a repetição desta nota e transformando o canto em um som constante (Figura 28).

Figura 28 – Isolamento da nota mais aguda do Saíra-Pintor, do mais isolado (à esquerda) ao menos isolado (à direita).



Fonte: A autora (2025).

A partir do novo áudio, foi utilizado o aplicativo de celular *Oscope* para identificar a frequência simbólica das principais notas isoladas. O processo de análise ocorreu em um ambiente fechado, sem interferências sonoras externas, com a nota sendo reproduzida pelo auto-falante de um computador no volume máximo e a uma distância de 10 cm do celular. Para garantir precisão, foi considerada uma margem de variação de 50 Hz de acordo com os resultados do aplicativo *Oscope*.

Para as aves que possuíam mais de uma nota de destaque, foi realizada uma média entre as frequências para chegar em um resultado. Assim, foi possível determinar a frequência que melhor representava simbolicamente a nota mais alta de cada áudio (Tabela 1).

Tabela 1 – Aves escolhidas para o experimento, quantidade de notas principais na vocalização dos áudios selecionados e a frequência das notas isoladas.

Animal	Notas	Frequência
Aracuã-de-Barriga-Branca	3	2064Hz 2326Hz 1507Hz = 1989Hz
Beija-Flor-de-Barriga-Branca	1	8740Hz
Chupa-Dente-do-Nordeste	1	9048Hz
Jacucaca	1	1270Hz
Jandaia-Verdadeira	2	3168Hz 2111Hz = 2939Hz
Periquito-da-Caatinga	2	6613Hz 5555Hz = 6084Hz
Picapauzinho-da-Caatinga	6	6624Hz 6589Hz 6541Hz 6440Hz 6244Hz 6163Hz 5857Hz =
Picapauzinho-de-Pernambuco	6	7628Hz 7556Hz 7582Hz 7251Hz 7100Hz 6805Hz = 7320Hz
Pintassilgo-do-Nordeste	1	5788Hz
Saíra-Pintor	1	5491Hz
Surucuá-de-Barriga-Vermelha	1	1635Hz

Fonte: A autora (2025).

3.3.2 Criação das novas placas de Chladni

Para um resultado satisfatório do experimento, era necessário que a placa de Chladni conseguisse reproduzir os padrões geométricos das frequências identificadas para cada ave ou frequências próximas considerando a margem de variação. Entretanto, ao testar a potência da caixa de som disponível no laboratório e a placa de Chladni do equipamento, feita de ferro e com aproximadamente 2mm de espessura, foi constatado que sua composição material de baixa flexibilidade não permitiria que a placa reagisse a um número variado de frequências. Logo, com o objetivo de atingir o maior número de resultados possíveis durante todo o experimento, foi necessário desenvolver alternativas que pudessem substituir a placa de Chladni disponível no laboratório para versões mais flexíveis. Para isso, foram propostas duas alternativas.

A primeira ideia consistiu em utilizar uma tela de pintura quadrada de 20x20 (mesmo tamanho da placa original) para aumentar a taxa de reação do teste, aproveitando a própria tela como um material mais flexível para reagir a diferentes frequências. A tela foi pintada na cor preta para facilitar a visualização da areia durante o experimento. Já a segunda ideia, consistia em desmontar a tela de pintura e reutilizar sua estrutura de madeira para revestir com uma bexiga de festa esticada. Com isso, foi criada uma fina camada altamente flexível, funcionando como um “tímpano artificial”. (Figura 29) Ambas as propostas conseguiram revelar padrões geométricos em frequências que a placa original não conseguiu e foram essenciais para o resultado final do projeto.

Figura 29 – Placa de Chladni e alternativas desenvolvidas, respectivamente.



Fonte: A autora (2025)

3.3.3 Execução do experimento

O objetivo final do experimento consistiu em gerar padrões geométricos correspondentes às frequências emitidas pelas onze aves escolhidas na seleção inicial. Dentre as aves que obtivessem sucesso no experimento, apenas quatro delas seguiram para a etapa de processo criativo. A execução final do experimento foi realizada em ambiente fechado no laboratório, livre de influências externas, como ruídos sonoros.

a. Placa de Chladni feita de ferro

O experimento teve início com o uso da placa de Chladni de ferro, própria do aparelho. Ao testar as frequências das aves selecionadas, situadas entre as faixas de 1200Hz e 9050Hz, não foi possível gerar nenhum padrão geométrico pois as vocalizações dos áudios selecionados eram muito agudas para gerar um estímulo eficaz na placa.

No entanto, ao estimular a placa com frequências mais graves, entre 300Hz e 1110Hz, observou-se a manifestação de alguns padrões geométricos (Figura 30) que foram registrados como referência para uso posterior, caso surgisse a necessidade de selecionar outras espécies de aves em algum momento. As frequências detectadas nesta etapa foram: 380Hz, 687Hz, 713Hz e 1106Hz.

Figura 30 – Padrões e frequências detectadas utilizando a placa de Chladni de metal

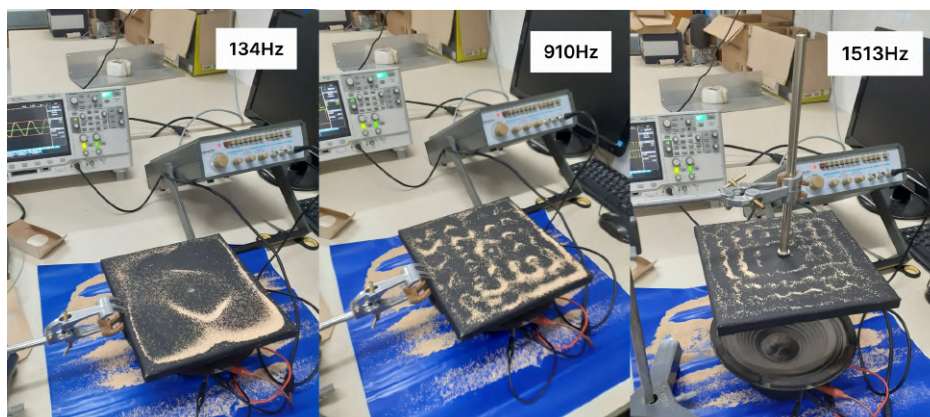


Fonte: A autora (2025)

b. Placa feita com tela de pintura

A segunda placa utilizada no experimento foi a tela de pintura. Nessa fase foi possível gerar padrões geométricos ao testar as frequências 134Hz, 910 Hz e 1513Hz, porém novamente, nenhuma destas frequências correspondia a algum áudio selecionado considerando a margem de variação de 50Hz. Os padrões gerados nesta etapa também foram registrados para uso posterior se necessário (Figura 31).

Figura 31 – Padrões e frequências detectadas utilizando a placa feita com tela de pintura.



Fonte: A autora (2025).

Mesmo com o resultado negativo, a tela de pintura se mostrou eficiente ao identificar frequências mais altas. Foi notado que, ao posicionar o suporte na lateral da placa, ocorria uma leve interferência no padrão gerado. A partir do uso dessa placa, o experimento passou a apresentar resultados viáveis.

c. Placa feita com bexiga de festa

As expectativas para a terceira placa, feita de bexiga de festa, eram bastante positivas, uma vez que o material era o mais flexível e sensível dentre todos. Após testar inúmeras frequências na tela de pintura, a mesma foi desmontada para servir de estrutura para a placa feita com bexiga de festa (Figura 32).

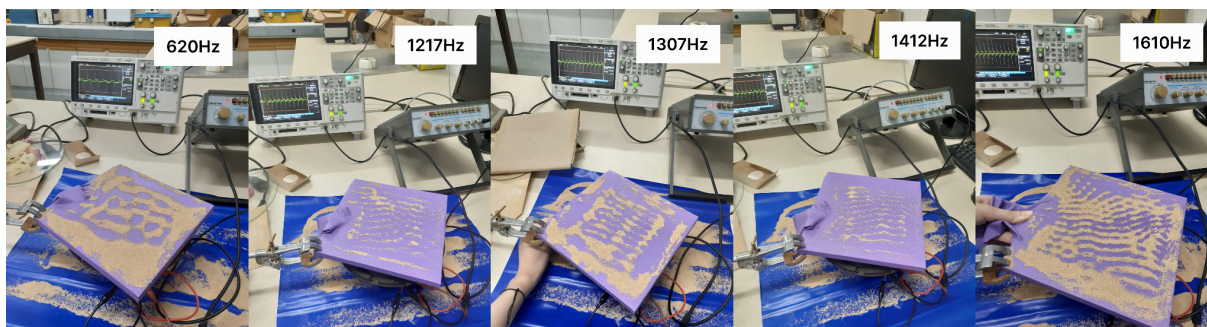
Figura 32 – Tela de pintura desmontada ao lado da placa montada com a estrutura da tela e a bexiga



Fonte: A autora (2025)

A partir do uso dessa placa, o experimento passou a apresentar resultados de maior viabilidade. Como esperado, a flexibilidade da bexiga de festa permitiu que ela reagisse muito melhor às frequências, possibilitando a identificação de frequências: 620Hz, 1217Hz, 1307Hz, 1412Hz e 1610Hz.

Figura 33 – Padrões e frequências detectadas utilizando a placa feita com bexiga de festa



Fonte: A autora (2025)

Assim como na tela de pintura, o uso do suporte na lateral causava uma pequena interferência na simetria dos padrões gerados. Além disso, a própria estrutura da boca do balão, que ficou um pouco solta na parte de cima, interferiu na distribuição da areia. Entretanto, este fator foi contornado apenas esticando a boca do balão com a mão.

d. Resultado preliminar do experimento

Após a identificação de todas as frequências que causavam estímulos nas três placas, notou-se que apenas duas frequências graves obtiveram sucesso considerando o ambiente. Logo, foi necessário realizar ajustes no conjunto de pássaros selecionados, pois a maioria das aves possuía vocalizações mais agudas, acima de 1700Hz, as quais não foram detectadas por nenhuma das três placas.

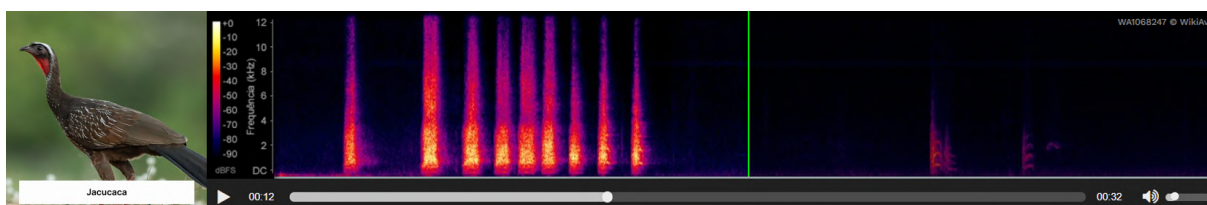
As duas espécies de aves que obtiveram sucesso nesta etapa do experimento (Tabela 2) foram a Jacucaca (Figura 34) e o Surucuá-de-Barriga-Vermelha (Figura 35).

Tabela 2 – Aves que obtiveram sucesso no experimento considerando a margem de variação das frequências

Animal	Frequência	Experimento
Jacucaca	1270Hz	1217Hz
Surucuá-de-Barriga-Vermelha	1635Hz	1610Hz

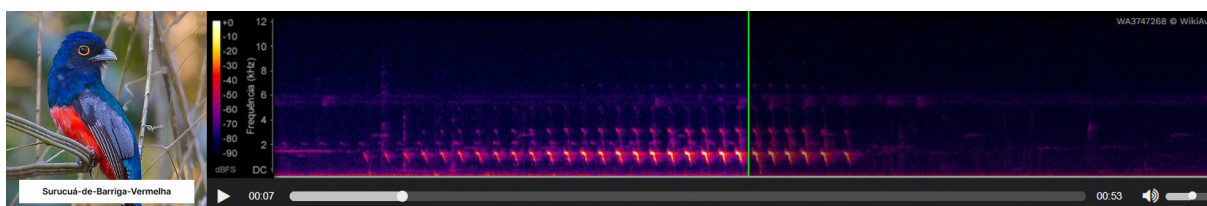
Fonte: A autora (2025).

Figura 34 – Jacucaca e espectrograma do áudio utilizado de sua vocalização.



Fonte: Foto - WikiAves Ester Ramirez (2018) | Espectrograma - WikiAves Pedro Têia (2013)

Figura 35 – Surucuá-de-Barriga-Vermelha e espectrograma do áudio utilizado de sua vocalização.



Fonte: Foto - WikiAves Bertrando Campos (2015) | Espectrograma - WikiAves Luiz Matos (2020)

3.3.4 Ajustes e adições

Após o registro de todas as frequências detectadas pelas três placas, o processo seguiu com a busca por outras duas espécies de aves cujas vocalizações se enquadrassem dentro do espectro de frequências previamente identificado. Após testar a vocalização de diversas espécies no aplicativo Oscope, foram encontradas duas aves que possuíam o som mais grave e que atendiam aos critérios de seleção (localização, cores e variabilidade de características).

A primeira espécie selecionada foi a Ararinha-Azul, com uma vocalização que emitiu a frequência na faixa dos 1356Hz, correspondendo ao padrão do Experimento de Chladni de 1307Hz levando em consideração a margem de variação. A segunda espécie selecionada foi o Atobá-de-Pé-Vermelho, cuja vocalização emitiu a

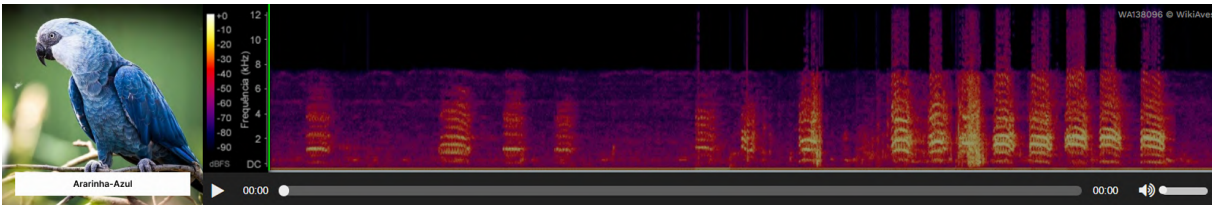
frequência na faixa dos 1530Hz, correspondendo ao padrão do Experimento de Chladni de 1513Hz levando em consideração a margem de variação (Tabela 3).

Tabela 3 – Aves adicionadas nos ajuste e suas frequências considerando a margem de variação.

Animal	Frequência	Experimento
Ararinha-Azul	1356Hz	1307Hz
Atobá-de-Pé-Vermelho	1530Hz	1513Hz

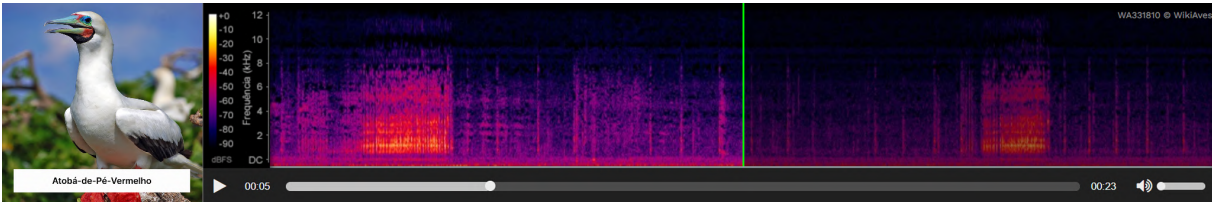
Fonte: A autora (2025).

Figura 36 – Ararinha-Azul e o espectrograma do áudio utilizado de sua vocalização.



Fonte: Foto Cartilha Conservação da Fauna Silvestre na Bahia Gov | Espectrograma - WikiAves
 Vincent Kurt Lo (1992)

Figura 37 – Atobá-de-Pé-Vermelho e o espectrograma do áudio utilizado de sua vocalização.



Fonte: Foto - Wikipédia Gregg Yan (2012) | Espectrograma - WikiAves Robson Silva (2008)

3.3.5 Resultado final do experimento e espécies selecionadas

Com a finalização do experimento e dos ajustes necessários, as quatro aves selecionadas que geraram padrões geométricos através do experimento de Chladni foram: a Ararinha-Azul, o Atobá-de-Pé-Vermelho, a Jacucaca e o Surucuá-de-Barriga-Vermelha (Tabela 4)

Tabela 4 – Aves adicionadas nos ajustes e suas frequências considerando a margem de variação.

Animal	Frequência	Experimento
Ararinha-Azul	1356Hz	1307Hz
Atobá-de-Pé-Vermelho	1530Hz	1513Hz

Jacucaca	1270Hz	1217Hz
Surucú-de-Barriga-Vermelha	1635Hz	1610Hz

Fonte: A autora (2025).

A Ararinha-Azul (*Cyanopsitta spixii*) é uma espécie de arara pequena e rara, que possui penas com diversos tons de azul acinzentado e bico preto. Muitas vezes é confundida com a famosa Arara-Azul-Grande, no entanto, essa espécie é endêmica da Caatinga baiana e foi declarada extinta na nos anos 2000 por causa do desmatamento do seu habitat e devido ao tráfico de animais. Apesar disso, atualmente existem diversos projetos de conservação que conseguiram reproduzi-la em cativeiro e reintroduzi-las no meio ambiente. Seu habitat natural é a Caatinga e as Florestas Ciliares, que ficam às margens de rios, lagos e similares (Sousa. WikiAves, 2023).

A vocalização da Ararinha-Azul é grave e emitiu a frequência na faixa dos 1356Hz, que correspondeu à frequência de 1307Hz obtida no Experimento de Chladni, considerando a margem de variação de 50Hz e obteve um padrão visual através da placa de bexiga de festa (Figura 38).

Figura 38 – Ararinha-Azul e seu padrão obtido no experimento



Fonte: Imagem - Cartilha Conservação da Fauna Silvestre na Bahia Gov | Padrão - A autora (2025).

O atobá-de-pé-vermelho (*Sula sula*) é uma ave marinha conhecida por seus pés vermelhos vivos que são usados em rituais de acasalamento. Pode ser encontrada em algumas cidades litorâneas do Nordeste e em ilhas tropicais, como Fernando de Noronha em Pernambuco. Se alimenta caçando peixes e outros animais marinhos e passa a maior parte do tempo sobrevoando o mar em busca de alimento. Durante o período de acasalamento, suas cores ficam mais vibrantes e o bico muda para tons alaranjados e verde amarelados. Fora deste período, seu bico fica predominantemente azul e rosa, devido à pele ao redor da estrutura (Silva. WikiAves, 2025).

A vocalização do Atobá-de-Pé-Vermelho é grave e emitiu a frequência na faixa dos 1530Hz, que correspondeu à frequência de 1513Hz obtida no Experimento de Chladni, considerando a margem de variação de 50Hz e obteve um padrão visual através da placa de tela de pintura (Figura 39).

Figura 39 – Atobá-de-Pé-Vermelho e seu padrão obtido no experimento



Fonte: Imagem - Wikipédia Gregg Yan (2012)| Padrão - A autora (2025).

A Jacucaca (*Penelope jacucaca*), também chamado de Cancão, é uma ave endêmica da Caatinga que está ameaçada de extinção devido à caça ao desmatamento do seu habitat natural. Apesar disso, pode ser encontrada em quase todos os estados do Nordeste e Minas Gerais. É um pássaro naturalmente barulhento, principalmente no período da noite, quando se reúnem para dormir. É um animal territorial e costuma viver em bandos ativos e ruidosos, sendo um dos

símbolos da fauna do sertão. Sua plumagem consiste em tons de marrom escuro e preto, acompanhados por detalhes em branco nas extremidades. Além de possuir um papo vermelho e sobrancelhas (Mesquita. WikiAves, 2023).

Dentre as quatro aves selecionadas, a vocalização da Jacucaca foi a mais estridente e emitiu a frequência na faixa dos 1270Hz, ao padrão do Experimento de Chladni de 1217Hz considerando a margem de variação de 50Hz e obteve um padrão visual através da placa de bexiga de festa (Figura 40).

Figura 40 – Jacucaca e seu padrão obtido no experimento



Fonte: Imagem - WikiAves Ester Ramirez (2018) | Padrão - A autora (2025).

O surucuá-de-barriga-vermelha é considerada a ave símbolo do Piauí. É um pássaro colorido que pode ser encontrado em florestas do Nordeste e de outras regiões do Brasil. Essa espécie possui como característica marcante a barriga vermelha e a cauda com linhas horizontais brancas e pretas. Os machos possuem a parte superior do corpo em tons que variam entre azul e verde, enquanto as fêmeas têm tons mais acinzentados. Seu canto é um assobio grave e melodioso. (Maciel. WikiAves, 2023)

A vocalização do Surucuá-de-Barriga-Vermelha é grave e emitiu a frequência na faixa dos 1635Hz, que correspondeu à frequência de 1610Hz obtida no Experimento de Chladni, considerando a margem de variação de 50Hz e obteve um padrão visual através da placa de bexiga de festa (Figura 41).

Figura 41 – Surucuá-de-Barriga-Vermelha e seu padrão obtido no experimento



Fonte: Imagem - WikiAves Bertrando Campos (2015) | Padrão - A autora (2025).

3.4 Processo criativo

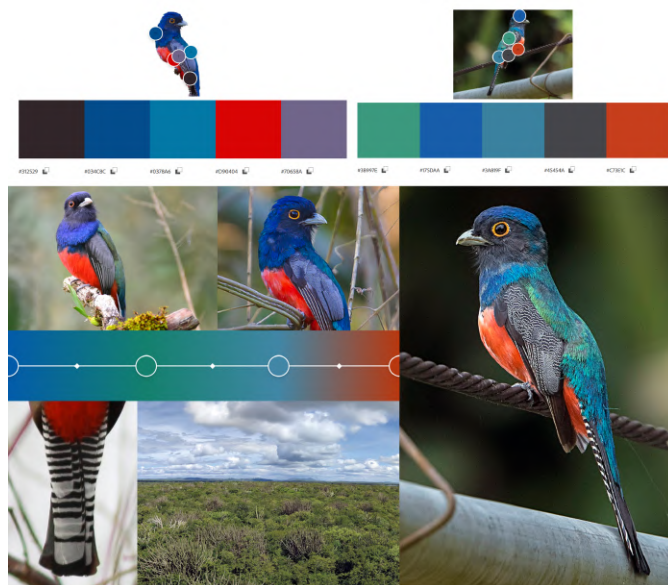
A terceira etapa compreende a concepção e elaboração do design de cada ladrilho hidráulico. O processo de desenvolvimento levou em consideração aspectos físicos das aves, como coloração, texturas ou padrões específicos. Além disso, foram considerados os princípios da Gestalt, as técnicas de design de Wucius Wong (Wong, 1998), o tipo de arranjo compositivo Rapport (Heinrichs, 2019, p.76)

3.4.1 Moodboards

A primeira etapa do processo criativo consistiu em agrupar as principais características estéticas de cada ave. Para isso, foi desenvolvido um moodboard para cada pássaro a partir das pesquisas realizadas, reunindo não apenas cores extraídas de imagens, como também o espectro em degradê e características físicas marcantes (Figuras 42, 44, 46 e 48).

Nesta etapa foi muito importante buscar fotos da mesma espécie em diferentes ângulos e luzes para garantir o entendimento total das cores e características principais de cada ave. A partir destas imagens foi gerada uma paleta de cores para cada ave com possibilidades de tons para uso nos ladrilhos hidráulicos (Figuras 43, 45, 47 e 49).

Figura 42 – Moodboard Surucuá-de-Barriga-Vermelha.



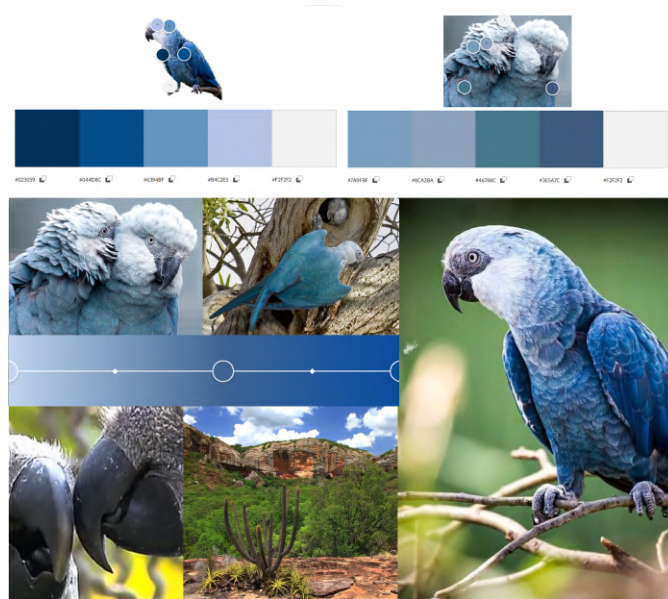
Fonte: Imagem - WikiAves Bertrando Campos (2015) | Colagem - A autora (2025).

Figura 43 – Paleta de cores com opções para o Surucuá-de-Barriga-Vermelha.



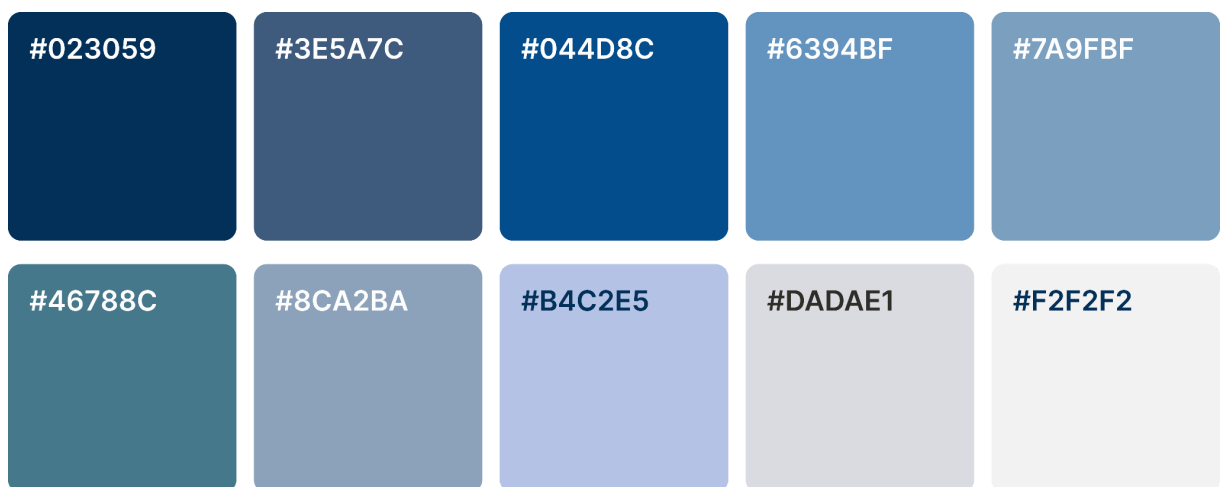
Fonte: A autora (2025).

Figura 44 – Moodboard Ararinha-Azul.



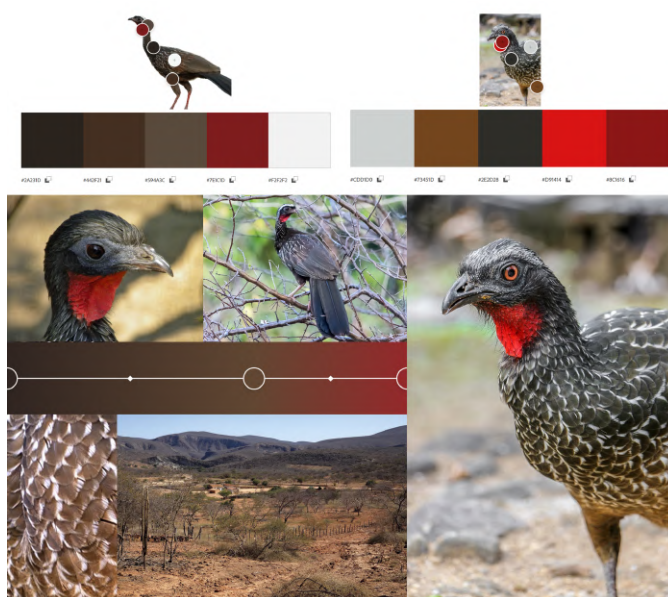
Fonte: Imagem - Cartilha Conservação da Fauna Silvestre na Bahia Gov / Revista Público / ParrotsIntrenational.org | Colagem - A autora (2025).

Figura 45 – Paleta de cores com opções para a Ararinha-Azul.



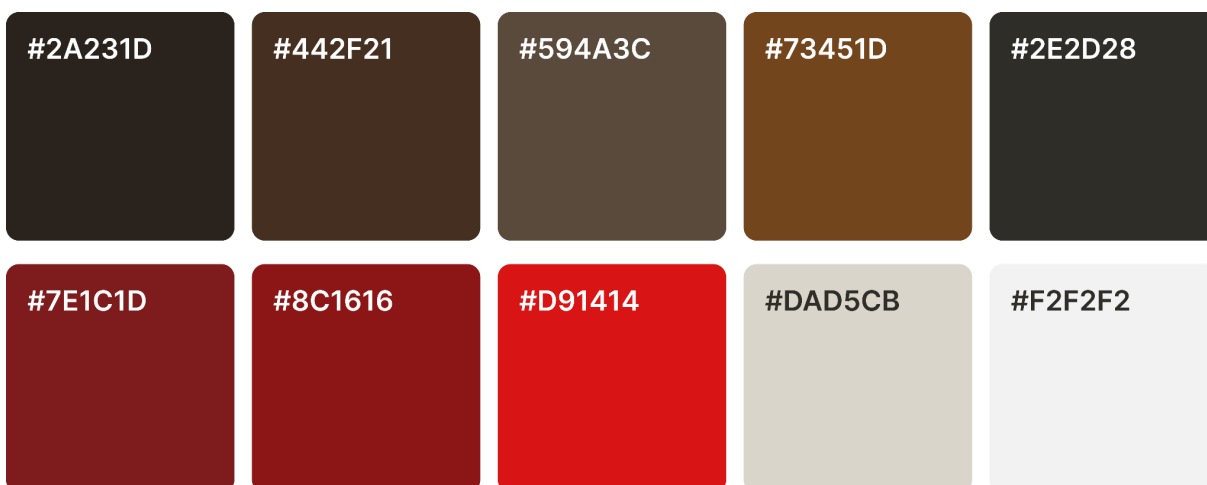
Fonte: A autora (2025).

Figura 46 – Moodboard Jacucaca.



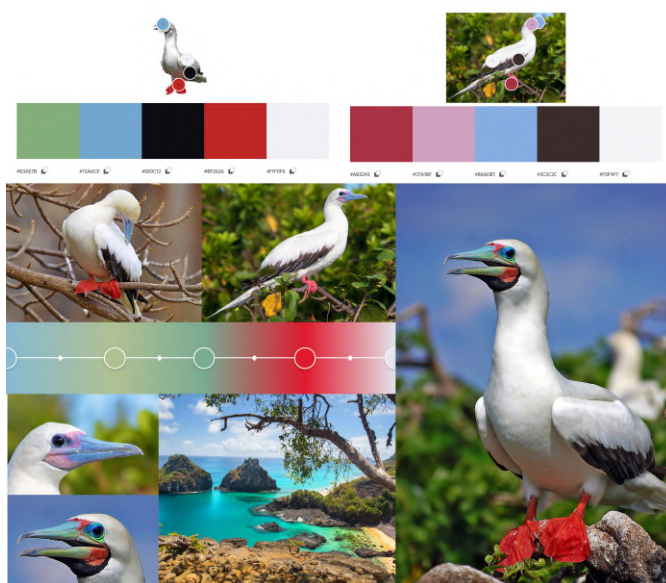
Fonte: Imagem - WikiAves Bertrando Campos (2015) / Biodiversity4all Jacucaca / Pássaro.org
Jacucaca (2022) | Colagem - A autora (2025).

Figura 47 – Paleta de cores com opções para a Jacucaca.



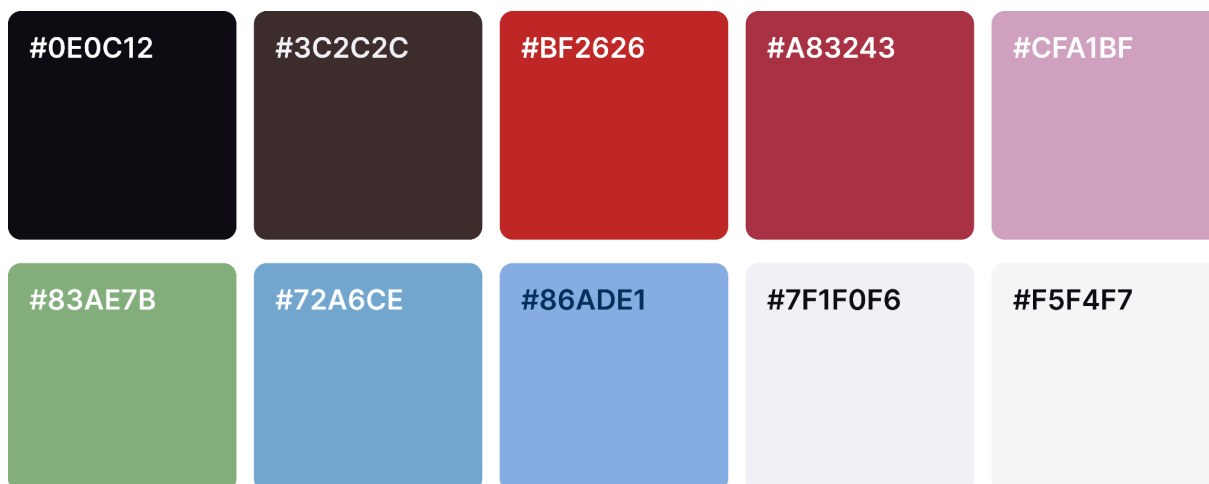
Fonte: A autora (2025).

Figura 48 – Moodboard Atobá-de-Pé-Vermelho.



Fonte: Imagem - WikiAves Bertrando Campos (2015) / WikiAves Almir Tavora (2023) / eBird Francis Couto Jr (2020) | Colagem - A autora (2025).

Figura 49 – Paleta de cores com opções para o Atobá-de-Pé-Vermelho.



Fonte: A autora (2025).

3.4.2 Design e abstração dos padrões

Esta fase consistiu na inspiração dos padrões obtidos no experimento de Chladni com a associação da estética visual e paleta de cores de cada pássaro. O objetivo foi criar dois modelos de ladrilho hidráulico por espécie, aplicando princípios

de design, como harmonia, unidade, continuidade, semelhança, equilíbrio, ritmo, proporção, movimento, profundidade e contraste, em conjunto com simbologias a partir da abstração dos padrões originais. Ou seja, a versão final dos ladrilhos não seria necessariamente uma cópia do padrão obtido em experimento, mas sim, uma inspiração utilizando os padrões como ponto de partida. Além disso, os resultados da abstrações levaram em consideração o processo de fabricação dos moldes de ferro utilizados na criação dos ladrilhos hidráulicos, que prezam por formas simétricas e blocos sólidos.

a. Ladrilho Ararinha-Azul

Para a criação do ladrilho inspirado na Ararinha-Azul, o processo teve início com a vetorização do padrão obtido por meio do experimento de Chladni. Essa vetorização foi feita em cores e em preto e branco para garantir melhor visualização das formas (Figura 50).

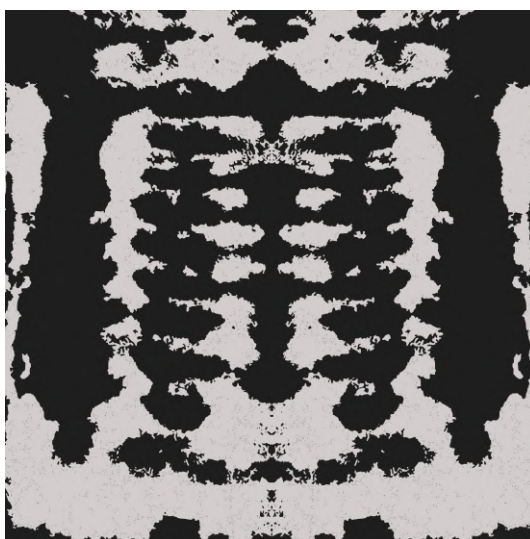
Figura 50 – Vetorização do padrão obtido no experimento de Chladni referente à Ararinha-Azul.



Fonte: A autora (2025).

Como o padrão havia sofrido uma alteração em sua simetria devido à utilização de uma bexiga de festa esticada sobre a placa, o primeiro passo foi espelhar a parte que se manteve intacta para garantir a criação de um padrão mais simétrico e coerente com a proposta estética pretendida (Figura 51).

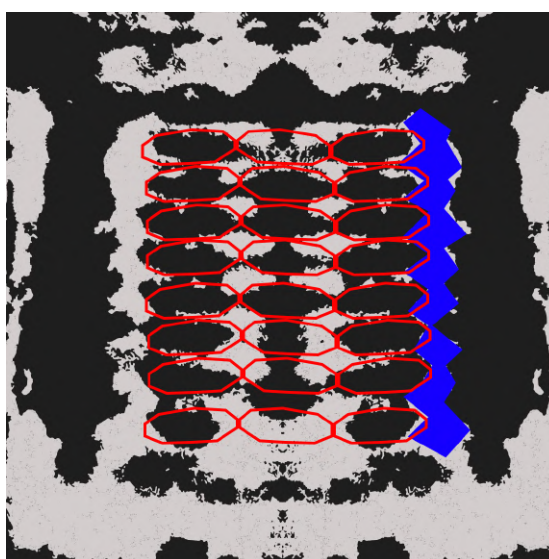
Figura 51 – Adaptação do padrão da Ararinha-Azul de forma simétrica.



Fonte: A autora (2025).

A partir dessa nova estrutura, foram selecionados elementos específicos que se destacavam na composição para serem abstraídos e transformados na base visual do ladrilho. Através do princípio de figura-fundo, foi possível identificar os principais elementos no padrão, sendo oito conjuntos de três células (espaço negativo) e formatos losangulares que atuavam como conectores entre esses conjuntos (espaço positivo). Ambas as formas foram fundamentais na construção da composição final do ladrilho (Figura 52).

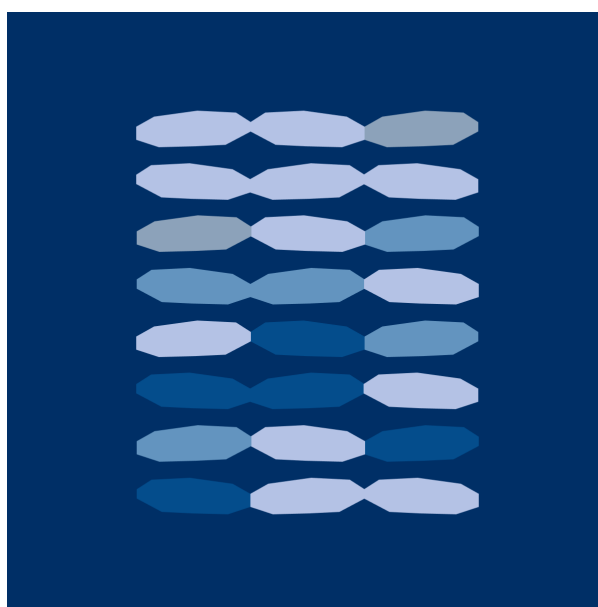
Figura 52 – Identificação dos elementos de conjuntos de células (vermelho) e losangos (azul).



Fonte: A autora (2025).

Na primeira tentativa de aplicação do padrão, foi testada a criação de oito linhas com três células cada, baseadas no padrão original com formas e ângulos diferentes. A intenção era associar o padrão mais orgânico às penas do pássaro. Já nas cores, por se tratar de uma paleta monocromática, foram adicionados diferentes tons de azul acinzentado de forma alternada para representar o degradê presente nas penas da Ararinha-Azul. Contudo, essa configuração acabou sendo descartada por gerar um excesso de elementos visuais e uma baixa pregnância, comprometendo a harmonia da composição (Figura 53).

Figura 53 – Ideia inicial do ladrilho Ararinha-Azul (descartada).



Fonte: A autora (2025).

Na segunda proposta, optou-se por trazer mais harmonia à peça, logo, o número de linhas foi reduzido de oito para cinco e cada célula foi alinhada horizontalmente para equilibrar os ângulos das formas. Os tons de azul acinzentados foram adicionados individualmente em linhas diferentes, do mais claro ao mais escuro, ressaltando o degradê característico da ave de maneira mais clara. Por fim, nas interseções entre as células foram inseridos os losangos do padrão original, funcionando como elementos de conexão visual (Figura 54).

Figura 54 – Segunda proposta para o ladrilho Ararinha-Azul.



Fonte: A autora (2025).

A partir dessa base, outras formas de disposição dos losangos foram testadas, e ao final, foi escolhida a versão em que eles aparecem de forma alternada, criando um ritmo mais fluido e variado (Figura 55).

Figura 55 – Segunda proposta para o ladrilho Ararinha-Azul e variações de disposição dos losangos.

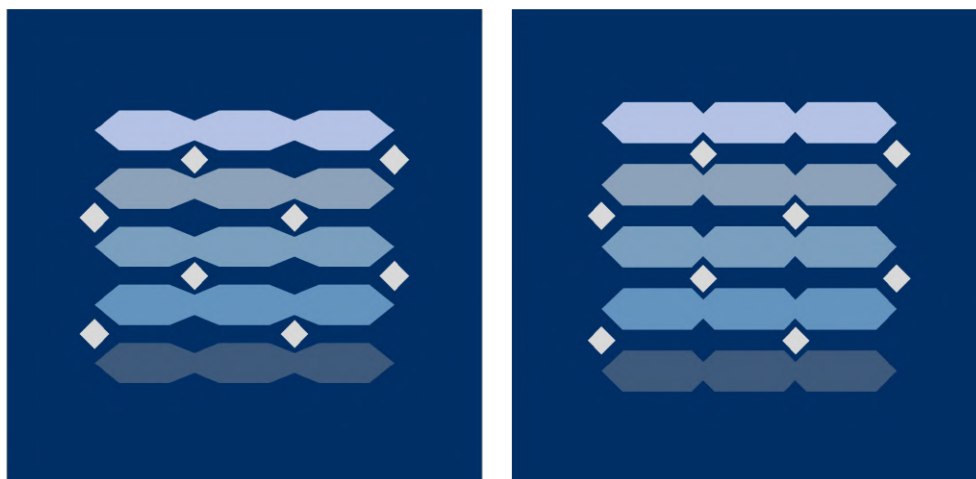


Fonte: A autora (2025).

Após orientações recebidas durante o desenvolvimento, foram necessários ajustes na vetorização das células. Algumas formas, que inicialmente apresentavam traços mais orgânicos, poderiam dificultar a criação de um molde para a produção

do ladrilho hidráulico, pois, estes moldes funcionam melhor com formas bem definidas. Para contornar esse problema, os elementos foram redesenhados com um traço mais geométrico e simétrico, garantindo um melhor alinhamento e maior viabilidade de produção (Figura 56).

Figura 56 – Antes e depois do redesign final das formas.



Fonte: A autora (2025).

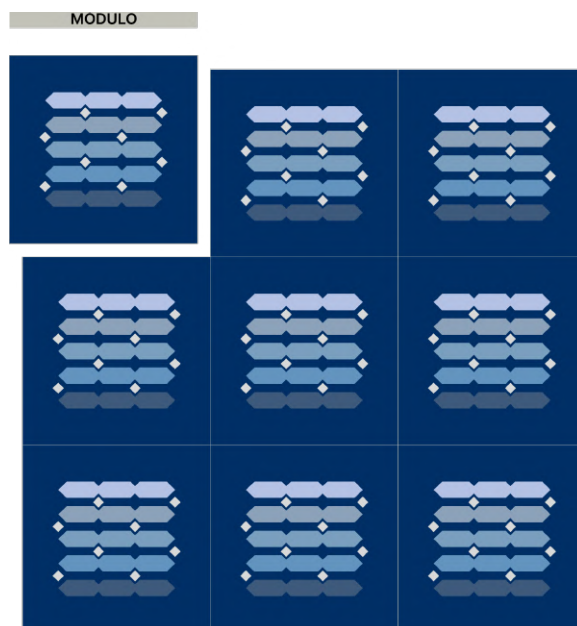
Figura 57 – Versão final do primeiro ladrilho Ararinha-Azul.



Fonte: A autora (2025).

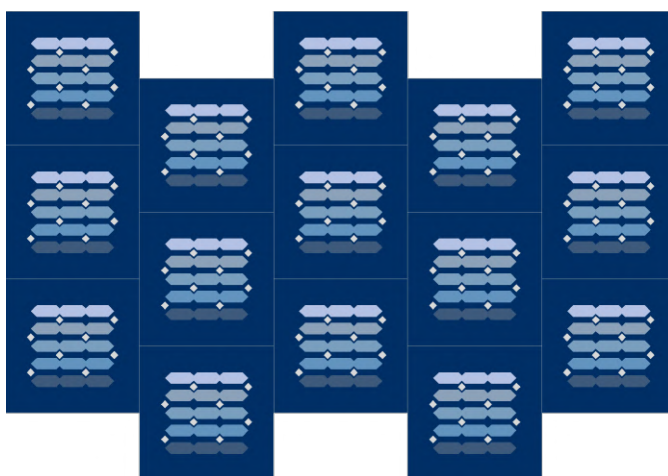
A paginação do ladrilho foi desenvolvida considerando uma unidade como módulo (Figura 58). Este módulo pode ser replicado de diversas formas aplicando os princípios do Rapport como o sistema de repetição alinhado (Figura 58), sistema de repetição half-drop (Figura 59), sistema de repetição em diamante (Figura 60) ou até mesmo rotacionando seu próprio eixo (Figura 60), permitindo uma maior variabilidade nas composições.

Figura 58 – Indicação do módulo e do sistema de repetição alinhado.



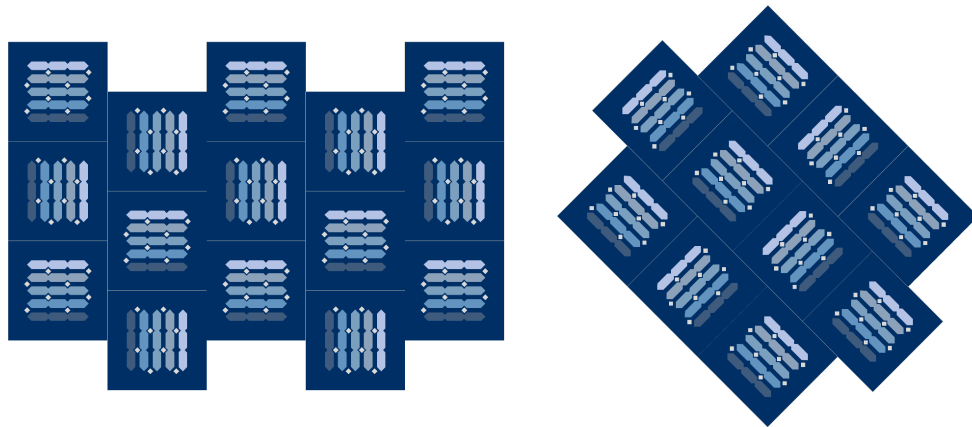
Fonte: A autora (2025).

Figura 59 – Sistema de repetição half-drop.



Fonte: A autora (2025).

Figura 60 – Aplicação do recurso de rotação no eixo (em 90° e 45° respectivamente).



Fonte: A autora (2025).

Para a segunda versão do ladrilho, a arte inicial foi escalonada de modo a preencher as extremidades superior e inferior da peça, sendo cortada exatamente ao meio. Além disso, todos os losangos foram trazidos para as extremidades com o propósito de criar uma limitação visual mais marcante na peça (Figura 61).

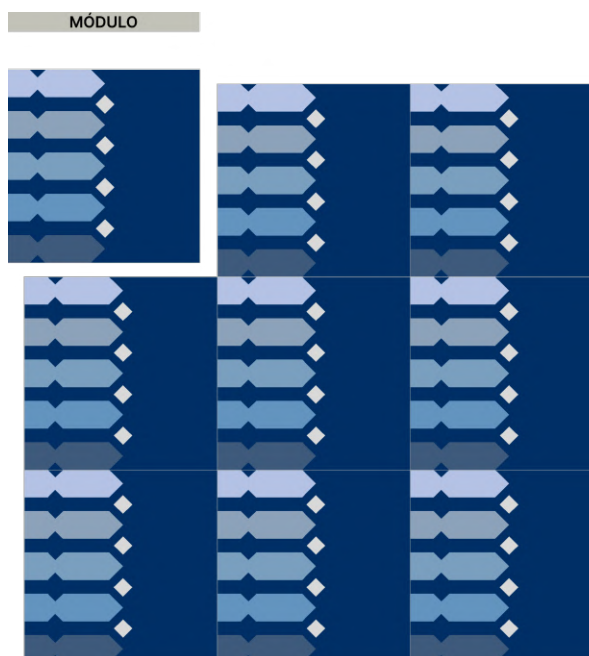
Figura 61 – Versão final do segundo ladrilho Ararinha-Azul.



Fonte: A autora (2025).

Com isso, criou-se um novo módulo que pode ser replicado no sistema de repetição lado a lado, mantendo a mesma orientação ou utilizando o espelhamento como técnica de encaixe entre as peças (Figura 62).

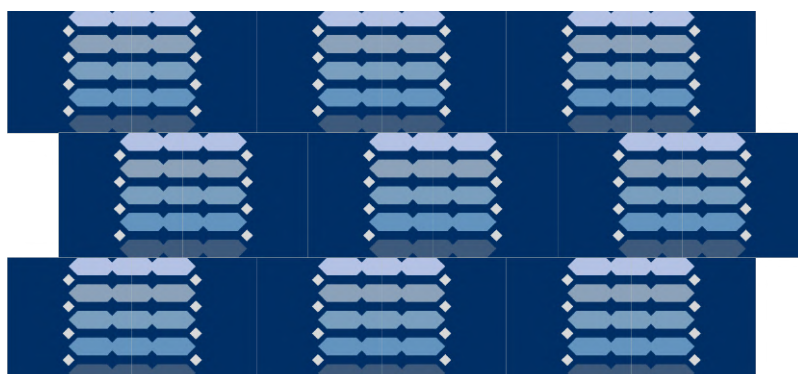
Figura 62 – Indicação do segundo módulo e do sistema de repetição alinhado.



Fonte: A autora (2025).

A partir dessa versão, foi possível explorar uma nova padronagem que reforça os conceitos de continuidade e unificação visual. (Figura 63). O espelhamento do módulo permitiu criar um novo padrão que reforça o princípio da continuidade entre as peças.

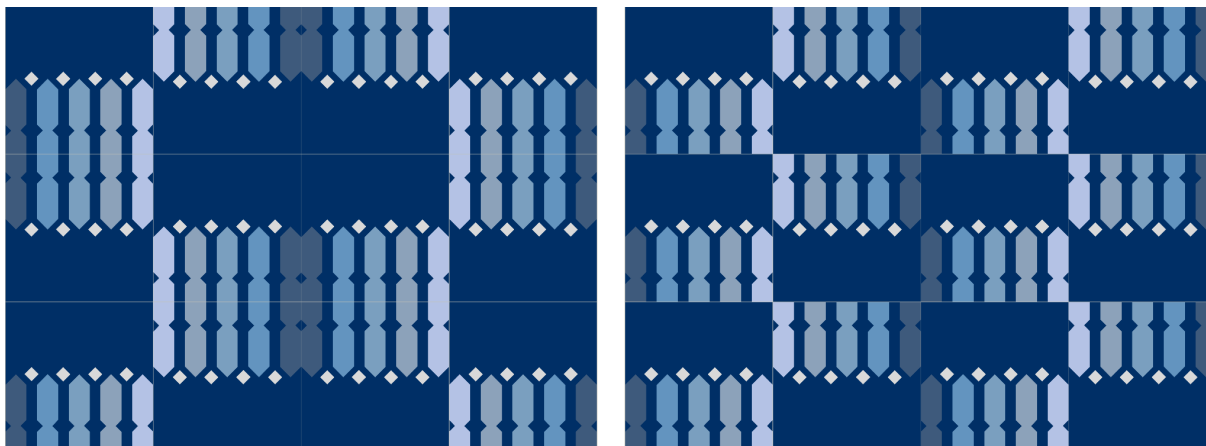
Figura 63 – Indicação do segundo módulo e do sistema de repetição em tijolo e com a aplicação do espelhamento.



Fonte: A autora (2025).

Considerando a versatilidade do módulo, ainda foi possível criar composições variadas mesmo no sistema de repetição alinhado, utilizando apenas a rotação e espelhamento da peça (Figura 64).

Figura 64 – Exemplos de paginações variadas utilizando o sistema de repetição alinhado.



Fonte: A autora (2025).

b. Ladrilho Jacucaca

Para o ladrilho inspirado na Jacucaca, também foi realizada a vetorização do padrão obtido no experimento de Chladni em cores e em preto e branco. Diferente do resultado anterior, esse padrão não apresentava uma simetria clara, manifestando-se por meio de linhas curvas e retorcidas sobre a superfície da placa (Figura 65).

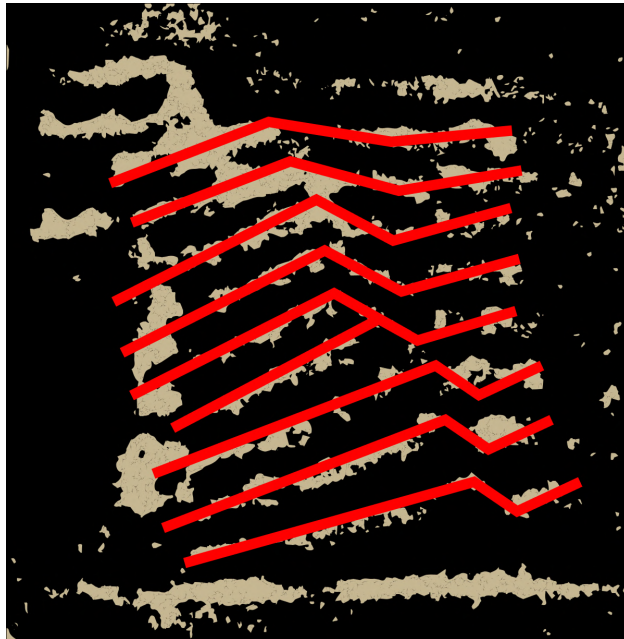
Figura 65 – Vetorização do padrão obtido no experimento de Chladni referente à Jacucaca.



Fonte: A autora (2025).

Com o objetivo de identificar e abstrair elementos do padrão geométrico, as linhas mais marcantes da composição foram inicialmente destacadas. A partir dessa observação, percebeu-se que essas linhas seguiam um movimento de subida e descida, criando uma sensação visual de movimento e profundidade (Figura 66). Com isso, surgiu o interesse de implementar esta característica na estampa final.

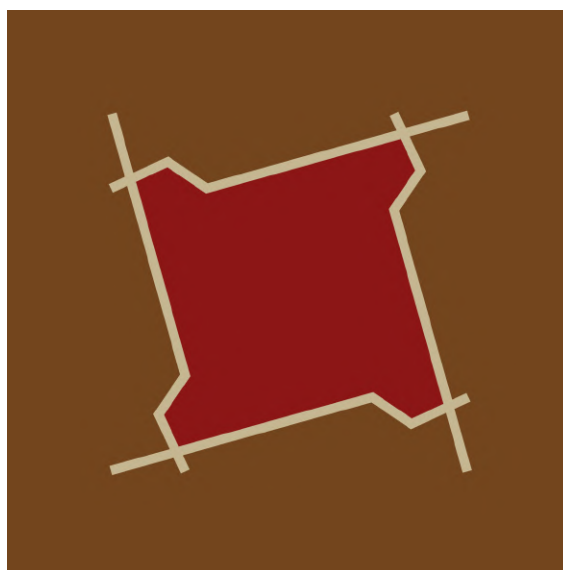
Figura 66 – Identificação das linhas principais do padrão (vermelho).



Fonte: A autora (2025).

Uma das linhas foi aleatoriamente selecionada como ponto de partida para as primeiras experimentações no desenvolvimento do ladrilho. A ideia inicial era utilizar essa linha de forma rotacionada para formar um padrão geométrico (Figura 67), mas essa abordagem foi descartada, pois não conseguia sustentar a mesma sensação de movimento e profundidade encontrados no padrão original.

Figura 67 – Primeira ideia para o ladrilho Jacucaca (descartada).



Fonte: A autora (2025).

Em seguida, optou-se por recomeçar com uma versão mais simples do elemento, utilizando-o apenas uma vez e realizando testes de cores seguindo a paleta para estimular novas ideias e possibilidades de composição (Figura 68).

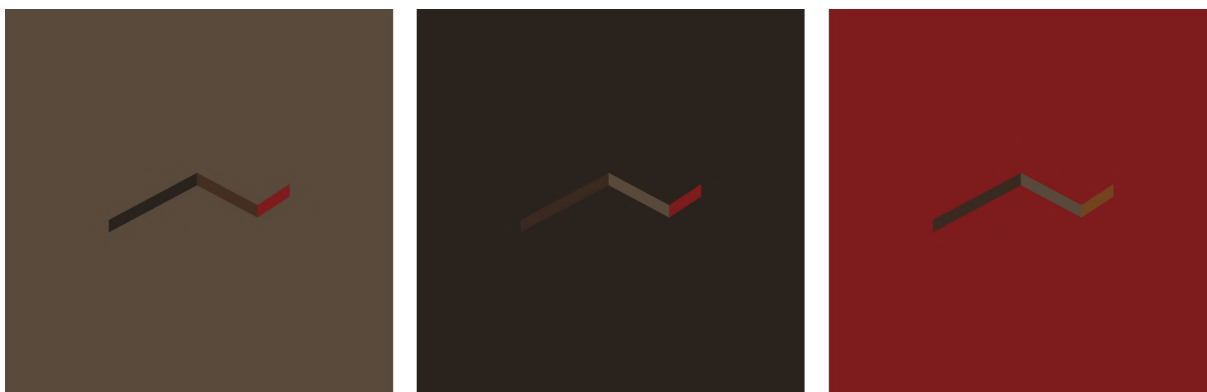
Figura 68 – Segunda ideia para o ladrilho Jacucaca (descartada).



Fonte: A autora (2025).

Embora essa nova proposta conseguisse representar melhor a sensação de movimento, ainda não se alcançava a sensação de profundidade desejada. Para resolver isso, foi testada a aplicação de três cores diferentes ao longo da linha, com base na paleta definida para a jacucaca (Figura 69).

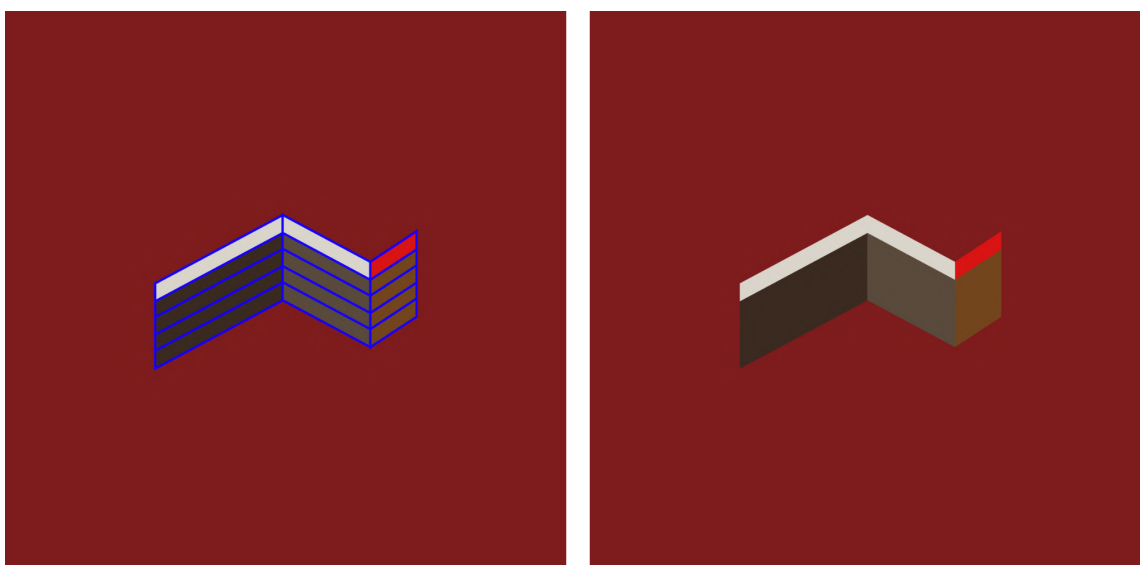
Figura 69 – Terceira ideia para o ladrilho Jacucaca.



Fonte: A autora (2025).

A partir desta divisão cromática, novos testes foram realizados. Um deles consistiu em replicar a linha vetorizada cinco vezes, de forma que ela se tornasse mais espessa. Esse recurso permitiu uma percepção mais clara de profundidade no desenho (Figura 70).

Figura 70 – Terceira ideia para o ladrilho Jacucaca (repetição da linha indicado em azul).



Fonte: A autora (2025).

Ao analisar a disposição final das linhas como um todo, foi notado que a forma lembrava a própria silhueta da ave Jacucaca. Logo, utilizando as cores de maneira estratégica, foi possível criar uma representação semântica do pássaro em si (Figura 71).

Figura 71 – Comparação entre o ladrilho Jacucaca e a ave.



Fonte: A autora (2025)

Nas quatro linhas superiores, foram priorizados tons terrosos, representando a plumagem da ave. Já na linha inferior, foram utilizadas cores diferentes para reforçar dois aspectos característicos da Jacucaca: o branco representava o contorno claro das penas e o vermelho, aplicado no trecho menor da última linha, fazia alusão ao papo vermelho da ave. Dessa forma, a composição final assumiu não apenas um vínculo com o padrão original obtido no experimento, mas também incorporou uma simbologia direta ligada à aparência da ave. Após orientação, foi sugerida a rotação do elemento para que ele se alinhasse à extremidade do ladrilho (Figura 72).

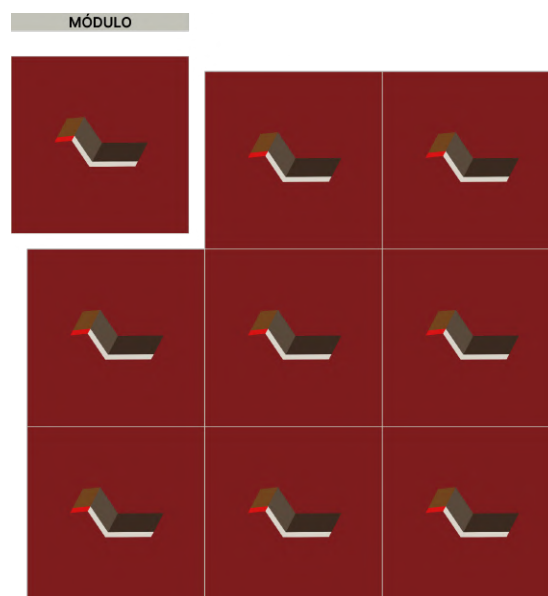
Figura 72 – Versão final do primeiro ladrilho Jacucaca.



Fonte: A autora (2025).

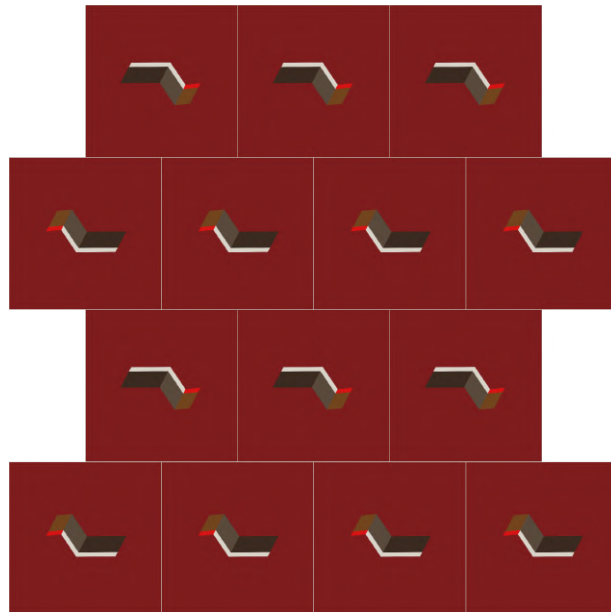
Com o elemento final definido, foram realizados testes de paginação do ladrilho. O modelo pode ser usado como módulo único (Figura 73), sendo repetido para formar composições maiores, ou aplicado de forma rotacionada e transladada, gerando padrões variados e dinâmicos (Figuras 74 e 75).

Figura 73 – Indicação do módulo e do sistema de repetição alinhado.



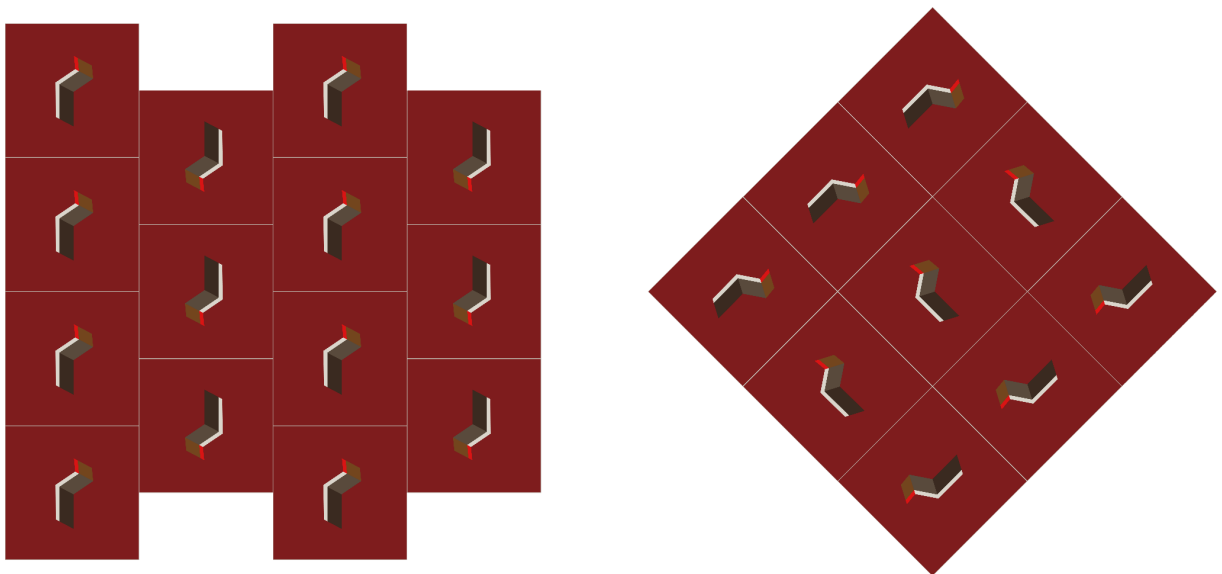
Fonte: A autora (2025)

Figura 74 – Sistema de repetição em tijolo com rotação dos ladrilhos por linha



Fonte: A autora (2025).

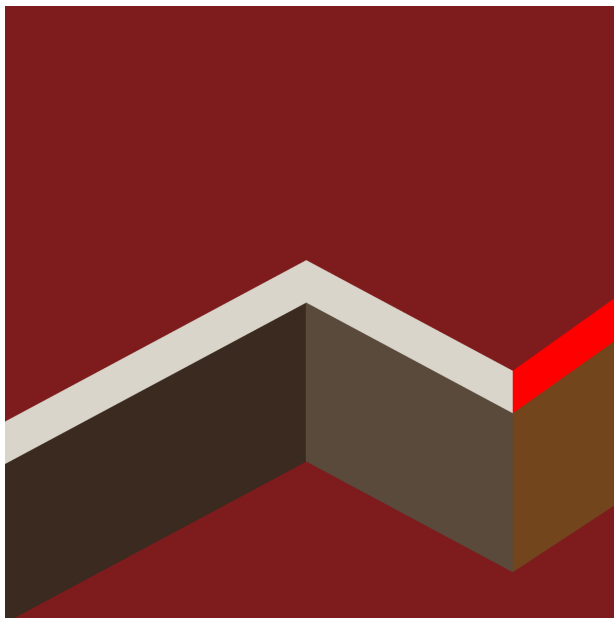
Figura 75 – Sistema de repetição em half-drop com rotação dos ladrilhos por linha e sistema de repetição em diamante com rotação alternada dos ladrilhos



Fonte: A autora (2025).

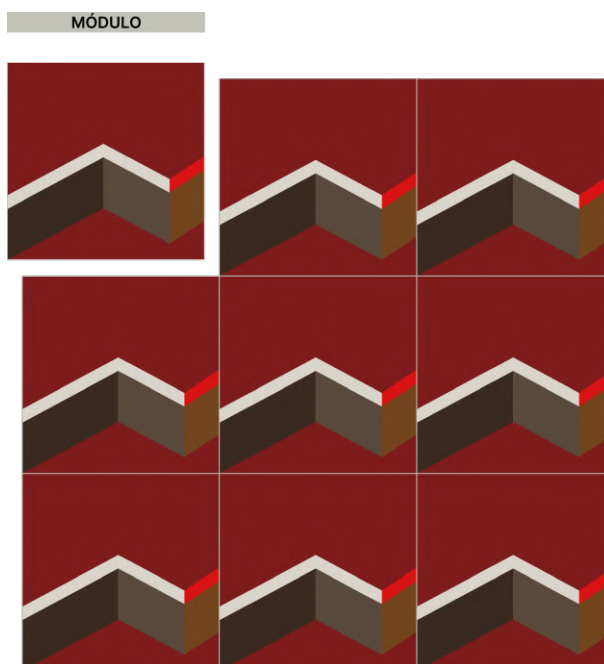
Para o segundo modelo, foi utilizado o mesmo elemento como base disposto de maneira escalonada alcançando os limites do ladrilho (Figura 76). Essa organização permitiu um sistema de encaixe perfeito entre as peças, gerando paginações contínuas e simétricas (Figura 78).

Figura 76 – Versão final do segundo ladrilho Jacucaca.



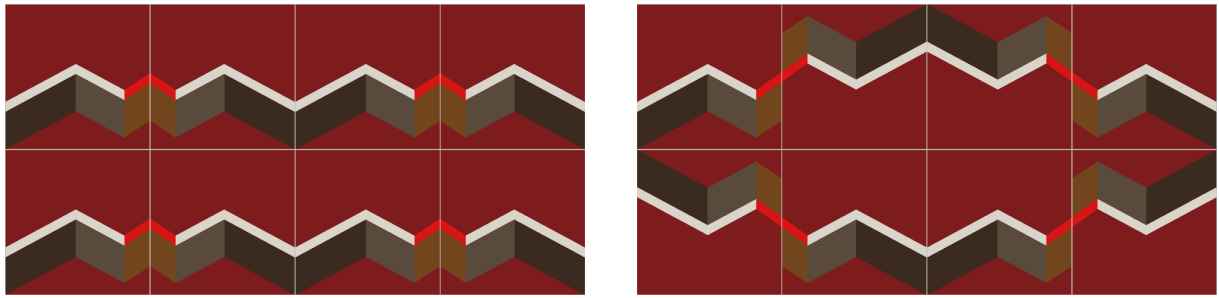
Fonte: A autora (2025).

Figura 77 – Indicação do segundo módulo e do sistema de repetição alinhado.



Fonte: A autora (2025).

Figura 78 – Paginações utilizando rotação e espelhamento para criar a sensação de continuidade entre os ladrilhos.

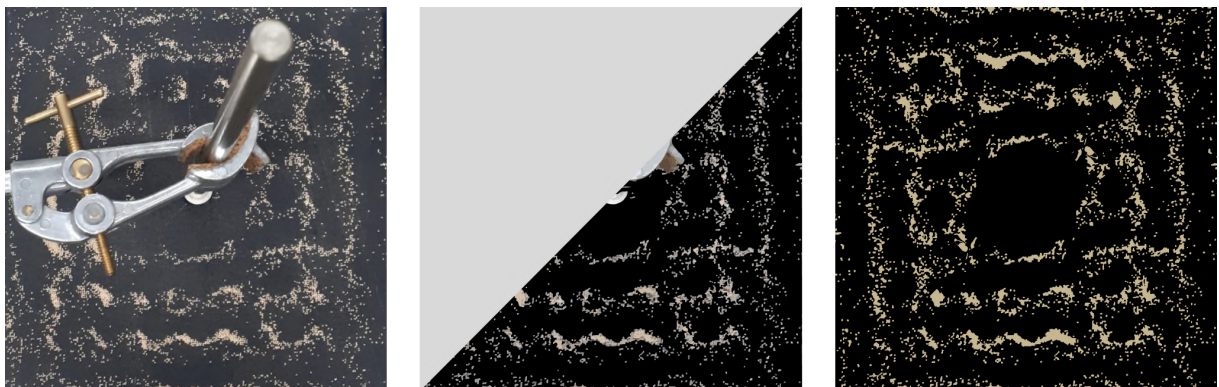


Fonte: A autora (2025).

c. Ladrilho Atobá-de-Pé-Vermelho

Para o ladrilho inspirado no atobá-de-pé-vermelho, foi realizada a vetorização do padrão geométrico obtido no experimento de Chladni. Como a placa utilizada estava sendo sustentada por um suporte central, não foi possível tirar uma foto de toda a composição. Por isso, foi necessário espelhar a imagem para visualizar sua composição de forma mais equilibrada e completa (Figura 79).

Figura 79 – Espelhamento do padrão e vetorização.

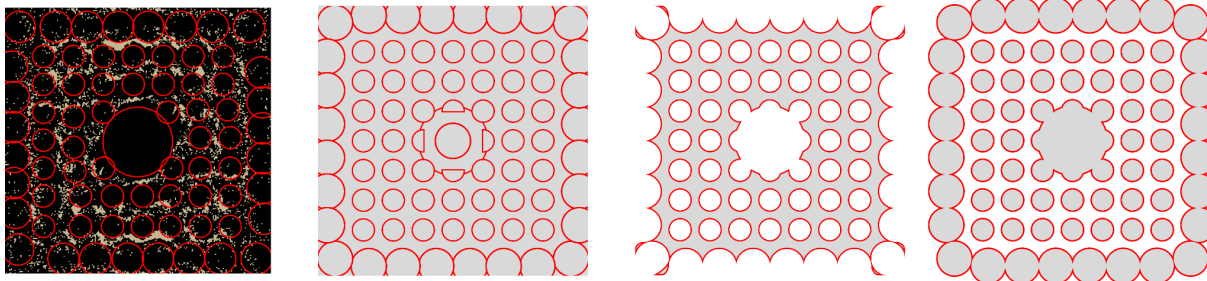


Fonte: A autora (2025).

Os principais elementos identificados nesse padrão foram um círculo central e um conjunto de contornos quadrados concêntricos. Esses contornos apresentavam ondulações que, ao observar com atenção, e aplicando o princípio da figura-fundo, percebeu-se que os espaços formados entre as curvas geravam formas circulares

secundárias. Esses círculos foram considerados e aproveitados na versão final do ladrilho (Figura 80).

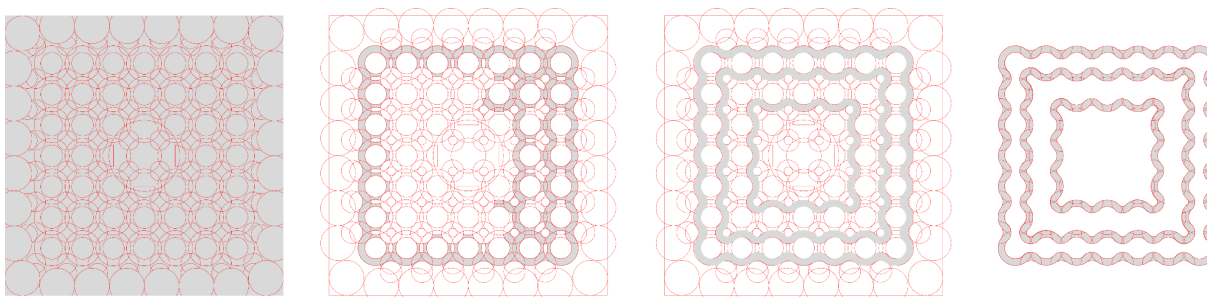
Figura 80 – Análise dos elementos principais aplicando a relação de figura-fundo.



Fonte: A autora (2025).

Na intenção de reproduzir as ondulações presentes no padrão geométrico, utilizou-se uma malha de círculos como base, a fim de selecionar os espaços de interseção que formavam as ondulações, tal como observadas no experimento. Durante essa etapa, foram criadas diversas malhas auxiliares, o que facilitou a compreensão do comportamento das formas e auxiliou na construção da proposta final (Figura 81).

Figura 81 – Construção das ondulações principais utilizando formas circulares.

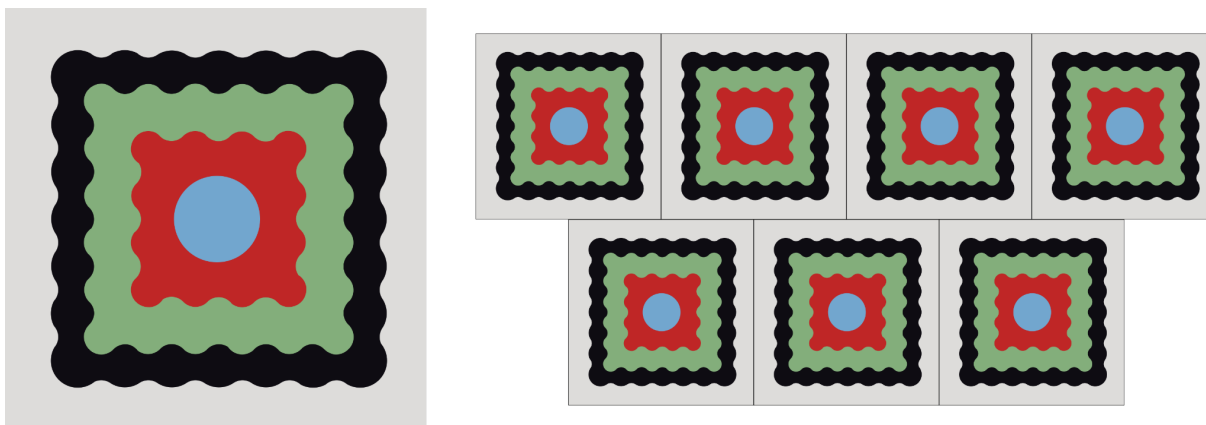


Fonte: A autora (2025).

Com a linha ondulada vetorizada, foi replicado o mesmo padrão concêntrico do resultado do experimento e foram realizados testes aplicando as cores da paleta do Atobá-de-Pé-Vermelho. Inicialmente, buscou-se utilizar blocos de cores sólidas,

visando simplificar a peça, entretanto, essa solução gerou um peso visual excessivo, especialmente quando aplicado em alguma paginação (Figura 82).

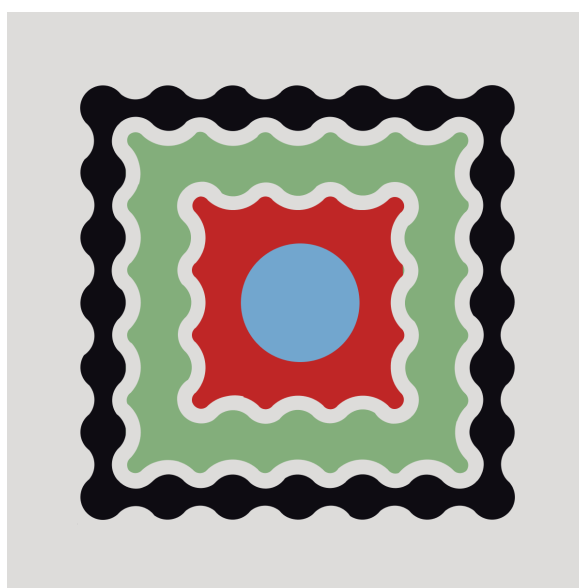
Figura 82 – Primeira ideia para o ladrilho Atobá-de-Pé-Vermelho e sua paginação (descartada).



Fonte: A autora (2025).

Para equilibrar a estampa, foram aplicados os contornos novamente, desta vez, usando a mesma cor do fundo o que criou contraste suficiente entre as áreas coloridas e aumentou a pregnância das formas, resultando em uma composição mais harmônica (Figura 83).

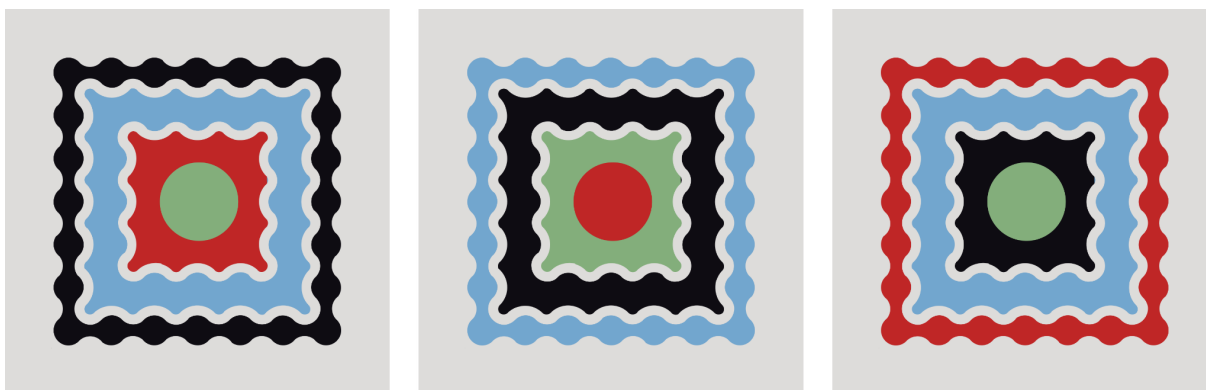
Figura 83 – Aplicação dos contornos gerando contraste entre as cores.



Fonte: A autora (2025).

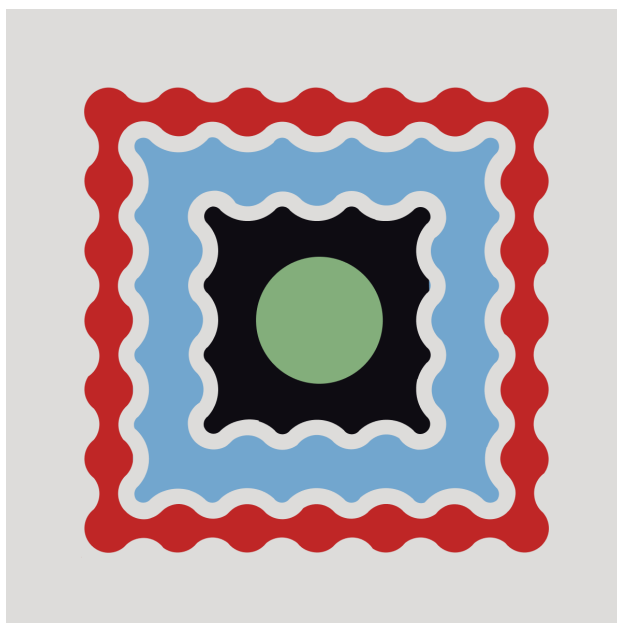
Outros testes foram feitos alternando as cores entre os quatro elementos principais da composição. As cores foram distribuídas de maneira intercalada, considerando o vermelho e o preto como tons fortes, enquanto o azul e o verde como tons mais frios e leves (Figura 84). A partir desses testes, foi escolhida a versão com o contorno externo na cor vermelha por trazer um contraste mais suave nas bordas e mais acentuado no meio com o uso do preto destacando a cor verde (Figura 85).

Figura 84 – Teste de cores no ladrilho.



Fonte: A autora (2025).

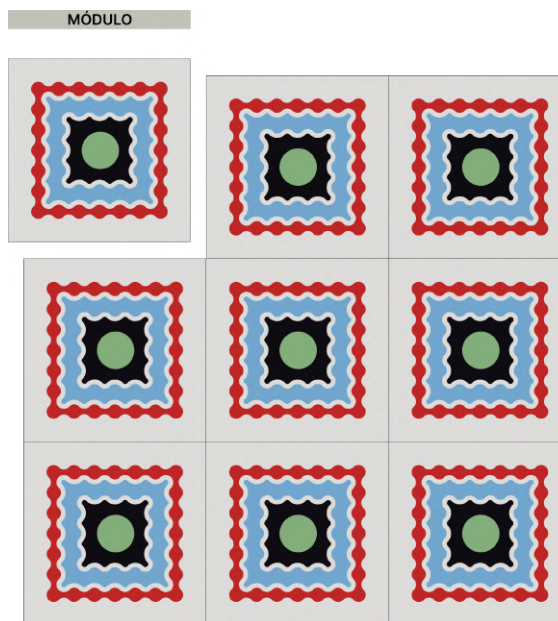
Figura 85 – Versão final do primeiro ladrilho Atobá-de-Pé-Vermelho.



Fonte: A autora (2025).

Em relação à paginação do primeiro ladrilho, as opções são um pouco mais restritas pois todos os lados da peça são simétricos, logo, princípios de rotação e simetria não modificam o layout (Figura 86).

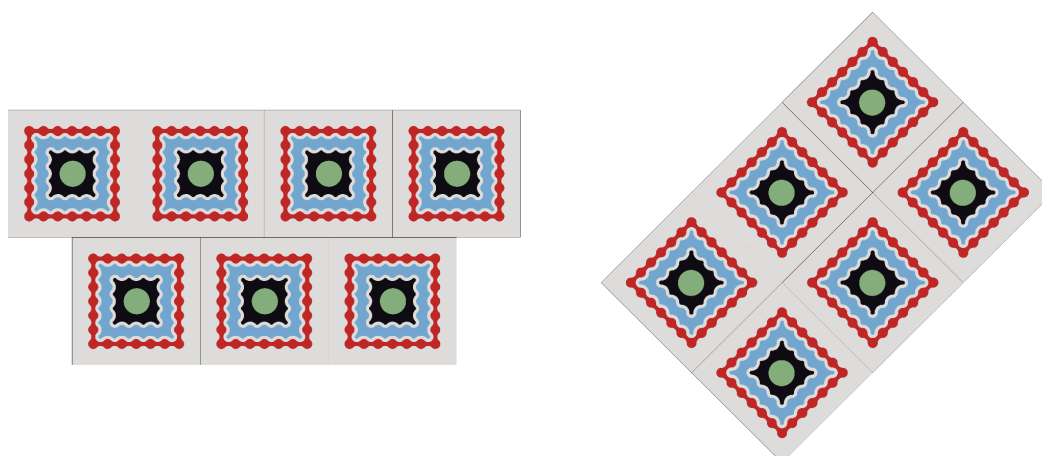
Figura 86 – Indicação módulo e do sistema de repetição alinhado.



Fonte: A autora (2025).

Ainda assim, é possível compor padrões por meio do sistema de repetição em tijolo e o sistema de repetição em diamante, que trazem maior dinamicidade para a composição (Figura 87).

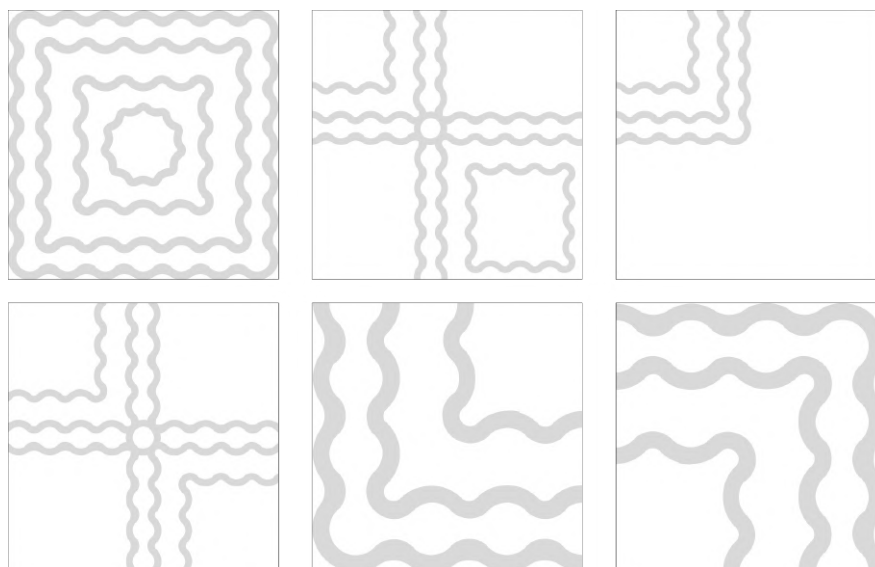
Figura 87 – Sistema de repetição em tijolo e o sistema de repetição em diamante



Fonte: A autora (2025).

O segundo modelo foi desenvolvido explorando diferentes possibilidades de layout com os elementos do ladrilho original. Essas variações consideraram assimetrias e o princípio da continuidade visual entre as peças. Para criá-las, optou-se por retirar as cores para que elas não influenciassem na visualização do layout base (Figura 88).

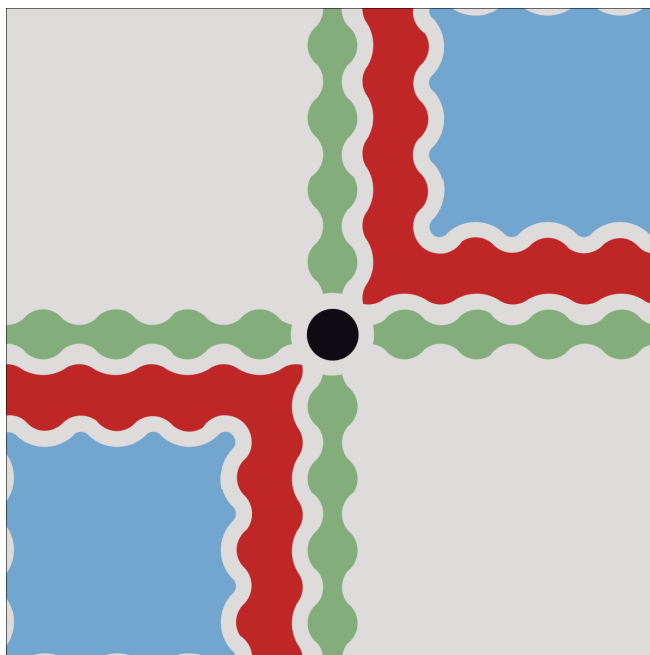
Figura 88 – Testes de layout para o segundo ladrilho.



Fonte: A autora (2025).

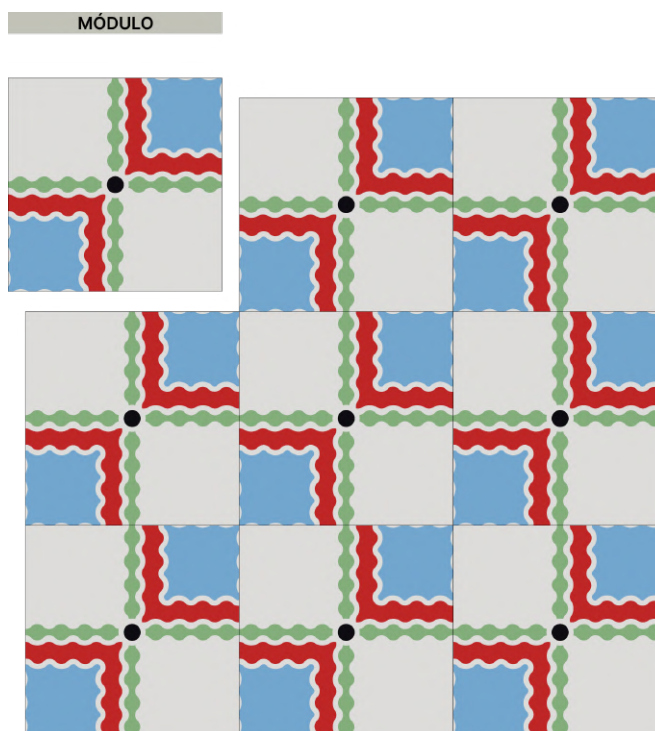
Dentre as alternativas propostas, a versão escolhida foi a que formava a imagem de uma cruz no centro da peça (Figura 89). Por se tratar de um ladrilho que possui continuidade para todos os lados, esta peça torna-se bastante versátil na hora de criar paginações (Figura 70).

Figura 89 – Versão final do segundo ladrilho Atobá-de-Pé-Vermelho.



Fonte: A autora (2025).

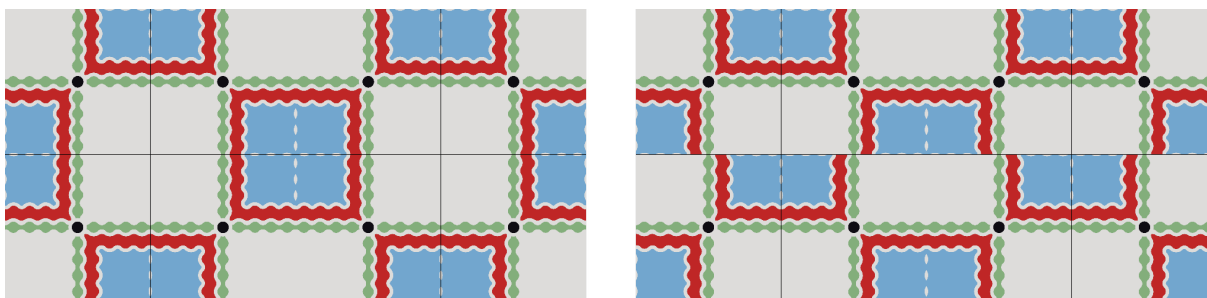
Figura 90 – Indicação segundo módulo e do sistema de repetição alinhado



Fonte: A autora (2025).

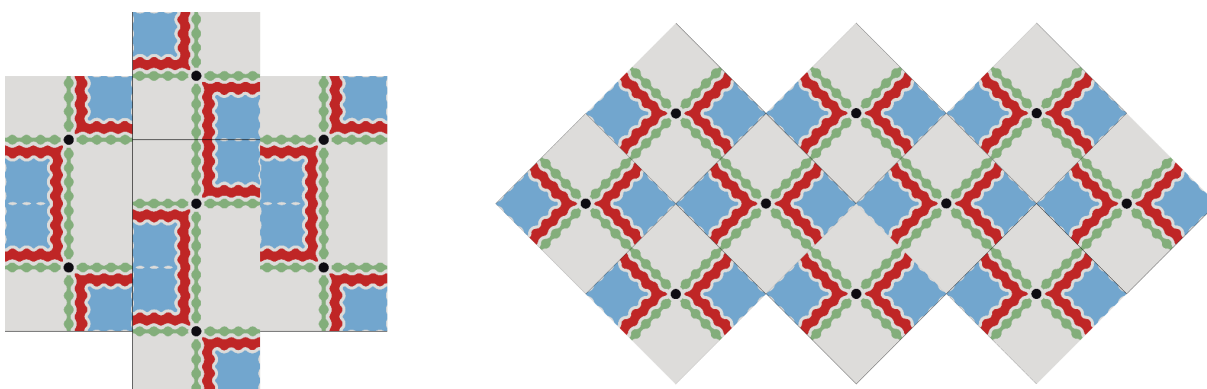
Aplicando os princípios de rotação ou espelhamento no ladrilho, é possível conseguir um encaixe perfeito em qualquer um dos lados (Figura 91). Além disso, é possível combinar estes princípios a sistemas de alinhamento como o half drop para aumentar a variabilidade de combinações possíveis (Figura 92).

Figura 91 – Sistema de repetição alinhado com aplicação de rotação e espelhamento



Fonte: A autora (2025).

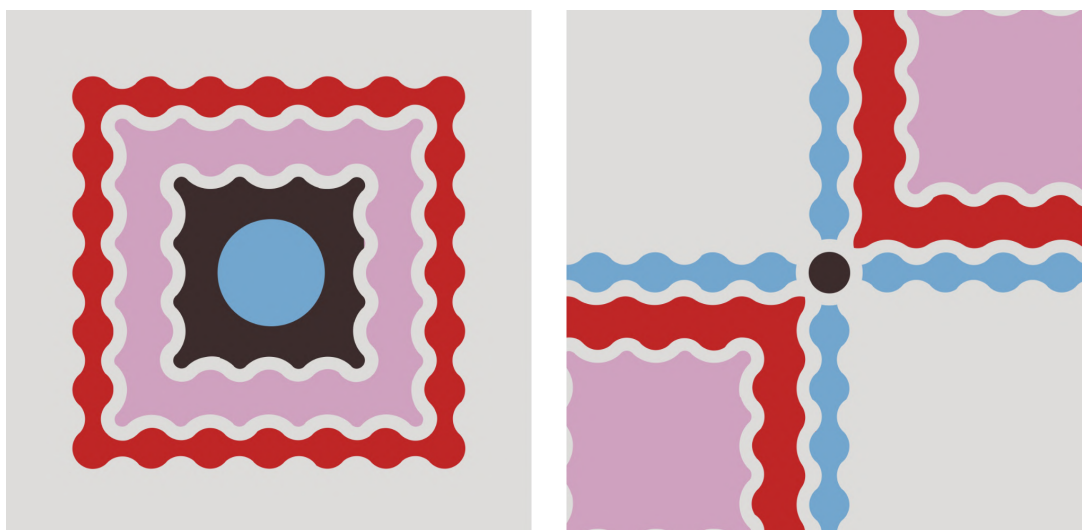
Figura 92 – Sistema de repetição half-drop com espelhamento e sistema de repetição em diamante com rotação.



Fonte: A autora (2025).

Um aspecto curioso descoberto durante as pesquisas sobre o Atobá-de-Pé-Vermelho foi o fato de seu bico mudar de cor conforme a época do ano. Durante o período de acasalamento, o bico adquire as cores que compõem a paleta principal dos ladrilhos, verde, azul e vermelho. Fora do período fértil, no entanto, as tonalidades vermelha e esverdeada desaparecem, e o bico assume tons de azul e rosa. Pensando nisso, foi criado um modelo alternativo dos ladrilhos com cores adaptadas, representando o Atobá fora da época de acasalamento (Figura 93).

Figura 93 – Modelo alternativo para o ladrilho Atobá-de-Pé-Vermelho.



Fonte: A autora (2025).

d. Ladrilho Surucuá-de-Barriga-Vermelha

O último ladrilho desenvolvido exigiu maior esforço na hora de abstrair os elementos, pois o padrão obtido com o experimento de Chladni consistia em uma representação bastante orgânica (Figura 94). Além disso, o pássaro correspondente, o surucuá-de-barriga-vermelha, possui muitas cores e elementos visuais característicos, o que tornou a busca por harmonia e equilíbrio entre os elementos um desafio.

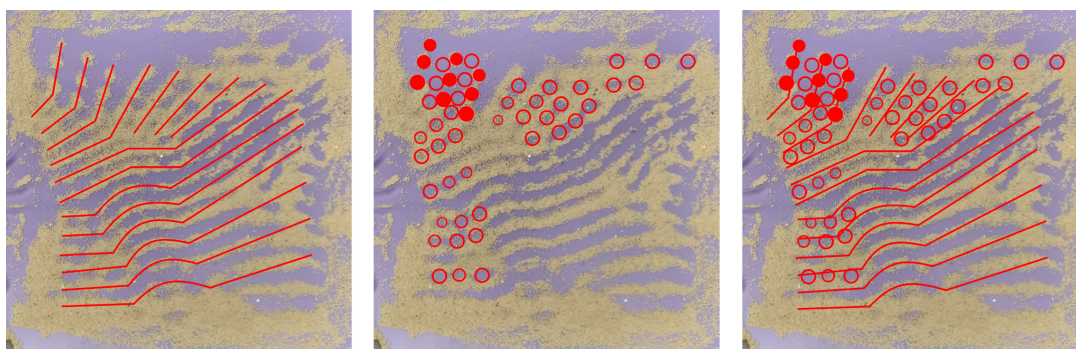
Figura 94 – Vetorização do padrão obtido no experimento de Chladni referente ao Surucuá-de-Barriga-Vermelha.



Fonte: A autora (2025).

Como nos ladrilhos anteriores, o processo iniciou-se com a vetorização do padrão e a análise de suas formas principais (Figura 94). Durante essa etapa, foi possível identificar linhas que criavam um efeito de movimentação e profundidade, além da presença de círculos, alguns cheios, outros vazios, percebidos ao aplicar o princípio da figura-fundo (Figura 95).

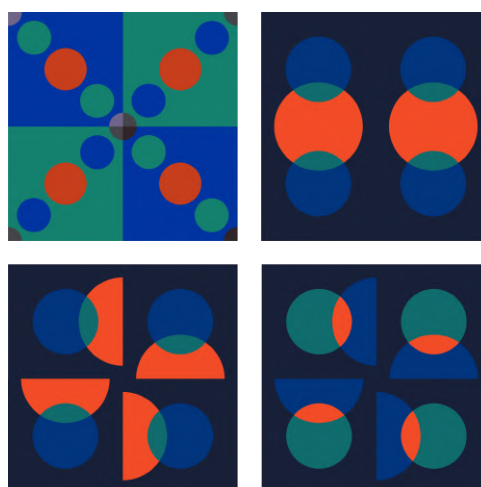
Figura 95 – Identificação dos elementos principais do padrão obtido



Fonte: A autora (2025).

A primeira proposta foi utilizar os círculos para criar linhas contínuas e espaços negativos através de alinhamento entre as peças. Diversas variações foram testadas, utilizando círculos, semicírculos e $\frac{1}{4}$ de círculo, na tentativa de criar um ritmo visual interessante. No entanto, as variações criadas não conseguiram representar com sucesso o padrão obtido ou a ave, além disso, o uso das cores do Surucuá não trouxe harmonia aos resultados (Figura 96).

Figura 96 – Variações utilizando círculos para formar retas (descartados).

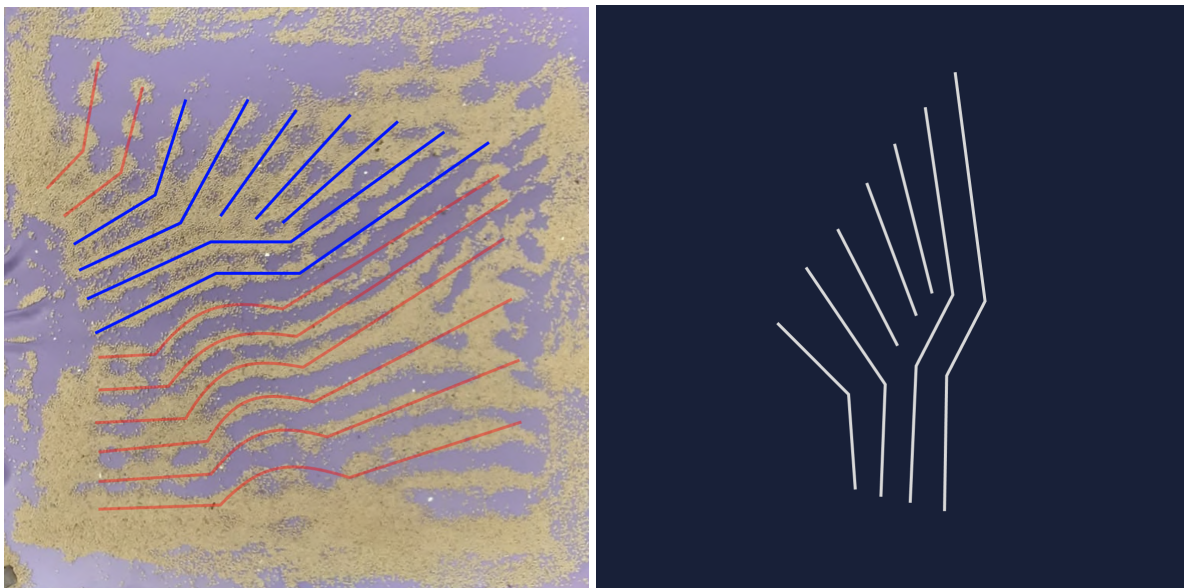


Fonte: A autora (2025).

A partir deste ponto, a ideia de utilizar círculos foi abandonada, já que, apesar de estarem presentes no padrão, os círculos não representavam tão bem o Surucuá, que possui linhas muito marcantes ao longo da cauda. Com este novo entendimento, decidiu-se focar exclusivamente nas linhas do padrão para extrair um novo elemento.

Após recortes e agrupamentos, foi encontrado um conjunto de linhas que, juntas, formavam um padrão interessante, com aparência semelhante à asa de um pássaro (Figura 97). Essas linhas foram extraídas para dar origem à nova proposta de ladrilho. No entanto, as linhas não possuíam simetria, alinhamento ou ângulos consistentes que facilitassem a aplicação no design de um ladrilho hidráulico e em um sistema de alinhamento (Figura 97). Por isso, foi necessário realizar ajustes para harmonizar a composição.

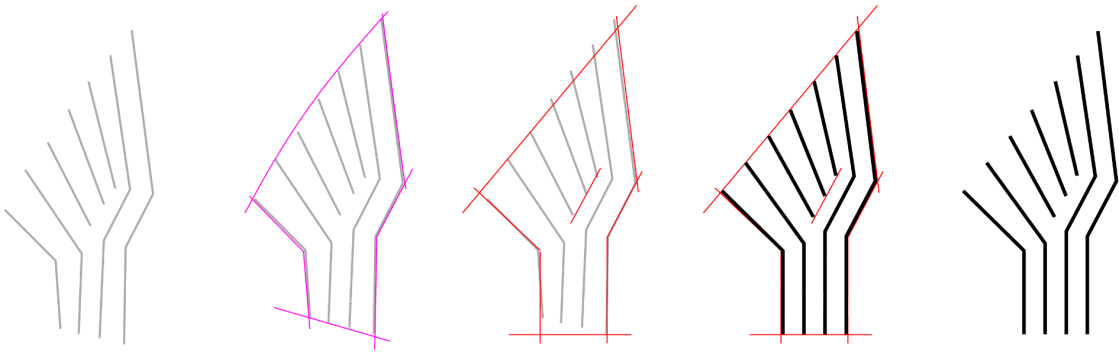
Figura 97 – Conjunto de linhas extraído para abstração do padrão (azul).



Fonte: A autora (2025).

O processo de ajustes começou com a identificação das extremidades das linhas e a análise dos ângulos e alinhamentos originais (indicados pelas linhas rosas). Em seguida, foi criado um novo grid de delimitação (em vermelho), com espaçamentos mais equilibrados. Por fim, as linhas foram redesenhadas respeitando esse novo alinhamento, gerando uma versão mais harmônica (Figura 98).

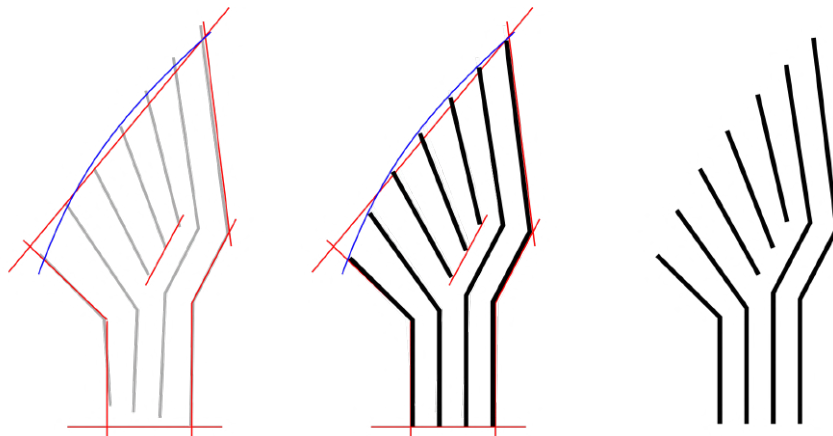
Figura 98 – Ajustes realizados no conjunto de linhas.



Fonte: A autora (2025).

Após os ajustes, notou-se que a parte superior do elemento perdeu a leve curvatura que possuía, por ter seguido o grid reto. Logo, um ajuste final foi realizado (com base na linha azul) para restaurar esse contorno curvo e manter a referência à versão inicial (Figura 99).

Figura 99 – Ajustes extras e versão final do elemento.

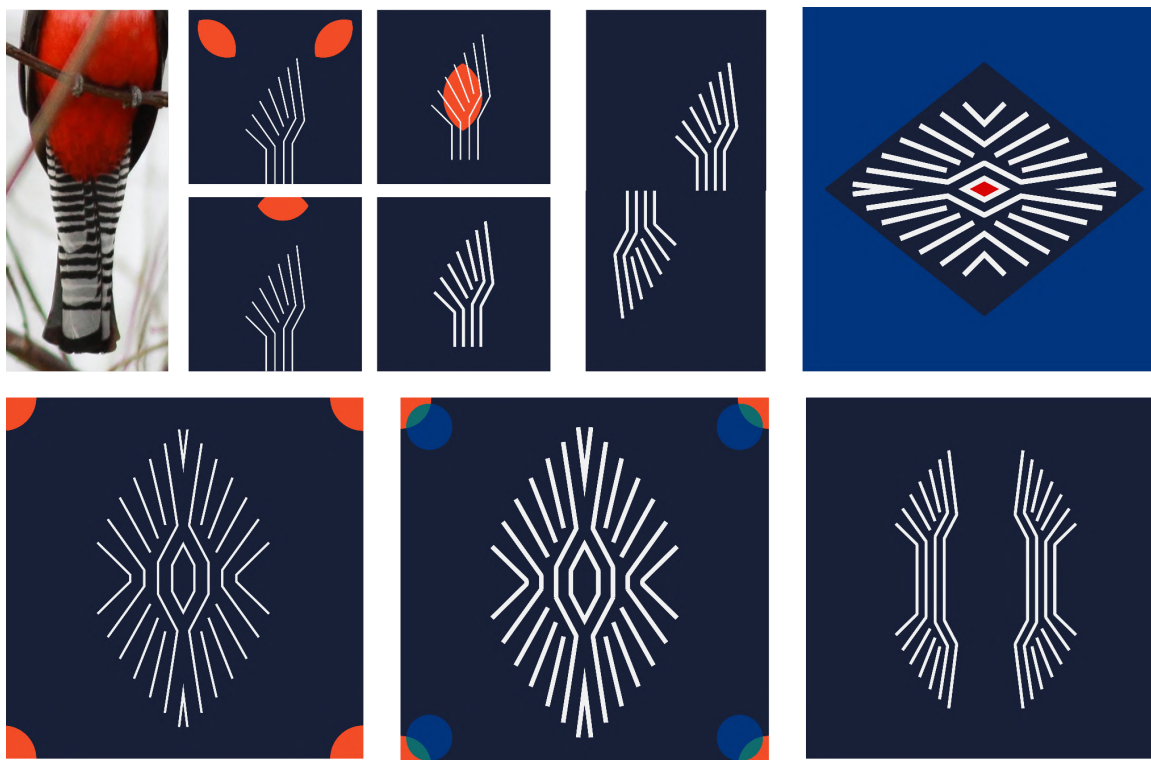


Fonte: A autora (2025).

A paleta de cores da ave foi uma dificuldade encontrada devido à sua variabilidade, entretanto, após realizar uma orientação, foi informada a não obrigatoriedade do uso de toda a paleta de cores, sendo possível fazer a escolha de alguns tons. Com isso, optou-se por representar no ladrilho, apenas a parte inferior do Surucuá (a cauda listrada nas cores preto e branco com a barriga vermelha) tendo em vista que esta característica está presente tanto nos machos quanto nas fêmeas da espécie (Figura 100).

Com esse novo elemento definido, foram realizados diversos testes de composição, tanto com o elemento centralizado quanto alinhado às margens do ladrilho. No entanto, como o conjunto de linhas era muito fino, o contraste entre o elemento e o fundo ficou muito forte, destoando dos outros ladrilhos desenvolvidos, compostos por formas mais sólidas (Figura 100).

Figura 100 – Testes de composição feitos com o conjunto de linhas inspiradas na cauda do Surucuá (descartados).



Fonte: A autora (2025).

Outro desafio dessa fase foi encontrar uma forma de aplicar a cor vermelha junto ao conjunto de linhas de forma harmônica, já que ela é uma característica marcante do Surucuá. Com as variações descartadas, a solução veio ao aplicar o espelhamento no conjunto de linhas para formar um novo elemento, com aparência que remetia à cauda do surucuá. (Figura 101).

Figura 101 – Testes de composição feitos com o conjunto de linhas após os ajustes (descartados).



Fonte: A autora (2025).

Para unificar o estilo desse ladrilho com os demais desenvolvidos, as linhas foram transformadas em blocos de cor sólida, com as extremidades superiores unidas. Ao preencher o elemento com cor sólida, a aplicação da cor vermelha no centro finalmente se mostrou harmônica e viável, representando visualmente a “barriga vermelha” do pássaro (Figura 102).

Figura 102 – Versão do conjunto de linhas em bloco de cor sólida.



Fonte: A autora (2025).

Após transformar as linhas em blocos sólidos, foi realizado um último teste visando equilibrar melhor o tamanho dos blocos de cores, utilizando contornos da mesma cor do fundo e centralizando o elemento no ladrilho. Com isso, o resultado se mostrou satisfatório considerando o equilíbrio, harmonia e representação simbólica (Figura 103).

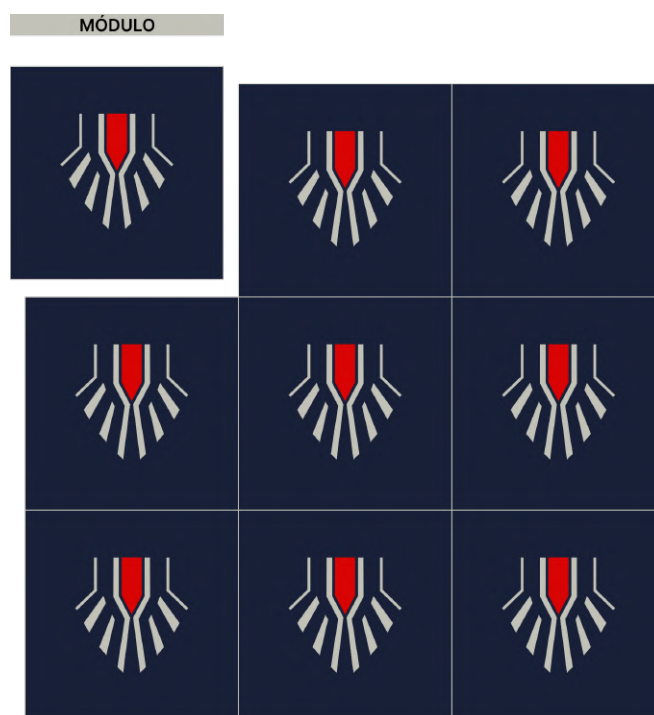
Figura 103 – Versão final do primeiro ladrilho Surucuá-de-Pé-Vermelho.



Fonte: A autora (2025).

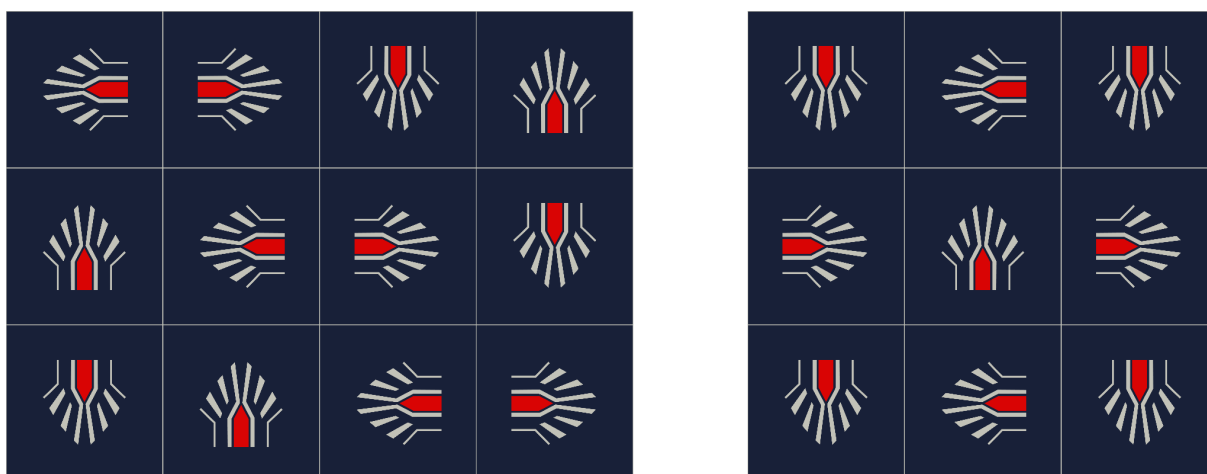
O resultado final foi um ladrilho que transformou as linhas extraídas do padrão em um elemento simétrico, sólido, e com uso coerente da cor vermelha, um desafio importante desse modelo. Sua paginação pode seguir qualquer sistema de repetição e explorar variações interessantes utilizando a rotação da peça (Figuras 104, 105 e 106).

Figura 104 – Indicação primeiro módulo e do sistema de repetição alinhado.



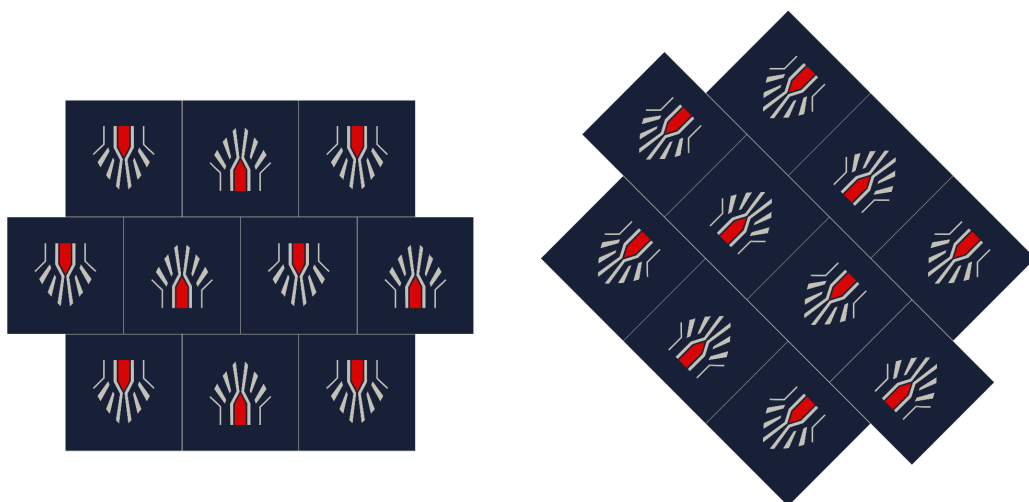
Fonte: A autora (2025).

Figura 105 – Paginação seguindo o sistema de alinhamento lado a lado com uso de rotação na peça.



Fonte: A autora (2025).

Figura 106 – Paginação seguindo o sistema de alinhamento tijolo e diamante, respectivamente.



Fonte: A autora (2025).

Para a segunda versão, o elemento principal foi ampliado e alinhado com a extremidade superior do ladrilho, permitindo diversas possibilidades de encaixe e paginação seguindo os princípios da continuidade (Figura 107).

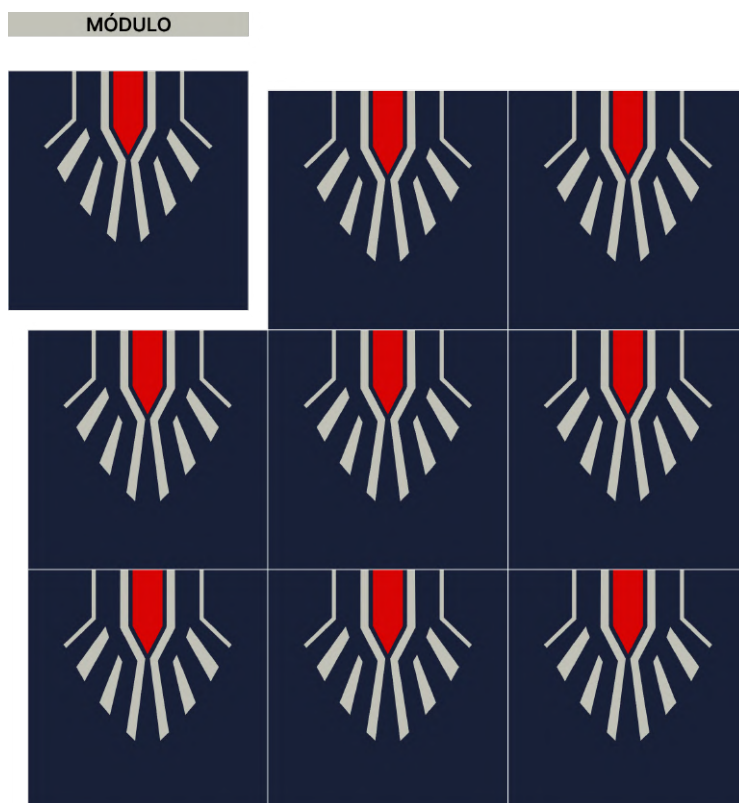
Figura 107 – Versão final do segundo ladrilho Surucuá-de-Pé-Vermelho.



Fonte: A autora (2025).

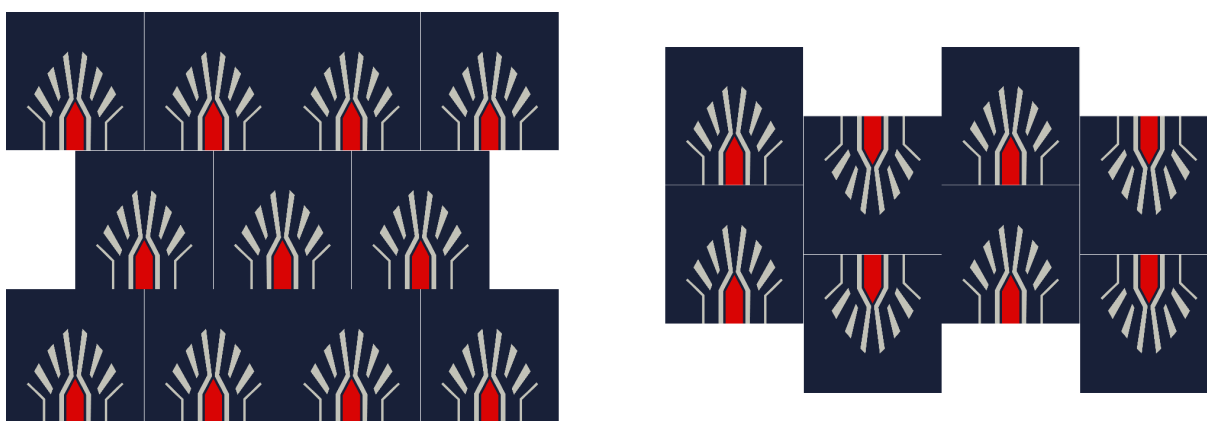
Esse segundo modelo permite aplicar todos os princípios do rapport, incluindo rotação, translação, espelhamento e alinhamento, tornando o ladrilho uma peça bastante versátil (Figuras 108, 109 e 110).

Figura 108 – Indicação segundo módulo e do sistema de repetição alinhado.



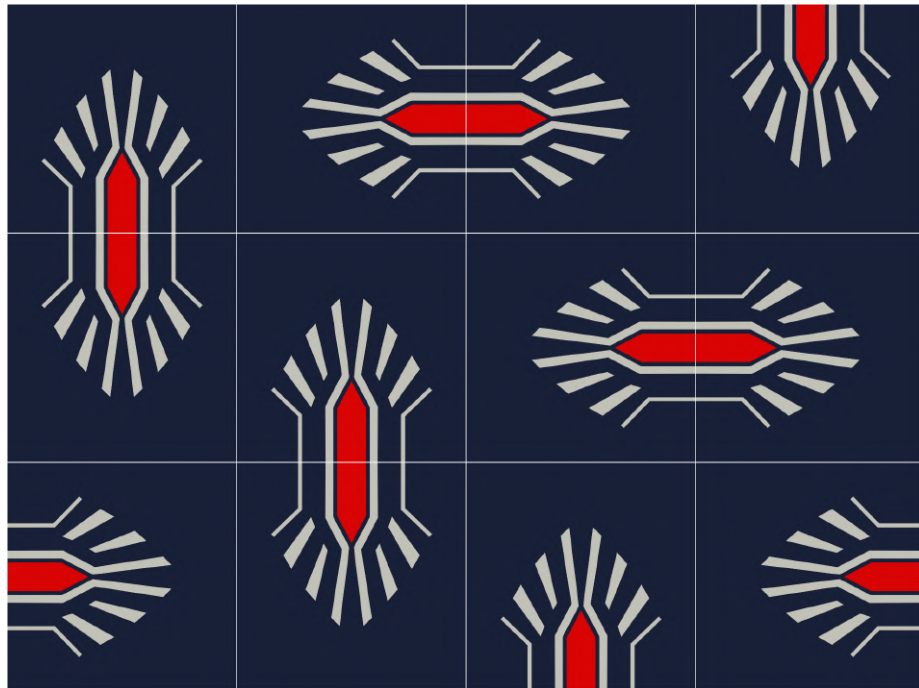
Fonte: A autora (2025).

Figura 109 – Sistema de alinhamento em tijolo e em half-drop com rotação



Fonte: A autora (2025).

Figura 110 – Sistema de alinhamento lado a lado com espelhamento criando sensação de continuidade no padrão

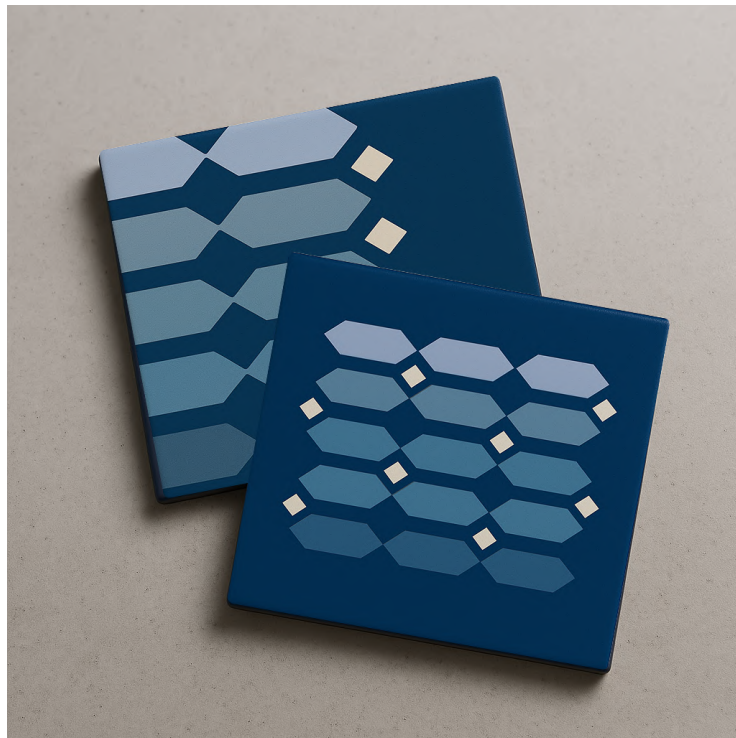


Fonte: A autora (2025).

3.5 Resultado final

Ao fim de todo o processo, foi possível desenvolver uma coleção com oito ladrilhos distintos, sendo dois modelos para cada espécie de ave. Durante todo o percurso criativo, os padrões geométricos obtidos nos experimentos de Chladni serviram como ponto de inspiração conceitual e visual. No entanto, a escolha de trabalhar com partes específicas desses padrões, em vez de apenas replicá-los por completo, permitiu maior liberdade criativa e variabilidade nas soluções visuais. Cada ladrilho foi cuidadosamente pensado em relação às cores, tanto para garantir harmonia individual quanto para possibilitar a combinação entre todas as peças da coleção. Assim, além da expressividade visual de cada módulo, o conjunto completo oferece inúmeras possibilidades de paginação, encaixe e composição, tornando-se uma coleção versátil, rica e cheia de significados que é resultado da fusão entre natureza, ciência e design.

Figura 111 – Mockup ladrilho Ararinha-Azul.



Fonte: A autora (2025).

Figura 112 – Mockup ladrilho Jacucaca.



Fonte: A autora (2025).

Figura 113 – Mockup ladrilho Atobá-de-Pé-Vermelho.



Fonte: A autora (2025).

Figura 114 – Mockup ladrilho Surucuá-da-Barriga-Vermelha.



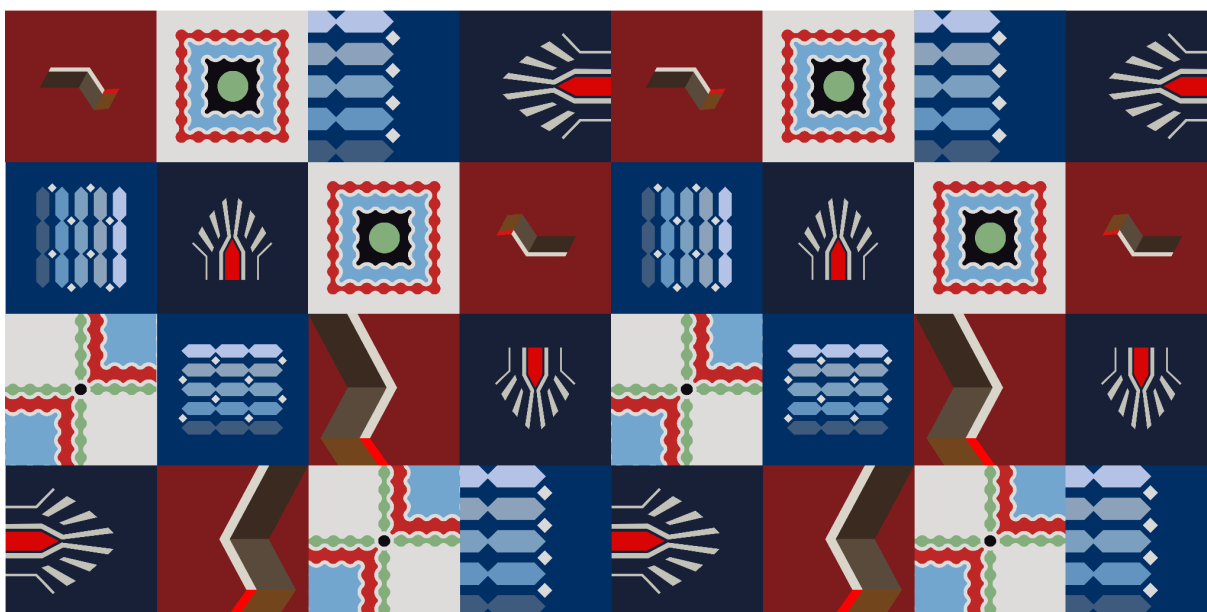
Fonte: A autora (2025).

Figura 115 – Mockups da coleção de ladrilhos



Fonte: A autora (2025).

Figura 116 – Uso de todos os modelos da coleção



Fonte: A autora (2025).

Figura 117 – Mockup aplicação de toda a coleção em parede de bancada em cozinha



Fonte: A autora (2025).

Figura 118 – Mockup aplicação de toda a coleção em faixa de parede



Fonte: A autora (2025).

Figura 119 – Mockup do ladrilho 1 Ararinha-Azul



Fonte: A autora (2025).

Figura 120 – Mockup do ladrilho 2 Ararinha-Azul



Fonte: A autora (2025).

Figura 121 – Mockup do ladrilho 2 Jacucaca



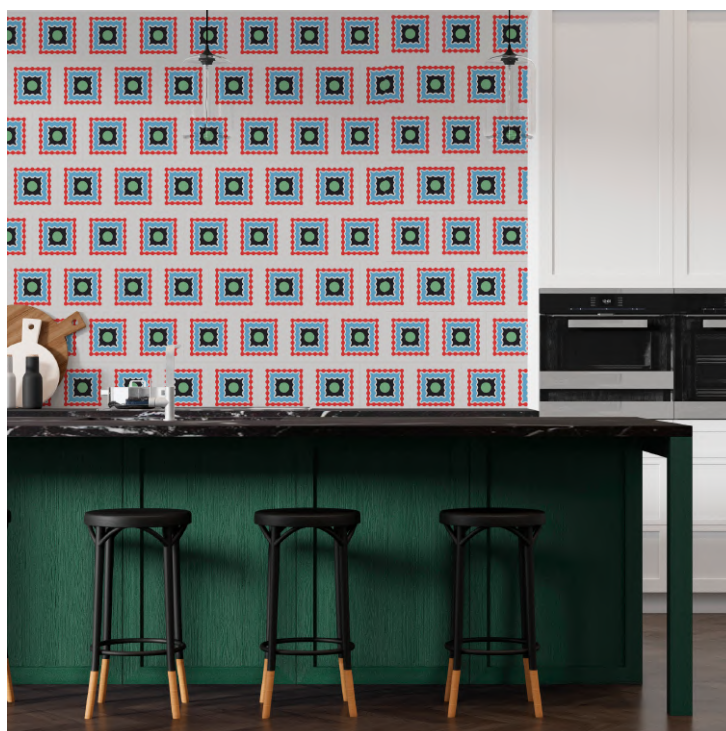
Fonte: A autora (2025).

Figura 122 – Mockup do ladrilho 1 Jacucaca



Fonte: A autora (2025).

Figura 123 – Mockup do ladrilho 1 Atobá-de-Pé-Vermelho



Fonte: A autora (2025).

Figura 124 – Mockup do ladrilho 2 Atobá-de-Pé-Vermelho



Fonte: A autora (2025).

Figura 125 – Mockup do ladrilho 2 Surucuá-de-Barriga-Vermelha



Fonte: A autora (2025).

Figura 126 – Mockup do ladrilho 1 Surucuá-de-Barriga-Vermelha



Fonte: A autora (2025).

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Através deste projeto foi possível construir uma conexão interdisciplinar entre o campo da Física, por meio da Cimática, e o campo do Design, por meio do Design de Gráfico e de Superfície. Mais do que apenas obter um produto final, a proposta deste TCC se traduziu em valorizar e reconhecer a presença do design como uma prática que transita entre diferentes áreas do conhecimento, indo além da percepção visual humana e resgatando a importância de processos criativos mais livres, experimentais e exploratórios.

Este projeto buscou demonstrar como a aproximação com outras áreas e a experimentação prática exploratória podem não apenas ampliar a bagagem do designer, como também enriquecer o valor semântico e conceitual do próprio produto final, neste caso, o ladrilho hidráulico. Os oito ladrilhos desenvolvidos representam de forma simbólica, a junção das características visuais das aves com a inspiração nos padrões obtidos em suas vocalizações através do Experimento de Chladni, criando uma correlação entre som, forma e significado.

A Cimática foi essencial para que o resultado final alcançado fosse possível, tornando-se um recurso valioso na criação e inspiração para representações visuais únicas a partir de fenômenos sonoros. Indo mais além, para desenvolver este projeto foi necessário realizar estudos não apenas sobre a Cimática, como também sobre biomimética, bioacústica, psicologia e sobre o próprio campo do Design, reforçando o destaque à multi e interdisciplinaridade.

Atualmente, o designer é um profissional que frequentemente enfrenta a desvalorização de seu trabalho, sobretudo pela supervalorização dada ao produto final ao invés do processo. Processo este que envolve pesquisa, testes, abstrações, erros, acertos e muita criatividade. O design, por essência, é uma área voltada à resolução de problemas e à construção de novas possibilidades, exigindo do profissional a capacidade de adaptação, experimentação e sensibilidade para lidar com o inesperado.

Embora o uso de equipamentos mais potentes pudesse ter influenciado positivamente nos resultados obtidos, o processo apresentado aqui reflete, de forma

genuína, a importância da adaptação e resolução de problemáticas, de se permitir explorar, errar e testar novas possibilidades e combinações, mesmo quando a primeira solução já aparenta ser satisfatória.

Espero que este trabalho possa servir de inspiração para que outros estudantes e pesquisadores se permitam ter uma maior liberdade durante seus processos criativos em projetos e, que se sintam encorajados a buscar conexões entre o Design e outras áreas do conhecimento. Ainda existem muitas possibilidades com grande potencial exploratório e a Cimática foi apenas uma delas.

O Design, portanto, se revela não apenas como linguagem visual, mas também, como uma forma de pensar, processar e traduzir o mundo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Chladni, Ernst Florens Friedrich. **Entdeckungen über die Theorie des Klanges.** Zentralantiquariat der DDR, 1787.

Donaldson, J. **"Rubin's Vase"** in F. Macpherson (ed.), The Illusions Index. 2017. Acesso em: <https://www.illusionsindex.org/i/rubin-s-vase>. Acesso em 24 mar 2025.

Gomes Filho, João. **Gestalt do objeto.** 8. ed. São Paulo: Editora Escrituras, 2008.

Heffner, Henry E.; Heffner, Rickye S. **Hearing ranges of laboratory animals.** Journal of the American Association for Laboratory Animal Science, v. 46, n. 1, p. 20-22, 2007.

Heinrichs, Felipe Mateus et al. **Experimentações práticas para o design de superfície: cimática como técnica criativa.** Design e Tecnologia, v. 9, n. 17, p. 72-79, 2019.

Lamas, Márcia Lopes; Longo, Orlando Celso; Souza, Vicente Custodio de. **A produção de ladrilho e o ofício de ladrilhar: método de produção de ladrilhos do século XVIII aos nossos dias.** Anais do Museu Paulista: História e Cultura Material, v. 26, 2018.

Lurie-Luke, E. **Product and technology innovation: what can biomimicry inspire?.** Biotechnology advances, 32 8, 1494-505. 2014.

Maciel, Rosilene Conceição; De Castro Engler, Rita; Pinho, Izabela Silva. **O design e os ladrilhos hidráulicos na cidade.** Anais do Colóquio Internacional de Design 2020, p. 1157-1170, 2020.

Maciel, William. **Surucuá-de-barriga-vermelha.** 2023. Disponível em: <https://www.wikiaves.com.br/wiki/surucua-de-barriga-vermelha>. Acesso em: 17 mar. 2025.

Magno, Wictor Carlos et al. **Uso das figuras de Chladni no ensino de Física**. 2020.

Mesquita, Lucas. **Jacucaca**. 2023. Disponível em: <https://www.wikiaves.com.br/wiki/jacucaca>. Acesso em: 17 mar. 2025.

Morin, Edgar. **A cabeça bem-feita: repensar a reforma, reformar o pensamento**. Tradução de Eloá Jacobina. 8. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2003.

Nasr, Nessma; El Wakeel, Naglaa; Abd El Aziz, Shimaa. **Textile printing designs of upholstery Fabrics inspired by the plastic constructions of Cymatics effects on the sand**. Arab International Journal of Digital Art and Design, v. 2, n. 1, p. 15-48, 2023.

Piaget, J. **Problèmes Généraux de la Recherche Interdisciplinaire et Mécanismes Communs**. In: PIAGET, J., Épistémologie des Sciences de l'Homme. Paris: Gallimard, 1981.

Rubim, Renata. **Desenhando a superfície**. São Paulo: Edições Rosari, 2004.

Silva, Benjamim B. **Atoba-de-pé-vermelho**. 2025. Disponível em: <https://www.wikiaves.com.br/wiki/atoba-de-pe-vermelho>. Acesso em: 17 mar. 2025.

Sousa, Flavio. **Ararinha-azul**. 2023. Disponível em: [https://www.wikiaves.com.br/wiki/ararinha-azul?s\[\]=ararinha&s\[\]=azul](https://www.wikiaves.com.br/wiki/ararinha-azul?s[]=ararinha&s[]=azul). Acesso em: 17 mar. 2025.

Sousa, Rita. **Reconheça aves através do canto**. O Poder das Aves, 2022. Disponível em: https://www.opoderdasaves.com/post/reconheca_aves_atraves_dos_cantos. Acesso em: 04 mar. 2025.

Thiollent, Michel. **Metodologia da pesquisa-ação**. Cortez editora, 2022.

Vasconcelos, Camila Brito de. **Memória gráfica brasileira: a percepção dos sistemas simbólicos e linguagens visuais dos ladrilhos hidráulicos em patrimônios religiosos tombados pelo IPHAN na cidade do Recife**. 2014. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Pernambuco.

Vielliard, Jacques; Silva, M. Eduarda. **A Bioacústica como ferramenta de pesquisa em Comportamento animal..** In: Grauben Assis, Regina Brito e William Lee Martin (Org.). Estudos do Comportamento II. Belém: Editora da UFPA, in press. 2008

Vivanco, Carlota Durán; Vivanco, Elvert Durán. **Artefactos cerámicos cimáticos; captura, transformación y aplicación de registros sonoros georeferenciados en el Diseño de objetos biofílicos. Cuadernos del Centro de Estudios en Diseño y Comunicación**. Ensayos, n. 203, p. 113-120, 2023.

Wong, Wucius. **Princípios de forma e desenho**. 1998.