

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS
CURSO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS**

Maria Clara Feix da Cunha Vasco

**TECNOLOGIAS APLICADAS EM VIDRAÇAS PARA PREVENIR A
COLISÃO DE AVES DURANTE O VOO**

**Florianópolis
2022**

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Cunha Vasco, Maria Clara Feix da
Tecnologias aplicadas em vidraças para prevenir a
colisão de aves durante o voo / Maria Clara Feix da Cunha
Vasco ; orientador, Guilherme Renzo Rocha Brito, 2022.
49 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) -
Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências
Biológicas, Graduação em Ciências Biológicas, Florianópolis,
2022.

Inclui referências.

1. Ciências Biológicas. 2. Avifauna. 3. Vidros. 4.
Ornitologia. 5. Arquitetura sustentável. I. Brito,
Guilherme Renzo Rocha. II. Universidade Federal de Santa
Catarina. Graduação em Ciências Biológicas. III. Título.

Maria Clara Feix da Cunha Vasco

TECNOLOGIAS APLICADAS EM VIDRAÇAS PARA PREVENIR A COLISÃO DE AVES DURANTE O VOO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito para cumprimento da disciplina TCC II (BIO7016) do currículo do Curso de Graduação em Ciências Biológicas da Universidade Federal de Santa Catarina.

Orientador: Prof. Dr. Guilherme Renzo Rocha Brito

Florianópolis, 2022

TECNOLOGIAS APLICADAS EM VIDRAÇAS PARA PREVINIR A COLISÃO DE AVES DURANTE O VOO

Maria Clara Feix da Cunha Vasco

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado adequado para obtenção do Título de “Licenciado em Ciências Biológicas”, e aprovado em sua forma final pelo Curso de Ciências Biológicas da Universidade Federal de Santa Catarina.

Prof. Dra. Daniela Cristina de Toni
Coordenadora do Curso

Banca Examinadora:

Orientador(a): Prof. Dr. Guilherme Renzo
Rocha Brito
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof. Dr. Luiz Carlos de Pinho
Membro titular
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof. Dr. Renato Hajenius Ache de Freitas
Membro titular
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof. Dr. Carlos José de Carvalho Pinto
Membro suplente
Universidade Federal de Santa Catarina

Florianópolis, 18 de março de 2022

Este trabalho é carinhosamente dedicado a todos os Animais que já resgatei, cuidei e reabilitei na minha vida e também aos outros que virão pela frente. Vocês fazem parte desta conquista.

AGRADECIMENTOS

Dedico o meu MUITO OBRIGADA aos meus progenitores Carmen e André. Vocês representam a minha geração parental de sucesso. Sem suas células germinativas, eu nada seria! Agradeço a minha Mãe pelo incentivo a seguir meus dons, a ser determinada e acreditar no meu potencial. Agradeço ao meu Pai por me acolher durante a faculdade e sempre me desafiar a concluir meus objetivos. Obrigada por me incentivarem constantemente a realizar os meus sonhos, por me ajudarem de tantas maneiras e sempre me valorizarem.

Obrigada especial aos meus irmãos Maria Carolina e Guilherme. Crescemos emocional e espiritualmente quando temos irmãos para compartilhar os momentos juntos. Agradeço ao meu padrasto Ricardo por ter me criado junto com a minha mãe e ter proporcionado a consolidação do nosso núcleo familiar em grande parte da minha vida.

Agradecimento carinhoso aos meus avós Regina e Jaime (*in memoriam*): a ela por ter me ensinado a nadar e a ele por ter me inspirado a sempre adquirir mais conhecimento, a ser justa e honesta. Combo perfeito salvando minha vida e minha alma. Agradeço aos demais familiares e especialmente as minhas priminhas gêmeas que foram minhas pupilas e aprendizes na educação de ciências: Cecília e Luísa. (Por favor, cresçam mais devagar!)

Agradeço também àqueles que são considerados da nossa família, mesmo sendo de outras espécies: Fênix (*in memoriam*); Cuca (*in memoriam*); Scooby; Ágata e Nobel. Um grande beijo no cangote de vocês! Agradeço também a oportunidade que tive desde a infância de conhecer muitos animais domésticos, silvestres e selvagens. Todos eles me instigaram a querer proteger e conservar cada vez mais a fauna e os ecossistemas do nosso planeta.

Aos bons amigos:

André Luís, a pessoa que mais me mais faz rir. Sempre me estimula a aproveitar a vida, a otimizar meu tempo e me faz encarar de frente os problemas. Não se cansa de dizer que acredita em mim e que eu vou conseguir vencer. Obrigada pelos conselhos enriquecedores e pelos almoços divertidos durante o meu estágio. Murillo Colla Serrate, a pessoa mais pacífica, determinada e sensata que eu conheço. Ele me ensinou que é melhor ser feliz do que ter razão, que a vida é feita de momentos sublimes e que devemos perceber o que realmente importa. Foram vários aprendizados e ótimas experiências que tivemos na vida. Assiris, minha japonesa que sempre me acompanha

nos passeios à Beiramar ou no Centrão de Florianópolis. Ela também ama os animais, demonstra interesse em assuntos similares aos meus, adora pesquisar sobre aves e contribui com seus sábios pontos de vista. Jacira, a pessoa mais altruísta que conheci nos últimos tempos e que felizmente divide comigo a nossa "ilha de mesas" no estágio na ELETROSUL. Ela também é a pessoa que não entrega o peixe, mas ensina a pescar, é apaixonada por árvores e ama comer minhas maçãs! Obrigada ao Lucas João Leite Farias pelos momentos engraçados durante a faculdade e pela companhia nos trabalhos e provas em dupla. Agradeço também aos amigos Eduardo Costa por todo suporte motivacional e conselhos realistas; ao André que me acompanha desde o tempo da escola e me emprestou o computador para eu poder concluir esse trabalho; ao Antônio que sempre se preocupava com a data de finalização do meu trabalho e a Anny Laurentino por tornar a minha vida mais divertida e leve nos passeios e festas durante essa etapa da minha vida.

Agradeço aos colegas da ELETROSUL por me proporcionarem grande aprendizado no estágio e nas saídas de campo. Obrigada principalmente aos queridos supervisores: Marlon, Maycon e Djoni L.

Agradeço também aos meus melhores professores que foram a base da minha formação, especialmente a vocês:

Luiz Carlos Pinho por me agregar a família do laboratório quando eu ainda era uma simples calourinha perdida nos corredores do MIP e também por todas as risadas, conversas inspiradoras, compartilhamentos artísticos e ideológicos; Carlos Pinto pelas aulas substanciais, pelas gargalhadas do âmago e por sempre me salvar dos perrengues que às vezes acometem os alunos; Pedro Fiaschi e Rafael Trevisan por todo o conhecimento adquirido em botânica e culinária através de receitas fantásticas com as plantas mencionadas durante as aulas; Professor Paulo do tempo da escola que me inspirou a amar a biologia desde a infância; Renato Hajenius por agregar todo o conhecimento de fisiologia animal e por ter lecionado aulas essenciais que complementaram a minha ideia de desenvolver esse trabalho de conclusão de curso. Para fechar com chave de ouro a liga dos professores, agradeço o meu orientador Guilherme Renzo Rocha Brito que aceitou me orientar neste TCC quando ele havia recém chegado à UFSC e antes mesmo de termos um laboratório para começarmos nossas atividades! As risadas nas aulas e palestras dele sempre foram generosas.

O agradecimento vai para a Adriana da coordenação e todos os meus alunos do Laboratório de Ciências que sempre me proporcionaram alegria, satisfação e amor pela carreira de professora. Vocês fizeram meus dias melhores! Obrigada pela animação e pelas carinhas de que estavam entendendo o conteúdo. Isso me incentivava a preparar

as melhores aulas possíveis! Eu encerro esses agradecimentos com a frase que vocês costumavam me falar: "Professora, nós te amamos mil milhões, mil milhões!" Eu também amo todos vocês!

Depois de muitas viagens que a vida me proporcionou realizar, intercaladas com a continuação do meu curso, compreendo mais do que ninguém a bela surpresa de finalmente me verem entregar o meu TCC. Estou amando este momento tanto quanto vocês!

“As criaturas que habitam a Terra estão aqui para contribuir, cada uma à sua maneira, para a beleza e prosperidade do mundo.”

Dalai Lama

RESUMO

A colisão das aves nos vidros das edificações causa enorme impacto ambiental para a biodiversidade na Terra. Esses acidentes durante o voo podem provocar fraturas no bico, ferimentos oculares, hemorragias internas e até mesmo lesões intracranianas severas que muitas vezes levam as aves a óbito. Estima-se que as mortes não intencionais de avifauna ocasionada pelas colisões com vidraças ultrapassem o número de bilhões de indivíduos por ano em todo o planeta. A migração é um dos comportamentos mais fascinantes realizados por esses animais. As aves migratórias frequentemente colidem com as vidraças das edificações em áreas urbanas enquanto tentam percorrer seu trajeto nas grandes cidades. As espécies que realizam a migração noturna se guiam pela luz das estrelas, mas ao verem a iluminação urbana através das vidraças são atraídas para perto das edificações e acabam colidindo com esses obstáculos. O Modernismo na arquitetura do Brasil e no mundo contribuiu historicamente para a intensificar o envelopamento de edifícios através de enormes fachadas de vidro. Com base nesses aspectos, o presente trabalho almejou esclarecer os fatores relacionados à mortalidade de aves por meio das colisões com vidros. Foram propostas soluções para melhorar a sinalização das vidraças e ideias para a inovação das construções. Utilizou-se conhecimentos da arquitetura ecológica e responsiva para sugerir tecnologias que se baseiem no benefício das aves. Este trabalho apresentou soluções existentes que visam proteger a avifauna contra essas colisões mortais.

Palavras-chave: Ornitologia. Avifauna. Mitigação. Vidros. Arquitetura Sustentável.

ABSTRACT

Collisions between birds and building glass has a huge environmental impact on biodiversity on Earth. These accidents during flight can cause beak fractures, eye injuries and even severe intracranial injuries that often lead to death. Unintentional birdlife deaths due to window collisions are estimated to exceed billions of people per year worldwide. Migration is one of the most fascinating behaviors performed by these animals. Migratory birds often collide with buildings glass panel in urban areas as they try to make their way through big towns. Modernism, in the architecture of Brazil and the world, has historically contributed to intensifying the involvement of buildings through huge glass panels. In this term paper, the existing glass signaling solutions in the global marketplace and potential uses of technologies for green buildings were assembled for the benefit of the birds. Thus, the goal is to develop proposals to ensure greater freedom of flight through the perception of these animals. Many birds are able to see or spectrum ultraviolet light. Based on this knowledge, several products have been developed by companies that use innovative materials for glass application. These products aim to protect an birdlife from these deadly collisions.

Keywords: Ornithology. Birdlife. Mitigation. Glass panel. Sustainable architecture.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Marca da colisão no vidro pela descamação natural das penas da ave	14
Figura 2 – Aves colididas com vidraças e foram coletadas pelo grupo do projeto <i>Light Out DC</i>	15
Figura 3 – Arquitetura verde composta por fachada com plantas em torno das janelas de vidro	17
Figura 4 – Indivíduo da espécie <i>Calidris canutus</i> ou Maçarico-de-papo-vermelho é uma das aves migratórias	22
Figura 5 – Mapa contendo a distribuição biogeográfica da espécie migratória <i>Calidris canutus</i>	23
Figura 6 – Indivíduo da espécie <i>Charadrius melodus</i> é mais um exemplo de ave migratória	24
Figura 7 – Marca no vidro da colisão de uma ave pela deposição de partículas das penas	25
Figura 8 – Ave abatida por colisão em fachada de vidro	26
Figura 9 – Casa de Vidro projetada pela arquiteta Lina Bo Bardi é exemplo de arquitetura moderna no Brasil	30
Figura 10 – MASP - Museu de Artes de São Paulo	31
Figura 11 – Fachada de vidro do Ministério da Educação e Saúde Pública do Rio de Janeiro	32
Figura 12 – Arranha-céu em Londres foi projetado com a face côncava e painéis de vidro.	33
Figura 13 – ORNILUX para a visão das aves e para a visão humana respectivamente	35
Figura 14 – Alimentadores de aves que são frequentemente pendurados em frente às janelas	36
Figura 15 – Produto <i>Bird Tape</i> sendo colocado sobre a vidraça para evitar as colisões de avifauna	37
Figura 16 – Imagem ilustrativa de vidro com tecnologia UV para zoológico sugerido pela empresa <i>Glaspro</i>	38
Figura 17 – <i>Feather Friendly Patterns</i> para marcadores de cerâmica para sinalização de vidros	39
Figura 18 – Edifício <i>Al Bahar Towers</i> com inspiração na arquitetura responsiva, em Abu Dhabi	40
Figura 19 – Parede feita de Cobogó para otimizar a ventilação e iluminação naturais	42

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Espécies que mais colidiram durante o estudo realizado em Balneário Rincão	27
Tabela 2 – Aves identificadas que colidem nas vidraças dos prédios da PGR em Brasília	29

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABC	American Bird Conservancy
CCB	Centro de Ciências Biológicas
Cemave	Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Aves Silvestres
DC	District of Columbia
ICMBio	Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade
IUCN	União Internacional para Conservação da Natureza
MASP	Museu de Arte de São Paulo
MES	Ministério da Educação e Saúde
PGR	Procuradoria Geral da República
RJ	Rio de Janeiro
SP	São Paulo
SDU	Southern Denmark University
TCLE	Termo de Consentimento Livre e Esclarecido
UFSC	Universidade Federal de Santa Catarina
UnB	Universidade de Brasília
UV	Ultravioleta

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
1.1	AVIFAUNA EM PERIGO: UM VOO DE LIBERDADE LIMITADA	15
1.2	BREVE HISTÓRICO DE UTILIZAÇÃO DO VIDRO	16
1.3	INOVAÇÃO, ARQUITETURA RESPONSIVA E SUSTENTABILIDADE	17
2	OBJETIVOS	18
2.1	Objetivo Geral	18
2.2	Objetivos Específicos	18
3	ESTADO DA ARTE DO CONHECIMENTO	19
3.1	MORFOFISIOLOGIA E COMPORTAMENTO DE VOO DAS AVES	19
3.1.1	Anatomia Ocular e Espectro da Visão das Aves	19
3.1.2	Pequenos viajantes: As habilidades aéreas das aves	21
3.1.3	Tipos de Fraturas e Osteossíntese em Aves	25
3.2	AS CARACTERÍSTICAS QUE PERMEIAM AS COLISÕES	26
3.2.1	Espécies Mais Acometidas pelas Colisões	26
3.2.2	Origem das vidraças e o Modernismo no Brasil	30
3.3	MEDIDAS MITIGADORAS PARA A ARQUITETURA CONTEMPORÂ- NEA	33
3.3.1	Mecanismos de Prevenção Contra as Colisões	33
3.3.2	Arquitetura Responsiva: A Automatização das Construções	40
3.3.3	Arquitetura Sustentável: A Construção Ecologicamente Equili- brada	41
4	CONCLUSÃO	44
	REFERÊNCIAS	46

1 INTRODUÇÃO

Pesquisas recentes mostram que as colisões de aves com as vidraças dos edifícios é uma das maiores causas da mortalidade desses animais, além da devastação dos habitats ocasionada por ação antrópica e da predação por gatos domésticos. O problema da colisão de avifauna com as vidraças das áreas urbanas aumenta em decorrência do período de migrações. A maioria das aves neotropicais canoras migra durante a noite, se guiando pela luminosidade das estrelas e evitando turbulências no ar. Quando as aves passam pelas cidade, podem ser atraídas por engano pelas luzes artificiais urbanas. Ao perderem o rumo da trajetória de migração, acabam colidindo com as vidraças. O prejuízo faunístico ocasionado à avifauna é relevante. As colisões entre aves e vidraças podem gerar danos como lesões, fraturas ou até mesmo levar à óbito (CITY WILD LIFE, 2019).

A Organização Norte Americana para Conservação das Aves *American Bird Conservancy*, menciona que as colisões entre as aves e os obstáculos de origem antrópica ocorrem porque esses animais enxergam o mundo de forma diferente (figura 1). Bilhões de aves morrem todos os anos, vítimas dessas colisões. A organização (ABC) estima que cada residência nos Estados Unidos provoca a morte de duas aves por ano. As colisões com os vidros são as causas dessa mortalidade, incluindo aves migratórias como o Beija-flor-de-garganta-vermelha (*Archilochus colubris*) entre outras espécies. (AMERICAN BIRD CONSERVANCY, 2019).

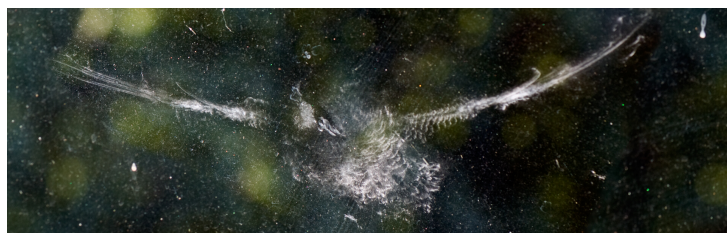


Figura 1 – Marca da colisão no vidro pela descamação natural das penas da ave

Fonte: (AMERICAN BIRD CONSERVANCY, 2019)

A ABC relata ainda que o crescimento da instalação de aerogeradores para a captação de energia eólica representa outro fator responsável pela mortandade de aves. Segundo o relatório do ICMBio (2016), os aerogeradores possuem placas que rotacionam no espaço aéreo e as aves acabam colidindo com as estruturas. Outros exemplos que contribuem para as taxas de mortalidade aviária são as linhas de transmissão de energia e as torres de comunicação que prejudicam principalmente o

trajeto de aves migratórias noturnas. No ano de 2000, a ABC registrou mais de 550 mortes de Papa-lagarta-de-asa-vermelha (*Coccyzus americanus*) no monitoramento de apenas 17 torres (AMERICAN BIRD CONSERVANCY, 2019).

1.1 AVIFAUNA EM PERIGO: UM VOO DE LIBERDADE LIMITADA

O Brasil abriga a maior biodiversidade faunística do planeta. Um motivo considerável que desencadeia a perda da fauna é a intensa exploração dos habitats. Como consequência, ocorrem visíveis modificações na composição cênica dos biomas e perda dessa biodiversidade. Nesse contexto, os animais se deslocam ou migram em busca de alimentos e abrigo, podendo se aproximar do meio urbano. A classe das aves é bastante afetada por lesões ocasionadas pela ação antrópica (BIONDO et al., 2019).

A colisão das aves em pleno voo contra as vidraças das edificações revela um evidente fator de mortalidade da avifauna ao redor do mundo. O monitoramento contínuo das aves mostra que, em geral, elas não percebem as vidraças como obstáculos no espaço aéreo e por isso acabam colidindo contra as janelas guarnecidas de vidro, muros transparentes e portões envidraçados (KLEM, 2009).



Figura 2 – Aves colididas com vidraças e foram coletadas pelo grupo do projeto *Light Out DC*

Fonte: (CITY WILD LIFE, 2019)

Os agentes voluntários do projeto *Light Out DC*, durante as estações de migração das aves, percorrem o trajeto de aproximadamente seis quilômetros no Centro de Whashington DC para verificar as edificações e coletar possíveis espécimes mortos ou feridos que frequentemente colidem com os vidros (figura 2). As aves gravemente feridas recebem tratamento e reabilitação da *City Wild Life*. Os integrantes do grupo utilizam essas estatísticas para convencer os proprietários e gerentes dos prédios a adotarem sistemas de redução de interferência na migração das aves (CITY WILD LIFE, 2019).

1.2 BREVE HISTÓRICO DE UTILIZAÇÃO DO VIDRO

Durante anos até o Renascimento, as janelas das construções na Europa Medieval não eram guarnecidas com painéis de vidro. A partir do conhecimento desse material vítreo, artesãos romanos começaram a desenvolver técnicas para a elaboração de janelas com vidraças, pois perceberam que havia uma melhora do conforto térmico dos ambientes e permitia a entrada da luz natural, mesmo em condições climáticas adversas. Antes da utilização de vidraças nas edificações, as pessoas precisavam colocar madeira ou palha para vedar essas aberturas durante o inverno, em dias de chuva, em episódios de rajadas de vento entre outras intempéries do meio. Contudo, a entrada da luz natural ficava comprometida no período diurno em dias assim. A partir do uso das vidraças, foi possível manter a iluminação natural entrando nas construções sem deixar que o vento e as baixas temperaturas externas modificassem o conforto térmico nos cômodos. Essa foi considerada uma inovação tecnológica para a época (BUTERA, 2005).

A linguagem arquitetônica do século XX enaltecia a leveza e transparência nas construções e isso fez com que as edificações fossem recobertas quase por completo pelas vidraças em suas fachadas (BUTERA, 2005). O uso de vidraças na arquitetura provoca a morte aviária não-intencional. A maior causa de mortalidade da avifauna relacionada às atividades antrópicas é a destruição de habitat e a segunda é a colisão com vidraças. As estimativas alcançam a faixa de bilhões de mortes aviárias por ano no mundo inteiro (KLEM, 2009).

A utilização da técnica de envelopamento das fachadas envidraçadas, ou seja, cobertura quase total da edificação, foi repensada nos países de clima quente e úmido. Através do uso demasiado de vidraças, típico do período modernista no Brasil, pode ocorrer o descontrole térmico e luminoso no interior dos ambientes. Dessa forma, para manter o conforto e o equilíbrio desses estímulos físicos e também tentar reduzir os custos energéticos, muitos projetos acrescentavam cortinas, persianas e outros elementos arquitetônicos nessas aberturas vítreas. (CORREIA, 2009)

Elementos como cobogós e muxarabis foram aparatos historicamente incorporados à arquitetura. Esses componentes promovem a ventilação natural dos ambientes mantendo a visibilidade do interior para fora, conferindo mais privacidade com relação aos observadores externos. Dessa forma, substituem a necessidade de aplicação de vidraças nas aberturas das edificações. (CORREIA, 2009)

1.3 INOVAÇÃO, ARQUITETURA RESPONSIVA E SUSTENTABILIDADE

É notável a preocupação cada vez maior das pessoas com relação a sustentabilidade. A sociedade tem caminhado para um estilo de vida mais próximo do meio ambiente e isso reflete em exemplos utilizados na arquitetura sustentável (figura 3) que também está se popularizando nesse sentido (BUTERA, 2005). Na área da construção civil tem surgido a demanda por materiais e métodos que reduzam os impactos ambientais e busquem não comprometer a natureza durante o processo de construção e finalização das obras. Além disso, a fim de promover adequada iluminação natural e ventilação dos espaços e permitir otimização no uso pelos residentes ou visitantes, é possível definir soluções baseadas na automação das construções. As fachadas inteligentes ou responsivas das novas construções que se adaptam automaticamente às condições ambientais aumentam a performance sustentável da edificação (PINTO et al., 2015).



Figura 3 – Arquitetura verde composta por fachada com plantas em torno das janelas de vidro

Fonte: (ECO DESENVOLVIMENTO, 2019)

A colisão de aves com vidraças pode ser amenizada utilizando tecnologias inovadoras na produção de vidros que podem contribuir como alternativas melhores do que o uso dos vidros comuns. Dessa forma, podem ser adicionados aos projetos agregando novidades concomitantemente à sustentabilidade dessas edificações que já possuem algum aspecto relacionado a natureza (como os telhados e as fachadas verdes). Como estratégia de conservação da avifauna, a ABC testa essas inovações tecnológicas de fabricação de vidros e de componentes para a proteção da avifauna contra esses choques mecânicos nas vidraças. Além disso, a organização se empenha em exigir a elaboração de leis e regulamentos nas esferas locais, estaduais e federais nos Estados Unidos para proteger a avifauna e outros animais silvestres norte americanos (AMERICAN BIRD CONSERVANCY, 2019).

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Com ampla revisão bibliográfica, discorrer sobre o Estado da arte do conhecimento, da problemática da colisão das aves, mostrando possíveis alternativas de mitigação para os prejuízos gerados a biodiversidade das aves que colidem, em pleno voo, com as vidraças das construções antrópicas, explanando sobre as soluções para esse relevante impacto ecológico ocasionado de forma não-intencional.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Comparar as espécies mais atingidas pelo problema.
- Analisar a arquitetura das construções antrópicas nos ecossistemas.
- Identificar formas de mitigação e alternativas para solucionar as colisões aéreas entre avifauna e vidraças.
- Alertar para os benefícios que podem ser gerados à biodiversidade implementando essas medidas alternativas.

3 ESTADO DA ARTE DO CONHECIMENTO

3.1 MORFOFISIOLOGIA E COMPORTAMENTO DE VOO DAS AVES

3.1.1 Anatomia Ocular e Espectro da Visão das Aves

Durante o voo, as aves se movimentam nas três dimensões do espaço e por isso necessitam de um fluxo contínuo de informações sensoriais para identificar obstáculos no caminho. A visão fornece o sentido mais adaptado para esse tipo de atividade de percepção aérea. No encéfalo, os lobos ópticos são grandes e o tectum auxilia nas funções visuais e auditivas. Na maioria das aves, os lobos olfatórios são pequenos e o olfato não representam relativamente tanta importância. O tamanho do cerebelo é grande e ele coordena os movimentos do corpo (POUGH et al., 2003).

Nos olhos das aves, as retinas possuem uma membrana celular constituída por cones e bastonetes. Contudo, essas retinas têm composição diferente da retina encontrada nos olhos dos humanos. A maioria dos cones celulares da retina das aves possui gotículas de óleo que funcionam como filtros espectrais. Essas gotas esféricas e refratárias incorporam os pigmentos carotenóides e induzem à sensibilidade visual. As retinas das aves também são sensíveis à luz UV, diferentemente dos humanos, pois elas contêm fotorreceptores com membranas especializadas. (CUTHILL et al., 2000).

De acordo com (POUGH et al., 2003), as gotículas coloridas de óleo também são encontradas nos olhos das tartarugas, monotremos, marsupiais e possivelmente se tratam de um caracter amniota primitivo. A tonalidade desses óleos pode variar desde o avermelhado, laranja, amarelo e até o verde, filtrando os comprimentos de onda melhorando a acuidade visual. Conforme Pough et al. (2003) no livro "A Vida dos Vertebrados", as aves como as gaivotas, trinta-réis, atobás e martins-pescadores precisam enxergar através da superfície da água. Elas apresentam a preponderância de gotículas vermelhas. Já os predadores aéreos insetívoros como andorinhões e andorinhas possuem predominantemente gotículas amarelas.

A visão escotópica (produzida em baixas condições de luminosidade) presente no grupo é atribuída aos bastonetes celulares. Esse tipo de visão faz com que as aves enxerguem de certa forma durante a noite ou em ambientes escuros. Elas possuem também quatro tipos de cones simples e duplos permitem que elas vejam as cores, incluindo a faixa das ondas ultravioleta (UV). As aves parecem herdar o sistema tetrápode ancestral sendo formado de um único tipo de bastão (que preserva a visão escotópica), quatro tipos espectrais de cones (usados na visão fotópica) e cones duplos.

A visão fotópica permite a sensibilização dos olhos para identificarem as cores. É utilizada em condições de intensidade luminosa e ambiente diurno (CUTHILL et al., 2000).

A susceptibilidade na colisão das espécies é atrelada às diferenças de visão, pois o campo visual e a acuidade são bastante variáveis de acordo com cada espécie investigada. Diversas aves apresentam um local de invisibilidade frontal devido a posição lateralizada dos olhos de várias espécies. As aves de rapina, por sua vez, possuem boa visão binocular, mas a visão periférica é relativamente ruim. As taxas de colisão também variam de acordo com o movimento sazonal das aves, variações de comportamento típicos de cada espécie e as condições meteorológicas locais (ICMBIO, 2016).

Alguns sentidos das aves utilizados no voo excedem a sensibilidade dos mamíferos. Como exemplo, as aves podem perceber a luz polarizada vinda do céu em certas regiões da retina, mas em outras não há captura (POUGH et al., 2003). De acordo com Yokoyama et al. (2000), a visão das aves é tetracromática enquanto a dos humanos é tricromática. Elas enxergam a faixa ultravioleta do espectro das ondas eletromagnéticas e conseguem perceber imagens inacessíveis aos humanos, por exemplo, às indicações para o néctar que atraem os insetos polinizadores. As pétalas das flores polinizadas por aves refletem luz UV substancialmente fazendo com que as flores pareçam alvos atraentes para esses animais. Adicionalmente, as penas também refletem os raios UV, melhorando a visibilidade de seus padrões de coloração corporal.

Na anatomia ocular das aves existe uma classe de receptores fotossensíveis ao comprimento de onda ultravioleta. Da mesma forma que os peixes e répteis, as aves possuem cones duplos em grande número (CUTHILL et al., 2000). A visão ultravioleta está intimamente relacionada a evolução dos organismos e pode influenciar nas preferências dos indivíduos sobre a seleção sexual, sinalização e estratégias de forrageamento (YOKOYAMA et al., 2000). Outras funções plausíveis para os benefícios da visão ultravioleta é a manutenção do ritmo circadiano e a orientação pelo campo magnético da Terra durante as migrações (BENNETT; CUTHILL, 1994).

Em contrapartida, comprimentos de onda curtos encontram pequenas partículas no ar (poeira, moléculas) fazendo com que a dispersão da luz UV seja maior do que a dos comprimentos de onda mais longos. Esse fenômeno é conhecido como Espalhamento da Luz e nada mais é que uma interferência do meio nos raios luminosos. É dessa forma que o céu parece azul para os humanos. Como efeito negativo deste fenômeno, objetos distantes tendem a aparecer indistintos por causa do espalhamento da luz UV. Além disso, os raios UV e outros comprimentos de onda curtos podem sofrer

distorções ao se dispersarem na mídia ocular (córnea, humor vítreo, humor aquoso e cristalino) que tiverem imperfeições. Dessa forma, a resolução espacial e o contraste que esses animais podem ver são reduzidos, dependendo das condições luminosas do ambiente no qual estiverem inseridos. Entretanto, quando a mídia óptica é intacta e os objetos a serem observados estão mais próximos, esses efeitos são leves (BENNETT; CUTHILL, 1994).

Outra estrutura conspícua dos olhos de aves é o pécten, formado exclusivamente de capilares sanguíneos envoltos por tecido pigmentado e membrana. O intenso suprimento sanguíneo do pécten provavelmente serve para a nutrição das células da retina e remoção dos resíduos metabólicos que se acumulam no humor vítreo. O pécten não possui músculos e origina-se da retina. O tamanho é variado entre as espécies de aves e sua função é incerta. As sugestões para a utilidade do pécten incluem a redução da claridade nos olhos ou servir como um espelho para refletir objetos que possam estar acima das aves (POUGH et al., 2003).

3.1.2 Pequenos viajantes: As habilidades aéreas das aves

A capacidade do voo está direta ou indiretamente atribuída às características anatômicas das aves. Existem diferenças de voo por idade e propósito: caça, voo nupcial ou sinalização e defesa territorial. A altitude de voo pode variar entre espécies e geralmente as migrações ocorrem abaixo de 600 metros. Porém, dependendo dos fatores meteorológicos e da espécie, as aves conseguem ultrapassar essa altitude. Registros de radar demonstram que passeriformes podem migrar durante o dia abaixo de 1.500m e de noite conseguem subir para 4.000 metros. Algumas espécies já foram registradas com voos acima de 6.500 metros (ICMBIO, 2016).

Pequenas diferenças na pressão do ar são captadas por algumas aves sensíveis. Essa sensibilidade durante o voo pode ser bastante útil na percepção dos padrões climáticos que são importantes fatores para a migração. Considerando as razões mecânicas e aerodinâmicas das aves, animais grandes possuem menor frequência no bater das asas quando comparados aos animais pequenos. Através de cálculos, é possível mensurar a potência com que os músculos devem trabalhar para alçar voo. Dessa forma, aves grandes necessitam de longas corridas para decolar enquanto que aves pequenas são capazes de voar com menores distâncias para decolagem (POUGH et al., 2003).

De acordo com a National Geographic (2013a), o beija-flor-garganta-vermelha tem capacidade de bater as asas 53 vezes por segundo e voar fazendo acrobacias. Os indivíduos dessa espécie (*Archilochus colubris*) podem pairar frequentemente,

voar de cabeça para baixo e voar para trás. Por terem pernas muito curtas, não costumam andar ou pular com eficiência. Em compensação, suas habilidades de voo são impressionantes.

Durante a migração, esse pequeno beija-flor-garganta-vermelha cruza da América do Norte à região do Golfo do México. Para chegarem ao destino, essas aves embarcam em uma enorme maratona podendo dobrar seu peso na fase de preparação para a cansativa jornada, declara a National Geographic (2013a). Outras pequenas espécies passam ainda pelas ilhas do Caribe e se espalham pelo continente americano (AMERICAN BIRD CONSERVANCY, 2019).

Os músculos de vôo correspondem de 25 a 35 por cento da massa corpórea total nas aves voadoras especialistas como beija-flores e andorinhões. Em contrapartida, as pequenas pernas compreendem 2 por cento da massa corporal. Já nas aves caçadoras como gaviões e corujas, as pernas podem compor até 20 por cento da massa corpórea, pois utilizam as pernas para agarrar as presas. As asas das aves funcionam como propulsoras de movimento (rêmiges primárias) e como aerofólio para ascensão (rêmiges secundárias). As aves também possuem a habilidade de modificar a posição das asas em relação ao corpo, o formato e a área de suas asas. Esse mecanismo influencia na velocidade e na força de ascensão, permitindo a ave mudar a trajetória do voo, aterrissar ou decolar (POUGH et al., 2003).

A National Geographic (2013b) relata que o *Calidris canutus*, ou Maçarico-de-papo-vermelho como é popularmente conhecido (figura 4), realiza uma das migrações mais surpreendentes do planeta Terra.



Figura 4 – Indivíduo da espécie *Calidris canutus* ou Maçarico-de-papo-vermelho é uma das aves migratórias

Fonte: (IUCN RED LIST, 2017b)

A figura 5 mostra o mapa de distribuição dessa espécie nos continentes. Após

o inverno nas regiões sul da Argentina e Chile (Patagônia), eles voam cerca de 15.000 quilômetros ao norte, chegando ao Ártico canadense para acasalarem e se reproduzirem no verão. Na estação de outono, eles retornam para o sul da Argentina e Chile voando sem descanso por trechos de até 2.400 quilômetros (NATIONAL GEOGRAPHIC, 2013).

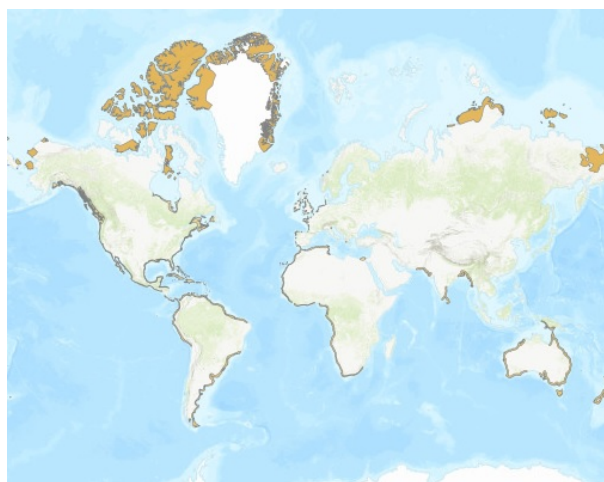


Figura 5 – Mapa contendo a distribuição biogeográfica da espécie migratória *Calidris canutus*

Fonte: (IUCN RED LIST, 2017c)

Para conseguirem cumprir essa grandiosa viagem de migração, esses Maçaricos-de-papo-vermelho precisam se alimentar e acumular gordura corporal. A fonte dessa gordura está na alimentação baseada em ovos de caranguejo-ferradura, encontrados na Baía Delaware durante a migração. Contudo, a população de caranguejo-ferradura tem diminuído e esse suprimento essencial para o retorno das aves à Patagônia tem se tornado escasso gerando problemas também para a população desses Maçaricos (NATIONAL GEOGRAPHIC, 2013). Adicionalmente, a IUCN Red List (2017a) menciona que os Maçaricos-do-papo-vermelho também comem insetos, aracnídeos, pequenos crustáceos, caracóis e vermes. Alimentam-se especialmente ambientes costeiros.

As aves da espécie *Charadrius melodus* (figura 6) estão ameaçadas de extinção. Conhecidas popularmente no Brasil como batuíra-melodiosa, são aves migratórias que vivem em praias e fazem ninho ao longo da costa atlântica (AMERICAN BIRD CONSERVANCY, 2019). A IUCN Red List (2018) demonstra áreas de possível extinção dessa espécie em regiões do Canadá e norte dos Estados Unidos.



Figura 6 – Indivíduo da espécie *Charadrius melodus* é mais um exemplo de ave migratória

Fonte: (IUCN RED LIST, 2018)

Aves como cisnes e gansos migram durante o dia, aproveitando as correntes térmicas e reduzindo o esforço físico. Porém, incalculáveis grupos de pequenas aves preferem a migração noturna e guiada pelo eixo estelar. Pequenas aves como as da espécie *Setophaga striata*, popularmente conhecidos como Mariquita-de-perna-clara, possuem a rota elíptica, ou seja, viajam por trajetórias diferentes durante a primavera e o outono completando milhares de quilômetros sobre o mar aberto até chegarem à Amazônia. Os indivíduos de *Setophaga striata* migram principalmente de noite, o que aumenta o risco de colidirem com torres e edificações iluminadas (AMERICAN BIRD CONSERVANCY, 2019).

Duas vezes ao ano as aves migratórias cumprem verdadeiras jornadas épicas. As aves migratória possuem maior dificuldade de diferenciar as vidraças dos locais por onde passam por não estarem familiarizadas com esses ambientes (CITY WILD LIFE, 2019). O Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio), por meio de seu Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Aves Silvestres (Cemave), realiza o Relatório Anual de Rotas e Áreas de Concentração de Aves Migratórias. Esse relatório visa delimitar as áreas consideradas importantes para concentração, rota, pouso, descanso, alimentação e reprodução de aves migratórias no Brasil. Possui nesse contexto, mapas por estado, recomendação de estudos, ações e medidas mitigatórias. O Brasil é o segundo país mais rico em diversidade de aves. Os levantamentos e pesquisas revelam que pelo menos 198 espécies apresentam comportamento migratório (ICMBIO, 2016).

O livro publicado pela Conservação Internacional (2011) mostra que nem todas as espécies registradas no Brasil se reproduzem no país. Elas podem se reproduzir em outros locais do planeta e utilizar os ecossistemas brasileiros apenas durante o período não reprodutivo. As aves neárticas são o grupo mais conhecido que possuem esse

padrão de comportamento: falcões-peregrinos, maçaricos, batuíras e alguns sabiás percorrem longas jornadas migratórias. O movimento dessas e de outras aves não se limita às fronteiras geográficas ou barreiras políticas e por isso a conservação efetiva das espécies necessita de um esforço colaborativo entre vários países.

3.1.3 Tipos de Fraturas e Osteossíntese em Aves

Na medicina veterinária, a clínica aviária traz desafios em relação a cirurgia das aves. Os procedimentos cirúrgicos podem ser de origem congênita ou traumática, causada por colisão, impacto, distensão ou esmagamento. As aves podem sofrer fraturas nos diversos ossos do esqueleto, dependendo da injúria a qual foram expostas. Em geral, as aves domésticas fraturam os ossos dos membros pélvicos. As fraturas de asas e crânio são mais recorrentes nas aves de vida livre provocadas por colisões durante o voo (BOLSON; SCHOSSLER, 2008).



Figura 7 – Marca no vidro da colisão de uma ave pela deposição de partículas das penas

Fonte: (SABER ATUALIZADO, 2018)

As aves possuem osso ocos e cheios de ar chamados de pneumáticos. (POUGH et al., 2003). As fraturas mais comuns ocorrem nos ossos longos como o úmero das asas e o tibiotarso nos membros da pélvis. Nas aves domésticas, as fraturas dos ossos pélvicos ocorrem por esmagamento, quedas ou unhas que se enroscam em objetos. As aves de vida livre têm seus ossos fraturados, na maioria dos casos, por causa das colisões com obstáculos de origem antrópica: fios de luz, telefonia, cerca, telas, linhas de transmissão, grades e vidros (figura 7). Essas são barreiras físicas que impedem o voo livre e colocam em risco a saúde e a vida desses animais (BOLSON; SCHOSSLER, 2008).

A natureza vascular do osso permite que ele se remodele em caso de fraturas. Em geral, o osso fraturado ou antigo é degradado por osteoclastos, as células sanguíneas especializadas nessa função. Os osteoblastos são as células que reno-

vam o tecido ósseo e reparam as lesões do osso adaptando-o ao estresse mecânico ocasionado ao animal (POUGH et al., 2003).

O pequeno tamanho das estruturas corporais de algumas espécies e as variações morfofisiológicas entre os grupos de aves dificultam a realização de manobras para ressuscitar animais abatidos. Existe a dificuldade de acessar órgãos vitais internos em pequenas aves, o que desencoraja às vezes alguns procedimentos considerados mais simples para outros animais (BOLSON; SCHOSSLER, 2008).



Figura 8 – Aves abatidas por colisão em fachada de vidro

Fonte: (CONEXÃO PLANETA, 2016)

A hemorragia intracraniana é a causa mais comum dos óbitos de aves que colidem contra vidraças (figura 8). Além dessas fraturas no crânio, frequentemente ocorrem injúrias e lesões nos bicos e olhos desses animais. As fraturas no esqueleto são menos frequentes nos casos de colisão de aves contra vidros (BOLSON; SCHOSSLER, 2008).

3.2 AS CARACTERÍSTICAS QUE PERMEIAM AS COLISÕES

3.2.1 Espécies Mais Acometidas pelas Colisões

Apesar da maior ameaça para as aves brasileiras ser a perda e fragmentação de habitats, pesquisas indicam as colisões com vidraças como um importante efeito deletério em certas populações de aves. Conforme (MARINI; GARCIA, 2005), das 124 espécies de relacionadas na lista vermelha da IUCN, o equivalente a 111 possui a fragmentação como principal justificativa da perda de diversidade.

De acordo com Stolk et al. (2015), as coletas da pesquisa no município Balneário Rincão (SC) resultaram nos dados da tabela abaixo, sendo que no mês de

julho, foram encontradas 34 carcaças e nos outros meses a distribuição de indivíduos encontrados foi mais parcimoniosa:

Para verificar a ocorrência de choque mecânico de aves nas vidraças das edificações, pesquisadoras de Santa Catarina promoveram estudos no município de Balneário Rincão (tabela 1). O objetivo do trabalho era avaliar as ocorrências das colisões. Amostras foram coletadas e registros fotográficos realizados. Das 110 carcaças recolhidas, as aves foram distribuídas em 10 famílias e 21 indivíduos não identificados pelo estado de decomposição do material. Nessa pesquisa, selecionaram 82 residências guarnecidas de vidraças nos muros. Através das coletas *in loco* e quinzenais no período matutino das 6h às 9h30, as pesquisadoras fotografaram e catalogaram as aves vítimas dessas colisões (STOLK et al., 2015).

Tabela 1 – Espécies que mais colidiram durante o estudo realizado em Balneário Rincão

Nome da Espécie	Nome Popular	Quantidade
<i>Columbina passerina</i>	Rolinha-cinzenta	4
<i>Eupetomena macroura</i>	Beija-flor-tesoura	2
<i>Elaenia spectabilis</i>	Guaracava-grande	2
<i>Tyrannus melancholicus</i>	Suiriri	2
<i>Pygochelidon cyanoleuca</i>	Andorinha-pequena-de-casa	1
<i>Troglodytes musculus</i>	Corruíra	1
<i>Turdus amaurochalinus</i>	Sabiá-poca	2
<i>Geothlypis aequinoctialis</i>	Piá-cobra	1
<i>Sicalis flaveola</i>	Canarinho	22
<i>Tangara sayaca</i>	Sanhaçu-cinzento	3
<i>Estrilda astrild</i>	Bico-de-lacre	27
<i>Passer domesticus</i>	Pardal	22
Indivíduos não identificados	-	21

Nesse estudo, os pesquisadores observaram as aves colididas e perceberam que as o gênero, a idade e na sazonalidade foram fatores indiferentes para os resultados estatísticos obtidos. Embora julho tenha sido registrado um aumento considerável no número de colisões, eles acreditam que tenha sido por causa do maior número de veranistas frequentando o local e possivelmente retirando as carcaças abatidas nos jardins das residências. Além disso, elas acreditam que a amostragem de 24 Bicos-de-lacre colididos nas vidraças seja referente ao fato de que essa espécie costuma voar em bandos (STOLK et al., 2015).

Segundo Erickson et al. (2005), os parâmetros associados à taxa de detecção de carcaças e as habilidades de monitoramento podem levar a estimativas tendenciosas.

As buscas pelos animais abatidos podem ser prejudicadas por fatores como a cobertura vegetativa do local, o tamanho dos animais, a coloração da plumagem e até mesmo a movimentação das carcaças por potenciais predadores.

As taxas de desaparecimento ou remoção de carcaças aviárias são significativas. Testes com pintos colocados em pastagem mista resultou na remoção de 80 por cento dos indivíduos em 24 horas. Um teste feito com carcaças de pato indicou a duração em média 1,5 dias em habitats abertos e as carcaças escondidas na vegetação ou na água duravam entre 3 e 7 dias. Esse é um aspecto que dificulta a determinação da extensão de mortalidade nas amostragens (ERICKSON et al., 2005).

Outra pesquisa interessante foi realizada observando a construção do prédio para a Procuradoria Geral da República. Ela iniciou em 1995 e foi finalizada em 2002. O arquiteto Oscar Neymeyer projetou a edificação como sendo duas torres em formato cilíndricos de dimensões idênticas, diversificando apenas a forma de sustentação. As vidraças são cobertas por película refletora, proporcionando a reflexão como espelhos convexos cilíndricos. O tom azulado da fachada dessas torres é proporcionado pela película refletora resultando na reflexão dos raios de luz azul refratados na atmosfera (RIBEIRO, 2019).

De acordo com Moreira (2015), Universidade de Brasília foi convidada pela PGR a desenvolver a pesquisa sobre a mortalidade de aves em torno da edificação da sede institucional. O estudo confirmou que as aves não conseguiam enxergar as mais de quatro mil vidraças espelhadas presentes na fachada das torres. Foram ocasionadas cerca de 113 mortes (em média, uma a cada três dias) no intervalo de dois anos de monitoramento dessa área do entorno (tabela 2). Foram registradas várias espécies de aves, entre eles, pombos, beija-flores, andorinhas, papagaios, gralhas, bem-te-vis e tesourinhas.

A intenção do projeto dos prédios da sede para a PGR era causar benefício estético com o espelhamento das vidraças. Entretanto, a reflexão da luz nas vidraças dos edifícios é responsável pelo aumento na mortalidade de aves através das colisões. As estimativas indicadas através de pesquisas realizadas pela Universidade de Brasília registram ao menos a colisão de 464 aves sendo causadas em média 114 mortes anuais (RIBEIRO, 2019).

Além do espelhamento das fachadas de vidro que prejudicam a visão das aves, a velocidade de voo também interfere na capacidade da ave de perceber e desviar do obstáculo. O tempo de reação é mais curto nas aves de rapina de voo mais veloz como os falcões e isso as torna mais suscetíveis à colisão e eletrocussão do que os

demais rapinantes. No caso das aves que se precipitam sobre a presa no momento de caça, comportamento frequente em *Accipiter* e *Falco*, as colisões tendem ser maiores, pois a ave caçadora pode ficar menos atenta aos obstáculos ICMBio (2016).

Tabela 2 – Aves identificadas que colidem nas vidraças dos prédios da PGR em Brasília

Nome da espécie	Nome Popular
<i>Rupornis magnirostris</i>	gavião-carijó
<i>Columba livia</i>	pombo doméstico
<i>Columbina squammata</i>	fogo-apagou
<i>Columbina talpacoti</i>	Rolinha-roxa
<i>Patagioenas picazuro</i>	asa-branca
<i>Cyanocorax cristatellus</i>	gralha-do-campo
<i>Furnarius rufus</i>	joão-de-barro
<i>Pygochelidon cyanoleuca</i>	andorinha-pequena-de-casa
<i>Gnorimopsar chopi</i>	pássaro-preto
<i>Mimus saturninus</i>	sabiá-do-campo
<i>Alipiopsitta xanthops</i>	papagaio-galego
<i>Paroaria coronata</i>	cardeal
<i>Amazilia fimbriata</i>	beija-flor-de-garganta-verde
<i>Eupetomena macroura</i>	beija-flor-tesoura
<i>Troglodytes aedon</i>	corruíra
<i>Turdus leucomelas</i>	sabiá-branco
<i>Turdus rufiventris</i>	sabiá-laranjeira
<i>Pitangus sulphuratus</i>	bem-te-vi
<i>Tyrannus savanna</i>	tesourinha
<i>Tyrannus melancholicus</i>	suiriri

Segundo o relatório Consultoria Legislativa (2018), das 454 espécies de aves encontradas no Distrito Federal, 85 possuem registros de colisão fatal com vidraças em diversas localidades do Brasil, e 20 espécies comprovadamente colidem com o prédio da PGR. Essa é uma subestimativa tendo em vista as colisões de aves que não resultaram em mortes puderam ser identificadas até o nível taxonômico das famílias.

De acordo com o estudo técnico realizado para a Consultoria Legislativa (2018), aves residentes, embora familiarizadas com o local, também são passíveis de colisões com vidraças. Para realizar esse monitoramento, os pesquisadores registraram a data e a hora, identificaram as espécies de aves, descreveram o efeito da colisão, anotaram o bloco, a fachada e a altura da colisão. As colisões foram classificadas da seguinte

forma: (1) morte, (2) queda ao solo seguida de voo, (3) sem queda ao solo seguida de voo (CONSULTORIA LEGISLATIVA, 2018).

As aves florestais observadas em outro monitoramento realizado no Museu do Caraça em Minas Gerais frequentemente colidiam com as fachadas de vidro das ruínas do Museu do Colégio, localizado no interior do santuário em meio a densa vegetação. As aves não conseguiam reconhecer os obstáculos de vidro por causa dos reflexos da vegetação do interior da Reserva Particular do Patrimônio Natural Santuário do Caraça (CONSULTORIA LEGISLATIVA, 2018).

3.2.2 Origem das vidraças e o Modernismo no Brasil

A utilização vidraças progressivamente se entrelaça com a da arquitetura no continente europeu e se espalha para outros lugares ao longo do século XX, juntamente com os materiais considerados inovadores para a época: concreto, metal e vidro. Em meados de 1945, ao final da Segunda Guerra Mundial, os engenheiros e arquitetos das construções permaneciam aprimorando as tecnologias envolvidas na produção e utilização de edificações envelopadas. (BUTERA, 2005)

A Casa de Vidro é um dos ícones da arquitetura moderna no Brasil. A construção foi iniciada em 1950 e pode ser visitada em São Paulo. O projeto foi idealizado pela arquiteta Lina Bo Bardi, onde ela viveu com seu marido Pietro Maria Bardi por muitos anos. Hoje a Casa de Vidro abriga o Instituto Bardi na região do Morumbi, SP. O Instituto Bardi (2019) enfatiza que a residência é denominada Casa de Vidro por ter a fachada repleta de vidraças erguida sobre pilares em meio a vegetação (figura 9).

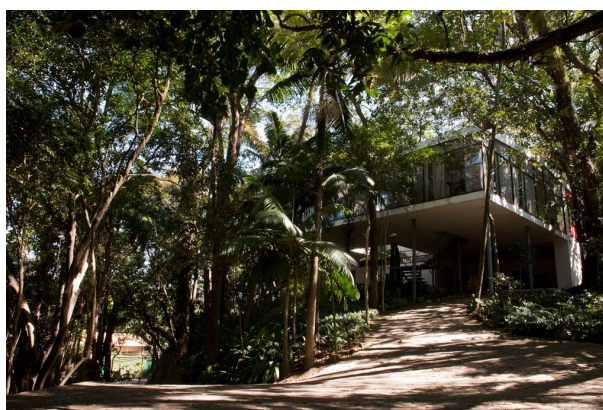


Figura 9 – Casa de Vidro projetada pela arquiteta Lina Bo Bardi é exemplo de arquitetura moderna no Brasil

Fonte: (INSTITUTO BARDI, 2019)

A arquiteta ítalo-brasileira Lina Bo Bardi se inspirava nos ideais modernistas

para realizar seus projetos. Utilizava valores funcionais para os moradores, prevalecendo sobre a estética das edificações. Para ela, a arquitetura deveria ser simples, funcional e integrada à natureza (CABRAL et al., 2016).

O Museu de Arte de São Paulo (MASP) é o primeiro museu moderno do país e foi fundado em 1947 a pedido do empresário e mecenas Assis Chateaubriand. Ele convidou o jornalista e crítico de artes italiano Pietro Maria Bardi para dirigir o MASP. Lina foi convidada a desenvolver o projeto arquitetônico do museu. A edificação encontra-se na Avenida Paulista desde 1968. De acordo com o site institucional MASP (2019), esse projeto é um marco da arquitetura do século 20 e foi construído baseado na conciliação entre as superfícies aspéras do concreto combinado à leveza e transparência dos vidros, conforme descrito no site do museu (figura 10).



Figura 10 – MASP - Museu de Artes de São Paulo

Fonte: (MASP, 2019)

A Associação Brasileira de Distribuidores e Processadores de Vidros Planos ABRAVIDRO (2019) relata que o vidro está presente em todo o envoltório da edificação do museu. Além disso, mostra que no interior do museu, o vidro compõe os cavaletes que suspendem as obras de arte para a exposição e por que, causa da transparência do material, as telas parecem flutuar no recinto do acervo.

Le Corbusier, o arquiteto suíço e naturalizado francês, foi um dos aficionados pelo método chamado de envelopamento através das vidraças nas edificações do século 20. Em seus projetos, utilizava a plasticidade dos vidros por meio da cobertura quase plena das fachadas. (BUTERA, 2005)

No Rio de Janeiro, a construção do Ministério da Educação e Saúde (MES), atual Palácio Gustavo Capanema, é um dos projetos expoentes da arquitetura moderna

(figura 11). Nesse projeto, participaram arquitetos e urbanistas como Lucio Costa e Oscar Niemeyer, entre outros, inspirados nos ideais arquitetônicos de Le Corbusier, conforme esclarece a Enciclopédia ITAU Cultural (2019).



Figura 11 – Fachada de vidro do Ministério da Educação e Saúde Pública do Rio de Janeiro

Fonte: (VITRUVIUS, 2019)

Os elementos característicos do modelo arquitetônico de Le Corbusier, além do envelopamento envidraçado das edificações, eram o pilotis, a planta livre, o jardim no terraço (*toit jardin*), janelas horizontais e o quebra-sol (*brise-soleil*). Esse último componente foi colocado em frente as janelas, na fachada do MES, como aparato de controle da luminosidade interna (ENCICLOPÉDIA ITAU CULTURAL, 2019).

Lucio Costa fomentou a arquitetura modernista com ideias adaptadas ao meio ambiente do ponto de vista da física, considerando o conforto térmico e luminoso dos ambientes. Ele projetava sob o viés particular da adaptabilidade da arquitetura moderna com relação ao meio (CORREIA, 2009).

A arquitetura precisa ser pensada de forma estratégica e sustentável para conservar a natureza, mas também para evitar acidentes e prejuízos à sociedade. Um exemplo diferente sobre essa problemática envolvendo painéis de vidro e luminosidade

solar ocorreu na Inglaterra. O arranha-céu conhecido como *Walkie Talkie* foi projetado com revestimento externo contendo placas de vidro refletivo (figura 13). Além disso, o desenho arquitetônico da estrutura conta com uma lateral côncava voltada para a rua onde carros geralmente estacionam. O episódio sobre a deformação de um carro de luxo por causa desse arranha-céu foi anunciado na mídia inglesa (BBC NEWS LONDON, 2013).

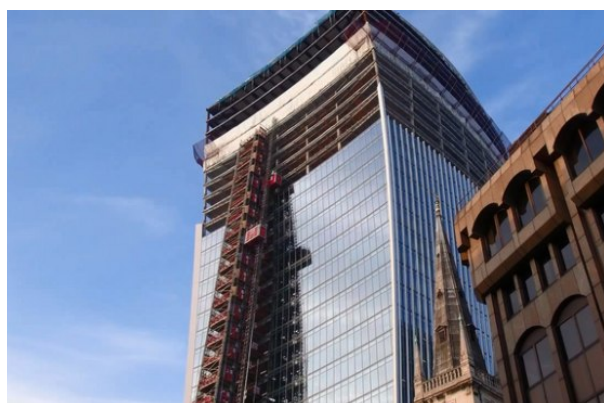


Figura 12 – Arranha-céu em Londres foi projetado com a face côncava e painéis de vidro.

Fonte: (BBC SCIENCE NEWS, 2013)

O departamento de Física Atômica e Molecular da *University of Durham* confirmou que a forma do edifício é uma falha inerente ao projeto. A lateral côncava tem o efeito de convergir os raios luminosos e gerar uma região superaquecida onde se encontra o foco desses raios refletidos. Nesse caso, o foco se encontra próximo à calçada. As usinas de energia solar também utilizam o mesmo conceito desse formato côncavo e com espelhos para focalizar a luz do sol sobre um motor contendo hidrogênio. Esse gás se expande por causa do calor gerado no foco e assim faz movimentar o motor que gera a eletricidade (BBC SCIENCE NEWS, 2013).

3.3 MEDIDAS MITIGADORAS PARA A ARQUITETURA CONTEMPORÂNEA

3.3.1 Mecanismos de Prevenção Contra as Colisões

Segundo a *Audubon Society*, entidade não-governamental com sede em Nova Iorque, aconteceram aproximadamente 1.604 mortes e 748 acidentes envolvendo a colisão de avifauna com vidraças entre os anos 1997 e 2001. As edificações monitoradas foram o *Metropolitan Museum of Art*, o Centro de Convenções Jacob K. Javits e o Hospital *Central Bellevue*. Em lugares da Europa e Estados Unidos, alguns sistemas já foram testados para atenuar o problema: retirada dos alimentadores de aves próximos das janelas, utilização de adesivos com imagens de predadores colados nas facha-

das envidraçadas, cortinas para reduzir o reflexo, listras verticais distribuídas sobre a superfície dos vidros, entre outras.

Os mecanismos para prevenir colisões de aves contra as janelas incluem: barreiras físicas que se sobreponham completamente às vidraças; padrões combinados por elementos que cobrem uniformemente a superfície dos vidros; revestimentos potencialmente uniformes feitos de material ultravioleta. O uso de elementos refletores e absorventes de UV nas películas para vidraças é uma solução promissora para as construções. (KLEM, 2008).

A Promotoria de Meio Ambiente e Patrimônio Cultural de Belo Horizonte instaurou inquérito civil para apurar a mortalidade de avifauna em uma edificação onde existem um dossel frondoso de árvores tombadas pelo Conselho Deliberativo do Patrimônio Cultural. O parecer técnico justificou que o reflexo das árvores na fachada espelhada produziam o efeito de continuidade do ambiente e favorecia as colisões na fachada de vidro. Foram afixados adesivos de silhuetas de falcões e gaviões, além de película ultravioleta nas vidracas dessa edificação cessando as colisões locais. De acordo com Moreira (2015) esses adesivos foram eficientes para evitar as colisões nas edificações observadas. Entretanto, para (KLEM, 2008) o uso dessas silhuetas adesivas em formato de predadores não são significantemente eficientes. É necessário uma grande quantidade de decalques para melhor prevenção e isso inviabiliza a transparência interna dos vidros.

Um dos argumentos propostos para a improvável eficiência dos adesivos em forma de silhuetas de aves predatórias para prevenir as colisões está no fato de que a visão motora das aves é responsável por perceber potenciais ataques. Assim, não é apenas a silhueta estática de predador que importa na percepção das aves. É preciso também combinar com a aparição surpresa e o rápido movimento desse possível predador. Ou seja, a ave interpreta o adesivo como obstáculo e não como um mecanismo de fuga pela vida (CONSULTORIA LEGISLATIVA, 2018).

O Conselho da Cidade de Nova York, no intuito de reduzir as colisões de aves com vidraças, aprovou uma iniciativa que exige padrões de construção sustentáveis para novos edifícios e para grandes reformas. De acordo com o gerente de defesa da Audubon, organização não-governamental protetora das aves e da natureza, a colisão das aves ocorre principalmente abaixo dos 23 metros de altura dos edifícios. Até 2019 aguardava-se que o prefeito sancionasse o projeto de lei (SMITHSONIAN MAGAZINE, 2019), porém a solicitação foi devolvida sem a assinatura dele em 10 de janeiro de 2020 (THE NEW YORK CITY COUNCIL, 2020).

A iniciativa proposta pelo Conselho da Cidade de Nova York requer que 90 por cento dos primeiros 23 metros de altura das novas edificações envidraçadas e exteriores de grandes reformas em fachadas de vidro sejam feitos com materiais que os pássaros possam identificar como obstáculo na rota de voo (THE NEW YORK CITY COUNCIL, 2020).

O projeto de lei foi então arquivado junto ao Secretário de Estado contendo o texto da lei local que havia sido previamente aprovada pelo Conselho da Cidade de Nova York e também pelo Comitê de Habitação e Edifícios. As últimas informações contidas no site de acompanhamento das pesquisas legislativas são de que o prefeito não aprovou e nem reprovou dentro do prazo de trinta dias após receber o documento (THE NEW YORK CITY COUNCIL, 2020).

No Brasil, o Projeto de Lei 877/21 propõe que as construções civis projetadas com fachadas de vidro atentem para as medidas de proteção da avifauna local. As construções que utilizarem vidros transparentes, vidros refletivos ou espelhos nas áreas externas deverão adotar, materiais com tecnologia que evite a colisão de aves durante o voo. O projeto de lei trata também da possibilidade de proibir a instalação de amplas fachadas de vidro nas proximidades das unidades de conservação ambiental e no percurso aéreo para aves migratórias (PORTAL LEGISLATIVO, 2021).



Figura 13 – ORNILUX para a visão das aves e para a visão humana respectivamente

Fonte: (ORNILUX, 2011)

De acordo com Klem (2009), uma empresa alemã desenvolveu a tecnologia chamada ORNILUX que consiste na produção de vidros incorporados com filamentos refletivos de ultravioleta visíveis para as aves, mas indistinguíveis para os humanos (figura 13). Outra forma interessante de prevenir as colisões é a utilização de nanopartículas que geram comprimentos de ondas interferentes na superfície externa, mas mantem a visibilidade interna do ambiente. A *American Bird Conservancy* testou e aprovou com selo de qualidade este produto.

Segundo a empresa alemã, a ORNILUX é uma tecnologia que mantém a transparência estética do vidro para a visão humana, mas promove marcadores visuais em forma de teia como sinalização na visão das aves (ORNILUX, 2011).

A American Bird Conservancy (2019) dispõe de produtos em duas categorias: (1) aqueles com indicação de logotipo *Save Birds* que foram testados pela ABC e receberam pontuação favorável segundo a análise da organização não governamental. (2) Produtos utilizando outros protocolos e que reduziram significativamente as colisões de avifauna com vidraças. A ABC testa esses produtos preventivos colocando com cuidado as aves em um túnel onde estão as vidraças transparentes e as vidraças contendo o produto a ser testado. O número de aves que tenta escapar do túnel em direção ao vidro transparente fornece a pontuação para o produto testado quanto a eficiência de evitar colisões. As aves são liberadas após o voo de teste no túnel.

A colocação das janelas de 20 a 40 graus com relação ao eixo vertical reduz a força com que a ave pode se chocar e também influencia no ângulo de reflexão da luz (KLEM, 2008). Segundo a American Bird Conservancy (2019), quase 50 por cento da mortandade por colisões de avifauna ocorre em janelas residenciais sendo o local mais provável aquele que tem alimentadores de aves próximos aos vidros (figura 14).

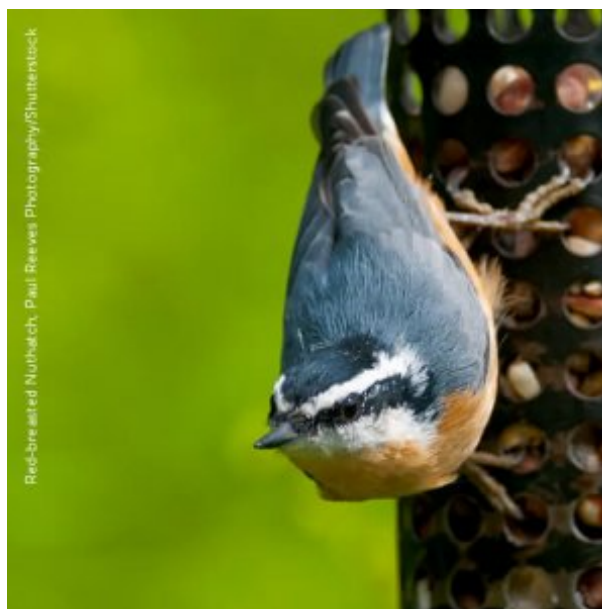


Figura 14 – Alimentadores de aves que são frequentemente pendurados em frente às janelas

Fonte: (AMERICAN BIRD CONSERVANCY, 2019)

Um estudo elaborado em Ilinoi e Nova Iorque entre 1974 e 1986 identificou um total de 100 aves mortas encontradas no entorno de casas com vidraças. O autor

estimou que 55 por cento das colisões nas janelas resultavam no óbito desses animais. O estudo se prolongou durante o inverno de 1989 e 1990 onde 5.500 residências foram monitoradas nos Estados Unidos utilizando o mesmo protocolo. A estimativa foi de que 0,85 aves morrem anualmente por colisões em vidraças residenciais durante o inverno. As mortes, na maioria dos casos, eram de passeriformes comumente encontrados em alimentadores ao longo dessa estação fria (ERICKSON et al., 2005).

Contudo, um estudo realizado sobre os alimentadores de aves e a relação deles com as colisões em vidraças observou que as lesões aviárias e as taxas de mortalidade poderiam ser reduzidas justamente por causa desses alimentadores. Os resultados mostraram aumento das mortes por colisão em janelas quando os alimentadores de pássaros eram colocados entre 2 e 10 metros de distância dos vidros, principalmente entre 5 e 10 metros. Já os alimentadores que eram colocados a 1 metro de distância dos vidros não resultou em óbitos, oferecendo maior proteção às aves (MUHLENBERG COLLEGE, 2004).



Figura 15 – Produto *Bird Tape* sendo colocado sobre a vidraça para evitar as colisões de avifauna

Fonte: (AMERICAN BIRD CONSERVANCY, 2019)

Adicionalmente, Klem (2008) relata que é importante perceber que as superfícies refletivas como vidros podem espelhar o habitat e o céu, dando a sensação de continuidade do espaço aéreo, quando não há luz vindo do interior das edificações. De acordo com as especificações da American Bird Conservancy (2019), bem como as pesquisas de Klem (2008), a maioria das aves evita vidros com listras verticais espaçadas a 10 cm ou listras horizontais espaçadas a 5 cm. As listras a serem colocadas nos

vidros devem ter aproximadamente 0,64 cm sendo que as listras brancas proporcionam melhor desempenho na prevenção dos impactos contra as vidraças (figura 15).

A aplicação de redes, cabos persianas e telas motorizadas externas podem ser realizadas em frente aos vidros. Em geral, as janelas que são mais refletivas, que estão mais próximas de áreas arborizadas e com grande atividade de avifauna no entorno provocam mais acidentes. Frequentemente as colisões aumentam no período da primavera e outono, quando há muitas aves jovens e durante a migração (AMERICAN BIRD CONSERVANCY, 2019).

A *GlasPro* é uma empresa que fabrica vidros com características que evitam a colisão de avifauna. Segundo a empresa GlasPro (2019), os produtos são ideais para edificações e zoológicos que desejam manter transparência e ao mesmo tempo prevenir as colisões de aves. Para essa finalidade, desenvolveram uma linha opções de vidros visando a segurança das aves que transitam no espaço aéreo e também a eficiência energética dos ambientes onde são instalados (figura 16). As opções envolvem tratamento do vidro com ácidos ou com aplicação de tecnologia ultravioleta inserida no material (GLASPRO, 2019).



Figura 16 – Imagem ilustrativa de vidro com tecnologia UV para zoológico sugerido pela empresa *Glaspro*

Fonte: (GLASPRO, 2019)

O tratamento com ultravioleta realizado pela Glaspro promove a visibilidade do vidro para as aves, mas mantém a transparência percebida pela visão humana. O índice de prevenção das colisões de aves estadunidenses é de 79 até 84 % (nos dias ensolarados), excedendo o valor mínimo permitido pela *American Bird Conservancy* que é de 70 %. A empresa Glaspro também é parceira da *Walker Avi Protek* que fabrica vidros com aplicação de ácidos produzindo padrões de linhas ou pontos, mas nesse caso são marcações visíveis aos olhos humanos (GLASPRO, 2019).

A American Bird Conservancy (2019) testa e recomenda ainda outras alternativas de produtos para prevenir a colisão de aves em vidraças. O produto *Feather Friendly Patterns* produz padrões externos de vinil que reduzem significativamente essas colisões acidentais. Não se trata de um filme, mas sim de um marcador para reduzir a reflexão na superfície e sinalizar o obstáculo para as aves em voo (3M, 2019).

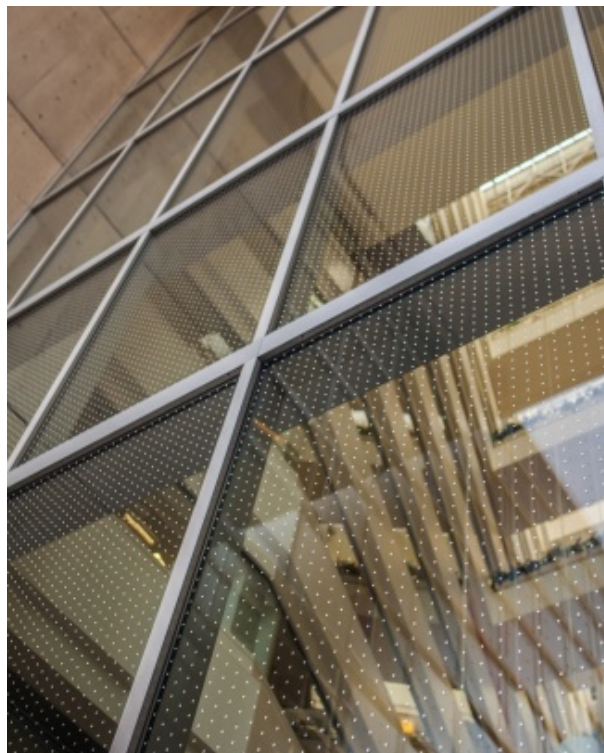


Figura 17 – *Feather Friendly Patterns* para marcadores de cerâmica para sinalização de vidros

Fonte: (3M, 2019)

O produto *Feather Friendly Patterns* (figura 16) é fabricado pela empresa 3M e combina a prevenção das colisões com a claridade proporcionada pelos vidros. São produzidos em cerâmica compondo linhas de pontos verticais capazes de fornecer até 94 por cento de visibilidade interna para as construções. (3M, 2019).

O vidro da *Walker Avi Protek* é feito de padrões gravados com ácido na superfície e utiliza um revestimento pirolítico que grava contrastes padronizados na superfície externa que são visíveis para os pássaros, mas praticamente imperceptíveis para os seres humanos (WALKER, 2019). Além dos produtos já mencionados, o *Collidescape* é uma opção de filme para aplicações em vidros que cria uma aparência sólida para observadores externos, mas permite a visibilidade de dentro. Esse filme reduz os custos energéticos de resfriamento do ambiente e diminui a intensidade do brilho externo enquanto protege as aves (COLLIDESCAPE, 2019).

3.3.2 Arquitetura Responsiva: A Automação das Construções

Atualmente, elementos arquitetônicos responsivos são aplicados às construções por projetistas sob os princípios da automação. Eles determinam a criação de edificações adaptáveis aos estímulos ambientais, por exemplo, mudanças climáticas. A arquitetura responsiva é um produto natural da integração entre a automação do projeto arquitetônico e a produção de espaços otimizados que respondam as alterações do meio de forma inteligentes e adaptável (PINTO et al., 2015).

A arquitetura responsiva tem a capacidade de alterar sua forma em resposta às alterações ambientais e para gerá-la substancialmente são necessários conhecimentos de robótica, inteligência artificial e engenharia civil. Além disso, arquitetos exploram a plasticidade dessa arquitetura baseada em adequar o espaço estrutural aos eventos da natureza, controlando seus processos (STERK, 2005).

O modelo básico para caracterizar a arquitetura responsiva possui três diferentes funções: as necessidades e desejos dos frequentadores locais, a construção de um envelope automatizado que abrigue a estrutura da edificação, a configuração dos espaços a serem contemplados de acordo com os parâmetros de conforto ambiental térmico ou luminoso (STERK, 2005).

O *SDU Campus Kolding* na Dinamarca e as *Torres Al Bahar* (figura 17) em Abu Dhabi, possuem películas duplas nas fachadas que correspondem aos estímulos climáticos. O projeto arquitetônico da Dinamarca é formado por mais de mil painéis triangulares perfurados basculantes e o projeto de Abu Dhabi tem inspiração nos Muxarabis árabes (PINTO et al., 2015).

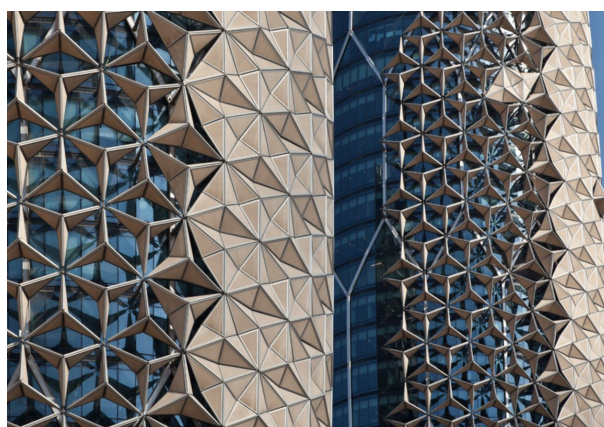


Figura 18 – Edifício *Al Bahar Towers* com inspiração na arquitetura responsiva, em Abu Dhabi

Fonte: (ARCHDAILY, 2019)

Essas construções possuem inovação no sistema de sombreamento dinâmico, autorregulado conforme o ângulo de incidência da luz solar. Dessa forma, fachadas responsivas possuem sensores em cada painel que, por sua vez, respondem aos estímulos e regulam as condições térmicas e luminosas no interior das torres. Na Áustria, o edifício *Bad Gleichenberg* foi construído de forma similar introduzindo fachadas dinâmicas e adaptáveis ao meio. Em Melbourne, na Austrália, o prédio da prefeitura *Council House 2* foi desenhado com painéis de madeira ao longo da sua fachada. Esses painéis automatizados permitem a adaptação do edifício ao longo das quatro estações do ano. (PINTO et al., 2015)

3.3.3 Arquitetura Sustentável: A Construção Ecologicamente Equilibrada

A Arquitetura Verde, também conhecida como Sustentável, prevê a construção baseada em princípios ecológicos. Dessa forma, objetiva minimizar os efeitos danosos ao planeta e nocivos à saúde dos seres vivos. A construção de um projeto consome energia, água e materiais. Os resíduos das construções geram efeitos negativos para o meio ambiente. (RAGHEB et al., 2016)

O vidro utilizado nas fachadas das edificações é considerado leve e transparente em termos estéticos. Porém, essas duas propriedades do material influenciam, em termos físicos, no conforto térmico e luminoso do ambiente. Em certas ocasiões, funcionam como uma estufa, podendo gerar gastos de energia para temperar o ar desses cômodos. (BUTERA, 2005)

A abordagem de construção verde ou sustentável visa proteger o ar, a água e o solo através das escolhas para criar estruturas arquitetônicas mais ecológicas. Portanto, existe a preocupação em gerenciar melhor os sistemas de ventilação para aquecer ou resfriar os ambientes; utilizar formas de aproveitar a iluminação natural e trazer maior eficiência energética ao projeto; optar por torneiras que economizam água; fazer uso de fontes alternativas de energia (por exemplo, painéis solares); utilizar materiais atóxicos; extrair madeira e rochas locais para a construção civil e otimizar o uso do espaço. (RAGHEB et al., 2016)

Os cobogós já eram utilizados nas edificações do período modernista. Porém, esses elementos têm sido gradativamente substituídos por sistemas de refrigeração dependentes do consumo energético. Para adequar o ar ambiente ao conforto corporal e evitar a elevação da temperatura pela radiação térmica solar, os equipamentos consomem altas doses de energia. Entretanto, as pesquisas e aplicações relacionadas à sustentabilidade são crescentes e objetivam possibilitar a redução do consumo energético, inclusive na adaptabilidade ambiental das construções. (PINTO et al., 2015)

Para a construção da arquitetura verde, os materiais ecológicos são compostos de recursos renováveis. Além disso, os materiais ambientalmente responsáveis geralmente economizam energia e podem melhorar a saúde dos seres humanos que frequentam esses locais. Como os componentes são naturais (argila, areia, palha, terra, madeira), os resíduos da construção degradam mais facilmente no meio ambiente gerando menos impacto ambiental. (RAGHEB et al., 2016)

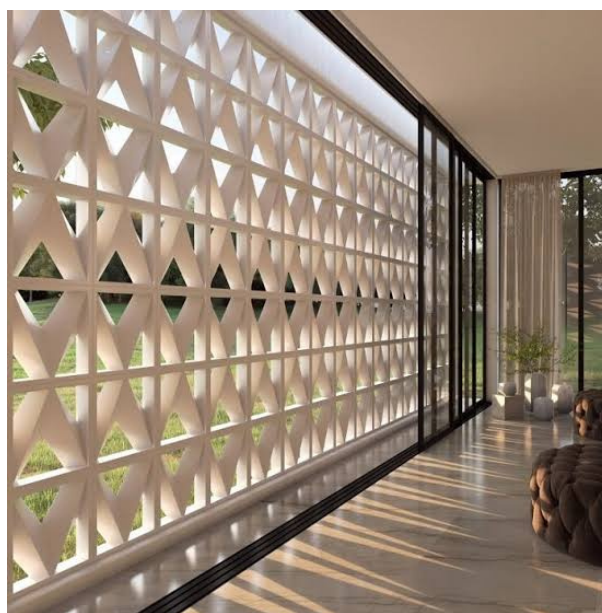


Figura 19 – Parede feita de Cobogó para otimizar a ventilação e iluminação naturais

Fonte: (EDITORA ABRIL, 2019)

Os anteparos de proteção de fachadas e otimização do conforto térmico e luminoso dos ambientes pode ser observado em portas e janelas chinesas, painéis muxarabis islâmicos, cobogós brasileiros e nos *brises-soleil* franceses amplamente utilizados por Le Corbusier e arquitetos modernistas. O Cobogó (figura 18) consiste de uma retícula vazada sobre uma placa prismática de concreto, permitindo a ventilação natural e filtrando a incidência da luz solar, característicos de locais de clima quente e úmido. (PINTO et al., 2015)

Abarcar a arquitetura verde é um dos pilares para os humanos criarem uma relação mais saudável e ecológica com o meio em que vivem. A arquitetura contemporânea se move em direção à esse objetivo. É preciso, no entanto, pesquisar mecanismos fidedignos para que os processos de construção realizem de forma eficiente e ecológica o uso dos recursos. Edificações sustentáveis referem-se aos mecanismos ambientalmente responsáveis desde o projeto, à construção, operação, manutenção e renovação das estruturas. (MAHDAVINEJAD et al., 2014)

Os telhados verdes servem para absorver a água pluvial, fornecer isolamento térmico, criar habitat para animais silvestres (por exemplo, aves), diminuir o estresse das pessoas e proporcionar uma paisagem mais natural em meio aos fatores de modificação antrópicos. Já as paredes verdes formam uma vegetação vertical. As plantas ficam dispostas na fachada do edifício. (RAGHEB et al., 2016)

4 CONCLUSÃO

A tendência de utilizar amplamente vidros nas fachadas dos edifícios favoreceu a arquitetura moderna a ocasionar um padrão refletivo perigoso para a avifauna durante o voo nos centros urbanos. Além dessas superfícies envidraçadas se tornarem espelhadas dependendo do ângulo de incidência luminosa, a transparência do material que é característica dos vidros também prejudica a visão das aves para a detecção desses obstáculos.

Os vidros com a tecnologia UV exemplificados nesse trabalho poderiam ser utilizados concomitantemente à colocação de brise-soleil; cobogós; as fachadas verdes; os painéis sustentáveis; a arquitetura responsiva para obtermos uma sociedade mais amiga do meio ambiente. O cuidado com a colocação dos alimentadores em frente às vidraças e o estudo de novas alternativas podem intervir satisfatoriamente na preservação das aves. Dessa forma, ações antropomórficas positivas e ambientalmente responsáveis prevenirão os graves acidentes e ajudarão a conservar a avifauna nativa e migratória.

A preservação da biodiversidade depende da observação, monitoramento e análise dos hábitos de vida das espécies. As aves realizam a dispersão de sementes e favorecem a regeneração das florestas. Auxiliam na ciclagem de nutrientes e contribuem com a manutenção da beleza cênica dos ecossistemas. Assim, esses animais desempenham funções ecológicas essenciais no meio silvestre e também no meio urbano.

Um dos motivos para o Brasil ser considerado um país de grande diversidade de aves é a variedade de ecossistemas encontrados no território do país. São eles: as florestas tropicais Amazônia e a Mata Atlântica; a savana mais rica do mundo que é o Cerrado; as planícies alagáveis do Pantanal; as florestas secas da Caatinga; os manguezais; além do ambiente marinho diversificado, das ilhas oceânicas e dos recifes de corais. Dessa forma, as pesquisas sobre a qualidade de vida da avifauna são fundamentais para preservação de espécies e reconhecimento das contribuições que aves realizam à esses ambientes.

A diversidade de aves nativas que prosperam nas áreas urbanas enfatiza a necessidade de criar espaços verdes nas cidades. Promover o paisagismo com plantas nativas nas residências e parques urbanos, utilizar sistemas de iluminação que reduzam as colisões e supervisionar animais de estimação (por exemplo, gatos) são medidas

capazes de beneficiar a vida das aves e proporcionar locais seguros para a migração e descanso desses animais.

A perda de habitats através das ações antrópicas ou pela fragmentação por causas naturais são ameaças a diversidade de aves. Pesquisas científicas e iniciativas de conservação tem sido significativas para proteger e fazer prosperar as espécies de aves. Por isso é tão importante que o planejamento urbano seja realizado concomitantemente às pesquisas e ações preventivas ao impacto ambiental evitando possíveis interferências catastróficas na natureza do entorno.

É urgentemente necessária a criação de um Plano Nacional para Conservação das Aves que se comprometa em reduzir a colisão de avifauna com vidraças. Esse plano deve definir prioridades e medidas para solucionar essa problemática enaltecendo os desafios enfrentados por ornitólogos de todo o mundo. A gestão pública tem o dever e a responsabilidade de introduzir condicionantes que adotem programas de prevenção de colisões por avifauna em pleno voo. Os acidentes trazem grandes perdas do ponto de vista ecológico para a natureza e as soluções de implementação urbana são variadas.

As inovações no campo da construção civil que visam atenuar os impactos ambientais estão sendo utilizadas nas novas edificações. A arquitetura responsiva é capaz de desenvolver maneiras de automatizar edificações para gerar maior adaptabilidade às mudanças ambientais e para potencializar o conforto dos humanos.

A engenharia civil tem avançado em vertentes tecnológicas admiráveis. Com a crescente preocupação pela sustentabilidade e pela responsabilidade ecológica, já existem formas de construir edificações sem causar maiores danos ao meio ambiente. Portanto, conscientizar as pessoas relacionadas à essas áreas da construção urbana a respeito da problemática ambiental pode inspirar profissionais e fomentar pesquisas em benefício das aves e do planeta.

REFERÊNCIAS

- 3M. *What You Need to Know About Feather Friendly® Window Markers*. 2019. Disponível em: <<https://www.conveniencegroup.com/featherfriendly/feather-friendly/>>. Acesso em: 4 fev. 2019.
- ABRAVIDRO. **MASP**. 2019. Disponível em: <<https://abravidro.org.br/blog/sede-do-masp-50-anos-de-vidro-e-concreto/>>. Acesso em: 9 mar. 2019.
- AMERICAN BIRD CONSERVANCY. **Marca da ave pela colisão no vidro**. 2019. Disponível em: <<https://abcbirds.org/>>. Acesso em: 5 jun. 2019.
- ARCHDAILY. **Al Bahar Towers em Abu Dhabi**. 2019. Disponível em: <<https://www.archdaily.com.br/br/01-93779/as-torres-al-bahar-e-sua-fachada-sensivel-por-aedas-architects>>. Acesso em: 12 out. 2019.
- BBC NEWS LONDON. **"Walkie Talkie"skyscraper melts Jaguar car parts**. 2013. Disponível em: <bbc.com/news/uk-england-london-23930675>. Acesso em: 25 agosto. 2021.
- BBC SCIENCE NEWS. **This London skyscraper can melt cars and set buildings on fire**. 2013. Disponível em: <<https://www.nbcnews.com/sciencemain/london-skyscraper-can-melt-cars-set-buildings-fire-8c11069092>>. Acesso em: 25 agosto. 2021.
- BENNETT, A. T.; CUTHILL, I. C. Ultraviolet vision in birds: what is its function? **Vision research**, Elsevier, v. 34, n. 11, p. 1471–1478, 1994.
- BIONDO, D.; PLETSCH, J. A.; GUZZO, G. B. Impactos da ação antrópica em indivíduos da fauna silvestre de caxias do sul e região: uma abordagem ex situ. **Revista Brasileira de Biociências**, v. 17, n. 1, 2019.
- BOLSON, J.; SCHOSSLER, J. E. W. Osteossíntese em aves–revisão da literatura1. **Arquivos de Ciências Veterinárias e Zoologia da UNIPAR**, v. 11, n. 1, 2008.
- BUTERA, F. Glass architecture: is it sustainable. In: **International Conference “Passive and Low Energy Cooling for the Built Environment”, Santorini, Greece**. [S.l.: s.n.], 2005. p. 161–163.
- CABRAL, M. I. R.; CAVALCANTI, V. P.; FILHO, E. A. B. O modernismo italiano e o debate sobre a casa simples a partir do pensamento de lina bo bardi. **Blucher Design Proceedings**, v. 2, n. 9, p. 502–511, 2016.
- CITY WILD LIFE. **Aves coletadas pelo grupo Lights Out**. 2019. Disponível em: <<https://citywildlife.org/programs/lights-out-dc/>>. Acesso em: 6 jun. 2019.
- COLLIDESCAPE. **Collidescape It’s for the BIRDS**. 2019. Disponível em: <<https://www.collidescape.org/>>. Acesso em: 2 set. 2019.

CONEXÃO PLANETA. **O Predador Invisível que Ameaça a Vida de Milhares de Aves**. 2016. Disponível em: <<http://conexaoplaneta.com.br/blog/o-predador-invisivel-que-ameaca-a-vida-de-milhares-de-aves/>>. Acesso em: 2 ago. 2019.

CONSERVAÇÃO INTERNACIONAL. **Conservação de Aves Migratórias Neárticas no Brasil**. 2011. Disponível em: <https://ppbio.inpa.gov.br/sites/default/files/Livro_Aves_migratorias_nearticas_no_brasil_Conservation_International.pdf>. Acesso em: 25 jun. 2019.

CONSULTORIA LEGISLATIVA. **Consultoria Legislativa: Prédios Envidraçados como Fator de Mortalidade de Aves**. 2018. Disponível em: <http://bd.camara.gov.br/bd/bitstream/handle/bdcamara/36260/predios_envidracados_schneider.pdf?sequence=1>. Acesso em: 7 ago. 2019.

CORREIA, T. de B. Arquitetura e ambiente: a noção de adaptabilidade ao meio no discurso modernista. **Pós. Revista do Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo da FAUUSP**, n. 25, p. 134–150, 2009.

CUTHILL, I. C.; PARTRIDGE, J. C.; BENNETT, A. T.; CHURCH, S. C.; HART, N. S.; HUNT, S. Ultraviolet vision in birds. In: **Advances in the Study of Behavior**. [S.l.]: Elsevier, 2000. v. 29, p. 159–214.

ECO DESENVOLVIMENTO. **Parede Verde Inspirada na Arquitetura Sustentável**. 2019. Disponível em: <<http://www.ecodesenvolvimento.org/noticias/guia-da-construcao-verde-paredes>>. Acesso em: 17 ago. 2019.

EDITORIA ABRIL. **Parede feita com Cobogó**. 2019. Disponível em: <<https://casacor.abril.com.br/tudo-sobre/cobogo/>>. Acesso em: 8 out. 2019.

ENCICLOPÉDIA ITAU CULTURAL. **Ministério da Educação e Saúde - RJ**. 2019. Disponível em: <<http://enciclopedia.itaucultural.org.br/termo3762/ministerio-da-educacao-e-saude-mes>>. Acesso em: 9 out. 2019.

ERICKSON, W. P.; JOHNSON, G. D.; JR, P. D. et al. A summary and comparison of bird mortality from anthropogenic causes with an emphasis on collisions. In: **Ralph, C. John; Rich, Terrell D., editors 2005. Bird Conservation Implementation and Integration in the Americas: Proceedings of the Third International Partners in Flight Conference. 2002 March 20-24; Asilomar, California, Volume 2 Gen. Tech. Rep. PSW-GTR-191. Albany, CA: US Dept. of Agriculture, Forest Service, Pacific Southwest Research Station: p. 1029-1042. [S.l.: s.n.], 2005. v. 191.**

GLASPRO. **GlasPro Bird friendly glass for buildings and zoos**. 2019. Disponível em: <<http://www.glas-pro.com/products/glas-pro-bird-glass/>>. Acesso em: 16 dez. 2019.

ICMBIO. **Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade**. 2016. Disponível em: <<http://www.icmbio.gov.br/portal/ultimas-noticias/4-destaques/7491-icmbio-atualiza-relatorio-anual-de-aves-migratorias>>. Acesso em: 20 jul. 2019.

INSTITUTO BARDI. **Instituto Bardi: Casa de Vidro**. 2019. Disponível em: <<http://www.institutobardi.com.br>>. Acesso em: 14 mar. 2019.

IUCN RED LIST. **Hábitos Alimentares e Ecologia de *Calidris canutus***. 2017. Disponível em: <<https://www.iucnredlist.org/species/22693363/111379432>>. Acesso em: 4 mar. 2019.

IUCN RED LIST. **Migração de *Archilochus colubris***. 2017. Disponível em: <<https://www.iucnredlist.org/species/22688193/93186255>>. Acesso em: 30 abr. 2019.

IUCN RED LIST. **Migração de *Calidris canutus***. 2017. Disponível em: <<https://www.iucnredlist.org/species/22693363/111379432>>. Acesso em: 30 abr. 2019.

IUCN RED LIST. **Migração e Ecologia de *Charadrius melodus***. 2018. Disponível em: <<https://www.iucnredlist.org/species/22693811/131930146>>. Acesso em: 20 jul. 2019.

KLEM, D. Avian mortality at windows: the second largest human source of bird mortality on earth. tundra to tropics: connecting birds, habitats and people [full text]. 2008.

KLEM, D. Preventing bird–window collisions. **The Wilson Journal of Ornithology**, BioOne, v. 121, n. 2, p. 314–322, 2009.

MAHDAVINEJAD, M.; ZIA, A.; LARKI, A. N.; GHANAVATI, S.; ELMI, N. Dilemma of green and pseudo green architecture based on leed norms in case of developing countries. **International journal of sustainable built environment**, Elsevier, v. 3, n. 2, p. 235–246, 2014.

MARINI, M. A.; GARCIA, F. I. Conservação de aves no brasil. **Megadiversidade**, v. 1, n. 1, p. 95–102, 2005.

MASP. **Museu de Arte de São Paulo**. 2019. Disponível em: <<http://www.masp.org.br>>. Acesso em: 10 nov. 2019.

MOREIRA, L. M. F. M. Proteção jurídica da fauna silvestre no brasil. **Belo Horizonte: Editora Dom Helder**, 2015.

MUHLENBERG COLLEGE. **Effects of Window Agling, Feeder Placement, and Scavengers on Avian Mortality at Plate Glass**. 2004. Disponível em: <<https://www.muhlenberg.edu/media/contentassets/images/academics/biology/biology/faculty/klem/aco/Wilson-feederplacement2004.pdf.pdf>>. Acesso em: 6 jul. 2019.

NATIONAL GEOGRAPHIC. **Capacidades de Voo do Beija-flor-garganta-vermelha**. 2013. Disponível em: <<https://www.nationalgeographic.com/animals/birds/r/ruby-throated-hummingbird/>>. Acesso em: 18 out. 2019.

NATIONAL GEOGRAPHIC. **Habilidade de Voo na Migração do Maçarico-de-papo-vermelho**. 2013. Disponível em: <<https://www.nationalgeographic.com/news/2013/10/131003-rufa-red-knot-threatened-endangered-migrating-birds/>>. Acesso em: 16 out. 2019.

ORNILUX. **ORNILUX The Future of Bird-Friendly Glass is Clear**. 2011. Disponível em: <<http://ornilux.com/>>. Acesso em: 8 nov. 2019.

PINTO, H. R. de S.; QUEIROZ, N.; CARDOSO, A. R. B.; SOUSA, J. P. M. O desenvolvimento de elementos de proteção de fachada responsivos: explorando o cobogó. **Blucher Design Proceedings**, v. 2, n. 3, p. 519–527, 2015.

PORTAL LEGISLATIVO. **Projeto de Lei 877/2021**. 2021. Disponível em: <<https://www.camara.leg.br/propostas-legislativas/2273759>>. Acesso em: 25 agosto. 2021.

POUGH, F. H.; HEISER, J. B.; MCFARLAND, W. N. **A vida dos vertebrados**. [S.l.]: Atheneu São Paulo, 2003. v. 3.

RAGHEB, A.; EL-SHIMY, H.; RAGHEB, G. Green architecture: a concept of sustainability. **Procedia-Social and Behavioral Sciences**, Elsevier, v. 216, p. 778–787, 2016.

RIBEIRO, J. L. P. Uma investigação sobre a aprendizagem da reflexão luminosa no ensino médio a partir da arquitetura brasileira. 2019.

SABER ATUALIZADO. **Marca da Colisão de uma Ave Contra o Vidro pela Descamação Natural das Penas**. 2018. Disponível em: <<https://www.saberatualizado.com.br/2015/10/qual-e-o-maior-assassino-de-passaros-do.html>>. Acesso em: 1 out. 2019.

SMITHSONIAN MAGAZINE. **New York Is Poised to Require Bird-Friendly Glass on All New Buildings**. 2019. Disponível em: <<https://www.smithsonianmag.com/smart-news/new-york-poised-require-bird-friendly-glass-all-new-buildings-180973760/>>. Acesso em: 25 agosto. 2021.

STERK, T. d. Building upon negroponte: a hybridized model of control suitable for responsive architecture. **Automation in construction**, Elsevier, v. 14, n. 2, p. 225–232, 2005.

STOLK, A. da S.; GIRELLI, C.; MIGUEL, L. P.; BENEDET, G.; CASCAES, M. Avifauna colidida em estruturas de vidro no perímetro urbano do balneario rincão, santa catarina. **Tecnologia e Ambiente**, v. 21, 2015.

THE NEW YORK CITY COUNCIL. **Local Laws of the City of New York for the Year 2020**. 2020. Disponível em: <<https://legistar.council.nyc.gov/LegislationDetail.aspx?ID=3903501&GUID=21B44B73-D7E1-4C55-83BD-1CA254531416&Options=&Search=>>. Acesso em: 25 agosto. 2021.

VITRUVIUS. **Ministério da Educação e Saúde - RJ**. 2019. Disponível em: <<https://www.vitruvius.com.br/revistas/read/resenhasonline/13.147/4942>>. Acesso em: 12 ago. 2019.

WALKER. **Transparent Bird Friendly Glass**. 2019. Disponível em: <<https://walkerglass.com/products/transparent-bird-friendly-glass/>>. Acesso em: 6 fev. 2019.

YOKOYAMA, S.; RADLWIMMER, F. B.; BLOW, N. S. Ultraviolet pigments in birds evolved from violet pigments by a single amino acid change. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, National Acad Sciences, v. 97, n. 13, p. 7366–7371, 2000.