



SUSTENTABILIDADE EM AEROPORTOS: DESAFIOS EM ADAPTAÇÃO DAS ESTRUTURAS EXISTENTES AO CONCEITO ECOLÓGICAMENTE CORRETO

Anna Paula Bechepeche¹
Luís Henrique Holanda Pereira²

RESUMO

O presente trabalho analisou a sustentabilidade aplicada à infraestrutura aeroportuária, destacando os desafios e adaptações das estruturas existentes diante das exigências ambientais contemporâneas. O objetivo foi compreender como as práticas sustentáveis vêm sendo incorporadas nos aeroportos, considerando aspectos como eficiência energética, uso e reuso da água, gestão de resíduos sólidos e inovações tecnológicas aplicadas à arquitetura e à operação aeroportuária. A pesquisa, de natureza qualitativa, descritiva e exploratória, fundamentou-se em fontes bibliográficas, documentais e institucionais, abrangendo legislações, programas ambientais e relatórios técnicos de órgãos nacionais e internacionais, como ANAC, IATA, ICAO e ONU. Os resultados apontaram que a modernização das estruturas aeroportuárias exige integração entre engenharia, arquitetura e gestão ambiental, com destaque para o uso de sistemas fotovoltaicos, automação predial, captação de água da chuva, gestão de resíduos sólidos e certificações ambientais. Constatou-se, ainda, que a adaptação de infraestruturas antigas às novas demandas sustentáveis é um desafio contínuo, exigindo planejamento e investimentos estratégicos. Conclui-se que a sustentabilidade é um requisito essencial para o futuro da aviação civil, representando não apenas um diferencial competitivo, mas um compromisso com a eficiência, a inovação e a preservação ambiental.

Palavras-chave: Sustentabilidade; Aeroportos; Eficiência Energética; Gestão Ambiental; Inovação Tecnológica.

¹ Graduada em Física pela Universidade Federal de Goiás (1988), Mestre em Física pela Universidade de São Paulo (1991), Doutora em Química pela Universidade Federal de São Carlos (1996). Professora efetiva na Pontifícia Universidade Católica de Goiás e na Universidade Estadual de Goiás. Possui

experiência na área de Física, com ênfase em Física da Matéria Condensada. E-mail: abechepeche@yahoo.com.br

² Bacharelado do Curso de Ciências Aeronáuticas pela Pontifícia Universidade Católica de Goiás (PUC-GO) e comissário de voo pela Sky Escola de Aeronáutica (2022). E-mail: luisholandapereira85@icloud.com

SUSTAINABILITY IN AIRPORTS: CHALLENGES IN ADAPTATING EXISTING TO ENVIRONMENTALLY SUSTAINABLE STANDARDS

ABSTRACT

This study analyzed sustainability applied to airport infrastructure, emphasizing the challenges and adaptations of existing structures considering contemporary environmental demands. The objective was to understand how sustainable practices have been incorporated into airports, considering aspects such as energy efficiency, water use and reuse, solid waste management, and technological innovations applied to airport architecture and operations. The research, qualitative, descriptive, and exploratory in nature, was based on bibliographical, documentary, and institutional sources, encompassing legislation, environmental programs, and technical reports from national and international organizations such as ANAC, IATA, ICAO and the United Nations. The results indicated that the modernization of airport structures requires integration between engineering, architecture, and environmental management, with emphasis on the use of photovoltaic systems, building automation, rainwater harvesting, solid waste management, and environmental certifications. It was also found that adapting older infrastructures to new sustainable demands remains a continuous challenge, requiring strategic planning and investments. It is concluded that sustainability is an essential requirement for the future of civil aviation, representing not only a competitive advantage but also a commitment to efficiency, innovation, and environmental preservation.

Keywords: *Sustainability; Airports; Energy Efficiency; Environmental Management; Technological Innovation.*

1 INTRODUÇÃO

A sustentabilidade, como conceito, foi apresentada na Conferência das Nações Unidas no ano de 1972, na capital sueca de Estocolmo, a ideia principal da definição era garantir que as gerações futuras não fossem afetadas pelo uso dos recursos

naturais da geração presente e pudessem suprir suas necessidades. A atividade humana, a globalização e o desenvolvimento acelerado ao longo das últimas décadas, sensibilizou o conceito, fomentando o início de práticas “verdes” mais intensivas em escala global e intermodal, no qual os sistemas de transportes aéreos visam buscar a melhoria neste processo, para garantir sua viabilidade e longevidade (Guitarrara, 2022a).

A utilização de espaços com a projeção de estruturas, buscando aumentar a sustentabilidade, vem avançando significativamente em variados ambientes. Em aeroportos, por exemplo, a instalação de usinas fotovoltaicas, para o suprimento energético aeroportuário, ganha cada vez mais destaque e relevância no país. Isso se deve à localização do território nacional, majoritariamente na faixa tropical do planeta, recebendo radiação solar durante todo o ano, com pouca variação de incidência de luz entre as estações do ano.

No Brasil, os grandes aeroportos, como o Aeroporto Internacional de Guarulhos, o Aeroporto Internacional do Rio de Janeiro – Galeão e o Aeroporto de Congonhas, foram construídos durante o Século XX, período em que a iniciativa sustentável ainda não permeava os solos brasileiros e a proposta arquitetônica principal não era definir um aeroporto energeticamente eficiente. Entrando no século XXI, período a partir do qual a chamada “revolução sustentável” tem aberto espaço para as possibilidades de evolução conceitual e orientado para a busca por maior economia, eficiência, qualidade logística e a segurança das operações, uma questão se impõe: como adaptar as estruturas aeroportuárias obsoletas e sobrecarregadas para receber equipamentos e mudanças em seus *layouts*¹ a fim de ou com vistas a maximizar a sustentabilidade?

O setor aeroportuário tem sua importância para a conectividade global e para o desenvolvimento econômico, podendo beneficiar desde grandes cidades à pequenos vilarejos localizados em áreas remotas; porém, as operações que possibilitam essa integração provocam impactos ambientais significativos, que demandam assistência e monitoramento para serem solucionados.

¹ *Layout* esboço ou rascunho de um projeto gráfico que mostra a disposição e a organização dos seus principais elementos visuais em um espaço, seja ele físico ou digital (Significados, 2025).

O objetivo geral deste estudo é justamente analisar a infraestrutura dos sítios aeroportuários construídos durante o século passado, quanto à sua adequação aos princípios da sustentabilidade. Para isso, a pesquisa segue alguns objetivos específicos, são eles: avaliar as infraestruturas dos aeroportos brasileiros construídos durante o século XX; identificar as mudanças realizadas em sítios aeroportuários e a viabilidade econômica na perspectiva da operacionalidade e da sustentabilidade; propor cenários para o desenvolvimento de aeroportos mais eficientes, sustentavelmente projetados.

Trata-se de uma pesquisa de natureza qualitativa, descritiva e exploratória, desenvolvida a partir da análise de fontes científicas, órgãos reguladores, internacionais e nacionais, e relatórios institucionais de aeroportos do Brasil e do exterior, com o intuito de identificar práticas e tendências relacionadas à sustentabilidade aeroportuária.

Este estudo está vinculado à necessidade de se entender historicamente a evolução sustentável do sistema de transportes aéreos, com foco nas estruturas em solo e nas operações, para a formação de um futuro mais equilibrado e consciente para as próximas gerações.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

A sustentabilidade aborda a habilidade de como agir perante a natureza, tendo em vista a sustentação e/ou conservação de um processo, ou um sistema completo. É composta por três vertentes que asseguram seu conceito: ambiental, social e econômica. O critério ambiental, foco deste artigo, refere-se à preservação do meio ambiente, de forma que a sociedade desenvolva o equilíbrio entre o suprir suas necessidades e o uso inteligente dos recursos naturais, priorizando a redução de impactos ambientais em escalas variáveis, a fim de atingir comunidades ou o planeta inteiro.

2.1 DESENVOLVIMENTO HISTÓRICO

O termo sustentabilidade ganhou relevância internacional a partir da década de 1970, particularmente após a realização da Conferência das Nações Unidas em Estocolmo. O evento marcou o início de uma discussão global sobre a busca por compatibilidade entre o desenvolvimento econômico e a preservação ambiental. Nos anos seguintes o termo foi aprofundado com a publicação do relatório “Nosso futuro comum”, também conhecido como Relatório Brundtland, em homenagem à presidente da Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (CMMA) que o publicou em 1987, Gro Harlem Brundtland (WECD, 1987).

Na década de 1990, o conceito expandiu-se por meio da Conferência das Nações Unidas, sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (Rio-92), no Rio de Janeiro, na qual foi firmada a Agenda 21, esse documento foi assinado por representantes de 179 países, com o propósito de procurar as causas reais dos problemas ambientais e propor planos previstos entre curtos, médios e longos prazos, afirmando que o desenvolvimento sustentável só ocorre quando a atividade econômica promove a justiça e a promoção social (Guitarrara, 2022b).

Figura 1 - Os 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável



Fonte: MRV&CO, 2023.

Atualmente, a sustentabilidade é orientada pelos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), estes foram estabelecidos pela Agenda 30 da Organização das Nações Unidas (ONU). A figura 1 ilustra acima retrata os símbolos dos ODS que abrangem 17 metas conjuntas e conectadas que são consideradas ambiciosas por sua natureza evolutiva (ONU, 2025).

2.2 A SUSTENTABILIDADE NO SETOR DE TRANSPORTE AÉREO

Sachs (2002) afirmou que a sustentabilidade deve ser compreendida de forma multidimensional, envolvendo aspectos ambientais, sociais, espaciais, culturais e econômicos. Essa abordagem permite que o conceito seja aplicado na prática em sistemas complexos, como o transporte aéreo, em que o equilíbrio entre a eficiência operacional e responsabilidade ambiental é fundamental para completar o processo de forma eficiente.

O transporte aéreo é um dos pilares da mobilidade global, facilitando o deslocamento de pessoas e cargas e contribuindo para o crescimento econômico. Contudo, é um dos setores que mais demanda energia e recursos naturais para se manter, além de emitir uma quantidade significativa de gases de efeito estufa na atmosfera. Por esses motivos, a sustentabilidade na aviação tornou-se um dos principais focos das políticas públicas e dos programas de inovação tecnológica, do final do século XX até os dias atuais.

No setor aéreo, a incorporação da sustentabilidade traz consigo o desafio de repensar, desde os designs das aeronaves até o planejamento de construção dos aeroportos, envolvendo vários aspectos, como a engenharia das edificações, projetos arquitetônicos, consumo de energia, gestão de resíduos sólidos, controle dos recursos hídricos e controle de emissões de gases de efeito estufa. Em forma de incentivo, entidades internacionais promovem premiações anuais para aeroportos, oferecendo certificações para aqueles que atingirem o melhor nível em seus critérios avaliativos.

2.3 DIRETRIZES INTERNACIONAIS E COMPROMISSOS GLOBAIS

A sustentabilidade aeroportuária está diretamente ligada ao cumprimento de acordos internacionais que visam reduzir os impactos ambientais das atividades do setor. Entre os principais compromissos assumidos internacionalmente está o Acordo de Paris, que foi juridicamente atribuído para as mudanças climáticas. Foi adotado por 195 partes na Conferência das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas (COP21), na capital francesa, Paris, no final do ano de 2015, entrando em vigor no final do ano seguinte. Seu objetivo principal é manter o aumento da temperatura média global bem abaixo de 2°C acima dos níveis pré-industriais e empregar esforços para limitar o aumento da temperatura a 1,5°C acima dos níveis pré-industriais.

Ainda segundo a ONU, o Acordo de Paris oferece 3 pontos de apoio principais como ilustrados na figura 2, são eles: apoio financeiro, pelo qual países desenvolvidos devem liderar o fornecimento de assistência financeira aos países menos favorecidos e mais vulneráveis; apoio técnico, a fim de concretizar o desenvolvimento e a transferência de tecnologias para melhorar a resiliência frente aos desafios climáticos e apoio de capacitação, que evidencia a importância do fortalecimento das capacidades relacionadas ao clima nos países em desenvolvimento (UNFCCC, 2015).

Segundo a *International Civil Aviation Organization* (ICAO)², o setor aéreo é responsável por aproximadamente 2% das emissões globais de dióxido de carbono (CO₂), e esse número tende a crescer com a expansão da demanda pelo setor. Em resposta a esse ponto, a própria ICAO lançou o Programa *Carbon Off setting and Reduction Scheme for International Aviation* (CORSIA)³, voltado à compensação e redução de emissões de CO₂ provenientes de voos internacionais (ICAO, 2019).

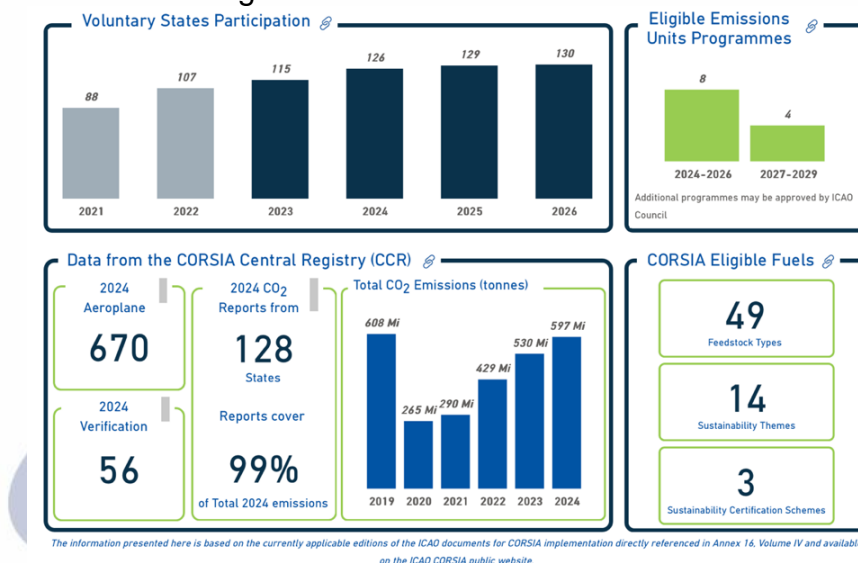
O Brasil está incluído no programa desde a sua origem, realizando o monitoramento das emissões dos seus operadores aéreos. A Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC) é o órgão responsável pela implementação e da Resolução nº 496, de 28 de novembro de 2018 que estabelece em seu primeiro artigo “O

² *International Civil Aviation Organization* (ICAO) Organização da Aviação Civil Internacional (OACI).

³ *Carbon Offsetting and Reduction Scheme for International Aviation* (CORSIA) é o Programa de Compensação e Redução de Carbono para a Aviação Internacional estabelecido pela ICAO (ICAO, 2019).

monitoramento, o report e verificação de dados de emissão de CO₂ relativos ao transporte aéreo internacional é regulamentado na forma desta Resolução” (ANAC, 2019a).

Figura 2- Os dados CORSIA



Fonte: ICAO, 2025.

A figura 2 acima retrata o processo de evolução do programa CORSIA, apresentando um comparativo da quantidade de Estados participantes, entre 2021 e 2026, Programas de Unidades de Emissão Elegíveis, dados do *CORSIA Central Registry (CCR)*⁴ e quantidade de Combustíveis Elegíveis CORSIA.

A *International Air Transport Association (IATA)*⁵ reforça essas diretrizes na adoção de medidas para a redução de carbono com a estratégia global *Net Zero by 2050*⁶, pelas quais é estabelecido como um compromisso das companhias aéreas de zerarem as emissões líquidas de carbono até o ano de 2050. Foi aprovada na 77ª Assembleia Geral Anual da IATA, no começo do 4º trimestre de 2021, no qual as companhias aéreas assumiram o compromisso de apoiar a meta de temperatura do Acordo de Paris (IATA, 2021).

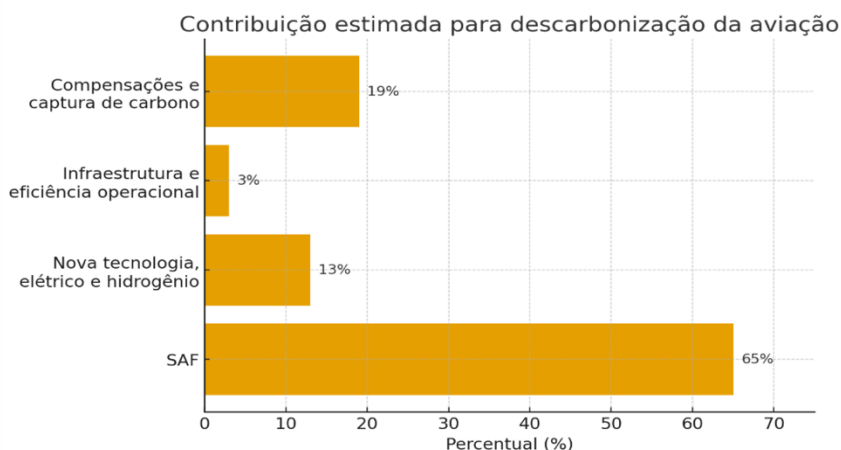
⁴ *CORSIA Central Registry (CCR)* é a Central de Registros do Programa CORSIA (ICAO, 2019).

⁵ *International Air Transport Association (IATA)* Associação Internacional de Transporte Aéreo.

⁶ *Net Zero by 2050* é o compromisso das companhias aéreas de atingir emissões líquidas zero de carbono até 2050 (IATA, 2021).

O gráfico 1 a seguir retrata como os 4 eixos apresentados pela IATA em valores percentuais irão compor no ano de 2050 se o setor aéreo atingir as emissões líquidas zero de CO₂, são eles: *Sustainable Aviation Fuel* (SAF)⁷; Novas tecnologias, elétricas e de hidrogênio; eficiência em infraestrutura e operações e compensação e captura de carbono.

Gráfico 1- Gráfico de Combinação de Eliminação Máxima das Emissões



Fonte: Adaptado de IATA, 2021.

No Brasil, a ANAC, segue as diretrizes dos programas internacionais, conciliando segurança operacional e a proteção ambiental, uma das iniciativas foi o uso do SAF, um combustível que em sua composição química é semelhante ao querosene de aviação, de origem fóssil. Como vantagem, ele não requer adaptações dos motores já utilizados nas aeronaves, além de ter um variado leque de origem, como: lixo orgânico, gordura animal, biogás e biomassa (SAF Conexão, 2024).

2.4 POLÍTICAS E LEGISLAÇÕES BRASILEIRAS

O Brasil possui um conjunto de leis que regulam o desenvolvimento sustentável, também aplicáveis à infraestrutura dos sítios aeroportuários. A Lei nº 6.938/1981, que institui a Política Nacional do Meio Ambiente (PNMA), seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, traz em seus incisos II, III, IV e V, do Artigo 2º a racionalização

⁷ *Sustainable Aviation Fuel* (SAF) Combustível de Aviação Sustentável de origem orgânica (SAF Conexão, 2024).

do uso do solo, do subsolo, da água e do ar; planejamento e fiscalização do uso dos recursos naturais ambientais; proteção dos ecossistemas, com a preservação das áreas representativas; controle e zoneamento das atividades potencial ou efetivamente poluidoras, respectivamente (Brasil, 1981).

Em complemento, a Lei nº 12.305/2010, que estabelece a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), determina que empreendimentos, como aeroportos, elaborem Planos de Gerenciamento de Resíduos Sólidos (PGRS), já que a diversidade de atividades realizadas nos mesmos possuem uma quantidade e variedade de resíduos gerados e exigem políticas de gestão conjuntas, capazes de contribuir para o manejo adequado, a redução de resíduos e o aumento da reciclagem, conforme o Ministério do Meio Ambiente (MMA) (MMA, 2010).

A Política Nacional de Eficiência Energética foi criada pelo Ministério de Minas e Energia (MME) em 2001, por meio da Lei nº 10.295/2001, que, em seu Artigo I, descreve que a política tem como objetivo a alocação eficiente de recursos energéticos e a preservação do meio ambiente. Essa política soma esforços com o Programa de Desenvolvimento da Geração Distribuída de Energia Elétrica (ProGD), criado em 2015, pelo MME que entre outros objetivos busca promover a ampliação da Geração Distribuída (GD) pelo país (MME, 2015; MME, 2001).

A Lei nº 9.433/1997, que cria a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), trata da conservação e do uso racional da água, que é um tema importante quando se discute analisar a sustentabilidade em aeroportos; a referida normativa traz, em seu artigo I, inciso VI: “a gestão dos recursos hídricos deve ser descentralizada e contar com a participação do Poder Público, dos usuários e das comunidades”. A escala de operações dessas infraestruturas e a quantidade de pessoas, que circulam diariamente nesses ambientes, provocam um grande consumo de água por diversos usos, como banheiros, limpeza, sistemas de ar-condicionado e irrigação de áreas verdes (Brasil, 1997).

Além dessas normas, a resolução nº 01/1986 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), estabelece as diretrizes para o licenciamento ambiental, exigindo que o Estudo de Impacto Ambiental (EIA) seja feito e que o Relatório de Impacto Ambiental (RIMA) seja elaborado conforme as atividades técnicas exigidas pela

resolução. Outras resoluções, como a nº 357/2005 também do CONAMA considera que a água integra as preocupações do desenvolvimento sustentável, baseado nos princípios da função ecológica e como complemento a resolução nº 430/2011, estabelece condições, parâmetros e diretrizes gerais, contribuindo para a redução da poluição dos cursos d'água por todo território nacional (CONAMA, 1986).

A promoção de incentivos governamentais tem sido destaque para a execução das medidas em prol da sustentabilidade. Um dos exemplos é o Programa Federal de Auxílio a Aeroportos (PROFAA), que foi criado pela Lei nº 8.399, de 1992 e oferece um apoio a aeroportos estaduais e regionais, com necessidades de implantação, melhorias, reaparelhamento, reformas e ampliações estruturais. Administrado, inicialmente pelo Departamento de Aviação Civil (DAC), entre 1992 e 2007, atualmente os fundos do programa são geridos a partir do Fundo Nacional de Aviação Civil (FNAC) (MPor, 2017).

De acordo com o Ministério de Portos e Aeroportos (MPor), essas políticas nacionais criam uma necessidade para os operadores aéreos, sejam eles concessionárias, companhias aéreas ou empresas ligadas ao setor, de incorporarem boas práticas, seguindo a legislação ambiental. A efetividade das políticas públicas, no entanto, depende diretamente da atuação dos órgãos reguladores, tanto da aviação como do meio ambiente. A ANAC, é responsável por estabelecer as diretrizes de sustentabilidade operacional e supervisionar o cumprimento de normas ambientais pelas administradoras dos aeroportos, companhias aéreas e empresas que estão sob sua homologação, paralelo a isso, o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais (IBAMA) atua no licenciamento e fiscalização ambiental dos sítios aeroportuários (ANAC, 2022; IBAMA, 1989).

Contribuindo também para o cumprimento das normas estabelecidas o Departamento de Controle do Espaço Aéreo (DECEA), elabora os Planos de Zoneamento de Ruído (ZPR), documento que tem como o objetivo de representar a área de impacto dos ruídos produzidos pelas operações nos aeródromos, conforme estabelecido no Regulamento Brasileiro de Aviação Civil (RBAC) nº 161 (ANAC, 2018).

2.5 ESTRUTURAS AEROPORTUÁRIAS: FUNÇÕES E DESAFIOS AMBIENTAIS

Os aeroportos são pontos centrais da infraestrutura aeroportuária, funcionando como elo entre as operações aéreas e os serviços em solo. Além de permitirem a conectividade aérea entre cidades, estados e países, eles movimentam cadeias logísticas complexas, geram empregos diretos e indiretos desde sua construção à total operacionalidade, promovendo o turismo, comércio e a indústria. As estruturas aeroportuárias compreendem um conjunto de instalações e sistemas que incluem, pistas de pouso e decolagem, pátios de aeronaves, terminais de passageiros e cargas, hangares e sistemas de abastecimento. Sua estrutura física e funcional precisa atender simultaneamente às exigências técnicas da aviação e às necessidades dos usuários, promovendo conforto, segurança e acessibilidade (ANAC, 2019b).

Tradicionalmente, os terminais foram projetados com foco em robustez e capacidade de atendimento, priorizando aspectos técnicos e operacionais. No entanto, com o avanço das discussões sobre sustentabilidade, passou-se a incorporar critérios ambientais e sociais no processo de planejamento e construção desses espaços. A localização dos aeroportos nas cidades e regiões metropolitanas também tem importância nos impactos ambientais, a expansão urbana ao redor de grandes sítios aeroportuários frequentemente resulta em poluição sonora, degradação de áreas verdes e pressão sobre os recursos naturais, por isso o planejamento sustentável deve considerar a relação do aeroporto com o espaço em que ele vai ser inserido, a fim de promover medidas compensatórias e mitigadores desses impactos (Mpor, 2025).

A disposição dos espaços, de acordo com o lado ar ou lado terra dos aeroportos, os materiais utilizados na construção, os sistemas de climatização, iluminação e sinalização bem como, o *layout* das áreas de embarque, desembarque, *check-in*, controle de segurança e bagagens, precisam ser planejados para otimizar a experiência do usuário e garantir a eficiência operacional (Mpor, 2018).

A sustentabilidade, nesse contexto, não se limita aos aspectos ecológicos, à eficiência econômica como também, à qualidade de vida dos usuários. A inclusão de espaços de convivência, áreas verdes internas e soluções acústicas adequadas também necessitam fazer parte de um terminal moderno e sustentável, para oferecer

conforto e diminuir os impactos sensoriais de longas jornadas de viagem em virtude desses fatores, a sustentabilidade nas estruturas aeroportuárias deixou de ser uma tendência e passou a ser uma necessidade de gestão mundial (IBRA, 2016).

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A pesquisa foi desenvolvida com o objetivo de analisar a infraestrutura aeroportuária brasileira sob a perspectiva da sustentabilidade, abordando aspectos relacionados à arquitetura dos terminais, à eficiência energética, ao uso e reuso da água, à gestão de resíduos sólidos e à incorporação de tecnologias sustentáveis. O estudo buscou compreender como essas práticas foram aplicadas no setor aéreo e de que forma contribuíram para a redução dos impactos ambientais e para a modernização do sistema aeronáutico.

Quanto à sua natureza, a pesquisa foi de caráter qualitativo, pois baseou-se na interpretação e análise de informações obtidas em fontes teóricas e documentais. Essa abordagem foi adequada para compreender fenômenos ambientais e operacionais de forma descritiva e exploratória, permitindo correlacionar a sustentabilidade às práticas de gestão aeroportuária. Dessa forma, priorizou-se a análise conceitual e normativa das políticas ambientais.

Em relação aos objetivos, o estudo teve caráter descritivo e exploratório. Foi descritivo por buscar, identificar e apresentar as principais práticas de sustentabilidade adotadas nas infraestruturas aeroportuárias e exploratório por permitir uma compreensão ampliada, sobre os desafios e avanços, relacionados à aplicação dessas práticas no contexto da aviação civil.

Essa abordagem possibilitou uma visão geral sobre os mecanismos de adaptação das estruturas aeroportuárias às exigências ambientais e aos novos paradigmas de desenvolvimento sustentável para o setor. Quanto aos procedimentos técnicos, a pesquisa foi bibliográfica e documental, fundamentada em fontes teóricas, relatórios institucionais de aeroportos nacionais e internacionais, legislações e documentos técnicos de órgãos no Brasil e no exterior. Foram consultados materiais disponíveis em meio digital, publicados por instituições públicas, privadas e

acadêmicas, com o objetivo de reunir informações atualizadas e confiáveis. As fontes selecionadas abordavam temas relacionados à sustentabilidade, à infraestrutura aeroportuária e às políticas públicas ambientais aplicadas ao setor.

As informações foram organizadas conforme os eixos principais do estudo: a evolução do conceito de sustentabilidade, a aplicação do tema no setor, os compromissos globais, as políticas e legislações brasileiras e os desafios que as estruturas existentes impõem à arquitetura dos aeroportos, possibilitando a estruturação de um referencial teórico sólido e alinhados aos objetivos do trabalho. A análise dos dados foi conduzida de maneira interpretativa e integrativa, permitindo identificar padrões, desafios e avanços relacionados à sustentabilidade aeroportuária.

As informações obtidas foram agrupadas por temas e analisadas de forma comparativa, de modo a evidenciar as principais tendências da sustentabilidade no setor aéreo. Essa etapa possibilitou a consolidação de um panorama abrangente sobre as políticas e práticas adotadas, contribuindo para a formulação das discussões e conclusões do estudo.

O desenvolvimento da pesquisa respeitou os princípios éticos e metodológicos da produção científica, assegurando a clareza na exposição dos procedimentos e a coerência entre os objetivos, métodos e resultados apresentados. Assim, a metodologia aplicada permitiu compreender, de forma ampla e fundamentada, o papel da sustentabilidade na aviação civil brasileira e sua influência na gestão e operação dos aeroportos.

4 RESULTADOS

A partir do estudo realizado foi possível verificar a evolução do conceito de sustentabilidade, e como as organizações nacionais e internacionais da aviação e do meio ambiente interferiram a favor da implementação dos processos sustentáveis no setor aéreo, através da criação de secretarias e promulgação de leis de caráter mundial. E desde então os aeroportos ao redor do mundo, iniciaram seu processo de adaptação às práticas ecologicamente corretas, utilizando algumas técnicas, como a projeção arquitetônica moderna, o uso da tecnologia para a eficiência energética,

melhores formas de se utilizar e reutilizar os recursos hídricos e inovações na gestão de resíduos sólidos.

4.1 PROJETOS ARQUITETÔNICOS

A arquitetura sustentável nos terminais visa reduzir o consumo de recursos naturais e as emissões de carbono, criando ambientes mais saudáveis e integrados ao entorno. Além disso, projetos modernos de engenharia incluem princípios de biofilia⁸, com a inserção de elementos naturais no interior dos edifícios, como jardins verticais, luz solar abundante e ventilação cruzada, aspectos que contribuem para o bem-estar dos passageiros e colaboradores (Isnard; Okimoto, 2024).

Do ponto de vista funcional, a integração de tecnologias digitais também tem transformado a estrutura dos terminais de passageiros especificamente, com a automação de processos como, *check-in*, despacho de bagagem e controle de acesso. Essas inovações promovem uma circulação mais eficiente e reduzem a necessidade de grandes intervenções estruturais, favorecendo a flexibilidade e a adaptabilidade dos espaços (ICAO, 2023).

No Brasil, iniciativas como a do Aeroporto Internacional de Florianópolis destacam-se por implementar soluções sustentáveis, como foi o caso das fachadas de vidro para aproveitamento da luz natural. Essas soluções demonstram como é possível conciliar funcionalidade, conforto e responsabilidade ambiental nos projetos aeroportuários contemporâneos (Floripa Airport, 2023).

Além da questão ambiental, há também um crescente interesse na flexibilidade e modularidade das estruturas, especialmente em aeroportos regionais ou de médio porte, que precisam se adaptar rapidamente a variações no fluxo de passageiros. As construções modulares oferecem vantagens como menor tempo de execução, redução de resíduos durante as obras e possibilidade de expansão com menor impacto estrutural (Compraco, 2024).

⁸ Biofilia: uma tendência humana hipotética de interagir ou estar intimamente associada a outras formas de vida na natureza; (Stouhi, 2022).

Com esse objetivo, a busca por soluções sustentáveis nos terminais de passageiros tem levado aeroportos ao redor do mundo a adotar certificações ambientais, como a *Leadership in Energy and Environmental Design* (LEED)⁹, que é o sistema de certificação de “edifícios verdes” mais reconhecido e utilizado do mundo. O Nível de certificação é definido de acordo com a quantidade de pontos adquiridos, que pode variar entre 40 e 110 pontos. Os níveis de certificação podem ser descritos como: *Silver*, *Gold* e *Platinum* (GBC Brasil, 2020). Um exemplo disso é o Aeroporto Internacional de São Francisco, nos Estados Unidos, cujo Terminal 1 recebeu a certificação LEED *Platinum* por incorporar estratégias de economia de energia, ventilação natural, uso de materiais reciclados e captação de água da chuva (SFO Airport, 2022).

4.2 O USO DA TECNOLOGIA PARA A EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

A eficiência energética é um dos pontos principais da sustentabilidade, considerando que essas infraestruturas operam continuamente e demandam um elevado consumo de energia elétrica.

A partir disso, o uso de tecnologias voltadas à gestão inteligente de energia, tem se mostrado fundamental para reduzir custos operacionais e mitigar impactos ambientais.

Uma das estratégias mais utilizadas é a implantação do *Building Management Systems* (BMS), que permite o monitoramento e controle integrado de iluminação, ventilação, ar-condicionado e outros dispositivos elétricos. Esses sistemas otimizam o uso de forma dinâmica, ajustando automaticamente os níveis de consumo com base nas condições de uso e ambientais. Além disso, a coleta e análise de dados em tempo real possibilitam diagnósticos precisos sobre os pontos de maior desperdício energético, facilitando a tomada de decisão (Grupo Orion, 2019).

A iluminação artificial representa uma parcela significativa do consumo de energia dos terminais, o que torna evidente a necessidade de substituir lâmpadas

⁹ *Leadership in Energy and Environmental Design* (LEED) é um sistema de certificação global para edifícios com projetos sustentáveis e eficientes (GBC Brasil, 2020).

convencionais por lâmpadas com a tecnologia *Light Emitting Diode* (LED)¹⁰, que consome até 80% menos energia e possui maior durabilidade. Associado a isto, sensores de presença e de luminosidade natural podem ser aplicados em áreas de fluxo variável de passageiros, como sanitários e corredores, proporcionando economia sem comprometer a segurança e o conforto (Santos, 2015).

O avanço da *Internet of Things* (IoT)¹¹ e da Inteligência Artificial (IA) tem ampliado a possibilidade de gestão energética em tempo real. Sensores inteligentes podem medir temperatura, presença, umidade e iluminação ambiente, permitindo que os sistemas ajustem automaticamente o consumo de energia com base na ocupação e nas condições climáticas externas. Isso traz economia de energia e maior eficiência operacional, além de contribuir para a certificação ambiental dos terminais (MME; MDR; GIZ, 2022).

Além disso, a tecnologia permite a análise preditiva do consumo energético, prevendo picos de demanda e otimizando o uso dos sistemas de climatização e iluminação com base em dados históricos e condições futuras simuladas. Essa prática tem sido aplicada em aeroportos de grande porte, como o Aeroporto Internacional de Heathrow, em Londres, onde algoritmos de IA auxiliam na redução do consumo de energia em até 35%, sem comprometer o conforto dos passageiros (ACI, 2022).

Vale destacar também a importância da certificação energética de edificações, como o selo Procel Edifica no Brasil, que incentiva o desenvolvimento de projetos mais eficientes. Aeroportos que buscam essas certificações demonstram compromisso com a sustentabilidade e transparência em seus processos, além de atender a normas internacionais cada vez mais rígidas no setor da aviação (MME, 2024).

4.2.1 A Implementação de Sistemas Fotovoltaicos em Aeroportos

A implementação de energia solar em aeroportos está associada a uma transição global de fontes de energia, enquanto sua ampla disponibilidade e custo competitivo,

¹⁰*Light Emitting Diode* (LED) significa diodo emissor de luz, é um componente eletrônico capaz de emitir luz visível transformando a energia elétrica em energia luminosa (Helerbrock, 2025).

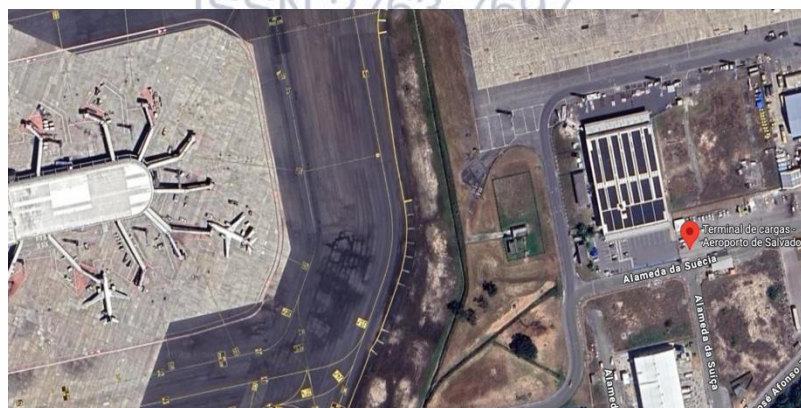
¹¹*Internet of Things* (IoT) a Internet das Coisas, teoria ou conjunto de técnicas relacionados a conexão (ABL, 2021).

tem se mostrado uma alternativa viável diante da crescente demanda de energia nas edificações. Segundo a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), o potencial do Brasil na produção de energia solar se enquadra em um dos maiores do mundo, entre Janeiro e Agosto de 2023 a expansão da capacidade da matriz elétrica foi de 7 *Gigawatts* (GW)¹², desse valor total cerca de 6,2GW tiveram origem em fontes solares e eólicas (ANEEL, 2023),

Os sistemas fotovoltaicos convertem a energia solar em eletricidade por meio de células semicondutoras que compõem os módulos solares. A energia gerada pode ser utilizada de forma direta ou injetada na rede elétrica conforme o modelo regulamentado pela ANEEL através da Resolução nº 482/2012 (Souza, 2025).

Os benefícios relacionados à implantação desses sistemas vão além da redução do consumo de energia elétrica convencional; um exemplo bem-sucedido do uso dessa tecnologia é o Aeroporto Internacional de Salvador na Bahia, que é administrado pela Vinci Airports, onde o Terminal de Cargas (TECA) concretizou sobre sua cobertura, no ano de 2023, um composto de 1.125 painéis solares com uma potência total de 370 *kilowatts* (kW)¹³ em uma área de aproximadamente 3240m², conforme pode ser analisado na figura 5 a seguir, que apresenta o TECA do Aeroporto de Salvador e mostra parcialmente o terminal de passageiros (Lima, 2024).

Figura 3 - Vista Aérea do Terminal de Cargas do Aeroporto Internacional de Salvador



Fonte: Google Maps, 2025.

¹² *Gigawatts* (GW) grandeza física que quantifica a potência dos sistemas. 1 GW equivale a mil milhões de watts (Gold Energy, 2025).

¹³ *Kilowatts* (KW) unidade de potência que equivale a 10³ watts (Portal Solar, 2025).

A tendência é que a energia solar se consolide como um componente estrutural das infraestruturas aeroportuárias modernas, contribuindo para o cumprimento das metas globais de sustentabilidade e eficiência. A Agenda 2030 da Organização das Nações Unidas, de 2015, reforça que o investimento em energia limpa deve ser exponencial para se alcançar o equilíbrio entre o desenvolvimento do setor e a preservação ambiental.

4.3 AS FORMAS DE UTILIZAÇÃO E REUTILIZAÇÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS

O uso racional da água em aeroportos é um assunto estratégico na sustentabilidade, especialmente considerando a escala de operação dessas infraestruturas e a quantidade de pessoas que circulam diariamente nesses ambientes. Os aeroportos modernos consomem grandes volumes de água para usos diversos, como banheiros, limpeza dos terminais, sistemas de ar-condicionado e irrigação de áreas verdes. Como no estudo de caso feito pela Infraero, no Aeroporto Internacional Tom Jobim, no Rio de Janeiro, que comprovou que, em 2009, o consumo do aeroporto era equivalente a uma cidade de 30.000 habitantes (Pizziato; Alves, 2010). A partir disso foram adotadas práticas de uso eficiente e reaproveitamento de água, tanto para a preservação ambiental quanto para a redução de custos operacionais.

Uma das práticas mais comuns em aeroportos é a instalação de sistemas de captação e aproveitamento da água da chuva. A água captada em coberturas e áreas pavimentadas, pode ser armazenada em reservatórios próprios e utilizada para fins não potáveis, como limpeza, irrigação e descarga sanitária. Essa estratégia tem sido adotada em diversos aeroportos brasileiros, como o Aeroporto Internacional de Confins, em Minas Gerais, onde o sistema permite o aproveitamento de milhares de litros de água por mês, reduzindo a dependência do abastecimento público (ANAC, 2022).

Além da captação da chuva, muitas instalações aeroportuárias também adotam sistemas de reuso de “águas cinzas”, isto é, águas provenientes de lavatórios, chuveiros e pias que, após tratamento, são reutilizadas em funções que não exigem água potável. Essa prática, combinada com tecnologias de filtragem e desinfecção, contribui significativamente para a economia de água, sobretudo em regiões com

escassez de recursos hídricos ou submetidas a regimes severos de seca (Martins; Vieira, 2021).

Outra frente de atuação é a instalação de dispositivos economizadores de água, como torneiras com temporizador, válvulas de descarga com duplo acionamento, arejadores e sensores de presença. Tais equipamentos são capazes de reduzir o consumo em até 50%, sem comprometer a funcionalidade dos banheiros e lavatórios, sendo recomendados por normas técnicas nacionais e internacionais (Westphal; Lima, 2012).

Além das estratégias tradicionais de captação e reuso, os aeroportos de grande porte têm adotado sistemas integrados de gestão hídrica, que utilizam sensores e softwares de monitoramento para identificar padrões de consumo, detectar vazamentos e otimizar o uso da água em tempo real. Essa tecnologia faz parte de uma abordagem mais ampla conhecida como *smart airports*¹⁴, onde a eficiência dos recursos naturais é controlada de forma automatizada (Flanigan, 2022).

Um exemplo internacional que se destaca é o Aeroporto Internacional de Changi, em Singapura, que mantém uma das políticas de uso racional da água mais avançadas do mundo. O aeroporto utiliza um sistema de tratamento terciário para reciclar as “águas cinzas” e de chuva, que são reaproveitadas em torres de resfriamento e sistemas sanitários. Além disso, a arquitetura do terminal incorpora soluções de design biofílico e drenagem sustentável, contribuindo para o controle de enchentes e a recarga do lençol freático (Changi Airport Group, 2021).

Outro exemplo que pode ser citado é o Aeroporto Internacional de Guarulhos, no Brasil, administrado pela concessionária GRU Airport, iniciativas da empresa fazem com que o complexo aeroportuário economize 78 milhões de litros de água por ano, com o uso de 100% das águas da chuva que caem sobre o terminal 3 do aeroporto, tornado o projeto autossuficiente (GRU Airport, 2025).

Sob o ponto de vista econômico, a reutilização da água apresenta excelente custo-benefício a médio e longo prazo, reduzindo as tarifas de abastecimento e esgoto e diminuindo os impactos de eventuais racionamentos. Estudos realizados em sistemas

¹⁴*Smart airports* conceito de aeroporto inteligente por funcionamento de forma automatizada (Flanigan, 2022).

prediais pelo país indicam que os investimentos em infraestrutura hídrica sustentável podem ser amortizados, dependendo do volume de consumo e das condições climáticas locais (PROSAB, 2009).

Em resumo, o uso eficiente e o reaproveitamento da água em aeroportos são fundamentais para se garantir a sustentabilidade ambiental e a resiliência hídrica dessas infraestruturas, além de representar um compromisso com as metas globais de desenvolvimento sustentável, como o Objetivo de Desenvolvimento Sustentável 6 (ODS6) da Agenda 2030 da ONU (IPEA, 2019).

4.4 A GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS

A gestão de resíduos sólidos em aeroportos é um desafio complexo devido à diversidade de atividades realizadas nos mesmos, desde o transporte de passageiros e cargas até o funcionamento de lojas, restaurantes e hotéis. Entre os principais tipos de resíduos encontrados nos aeroportos estão os resíduos orgânicos (alimentos), resíduos recicláveis (papel, plástico, vidro e metal), resíduos perigosos (pilhas, baterias, lâmpadas e óleos) e resíduos especiais, como os provenientes da manutenção de aeronaves e equipamentos. Essa diversidade exige separação na origem, coleta seletiva eficiente e um plano de gerenciamento que atenda às normas ambientais e sanitárias (Cendrette; Gonçalves, 2023).

A implantação de Planos de Gerenciamento de Resíduos Sólidos (PGRS) é importante para empreendimentos como aeroportos, que geram resíduos de forma significativa. Esses planos devem conter o diagnóstico dos resíduos gerados, metas de redução, ações de educação ambiental, destinação correta e acompanhamento dos resultados de acordo com Luciana Souza (2017) engenheira ambiental do Distrito Federal.

Além da separação e destinação dos resíduos comuns, os aeroportos também lidam com resíduos perigosos, como óleos lubrificantes, solventes, produtos de limpeza industrial, lâmpadas fluorescentes e resíduos biológicos gerados em aeronaves provenientes de voos internacionais. Esses materiais exigem tratamento e descarte

especiais, em conformidade com as normas da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) e do CONAMA (MMA, 2024).

A logística reversa também é uma prática crescente, especialmente em relação a embalagens, eletrônicos e pilhas. Por meio de parcerias com fabricantes e empresas especializadas, os aeroportos podem facilitar o retorno de produtos descartados ao ciclo produtivo. Isso está de acordo com os princípios da economia circular, promovendo a valorização de materiais e a minimização de resíduos destinados a aterros sanitários (MMA, 2024).

Outra estratégia recente que está sendo adotada em terminais sustentáveis é a compostagem de resíduos orgânicos. Por exemplo, no Aeroporto Internacional de São Francisco, nos Estados Unidos, os restos alimentares gerados por lanchonetes e restaurantes são separados na origem e enviados para centros de compostagem, gerando adubo orgânico que pode ser utilizado em áreas verdes do próprio aeroporto. Essa medida reduz a emissão de gases de efeito estufa e o volume total de resíduos enviados para aterros (SFO Airport, 2023).

A automação e a digitalização da gestão de resíduos também têm se destacado como ferramentas eficazes. Sistemas informatizados permitem o controle em tempo real da quantidade de resíduos gerados, facilitando a rastreabilidade desde a coleta até a destinação final. Essa técnica melhora a eficiência do processo e favorece a transparência, configurando-se como um diferencial para aeroportos que buscam certificações ambientais, de acordo com a ISO 14001 – uma norma internacional que integra os Sistemas de Gestão Ambientais (SGA) (Furniel, 2025).

No Brasil, o Aeroporto Internacional de Salvador também se destaca neste quesito e se tornou o primeiro aeroporto do país a reaproveitar 100% dos seus resíduos gerados; os investimentos atestam o compromisso da administradora do aeroporto com a sustentabilidade. A certificação *Airport Carbon Accreditation*(ACA)¹⁵, concedida pela organização *Airport Council International* (ACI)¹⁶, entregou ao aeroporto a Certificação Nível 1 no primeiro ano de operação e Nível 2, por reduzir 6,12% da emissão de

¹⁵ *Airport Carbon Accreditation* (ACA) Certificação de Carbono Aeroportuário.

¹⁶ *Airport Council International* (ACI) Conselho Aeroportuário Internacional.

carbono no final de 2019; atualmente este aeroporto possui a Certificação 4+ como pode ser observado na figura 6 a seguir. (Vinci Airports, 2020; ACA, 2025).

Dessa forma, a gestão de resíduos sólidos em aeroportos é uma atividade com diversas frentes, incluindo infraestrutura adequada, tecnologia, educação ambiental e compromisso com políticas públicas e legislações ambientais. Quando bem executada, contribui significativamente para a sustentabilidade da aviação civil e para o cumprimento das metas ambientais globais.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A pesquisa feita permitiu compreender a importância da sustentabilidade aplicada à infraestrutura aeroportuária, destacando como o setor aéreo vem se adaptando às novas exigências ambientais. A partir de uma revisão bibliográfica e documental, foi observado que os aeroportos evoluíram de estruturas apenas funcionais para ambientes que buscam equilibrar eficiência operacional, conforto aos usuários e responsabilidade com o meio ambiente. Essa transformação é resultado de um movimento global voltado à redução dos impactos ambientais e à adoção de práticas sustentáveis, capazes de contribuir para a longevidade do sistema de transportes aéreos.

Foi observado que a adaptação nos aeroportos brasileiros ainda é um desafio, as estruturas antigas precisam ser corrigidas para as novas demandas. A modernização desses espaços exige planejamento, investimento e integração entre engenharia, arquitetura e gestão ambiental. Iniciativas como a implementação de sistemas fotovoltaicos, tecnologias de automação predial, uso racional dos recursos hídricos e gestão adequada dos resíduos sólidos demonstram que é possível conciliar crescimento econômico e preservação ambiental.

Outro ponto importante destacado foi o papel das políticas públicas e legislações nacionais e internacionais, que se tornaram pilares para a implementação das práticas sustentáveis. Leis como a Política Nacional do Meio Ambiente (Lei nº 6.938/1981), a Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei nº 12.305/2010) e a Política Nacional de Eficiência Energética (Lei nº 10.295/2001), além de compromissos firmados no Acordo

de Paris e em programas como o CORSIA, representam avanços significativos na consolidação de uma aviação responsável.

No campo arquitetônico, os projetos modernos de terminais demonstram que a estética e a funcionalidade podem coexistir com a eficiência ambiental. A adoção de conceitos biofílicos, o aproveitamento da luz natural, a ventilação cruzada e o uso de matérias de baixo impacto transformam os aeroportos em espaços mais agradáveis, eficientes e menos dependentes de recursos que não são renováveis.

Assim, o estudo evidenciou que a sustentabilidade não é apenas uma tendência, mas uma necessidade estratégica para o futuro da aviação. As práticas sustentáveis se tornam fatores de competitividade e de credibilidade institucional, refletindo positivamente na imagem das administrações aeroportuárias e no compromisso junto a sociedade.

A atuação conjunta das organizações e associações internacionais como a ACI, ICAO, IATA e ONU, de órgãos reguladores do Brasil como ANAC, DECEA, IBAMA, e dos ministérios como MPor, MMA e MME é de total importância para que as diretrizes sejam aplicadas e fiscalizadas, e para que o Brasil mantenha-se alinhado às metas globais de desenvolvimento sustentável.

Por fim, este trabalho reforça que o caminho para a sustentabilidade em aeroportos requer uma postura contínua de inovação, planejamento e conscientização. Somente com essa visão conjunta será possível assegurar que as gerações futuras possam aproveitar uma aviação moderna, segura e ambientalmente equilibrada.

REFERÊNCIAS

Academia Brasileira de Letras (ABL). “**Internet das Coisas**”. 2021. Disponível em: <https://www.academia.org.br/nossa-lingua/nova-palavra/internet-das-coisas>. Acesso em: 04 nov. 2025.

AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL (ANAC). **Aeroportos sustentáveis 2019**. 2019a. Disponível em: <https://www.gov.br/anac/pt-br/assuntos/meio-ambiente/aeroportos-sustentaveis>. Acesso em: 10 mar. 2025.

AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL (ANAC). **Aeroportos Sustentáveis 2022**. 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/anac/pt-br/assuntos/meio-ambiente/aeroportos-sustentaveis/aeroportos-sustentaveis-2022>. Acesso em: 18 abril. 2025.

AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL (ANAC). **Conexão SAF**. 2024. Disponível em: <https://hotsites.anac.gov.br/conexaosaf/>. Acesso em: 04 nov. 2025.

AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL (ANAC). **CORSIA**. 2019b. Disponível em: <https://www.gov.br/anac/pt-br/assuntos/meio-ambiente/corsia>. Acesso em: 04 nov. 2025.

AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL (ANAC). **Plano Básico de Zoneamento de Ruído (PBZR)**. 2018. Disponível em: <https://www.gov.br/anac/pt-br/assuntos/regulados/aeroportos-e-aerodromos/ruido-aeronautico/arquivos/GuiaOrientativoPlanoBsicodeZoneamentodeRudoPBZRVersofinal.pdf>. Acesso em: 20 out. 2025.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEEL). **Matriz elétrica brasileira cresce mais de 1,2 GW em agosto**. 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/aneel/pt-br/assuntos/noticias/2023/matriz-eletrica-brasileira-cresce-mais-de-1-2-gw-em-agosto>. Acesso em: 03 nov. 2025.

AIRPORT CARBON ACCREDITATION (ACA). **Airport Carbon Accreditation**: the only institutionally endorsed, global carbon management certification programme for airports. 2025. Disponível em: <https://www.airportcarbonaccreditation.org>. Acesso em: 05 nov. 2025.

AIRPORTS COUNCIL INTERNATIONAL (ACI). **Smart Energy Management in Airports**: Case Studies and Strategies. 2022. Disponível em: <https://blog.aci.aero/airport-it/the-acceleration-of-digital-transformation-in-airports>. Acesso em: 10 de abril. 2025.

BRASIL. Lei n.º 6.938, de 31 de agosto de 1981. Política Nacional do Meio Ambiente. **Diário Oficial da União**. 1981. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil/03/leis/l6938.htm>. Acesso em: 04 nov. 2025.

BRASIL. Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos. **Diário Oficial da União**. 1997. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9433.htm. Acesso em: 13 out. 2025.

CENDRETTE, I. J.; GONÇALVES, M. Gestão de resíduos do serviço de bordo para redução do impacto ambiental: revisão sistemática da literatura. **Revista Brasileira de Gestão Ambiental e Sustentabilidade**, São Paulo, v. 10, n. 24, p. 233–246, 2023. Disponível em: <http://revista.ecogestaobrasil.net/v10n24/v10n24a16a.html>. Acesso em: 05 maio. 2025.

CHANGI AIRPORT GROUP. **Water Sustainability and Circular Use Report**. 2021. Disponível em: <https://www.changiairport.com/content/dam/changiairport/common/pdf/publications/2021/CAG%20SUSTAINABILITY%20REPORT%202021.pdf>. Acesso em: 23 abr. 2025

GUITARRARA, P. **Conferência de Estocolmo**. Brasil Escola. 2022a. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/geografia/estocolmo-72.htm>. Acesso em 10 de abr. de 2025.

GUITARRARA, P. **ECO-92**. Brasil Escola. 2022b. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/geografia/eco-92.htm>. Acesso em: 12 abr. 2025.

HELERBROCK, R. “**O que é LED?**”; Brasil Escola. 2025. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/o-que-e/fisica/o-que-e-led.htm>. Acesso em 03 nov. de 2025.

INSTITUTO BRASILEIRO DE AVIAÇÃO (IBRA). **Ações sustentáveis em aeroportos reduzem danos ao meio ambiente**. 2016. Disponível em: <https://institutoaviacao.org/noticias/infraestrutura/acoes-sustentaveis-em-aeroportos-reduzem-danos-ao-meio-ambiente/>. Acesso em: 14 mar. 2025.

INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS (IBAMA). “**SOBRE O IBAMA**”. 1989. Disponível em <https://www.gov.br/ibama/pt-br/aceso-a-informacao/institucional/sobre-o-ibama>. Acesso em: 11 out. 2025.

INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA (IPEA). **ODS 6 – Água potável e saneamento**. 2019. Disponível em: <https://www.ipea.gov.br/ods/ods6.html>. Acesso em: 20 abr. 2025.

INTERNATIONAL AIR TRANSPORT ASSOCIATION (IATA). **Fly net zero**: commitment of airlines to achieve net-zero CO₂ emissions by 2050. 2021. Disponível em: <https://www.iata.org/en/programs/sustainability/flynetzero/>. Acesso em: 04 nov. 2025.

INTERNATIONAL CIVIL AVIATION ORGANIZATION (ICAO). **Carbon Offsetting and Reduction Scheme for International Aviation (CORSIA)**. 2019 Disponível em: <https://www.icao.int/CORSIA>. Acesso em: 04 nov. 2025.

INTERNATIONAL CIVIL AVIATION ORGANIZATION (ICAO). **Innovation and Technology in Airport Sustainability**. 2023. Disponível em: <https://www.icao.int/environmental-protection/Documents/Innovation%20and%20Technology%20in%20Airport%20Sustainability%20-%202023.pdf>. Acesso em: 11 mar. 2025.

INTERNATIONAL CIVIL AVIATION ORGANIZATION (ICAO). **CORSIA**. 2025. Montréal: ICAO, 2025. Disponível em: https://www.icao.int/sites/default/files/environmental-protection/CORSIA/Newsletter/CORSIAnewsletter_Aug-2025_v3.pdf. Acesso em: 10 out. 2025.

ISNARD, C. P.; OKIMOTO, F. S. Biofilia na construção civil de edifícios: conceitos, aplicações e perspectivas. **Periódico Técnico e Científico Cidades Verdes**, [S. l.], v. 12, n. 35, 2024. DOI:10.17271/23178604123520245094. Disponível

em:https://publicacoes.amigosdanatureza.org.br/index.php/cidades_verdes/article/view/5094. Acesso em: 11 abr. 2025.

LIMA, R. **Aeroporto de Salvador implanta sistema solar sustentável no TECA**. Revista O Empreiteiro. 2024. Disponível em: <https://revistaoe.com.br/aeroporto-salvador-sistema-solar-teca/>. Acesso em: 10 nov. 2025.

MARTINS, A.; VIEIRA, B. Reúso de águas cinzas em edificações: técnicas, benefícios e aplicações. **Revista Gestão e Tecnologia Ambiental**, v. 9, n. 2. 2021. Disponível em: <https://periodicos.ufba.br/index.php/gesta/issue/view/2220>. Acesso em: 18 abr. 2025.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA (MME). **Eficiência energética em edifícios: um importante vetor de desenvolvimento**. 2024. Disponível em: <https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/noticias/eficiencia-energetica-em-edificios-um-importante-vetor-de-desenvolvimento>. Acesso em: 16 abr. 2025.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA (MME). Lei nº 10.295, de 17 de outubro de 2001. **Dispõe sobre a Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia e dá outras providências**. 2001. Disponível em: <https://www.gov.br/mme/pt-br/acesso-a-informacao/legislacao/leis/lei-n-10-295-2001.pdf>. Acesso em: 10 nov. 2025.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA (MME). **Programa de Desenvolvimento da Geração Distribuída de Energia Elétrica – ProGD**. Secretaria de Energia Elétrica | Departamento de Gestão do Setor Elétrico, Brasília, 2011. Disponível em: <https://www.gov.br/mme/pt-br/arquivos/document-0-896106613761072.pdf>. Acesso em: 10 out. 2025.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA; MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO REGIONAL; DEUTSCHE GESELLSCHAFT FÜR INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT (GIZ). **Relatório Preliminar: Digitalização e Eficiência Energética no Setor de Edificações no Brasil**. MME; MDR; GIZ. 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/noticias/mme-realiza-lancamento-de-estudo-voltado-para-o-setor-de-edificacoes/relatorio-preliminar-diagramado-v4.pdf>. Acesso em: 07 abr. 2025.

MINISTÉRIO DE PORTOS E AEROPORTOS (MPor). **Plano Aeroviário Nacional (PAN2018–2038)**, 2018. Disponível em: https://www.gov.br/portos-e-aeroportos/pt-br/centrais-de-conteudo/pan2018_ebook.pdf. Acesso em: 13 mar. 2025.

MINISTÉRIO DE PORTOS E AEROPORTOS (MPor). **Programa Federal de Auxílio a Aeroportos (PROFAA)**. 2018 Disponível em: <https://www.gov.br/portos-e-aeroportos/pt-br/assuntos/transporte-aereo/arquivos/convenios-profaa>. Acesso em: 15 out. 2025.

MINISTÉRIO DE PORTOS E AEROPORTOS (MPor). **Sustentabilidade**. 2025. Disponível em: <https://www.gov.br/portos-e-aeroportos/pt-br/sustentabilidade>. Acesso em: 10 abr. 2025.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (MMA). **Política Nacional dos Resíduos Sólidos**, 2010. Disponível em: <https://antigo.mma.gov.br/cidades-sustentaveis/residuos-solidos/politica-nacional-de-residuos-solidos.html#:~:text=Institui%20a%20responsabilidade%20compartilhada%20dos,%2Dconsumo%20e%20pós%2Dconsumo>. Acesso em: 05 maio 2025.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE(MMA). **Logística Reversa**. 2024 Disponível em: <https://www.gov.br/mma/pt-br/assuntos/meio-ambiente-urbano-recursos-hidricos-qualidade-ambiental/logistica-reversa>. Acesso em: 20 maio 2025.

MRV&CO **ODS 11**: conheça os objetivos da ONU para as cidades. Habitability, 11 jan. 2023. Disponível em: <https://habitability.com.br/ods-11-conheca-o-objetivo-da-onu-para-as-cidades/>. Acesso em: 25 nov. 2025

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS (ONU). **Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS)**. 2025. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/sdgs>. Acesso em: 20 out. de 2025.

PIZZATTO, M.; ALVE, N. **Gestão sustentável dos recursos hídricos no Aeroporto Internacional do Rio de Janeiro – Galeão**. Revista Meio Filtrante, Edição nº 45, jul. /ago. 2010. Disponível em: <https://www.meiofiltrante.com.br/Artigo/782/gestao-sustentavel-dos-recursos-hidricos-no-aeroporto-internacional-do-rio-de-janeiro-galeao>. Acesso em: 18 abr. 2025.

PORTAL SOLAR. **KW e kWh – qual é a diferença**. 2025. Disponível em: <https://www.portalsolar.com.br/kw-e-kwh-qual-e-a-diferenca>. Acesso em: 25 nov. 2025.

PROSAB. **Programa de Pesquisa em Saneamento Básico 5**. 2009. Disponível em: http://www.finep.gov.br/images/apoio-e-financiamento/historico-de-programas/prosab/prosab5_tema_5.pdf. Acesso em: 15 maio 2025.

SACHS, I. **Caminhos para o desenvolvimento sustentável**. Rio de Janeiro: Garamond, 2002. 288p.

SAN FRANCISCO INTERNATIONAL AIRPORT (SFO). **SFO Achieves Airport-Wide LEED Platinum Certification, First in the World**. 2022. Disponível em: <https://www.flysfo.com/about/media/press-releases/sfo-achieves-airport-wide-leed-platinum-certification-first-world>. Acesso em: 20 mar. 2025.

SAN FRANCISCO INTERNATIONAL AIRPORT (SFO). **Zero Wasteplan SFO**, 2023. Disponível em: https://sustainability.flysfo.com/wp-content/uploads/2023/06/13259_Zero_Waste_Roadmap.pdf. Acesso em: 10 maio 2025.

SANTOS, T. **Análise da eficiência energética, ambiental e econômica entre lâmpadas de LED e convencionais**. 2015. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/esa/a/gZgg9y4kV5RrgK8Mv6J9YNh/abstract/?lang=pt>. Acesso em: 03 abr. 2025.

SIGNIFICADOS. **Layout:** o que é, tipos, exemplos. 2025. Disponível em: <https://www.significados.com.br/layout/>. Acesso em: 04 nov. 2025.

SOUSA, R. "**Energia Solar**"; Brasil Escola. 2025. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/geografia/energia-solar.htm>. Acesso em 03 nov. 2025.

SOUZA, L. O. **Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos – PGRS**, 2017. Disponível em: https://repositorio.enap.gov.br/bitstream/1/4923/1/PGRS_ENAP_R2.pdf. Acesso em 06 maio 2025.

STOUHI, D. **Os benefícios da biofilia para a arquitetura e os espaços interiores**.2022. ArchDaily Brasil. Disponível em:<https://www.archdaily.com.br/br/927908/os-beneficios-da-biofilia-para-a-arquitetura-e-os-espacos-interiores>. Acesso em: 1 de jun. 2025.

UNITED NATIONS FRAMEWORK CONVENTION ON CLIMATE CHANGE (UNFCCC). **The Paris Agreement**. 2015. Disponível em: <https://unfccc.int/process-and-meetings/the-paris-agreement>. Acesso em: 04 nov. 2025.

VINCI AIRPORTS. Aeroporto de Salvador – Deputado Luís Eduardo Magalhães. "**Sustainability**". 2020 Disponível em: <https://www.salvador-airport.com.br/en/node/612?id=lj>. Acesso em: 10. nov. 2025.

WESTPHAL, F. S.; LIMA, A. B. **Certificação LEED:Eficiência no Uso da Água (WE)**. 2012 Universidade Federal de Santa Catarina. Disponível em: https://arq5658.paginas.ufsc.br/files/2012/03/a4_LEED_WE.pdf. Acesso em: 20 abr. 2025.

WORLD COMMISSION ON ENVIRONMENT AND DEVELOPMENT (WCED). **Our Common Future:** report of the World Commission on Environment and Development. United Nations, 1987. Disponível em: <https://www.are.admin.ch/are/en/home/media/publications/sustainable-development/brundtland-report.html>. Acesso em: 10 de out. 2025.