



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PERNAMBUCO
CENTRO DE TECNOLOGIAS E GEOCIÊNCIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

HÉLIO DA SILVA QUEIROZ JÚNIOR

**AVALIAÇÃO MULTIDIMENSIONAL DA EFICIÊNCIA AEROPORTUÁRIA:
COMPARAÇÃO ENTRE A GOVERNANÇA PÚBLICA E PRIVADA**

Recife

2025

HÉLIO DA SILVA QUEIROZ JÚNIOR

**AVALIAÇÃO MULTIDIMENSIONAL DA EFICIÊNCIA AEROPORTUÁRIA:
COMPARAÇÃO ENTRE A GOVERNANÇA PÚBLICA E PRIVADA**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil do Centro de Tecnologia e Geociências da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito para a obtenção do título de Doutor em Engenharia Civil.

Área de Concentração: Transportes e Gestão das Infraestruturas Urbanas.

Orientadora: Prof.^a. Dr.^a. Viviane Adriano Falcão

Coorientador: Prof. Dr. Francisco Gildemir Ferreira da Silva

Recife

2025

.Catalogação de Publicação na Fonte. UFPE - Biblioteca Central

Queiroz Júnior, Hélio da Silva.

Avaliação multidimensional da eficiência aeroportuária:
comparação entre a governança pública e privada / Hélio da Silva
Queiroz Júnior. - Recife, 2025.

223f.: il.

Tese (Doutorado)- Universidade Federal de Pernambuco, Centro
de Tecnologia e Geociências, Programa de Pós-Graduação em
Engenharia Civil, 2025.

Orientação: Viviane Adriano Falcão.

Coorientação: Francisco Gildemir Ferreira da Silva.

1. Eficiência aeroportuária; 2. Concessões; 3. Governança; 4.
DEA; 5. Sustentabilidade. I. Falcão, Viviane Adriano. II. Silva,
Francisco Gildemir Ferreira da. III. Título.

UFPE-Biblioteca Central

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

This study was financed in part by the Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Finance Code 001.

HÉLIO DA SILVA QUEIROZ JÚNIOR

**AVALIAÇÃO MULTIDIMENSIONAL DA EFICIÊNCIA AEROPORTUÁRIA:
COMPARAÇÃO ENTRE A GOVERNANÇA PÚBLICA E PRIVADA**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil do Centro de Tecnologia e Geociências da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito para a obtenção do título de Doutor em Engenharia Civil.

Aprovado em 17/12/2025.

Orientadora: Prof.^a. Dr.^a. Viviane Adriano Falcão

Coorientador: Prof. Dr. Francisco Gildemir Ferreira da Silva

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Anísio Brasileiro de Freitas
Universidade Federal de Pernambuco – PPGECC (Presidente)

Prof.^a. Dr.^a. Teresa Galvão Dias
Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto (DEGI-FEUP/Portugal)

Prof.^a. Dr.^a. Rogéria de Arantes Gomes
Instituto Tecnológico de Aeronáutica – ITA

Prof.^a. Dr.^a. Izabelle Marie Trindade Bezerra
Universidade Federal de Campina Grande – UAEC

Prof. Dr. Jorge Ubirajara Pedreira Júnior
Universidade Federal da Bahia – PPEC/DETG

RESUMO

Nas últimas décadas, o setor aeroportuário brasileiro passou por uma profunda reestruturação com a adoção de modelos de concessão à iniciativa privada, buscando maior eficiência, qualidade de serviço e sustentabilidade. No entanto, ainda existem lacunas quanto aos efeitos reais dessas mudanças sobre o desempenho dos aeroportos. Desta forma, esta tese analisa como diferentes regimes de governança, pública e privada, influenciam a eficiência aeroportuária em quatro dimensões: operacional bruta (sem efeitos externos ou latentes a operação aeroportuária), privada (com os agentes aeroportuário e de companhias pertencentes ao processo sendo privados), social e socioambiental. Para tanto, foi realizada uma análise empírica dos 30 maiores aeroportos do Brasil em movimentação de passageiros entre os anos 2000 e 2024, utilizando modelos da Análise Envoltória de Dados (DEA) e Network DEA em dois estágios, com a inclusão de indicadores de desempenho indesejados. Com isso, os resultados revelam que aeroportos sob gestão privada tendem a apresentar melhores índices de eficiência, especialmente os aeroportos pertencentes às rodadas mais recentes de concessão e entre os aeroportos de maior porte. Contudo, os efeitos são heterogêneos entre as dimensões analisadas, indicando que ganhos operacionais nem sempre se traduzem em benefícios de conectividade e ambientais, latentes à questão social integradora do setor aéreo. Isso se deve, em parte, à ausência de metas socioambientais claras nas primeiras rodadas de concessão e à baixa exigência regulatória em termos de conectividade e sustentabilidade, o que limita a conversão de eficiência técnica em ganhos sociais mais amplos. Portanto, conclui-se que a governança privada pode favorecer a eficiência aeroportuária, desde que acompanhada por exigências regulatórias claras e mecanismos de controle efetivos, especialmente quando essas normas incorporam metas de desempenho socioambiental, indicadores mensuráveis e sanções em caso de descumprimento, como observado nas rodadas mais recentes de concessão. Assim esta pesquisa contribui com subsídios para o aprimoramento de políticas públicas, dos contratos de concessão e modelos regulatórios, ao oferecer uma avaliação integrada e longitudinal do cenário aéreo em contextos de transformação institucional.

Palavras-chave: Eficiência aeroportuária; concessões; governança, DEA; sustentabilidade.

ABSTRACT

Over the past decades, the Brazilian airport sector has seen significant restructuring through private concessions, driven by goals of efficiency, service quality, and sustainability. However, the actual impact of these changes on airport performance remains underexplored. This thesis investigates how public and private governance models affect airport efficiency across four dimensions: gross operational (excluding external/latent effects), private (involving private airport and airline agents), social, and socio environmental. An empirical analysis was performed on Brazil's 30 busiest airports (2000-2024) using Data Envelopment Analysis (DEA) and two-stage Network DEA, incorporating undesirable indicators. Findings show that private management leads to higher efficiency, particularly in airports from recent concession rounds and larger facilities. However, these effects vary by dimension; operational gains don't consistently translate into connectivity or environmental benefits. This discrepancy is partly attributed to a lack of explicit socio-environmental targets in earlier concessions and weak regulatory demands for connectivity and sustainability, hindering the conversion of technical efficiency into broader social gains. We conclude that private governance can enhance airport efficiency, but only with clear regulatory frameworks, effective oversight, and the inclusion of measurable socio-environmental performance targets and penalties, as seen in recent concessions. This research thus informs the refinement of public policies, concession agreements, and regulatory models by providing a comprehensive, longitudinal assessment of the air sector amidst institutional change.

Keywords: Airport efficiency; concessions; governance; DEA; sustainability.

A todos aqueles que ousaram caminhar fora dos seus limites.

AGRADECIMENTOS

Agradeço, antes de tudo, ao meu marido, Lucas Lima, meu melhor amigo e amor da minha vida. Sua presença constante, seu apoio incondicional e sua capacidade única de me fortalecer nos momentos mais desafiadores tornaram esta jornada possível. Obrigado por compartilhar comigo cada etapa deste caminho, com paciência, cuidado e companheirismo.

Aos meus filhos, Pepper e Onni, cuja energia, alegria e sensibilidade iluminaram os dias mais longos. Cada gesto de carinho foram lembretes do porquê vale a pena persistir.

À minha mãe, Érica Borba, exemplo de força, generosidade e resistência. Mãe sua trajetória e sua postura diante da vida sempre foram para mim inspiração e norte. Carrego comigo seus ensinamentos sobre perdão e a certeza do seu amor.

Aos meus irmãos, Vinícius e Eduardo, pela parceria, pelos diálogos, pelas risadas e pelo apoio silencioso que sempre se fez presente.

Aos meus queridos amigos Ana Beatriz e Alan, que acompanharam de perto esse processo, acolhendo minhas inquietações e celebrando comigo cada avanço. A amizade de vocês foi âncora e abrigo.

À minha querida e eterna professora Izabelle Marie, por sua sensibilidade, rigor e atenção generosa. E aos meus queridos tutores de tese e de vida, Vivi e Gil, por acreditarem em mim, neste projeto, por compartilharem comigo conhecimento, confiança e entusiasmo. A orientação de vocês não apenas enriqueceu esta tese, mas também contribuiu profundamente para minha formação enquanto pesquisador e ser humano.

A todos vocês, meus agradecimentos mais sinceros.

"A persistência é o caminho do êxito."

Charles Chaplin

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Desenvolvimento das tendências de estudos de concessões aeroportuárias.	29
Figura 2: Evolução dos contratos de concessão de aeroportos brasileiros.	41
Figura 3: Movimentação de passageiros no Aeroporto de Viracopos (milhares de passageiros).	46
Figura 4: Relação entre <i>inputs</i> e <i>outputs</i> aplicados a análise de eficiência do setor aéreo, emprego do DEA.....	63
Figura 5: Fluxograma dos processos metodológicos, modelo baseado na ISO 5807 ANSI. ...	65
Figura 6: Top 30 Aeroportos do Brasil por Passageiros (2024). Barras independentes por rodada de concessão.	66
Figura 7: Governança dos Aeroportos brasileiros analisados (2000-2023).	68
Figura 8: Modelo A: Dimensão Operacional Bruta.....	74
Figura 9: Modelo B: Dimensão Operacional do Setor Aéreo.	79
Figura 10: Modelo C: Dimensão Social Integrada (Network DEA).	80
Figura 11: Análise das Eficiências do Network DEA em dois estágios proposta por Wanke (2013).	84
Figura 12: Modelo D: Dimensão Socioambiental	88
Figura 13: Variação anual média da infraestrutura e o consequente desempenho operacional médio do grupo de aeroportos pertencentes à mesma rodada de concessão.	94
Figura 14: Distribuição proporcional dos aeroportos por classe operacional ao longo do período de 2000 a 2024, conforme a classificação proposta por Domingos et al. (2025). 98	
Figura 15: Resultados de eficiência do Modelo A (Dimensão Operacional Bruta). Variação ao longo do tempo por rodada de concessão, valores individuais e médios.	101
Figura 16: Evolução da Eficiência Média por Rodada de Concessão (Modelo A).	102
Figura 17: Resultados de eficiência de escala do Modelo A (Dimensão Operacional Bruta). Variação ao longo do tempo por rodada de concessão, valores individuais e médios....	103
Figura 18: Evolução da Eficiência Média por Rodada de Concessão (Modelo B).	106
Figura 19: Distribuição dos aeroportos brasileiros por rodada de concessão nos quadrantes de eficiência dos Modelos DEA A e B (2000–2024).	107
Figura 20: Eficiência do Estágio 1 por rodada de concessão, análise por tendência da média por rodada e individual por aeroporto.	109
Figura 21: Eficiência do Estágio 2 por rodada de concessão, análise por tendência da média por rodada e individual por aeroporto.	112

Figura 22: Eficiência Global por rodada de concessão, análise por tendência da média por rodada e individual por aeroporto.	113
Figura 23: Eficiência de Escala por rodada de concessão, análise por tendência da média por rodada e individual por aeroporto.	114
Figura 24: Análise temporal da influência do benchmark dos aeroportos e da composição de sua governança.	116
Figura 25: Variação Temporal do Índice de Malmquist (MI) nos Aeroportos Brasileiros por Rodada de Concessão: Antes e Depois da Transferência de Governança.	117
Figura 26: Variação Temporal da Mudança de Eficiência Técnica (EC) nos Aeroportos Brasileiros por Rodada de Concessão: Antes e Depois da Transferência de Governança.	118
Figura 27: Variação Temporal das Mudanças Tecnológicas (TC) nos Aeroportos Brasileiros por Rodada de Concessão: Antes e Depois da Transferência de Governança.	119
Figura 28: Eficiência do Estágio 1 por rodada de concessão, análise por tendência da média por rodada e individual por aeroporto para o recorte temporal 2018-2023.	120
Figura 29: Eficiência do Estágio 2 por rodada de concessão, análise por tendência da média por rodada e individual por aeroporto para o recorte temporal 2018-2023.	121
Figura 30: Eficiência de Escala por rodada de concessão, análise por tendência da média por rodada e individual por aeroporto para o recorte temporal 2018-2023.	122
Figura 31: Distribuição Cartesiana dos Scores de Eficiência dos Estágios 1 (Conectividade Social) e 2 (Eficiência Produtiva) por Classe de Aeroporto.	134
Figura 32: Distribuição Cartesiana dos Scores de Eficiência dos Estágios 1 (Conectividade Social) e 2 (Eficiência Produtiva) por Rodada de Concessão dos Aeroportos.	136

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Resumo das Hipóteses do Estudo.....	24
Tabela 2: Resumo dos contratos de concessão de aeroportos na América Latina.	34
Tabela 3: Investimentos públicos em Infraestrutura para a Copa do Mundo FIFA 2014 (em milhões de R\$).	42
Tabela 4: Resumo das últimas rodadas de concessão (5ª à 7ª rodadas).	43
Tabela 5: Resumo dos estudos de eficiência do setor aéreo, aplicações do DEA e as relações input e output empregadas.....	58
Tabela 6: Classificação dos aeroportos por processamento de passageiros.	69
Tabela 7: Variáveis selecionadas para a análise das eficiências dos aeroportos brasileiros. ...	69
Tabela 9: Estatísticas das variáveis selecionadas, análise por grupo de aeroportos pertencentes a cada rodada de concessão.	92
Tabela 9: Resumo dos modelos analisados.	100
Tabela 10: Resumo dos Retornos de Escala por rodada - Modelo A.	104
Tabela 12: Resumo dos resultados do Network DEA em dois estágios (Médias por aeroporto e por rodadas).....	110
Tabela 13: Resumo dos Retornos de Escala por rodada - Modelo B.	126

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AENA – *Aeropuertos Españoles y Navegación Aérea*

AGU – Advocacia-Geral da União

ANAC – Agência Nacional de Aviação Civil

ASK – *Available Seat Kilometers* (Assentos-quilômetro oferecidos)

ATK – *Available Tonne Kilometers* (Toneladas-quilômetro ofertadas).

BCC – Banker, Charnes e Cooper (modelo DEA com retornos variáveis de escala)

BOT – *Build-Operate-Transfer* (Construir-Operar-Transferir)

CCR – Cooper, Charnes e Rodes (modelo DEA com retornos constantes de escala)

CNS – Conselho Nacional de Secretários de Transportes

CRS – Constant Returns to Scale (Retornos Constantes de Escala – base do modelo CCR).

DEA – *Data Envelopment Analysis* (Análise Envoltória de Dados)

DMU – Decision Making Unit (Unidade Tomadora de Decisão).

EC – Efficiency Change (Variação de Eficiência Técnica).

ICAO – International Civil Aviation Organization (referente aos códigos de identificação dos aeroportos como SBGR, SBKP, etc.).

INFRAERO – Empresa Brasileira de Infraestrutura Aeroportuária

MAS – *Multiple Airport System* (Sistema de Múltiplos Aeroportos)

MI – Malmquist Index (Índice de Malmquist).

MMA – Ministério do Meio Ambiente

PAX – Passageiros.

PCA – Principal Component Analysis (Análise de Componentes Principais).

PEA – Plano de Exploração Aeroportuária

PGI – Plano de Gestão da Infraestrutura

PIB – Produto Interno Bruto

PMI – Procedimento de Manifestação de Interesse

PND – Programa Nacional de Desestatização

PPD – Pista de Pouso e Decolagem.

PPP – Parceria Público-Privada

PTF – Produtividade Total de Fatores.

RPK – Revenue Passenger Kilometers (Passageiros-quilômetro pagos).

RTK – Revenue Tonne Kilometers (Toneladas-quilômetro rentáveis).

RTS – Returns to Scale (Retornos de Escala).

SBM – Slacks-Based Measure (Medida Baseada em Folgas).

TC – Technological Change (Mudança Tecnológica).

TPS – Terminal de Passageiros

VRS – Variable Returns to Scale (Retornos Variáveis de Escala – base do modelo BCC).

WLU – Work Load Unit (Unidade de Carga de Trabalho – $PAX + Carga/100$).

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	17
1.1.	Contexto e Motivações da pesquisa	19
1.2.	Justificativa de Pesquisa e determinação do objeto de estudo: O Setor Aeroportuário Brasileiro	22
1.3.	Hipóteses de pesquisa.....	24
1.4.	Objetivos	25
1.4.1.	<i>Objetivo Geral.....</i>	25
1.4.2.	<i>Objetivos Específicos</i>	25
2.	EVOLUÇÃO DOS MODELOS DE CONCESSÕES AEROPORTUÁRIAS	27
2.1.	A Ótica dos Estudos: A Evolução das Pesquisas sobre Concessões Aeroportuárias	28
2.2.	A Ótica dos Contratos: Similaridades e Transformações nas Concessões Aeroportuárias	32
2.2.1.	<i>Modelos de Contrato de Concessão de Aeroportos em países Latino-Americanos</i>	32
2.2.2.	<i>Evolução dos Contratos de Concessão de Aeroportos do Brasil.....</i>	38
3.	MODELOS DE CONCESSÃO E AS DIMENSÕES DE EFICIÊNCIA.....	48
3.1.	A Eficiência Aeroportuária e os Impactos das Mudanças de Governança..	48
3.2.	Estudos de Eficiência do Setor Aéreo brasileiro	52
3.3.	Métodos de Análise da Eficiência do setor aéreo: DEA.....	56
3.3.1.	<i>Variáveis adotadas nos modelos DEA de eficiência do setor aéreo.....</i>	61
4.	METODOLOGIA	65
4.1.	Caracterização da área de estudo: Formas de avaliar os aeroportos.....	65
4.2.	Construção do banco de dados.....	69
4.3.	Modelos de análise da eficiência: Dimensões adotadas.....	74
4.3.1.	<i>Modelo A: Dimensão Operacional Bruta</i>	75
4.3.2.	<i>Modelo B: Dimensão Operacional Privada.....</i>	78
4.3.3.	<i>Modelo C: Dimensão Social Integrada (Network DEA).....</i>	80
4.3.4.	<i>Modelo D: Dimensão Socioambiental</i>	88
5.	CONTEXTO DA BASE AMOSTRAL.....	91
5.1.	Panorama Estrutural e Operacional dos Aeroportos analisados	91
6.	RESULTADOS.....	100
6.1.	Modelo A: Dimensão Operacional Bruta.....	101

6.2. Modelo B: Dimensão Operacional do Setor Aéreo (Privada)	105
6.3. Modelo C: Dimensão Social Integrada.....	107
6.3.1. <i>Análise das Eficiências Técnicas obtidas pelo Network DEA em Dois Estágios</i>	108
6.3.2. <i>Análise das Eficiências de Escala obtidas pelo Network DEA em Dois Estágios</i>	113
6.3.3. <i>Análise das Benchmark e Índice Malmquist obtidas pelo Network DEA em Dois Estágios</i>	114
6.4. Modelo D: Dimensão Socioambiental.....	119
7. DISCUSSÕES	123
7.1. Fatores determinantes e Eficiência de Escala no Desempenho Operacional (Modelo A)	123
7.2. Sinergia entre Operadores Aeroportuários e Companhias Aéreas: Desempenho Operacional e de Escala no Setor Aéreo (Modelo B)	125
7.3. Sinergia entre Infraestrutura e Mercado: Uma análise de maturação das concessões (Modelos A e B)	128
7.4. O Papel Social e a Conectividade Regional (Modelo C)	129
7.4.1. <i>Da Oferta à Efetividade: A Eficiência de Produção Aeroportuária (Estágio 2 – Modelo C).....</i>	131
7.4.2. <i>Eficiência Sistêmica e a Integração dos Estágios (Análise Holística – Modelo C)</i>	133
7.5. Eficiência de Escala e o Ajuste à Demanda Operacional (Modelo C)	137
7.6. Evolução da Produtividade e Aprendizado Organizacional (Modelo C)...	139
7.7. Externalidades e o Desafio da Sustentabilidade (Modelo D).....	141
8. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	146
REFERÊNCIAS	151
APÊNDICE A – Testes e complementos a análise preliminar dos aeroportos	160
APÊNDICE B – Análise em DEA Janelas da Evolução individual dos Aeroportos	172

1. INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, transformações significativas vêm redesenhando os modelos de gestão da infraestrutura aeroportuária ao redor do mundo. A busca por maior eficiência operacional, capacidade de investimento e qualidade no serviço prestado ao usuário tem levado diversos países a adotarem modelos de governança baseados em concessões ou parcerias público-privadas. No centro dessa discussão está a hipótese de que estruturas de gestão privada, sujeitas a incentivos de mercado e contratos de desempenho, seriam mais eficazes na alocação de recursos e na entrega de resultados operacionais, sociais e ambientais (Graham, 2020; Zhang & Czerny, 2012). Contudo, diferentemente de análises que focam exclusivamente na eficiência operacional (Fernandes & Pacheco, 2018), esta pesquisa propõe uma avaliação integrada, combinando dimensões sociais e ambientais com métricas tradicionais de produtividade, respondendo a lacunas identificadas por Falção *et al.* (2021) sobre a escassez de estudos nacionais que articulem sustentabilidade, mobilidade e desenvolvimento social na análise do setor aéreo.

Aeroportos não são apenas ativos físicos, são sistemas complexos nos quais interagem múltiplos agentes (companhias aéreas, operadores logísticos, passageiros, entes reguladores, habitantes das regiões no entorno do aeroporto, governos em diferentes esferas etc.), e onde a eficiência não pode ser reduzida a métricas de produtividade. Trata-se de uma produção em rede, cuja performance depende da articulação entre infraestrutura, oferta de voos, prestação de serviços e externalidades geradas. Compreender os determinantes dessa eficiência requer, portanto, abordagens integradas e multidimensionais (Carlucci *et al.*, 2018; Wanke, 2013).

Embora essa discussão tenha adquirido escala global, os contextos nacionais oferecem oportunidades únicas para investigar os efeitos da governança sobre a eficiência aeroportuária. O Brasil, em particular, constitui um laboratório empírico privilegiado para esse debate. Desde 2011, o país iniciou um amplo processo de concessão de seus principais aeroportos à iniciativa privada. Esse movimento foi motivado por limitações operacionais enfrentadas pela operadora estatal INFRAERO, agravadas por episódios como o “apagão aéreo” de 2006–2007, e pelo crescimento acelerado da demanda por transporte aéreo no início dos anos 2000 (Rolim *et al.*, 2016).

Ao longo de sete rodadas de concessão realizadas até 2024, os aeroportos brasileiros passaram a operar sob diferentes arranjos institucionais, modelos regulatórios e exigências contratuais, o que gerou um ambiente empírico heterogêneo e rico para análise. As rodadas

mais recentes passaram a incorporar metas explícitas de sustentabilidade, qualidade de serviço e desempenho operacional, criando um campo propício para avaliar como diferentes formatos de governança, classes operacionais e marcos contratuais impactam o desempenho dos terminais ao longo do tempo (Domingos *et al.*, 2025; ANAC, 2022; Queiroz Júnior, 2023).

Neste contexto, a pesquisa aborda uma questão central: como diferentes formas de governança (pública ou concedida), a classe do aeroporto e a rodada de concessão influenciam a eficiência aeroportuária em suas dimensões operacional bruta, privada, social e socioambiental? Sustenta-se como hipótese geral (H_G) de que a governança privada dos aeroportos contribui para o aumento da eficiência operacional. Essa melhora seria teoricamente explicada pela criação de sinergias entre operadores e companhias aéreas, especialmente nos aeroportos concedidos. Adicionalmente, assume-se que os efeitos dessa governança não são homogêneos, variando conforme a classe do aeroporto e a rodada de concessão, o que será explorado em análises de subgrupos.

Para responder a essa questão, a tese propõe uma análise longitudinal e multidimensional da eficiência dos 30 maiores aeroportos brasileiros no período de 2000 a 2024. A metodologia empregada é baseada na Análise Envoltória de Dados (DEA), em seus formatos tradicionais e em rede (*Network DEA*), incorporando também indicadores indesejados (outputs indesejados), conforme recomendam estudos recentes sobre avaliação de desempenho com viés socioambiental (Ngo & Tian, 2021; Yang, Na & Ha., 2019).

Um diferencial metodológico crucial desta pesquisa reside na combinação inovadora da análise cartesiana, inspirada em Wanke (2013), para uma leitura estática e categorizada do desempenho, com o Índice de Malmquist (Malmquist, 1953), que permite avaliar a evolução temporal das eficiências, capturando a progressão ou regressão do desempenho e seus determinantes em diferentes dimensões.

A análise se estrutura em quatro modelos complementares. O Modelo A estima a eficiência operacional bruta, com base em indicadores físicos de produção (terminal de passageiros - TPS, passageiros, carga). O Modelo B avalia a eficiência privada do transporte aéreo, considerando a relação entre infraestrutura e a atuação das companhias aéreas (rotas, assentos disponíveis por quilômetro - ASK, conectividade). O Modelo C, por meio do *Network DEA*, analisa a eficiência social integrada, dividida em dois estágios: o primeiro voltado à conversão de infraestrutura em oferta; o segundo, à conversão dessa oferta em atendimento efetivo à demanda, controlando por atrasos, cancelamentos e outros outputs indesejados

(relacionados ao desempenho medido pela satisfação do passageiro em relação a companhia aérea e aeroportos). Já o Modelo D introduz uma dimensão socioambiental, ao avaliar o desempenho dos aeroportos na produção de serviços com o mínimo impacto ambiental (emissões, consumo de combustível, poluentes).

A partir desses modelos, propõe-se que governanças privadas tendem a criar sinergias entre companhias aéreas e operadores aeroportuários, o que pode elevar a eficiência ao alinhar incentivos e otimizar o uso da infraestrutura (Zhang & Czerny, 2012; Wanke, 2013).

Para analisar essa complexidade, esta tese combina técnicas quantitativas robustas com um recorte temporal, construindo uma base de dados original com variáveis estruturais, operacionais, socioeconômicas e ambientais. A análise também contempla o uso do Índice de Malmquist, que permite observar variações intertemporais da eficiência e seus determinantes.

Desta forma, a estrutura da tese está organizada em seis capítulos. O Capítulo 2 apresenta a revisão da literatura sobre governança aeroportuária, concessões, modelos DEA e métricas de eficiência. O Capítulo 3 descreve a base de dados e os critérios de segmentação dos aeroportos por rodada e classe. O Capítulo 4 detalha a metodologia, com foco nos quatro modelos DEA utilizados. O Capítulo 5 discute os resultados empíricos, destacando as variações de desempenho por grupo de governança, classe e rodada. Por fim, o Capítulo 6 sintetiza as conclusões, apresenta as contribuições teóricas e práticas do estudo, reconhece suas limitações e propõe agendas futuras de pesquisa.

Ao articular teoria, dados e método em uma abordagem multidimensional e longitudinal, esta tese contribui para o avanço do conhecimento sobre a eficiência aeroportuária em contextos de transformação institucional, oferecendo subsídios para o aprimoramento das políticas públicas, contratos de concessão e estratégias regulatórias no setor aéreo brasileiro e em países com desafios semelhantes.

1.1. Contexto e Motivações da pesquisa

A investigação sobre os modelos de concessão aeroportuária e seus impactos nas múltiplas dimensões de eficiência revela-se fundamental diante da crescente complexidade dos contratos de parceria público-privada e dos desafios inerentes à sustentabilidade desses arranjos institucionais. Como apontam Bonifaz & Saavedra (2023), falhas no desenho contratual, assimetrias de informação e instabilidades macroeconômicas frequentemente resultam em renegociações ou encerramentos precoces de contratos, afetando diretamente a performance

esperada. Casos emblemáticos no Brasil, como os dos aeroportos de Viracopos (SBKP) e São Gonçalo do Amarante (SBSG), evidenciam que a adoção de modelos de concessão, embora promissora, nem sempre resulta em ganhos efetivos de eficiência, o que reforça a importância de uma avaliação sistemática das condições em que tais ganhos ocorrem (Falcão *et al.*, 2022; Da Silva, Falcão & Da Silva, 2023).

Nesse sentido, esta pesquisa busca suprir lacunas críticas na literatura, ao adotar uma abordagem multidimensional para a análise da eficiência aeroportuária. A maior parte dos estudos concentra-se na eficiência operacional ou técnica, com foco em métricas tradicionais como o número de passageiros por voo ou área do terminal de passageiros (Fernandes & Pacheco, 2002; 2018), desconsiderando interações mais complexas entre infraestrutura, conectividade, desempenho ambiental e governança (Wanke, 2013; Carlucci *et al.*, 2018).

A escolha do Brasil como estudo de caso também se justifica pela sua relevância empírica. O país possui um dos maiores e mais ambiciosos programas de concessões aeroportuárias do mundo, tendo transferido à iniciativa privada 59 aeroportos entre 2011 e 2024 (Falcão *et al.*, 2022). No entanto, a diversidade nos resultados dessas concessões, desde aeroportos altamente bem-sucedidos até devoluções contratuais, expõe a necessidade de compreender as condições que favorecem ou limitam a eficiência sob diferentes perspectivas.

Modelos que avaliam apenas a operação dos aeroportos já foram utilizados por Barros & Peypoch (2009), Yu *et al.* (2008) e Assaf (2010), servindo como referência para a análise de eficiência técnica, de escala e dos retornos crescentes, constantes ou decrescentes de escala.

A distinção entre retornos constantes e variáveis (CCR *versus* BCC) é particularmente relevante no contexto brasileiro, dada a heterogeneidade do sistema aeroportuário nacional. O modelo BCC, ao permitir retornos variáveis de escala, possibilita identificar boas práticas gerenciais mesmo em aeroportos de menor porte. Além disso, a razão entre os escores CCR e BCC permite separar ineficiências estruturais de ineficiências gerenciais, fornecendo subsídios valiosos para o planejamento regulatório e a formulação de políticas públicas.

A pesquisa também se justifica pela formulação de três perguntas de pesquisa interligadas que dialogam com lacunas teóricas relevantes, a saber: (i) a concessão dos aeroportos brasileiros promoveu ganhos de eficiência operacional ao longo do tempo?; (ii) esses ganhos se traduziram em melhorias sociais, ambientais e de conectividade no setor aéreo?; e (iii) de que forma a classe do aeroporto, a rodada de concessão e o tipo de governança influenciam os resultados de eficiência observados?

A primeira pergunta investiga como a forma de governança, a classe do aeroporto e a rodada de concessão influenciam a eficiência em suas múltiplas dimensões. Essa questão decorre da ausência de análises integradas que examinem simultaneamente eficiência operacional, social e ambiental em contextos regulatórios progressivamente sofisticados, como os das rodadas mais recentes de concessão no Brasil (ANAC, 2022).

A segunda pergunta surge da contradição entre expectativas teóricas e evidências empíricas sobre o desempenho de aeroportos de diferentes classes. Embora parte da literatura econômica normativa, especialmente no arcabouço neoclássico sob condições de competição perfeita e informação completa, sustente que aeroportos de grande porte tendem a apresentar maior eficiência produtiva, estudos empíricos como o de Toledo *et al.* (2021) mostram que tais ganhos não são garantidos após as concessões. Essa dissonância teórico-empírica impulsionou o desenvolvimento de modelos DEA mais flexíveis, capazes de acomodar imperfeições reais de mercado, estruturas de produção em rede e a presença de *outputs* indesejados.

Por fim, a terceira pergunta explora os efeitos das diferentes rodadas de concessão, segundo a qual rodadas recentes, dotadas de cláusulas mais exigentes de qualidade e sustentabilidade, produzem ganhos de eficiência segundo a percepção dos usuários. Esta abordagem é reforçada por autores como Araújo & Hocayen (2024), que apontam a importância da autonomia gerencial para a adaptação à demanda, ainda pouco explorada empiricamente.

Complementarmente, as diferentes dimensões de eficiência permitem questionar se ganhos em uma dimensão, como apenas a análise operacional, podem vir acompanhados de perdas em outra, como numa eficiência sob a ótica ambiental. Essa discussão, inspirada nos trabalhos de Carlucci *et al.* (2018), é central para repensar a crença de que a governança privada é intrinsecamente superior.

Portanto, esta tese se propõe a ir além de diagnósticos pontuais ou análises unidimensionais, oferecendo um arcabouço metodológico robusto e integrado para compreender como, em que condições e com quais implicações diferentes modelos de concessão impactam a eficiência dos aeroportos brasileiros. Ao fazê-lo, contribui para o avanço do debate acadêmico e fornece subsídios empíricos para o aprimoramento do desenho contratual, da regulação adaptativa e da sustentabilidade em infraestruturas críticas no Brasil e em outros países emergentes.

1.2. Justificativa de Pesquisa e determinação do objeto de estudo: O Setor Aeroportuário Brasileiro

A evolução recente do setor aeroportuário brasileiro deve ser visualizada a partir de um conjunto de transformações institucionais, regulatórias e econômicas que vêm se acumulando desde os anos 1990, período em que se iniciou o processo de reforma gerencial do Estado e a modernização da infraestrutura nacional, conforme esclarecem Fernandes & Pacheco (2018) ao definir tais práticas ligadas ao Programa Nacional de Desestatização aplicado à época, conhecido atualmente como Programa de Parcerias de Investimentos (PPI). Para os aeroportos, esse movimento se deu de forma complexa, uma vez que envolveu não apenas a redefinição do papel do Estado (tradicionalmente responsável pela provisão e operação direta desses ativos), mas também a transição para modelos de governança mais alinhados às práticas internacionais de eficiência, concorrência e orientação ao desempenho.

Antes da entrada da iniciativa privada, o sistema aeroportuário brasileiro era inteiramente operado pela empresa estatal de gestão, a INFRAERO (Fernandes & Pacheco, 2018; Pacagnella Junior *et al.*, 2020). Com uma estrutura responsável pela administração de mais de sessenta aeroportos, tinha como característica a centralização em arranjos de subsídios cruzados, em que, aeroportos superavitários, como o Aeroporto Internacional de São Paulo - Guarulhos (SBGR), assim como os aeroportos de Congonhas (SBSP) e Brasília (SBBR), financiavam a operação de aeroportos deficitários em regiões de menor densidade econômica (Fiuza & Pioner, 2009).

Essa realidade administrativa adotada pela INFRAERO é respaldada pelas evidências empíricas de que apenas dois aeroportos (SBGR e SBKP, ambos no estado de São Paulo), apresentaram saldo consistentemente positivo durante toda a operação sob coordenação pública, enquanto a maioria dependia estruturalmente do resultado dos grandes hubs para a manutenção financeira de suas atividades (Fiuza & Pioner, 2009). Tal característica, embora funcional à integração territorial, comprometia a eficiência econômica do sistema, pois reduzia incentivos para melhoria operacional e dificultava decisões otimizadas de investimentos (Arantes & Piaskowski, 2020).

Além disso, o arranjo institucional anterior as concessões apresentavam limitações significativas em termos de capacidade de investimento. Conforme indicado por (Fiuza & Pioner, 2009), a INFRAERO operava com restrições fiscais, dificuldade de acesso a fontes alternativas de financiamento e dependência direta de regras orçamentárias federais, o que

tornava lento e custoso o processo de expansão de capacidade aeroportuária. Logo, esse cenário se agrava diante do crescimento exponencial de demanda observada para o transporte aéreo brasileiro no início dos anos 2000, impulsionado pelo aumento da renda, pela entrada de novas companhias aéreas proporcionadas pela desregulação do setor. O resultado foi um sistema pressionado, com gargalos operacionais visíveis em aeroportos hub e níveis de serviço abaixo do observado em mercados internacionais comparáveis.

O contexto gerado pela administração majoritariamente pública reforçou a busca por novos modelos de financiamento e gestão, que fossem capazes de ampliar a capacidade instalada, modernizar terminais e pistas e elevar padrões de qualidade operacional. Para o Brasil a opção adotada pela ANAC (Agência Nacional de Aviação Civil) foi a implementação de rodadas de concessão, iniciadas em 2011, que permitiu a entrada de operadores privados e buscou a ampliação imediata do volume de investimentos previstos para a década seguinte (Vajdic *et al.*, 2023). Essa decisão de um modelo de mudança seguiu tendências internacionais observadas desde os anos 1980, quando países como Reino Unido, Austrália, Alemanha e Argentina passaram a incorporar atores privados na gestão aeroportuária para aumentar eficiência e diversificar fontes de receita (Lipovich, 2008; Graham, 2014; Gillen, 2011).

Dessa forma, as concessões brasileiras foram estruturadas de modo a atrair grandes operadoras (em sua maioria internacionais), para que assim pudesse garantir investimentos e reduzir a dependência direta desses ativos do Tesouro Nacional. Ao mesmo tempo, foi necessário a intervenção no modelo adotado inicialmente, de concessões individuais de aeroportos para o modelo em blocos, para que se preservasse a lógica inicial proposta pela INFRAERO de integração regional proporcionada pela infraestrutura aeroportuária. Essa estratégia, em teoria, foi reforçada por avaliações de financiabilidade e por análises de risco contratual que apontavam a necessidade de equilibrar receitas aeroportuárias, tarifas reguladoras e receitas comerciais para assegurar sustentabilidade de longo prazo, para as concessões (Fiuza & Pioner, 2009).

Outro elemento central da dinâmica pré-concessões foi a evidência de que a Infraero apresentava desempenho operacional heterogêneo e pouco alinhado às melhores práticas de gestão (Arantes & Piaskowski, 2020). Testes empíricos realizados antes das rodadas de concessão identificaram ineficiências operacionais, baixa rentabilidade em várias unidades e desafios na gestão dos ativos. Conforme (Fiuza & Pioner, 2009), as receitas aeronáuticas eram a fonte que menos contribuía para a rentabilidade do sistema, e muitos aeroportos operavam com estruturas de custos pouco compatíveis com o volume de tráfego atendido.

Portanto, a recente evolução do modelo aeroportuário brasileiro precisa ser entendida como resposta a um conjunto de pressões estruturais, de um lado a necessidade de ampliar investimentos, de outro a busca por maior eficiência operacional aliada as exigências mais elevadas de qualidade e experiência do passageiro, assim como a necessidade inicial de separar, para fins regulatórios, os mecanismos de subsídio cruzado da lógica da competição entre aeroportos.

Deste modo, ao abordar o setor aeroportuário sob a ótica de sua evolução recente, evidencia-se a importância de compreender a estrutura prévia, bem como as motivações que levaram à adoção de modelos alternativos de governança. Essa compreensão é essencial para avaliar os efeitos concretos gerados pela transferência de gestão à iniciativa privada e suas implicações sobre o desempenho econômico dos aeroportos concedidos.

1.3. Hipóteses de pesquisa

Com base nos objetivos delineados e fundamentando-se na justificativa acerca da eficiência setorial e governança, a Tabela 1 apresenta as hipóteses centrais que norteiam a investigação. Estas proposições buscam investigar a relação entre o modelo de gestão (pública ou privada) e os níveis de eficiência técnica e socioambiental, considerando a maturidade das rodadas de concessão e o porte das infraestruturas aeroportuárias.

Tabela 1: Resumo das Hipóteses do Estudo.

Hipótese	Formulação	Justificativa
HG - Hipótese Geral (Latente)	A governança privada (concessão) melhora a eficiência aeroportuária ao criar sinergias entre companhias aéreas e infraestrutura, com efeitos heterogêneos por classe do aeroporto e rodada de concessão.	Baseia-se na literatura que destaca o alinhamento de incentivos em concessões (Zhang & Czerny, 2012), mas reconhece variações devido a diferenças regulatórias e operacionais (Graham, 2020).
H1	Aeroportos concedidos, especialmente em classes de maior movimentação e rodadas recentes, apresentam maior eficiência operacional bruta.	A governança privada promove investimentos em infraestrutura e gestão, refletindo-se em melhores resultados operacionais (Falcão <i>et al.</i> , 2022; Da Silva, Rodrigues & Falcão, 2019; Galdiano, Falcão & Da Silva, 2019; Falcão <i>et al.</i> , 2023).
H2	A eficiência privada do transporte aéreo varia conforme a governança e a classe do aeroporto, sendo maior em terminais concedidos de	Aeroportos maiores e sob gestão privada atraem mais rotas e companhias aéreas, otimizando a eficiência privada (WANKE, 2013).

	grande porte.	
H3	Aeroportos concedidos, principalmente em rodadas recentes, têm maior eficiência social, convertendo melhor infraestrutura em atendimento à demanda.	Contratos mais recentes incluem cláusulas de qualidade e conectividade, elevando o valor social (ARAÚJO & HOCAYEN, 2024).
H4	A eficiência socioambiental é superior em aeroportos concedidos de rodadas recentes devido a exigências regulatórias mais rigorosas.	Rodadas recentes incorporam metas de sustentabilidade (ANAC, 2022), alinhando-se a práticas globais (YANG NA & HA, 2019).
H5	A relação entre governança, classe do aeroporto e eficiência é distinta em cada dimensão (operacional, privada, social e socioambiental).	Diferentes dimensões capturam prioridades distintas (e.g., lucratividade vs. sustentabilidade), resultando em efeitos heterogêneos (TOLEDO <i>et al.</i> , 2021; ROCHA, FALCÃO & DA SILVA, 2022; ROCHA, SILVA & DA SILVA, 2020; DE OLIVEIRA & MOREIRA, 2023).

1.4. Objetivos

A seguir são apresentados o objetivo geral e os objetivos específicos da proposta de Tese.

1.4.1. Objetivo Geral

Analisar como a governança, a classe do aeroporto e o modelo de concessão adotado influenciam a eficiência operacional de aeroportos em diferentes dimensões: operacional bruta, privada, social e socioambiental.

1.4.2. Objetivos Específicos

Os objetivos específicos são:

- Avaliar a eficiência operacional bruta dos aeroportos sob diferentes regimes de governança, classes e rodadas de concessão.
- Analisar a eficiência privada do setor aéreo, considerando a interação entre infraestrutura aeroportuária e companhias aéreas em distintos contextos institucionais.
- Estimar a eficiência social integrada em estágios incorporando o desempenho operacional favorável (desejado) e desfavorável (indesejado) a operação aeroportuária.
- Medir a eficiência socioambiental dos aeroportos, com foco na gestão das

externalidades ambientais nos diferentes formatos de concessão.

- Comparar os efeitos da governança, da classe do aeroporto e da rodada de concessão sobre as dimensões de eficiência propostas de forma temporal.

2. EVOLUÇÃO DOS MODELOS DE CONCESSÕES AEROPORTUÁRIAS

O processo de concessão tem desempenhado um papel fundamental na reestruturação e modernização da infraestrutura aeroportuária em diversas regiões do mundo. Desde a primeira concessão realizada no Reino Unido no final da década de 80, com a privatização da *British Airports Authority* (BAA) (Turner, 1986), observa-se uma crescente adoção desse modelo em países desenvolvidos e em desenvolvimento (Bonifaz & Saavedra, 2023; Domingues & Zlatkovic, 2015; Sugimura & Kato, 2022; Lipovich, 2008). Esse movimento responde à necessidade de ampliar a capacidade operacional (Ota, 1999; Zhang & Zhang, 2003), melhorar a qualidade dos serviços e atrair investimentos privados para um setor historicamente marcado pela gestão estatal (Graham, 2020). No entanto, a evolução dos modelos de concessão não se limita à transferência da gestão para a iniciativa privada, mas também envolve a adaptação dos contratos e a incorporação de mecanismos regulatórios que garantam a eficiência operacional e a prestação de serviços de qualidade.

Diante disso, esse capítulo tem como objetivo analisar a evolução dos modelos de concessão aeroportuária sob duas óticas complementares. A primeira ótica aborda o desenvolvimento das pesquisas científicas que investigam os modelos de concessão em diferentes países, com ênfase na avaliação de sua eficiência operacional e nos impactos sobre o desempenho aeroportuário. Esse segmento explora a trajetória dos estudos desde o pioneirismo britânico, passando pelas análises de eficiência operacional, até as investigações mais recentes que avaliam os desafios e as soluções para a gestão em países em desenvolvimento, como Brasil e Paquistão. Serão discutidos os principais enfoques teóricos e metodológicos adotados, incluindo as diferentes perspectivas utilizadas para avaliar a mudança de governança pública para privada.

A segunda ótica analisa a evolução dos modelos de concessão a partir dos contratos firmados entre o poder público e a iniciativa privada, com ênfase na experiência da América Latina. Essa abordagem visa identificar as similaridades e diferenças entre os contratos de concessão na América Latina, com foco especial no Brasil. Serão examinados os contratos em relação à flexibilidade de renegociação, aos mecanismos de regulação e aos indicadores de desempenho exigidos. Além disso, serão apresentados os aspectos históricos que moldaram a estrutura dos contratos de concessão no Brasil, destacando as principais transformações ocorridas ao longo das sete rodadas de concessão aeroportuária realizadas até o presente momento.

Ao explorar essas duas perspectivas, busca-se proporcionar uma visão abrangente da evolução dos modelos de concessão aeroportuária, destacando os avanços alcançados, os desafios enfrentados e as especificidades de diferentes contextos regulatórios e institucionais. Essa abordagem comparativa permite compreender como as experiências internacionais influenciaram a formulação dos modelos adotados no Brasil e como as particularidades do mercado brasileiro se refletem nos resultados de eficiência obtidos pela gestão dos aeroportos concedidos.

2.1. A Ótica dos Estudos: A Evolução das Pesquisas sobre Concessões

Aeroportoúrias

A construção de modelos de concessão aeroportuárias decorre da necessidade de melhoria da eficiência e desempenho (Fernandes & Pacheco, 2018; Toledo *et al.*, 2021; Kay & Thompson, 1986), a atração de novos investimentos e a melhoria das infraestruturas (TOLEDO *et al.*, 2021; OHTA, 1999; Vajdic *et al.*, 2023; Gillen & Mantin, 2014; Bonifaz & Saavedra, 2023; Falcão *et al.*, 2024), a qualidade da gestão e diversificação, a melhoria da qualidade do serviço, a redução de gastos e da influência do setor público (Bonifaz & Saavedra, 2023; Cruz & Marques, 2011; Graham, 2020).

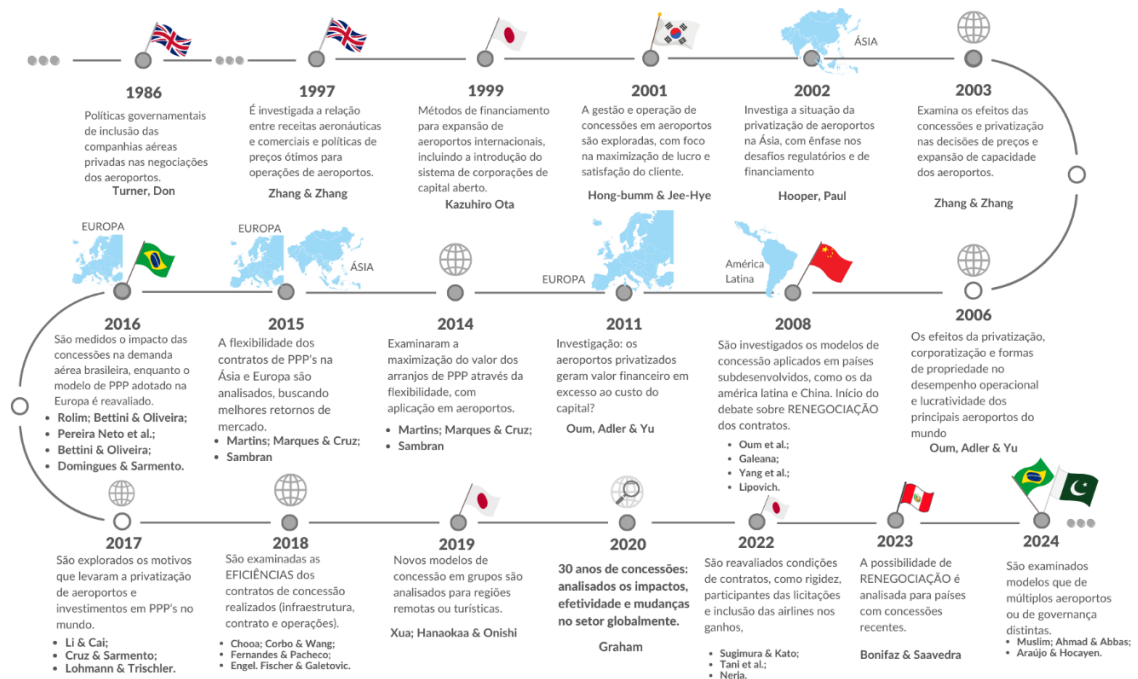
Desde então, são verificadas tendências nos estudos sobre concessões de aeroportos, com objetivos específicos a realidade cada país, representando sempre a fase em que se encontra o processo de mudança de governança dos seus aeroportos, ou modificações específicas ao mercado aéreo global e aos ciclos econômicos vigentes para a época, Figura 1.

Diante disso, o primeiro ciclo de análises das concessões, entre 1986 e 1990, concentrou-se no processo de planejamento corporativo dentro da *British Airports Authority* (BAA) e na relação entre receitas aeronáuticas e comerciais em aeroportos (Budd & Ison, 2021; Lipovich & Andrés, 2008; Turner, 1986). A privatização não era o objetivo principal do planejamento, mas se tornou uma política governamental, conforme destacado por Turner (1986), uma vez que esse processo desencadeou o início da concessão privada dos aeroportos britânicos já no ano seguinte, em 1987.

Após a implementação do primeiro modelo de concessões aeroportuárias no mundo, o britânico, a literatura adentra na sua segunda fase, 1991-1997, sofrendo uma transição para uma análise mais detalhada das políticas de preços e das receitas que devem ser consideradas para o modelo criado sob governança privada (Zhang & Zhang, 1997; Freathy E O'connell, 1998), bem como já avaliar o impacto desta privatização e comercialização na propriedade dos

aeroportos no Reino Unido nos seus primeiros anos de atividade (Humphreys, 1999).

Figura 1: Desenvolvimento das tendências de estudos de concessões aeroportuárias.



O início década seguinte sofre com um período de desaceleração no setor aéreo, devido a eventos como o 11 de Setembro nos Estados Unidos e a guerra no Iraque. As concessões voltam à pauta com um aumento da participação privada em países como França e Japão (Graham, 2020). É nessa fase que os estudos começaram a analisar a situação da privatização de aeroportos em diferentes regiões, como a Ásia e América Latina. Os métodos de financiamento de aeroportos internacionais em países como o Japão (OTA, 1999) e os efeitos nas decisões de preços e expansão de capacidade dos aeroportos, com ênfase na maximização de lucro e satisfação do cliente, são trazidos a debate (Zhang & Zhang, 2003).

Com a maturidade dos primeiros contratos e, conseqüentemente, com uma amostra maior de dados que a tendência das pesquisas se concentrou diretamente nos efeitos e na eficácia da privatização em si. As eficiências das novas formas de governança foram avaliadas nos maiores aeroportos do mundo (Oum *et al.*, 2006; Graham, 2020), abrindo espaço para o debate sobre possíveis renegociações de contratos, especialmente na América Latina (Guasch *et al.*, 2008; Brito *et al.*, 2021; Mello, Da Silva & Falcão, 2025).

Graham (2020) afirma ainda que o período seguinte, de 2011 a 2017, foi de continuidade aos processos de privatização de aeroportos no mundo. As avaliações do desempenho dos primeiros contratos, agora com trinta anos do seu lançamento na Inglaterra, resultaram em novas formas de modelos de concessão sendo testados, como vendas diretas a investidores,

PPPs e concessões de longo prazo, refletindo em mudanças nas necessidades de investimento e nas políticas governamentais sobre o tema.

Na literatura, essas mudanças nos modelos de concessão são evidenciadas pelo surgimento de tendências de estudos que analisam: (i) as motivações de governos e investidores para a privatização de aeroportos (Guasch *et al.*, 2008); (ii) a regulação pós-privatização; e (iii) o impacto combinado da estrutura de mercado das companhias aéreas e da propriedade aeroportuária sobre o poder de mercado e as margens de lucro (Graham, 2011; Choo *et al.*, 2018). A partir dessa perspectiva, as pesquisas passaram a dedicar-se à avaliação comparativa do desempenho gerencial dos aeroportos antes e após as concessões, com foco em métricas como eficiência técnica, variação de custos e receitas. O objetivo central é identificar o *design* de contratos de Parcerias Público-Privadas (PPP) mais eficientes para o setor aeroportuário (Engel *et al.*, 2018; Fragoudaki & Giokas, 2020).

Assim começam os processos de análise das eficiências dos modelos de privatização e concessões aplicados em diferentes países. Dentre as novas propostas de concessões, surge o modelo em grupos de aeroportos visando garantir a estabilidade na transição de governanças, além de incluir aeroportos menores ou localizados em regiões remotas e turísticas que anteriormente não eram contemplados no planejamento das concessões (Xu, Hanaokaa & Onishi, 2019; Aguirre, Mateua & Pantoja, 2019). No Brasil, as análises de propostas em blocos de aeroportos passaram a ser adotadas apenas a partir da sexta rodada de concessões, realizada em 2019 (Falcão *et al.*, 2021; Da Silva, Rodrigues & Falcão, 2019; Galdiano, Falcão & Da Silva, 2019; Falcão *et al.*, 2023).

Os denominados *Multi-Airports Systems* (MAS, ou Sistemas de Múltiplos Aeroportos em tradução), ou “blocos” de aeroportos como conhecido no contexto brasileiro de concessões, levantaram a questão sobre a possibilidade de competição direta entre aeroportos com a mesma demanda. Nesse contexto, são discutidas as possíveis redistribuições das operações permitidas em cada aeroporto do bloco (Babagolzadeh *et al.*, 2022), bem como os efeitos de uma regulação restritiva por parte das agências de aviação (Araújo & Hocayen, 2024).

Contudo, os efeitos da pandemia de COVID-19 são registrados imediatamente nas tendências dos estudos como uma das justificativas da implementação da renegociação, mudanças na flexibilização e identificação de novas propostas de modelos nos objetivos discutidos em pesquisas entre 2020 e 2023 (Colak *et al.*, 2023; Bonifaz & Saavidra, 2023; Nerja, 2022).

Por consequência, pesquisas mais recentes possuem uma ênfase particular nos desafios e soluções para a gestão de diferentes modelos de propriedade, particularmente no contexto de países em desenvolvimento, como no caso do Brasil (Araújo & Hocayen, 2024) ou do Paquistão (Musim, Ahmad & Abbas, 2024).

Apesar dos avanços nas pesquisas, um fator-chave na avaliação dos diferentes modelos de concessão aeroportuária é o critério adotado para medir a eficiência dos aeroportos. A definição desse critério influencia diretamente os resultados das análises, pois diferentes abordagens metodológicas podem destacar ou ocultar variações no desempenho operacional. Além disso, a escolha da dimensionalidade, isto é, quais variáveis de entrada (*inputs*) e saída (*outputs*) são consideradas, determina a abrangência da avaliação e a capacidade de capturar aspectos essenciais da gestão aeroportuária em distintos contextos (Cooper, Seiford & Zhu, 2011; Thanassoulis, 2001).

Nesse sentido, um dos principais desafios consiste na comparação da eficiência dos aeroportos antes e após a concessão. A transição para um modelo de governança privada ou híbrida pode modificar substancialmente os processos operacionais e as estratégias comerciais, tornando complexa a identificação de ganhos reais de eficiência. A ausência de um critério padronizado para mensurar esses impactos dificulta a realização de análises comparativas robustas, sobretudo em países com múltiplos ciclos de concessão e diferentes níveis de maturidade no setor.

Além disso, a comparação entre aeroportos sob distintas formas de governança – como os administrados por entes públicos (ex.: INFRAERO no Brasil) e os concedidos à iniciativa privada – apresenta obstáculos adicionais. Sob a ótica da teoria dos custos de transação (Williamson, 1985), essas formas institucionais envolvem arranjos distintos para lidar com a incerteza, a frequência e a especificidade dos ativos envolvidos na operação aeroportuária. Tais diferenças impactam diretamente a eficiência das estruturas de governança ao buscar minimizar os custos associados às transações complexas do setor.

Diferenças estruturais, regulatórias e de investimento criam assimetrias que afetam a avaliação do desempenho. Assim, a escolha do critério de eficiência e a definição das dimensões avaliadas são determinantes para compreender os efeitos reais da concessão aeroportuária e para embasar políticas públicas que busquem o equilíbrio entre eficiência operacional, qualidade do serviço e desenvolvimento regional.

2.2. A Ótica dos Contratos: Similaridades e Transformações nas Concessões

Aeroportuárias

A análise sob a ótica dos contratos permite uma compreensão aprofundada dos diferentes formatos de concessão, com destaque para as similaridades, flexibilidades e cláusulas específicas que moldam a relação entre o Estado e a iniciativa privada. Primeiramente, são explorados os contratos de concessão na América Latina, uma região que se destaca pela diversidade de abordagens adotadas ao longo de diferentes fases de concessão em seus países membros.

Em seguida, a atenção se volta para o Brasil, cujo histórico de concessões é marcado por uma ampla variedade de modelos contratuais — evidenciada pelas sete rodadas realizadas entre 2011 e 2024, cada uma com cláusulas específicas de investimento, metas de desempenho, regras de reequilíbrio econômico-financeiro e, mais recentemente, exigências socioambientais. Essa heterogeneidade se alinha ao arcabouço da Teoria dos Contratos Incompletos (Hart, 1985), que reconhece os limites contratuais em prever todas as contingências e enfatiza a importância dos direitos residuais de controle na definição dos incentivos e da eficiência de cada modelo.

Essa abordagem permite identificar padrões, avaliar a evolução dos contratos ao longo do tempo e compreender como a legislação e a prática regulatória moldaram o setor aeroportuário na região.

2.2.1. Modelos de Contrato de Concessão de Aeroportos em países Latino-Americanos

Diante dos fatores específicos de cada período, assim como da situação econômica e do custo de bem-estar social, foram desenvolvidos os modelos de contrato de concessão para a gestão, operação e desenvolvimento de diversos aeroportos na América Latina, incluindo México, Chile, Peru, Costa Rica, Argentina e Brasil. Os contratos variam em termos de duração, direitos e obrigações do concessionário, além da flexibilidade para adaptações, conforme apresentado na Tabela 1

No México, os contratos de concessão para os aeroportos de Cancún (MÉXICO, 1999), Cidade do México (MÉXICO, 2004; MÉXICO, 2015) e Acapulco (MÉXICO, 2000) são regidos por um conjunto de condições que conferem flexibilidade, permitindo revisões e modificações por acordo mútuo entre as partes, sujeitas à aprovação legal e regulatória. Essa flexibilidade é uma característica fundamental dos contratos, uma vez que possibilita ajustes nas ações e estratégias estabelecidas inicialmente, em resposta a mudanças nas condições

econômicas, operacionais ou nas necessidades dos envolvidos (Sugimura & Kato, 2022; Engel, Fischer & Galetovic, 2018; Gillen & Mantin, 2014). Dessa forma, os contratos de concessão no México buscam se adaptar dinamicamente aos desafios e oportunidades que surgem ao longo do tempo, assegurando que a gestão e operação dos aeroportos estejam alinhadas com as circunstâncias prevalentes.

A semelhança entre os contratos de concessão mexicanos e argentinos não se limita apenas à proximidade temporal de seus inícios, mas também aos princípios subjacentes que orientam a sua estruturação. Embora as modificações nos contratos mexicanos sejam realizadas apenas após a ocorrência de eventos que justifiquem tais mudanças (gatilhos), o modelo de concessão de aeroportos na Argentina também enfatiza a flexibilidade e a comunicação entre as partes envolvidas. A capacidade de ajustar os termos contratuais conforme as circunstâncias muda é uma característica comum aos dois modelos, refletindo a necessidade de um contrato que seja capaz de acomodar incertezas e novos desafios ao longo da sua vigência.

Entretanto, a abordagem adotada pela Argentina em relação aos contratos de concessão para grupos de aeroportos apresenta algumas particularidades notáveis. Ao contrário do modelo mexicano, o contrato argentino oferece um conjunto mais robusto de mecanismos de adaptação, incluindo cláusulas claras de reequilíbrio econômico-financeiro, comissões de acompanhamento permanentes entre Estado e operador, revisões contratuais periódicas obrigatórias e dispositivos de renegociação vinculados a metas de desempenho e variações de demanda. Esses mecanismos permitem maior flexibilidade para lidar com incertezas e ajustam os incentivos ao longo da duração da concessão.

Além da possibilidade de prorrogação do contrato e ajustes econômico-financeiros, o modelo argentino permite a revisão periódica de índices econômicos, garantindo que as condições do contrato estejam sempre em conformidade com as realidades do mercado e da operação. Uma característica distintiva desse modelo é a centralização da tomada de decisões, permitindo que uma única operadora privada gerencie praticamente todos os aeroportos de um grupo no país, otimizando a gestão e as operações em um nível nacional (ARGENTINA, 1998). Essa lógica de centralização, embora agora sob controle privado, remete ao modelo anteriormente adotado no Brasil pela INFRAERO, que também administrava de forma integrada a maior parte da infraestrutura aeroportuária nacional, porém sob comando estatal. Esse modelo de concessão, ao permitir uma maior coordenação e controle, visa promover uma gestão mais eficiente e integrada dos aeroportos, facilitando a implementação de políticas públicas e a adaptação às dinâmicas do setor aéreo.

Tabela 2: Resumo dos contratos de concessão de aeroportos na América Latina.

Aeroporto	Status do Contrato	Tipo de Contrato	Início	País	Tempo de Concessão (anos)	Participação do Governo	Participação da Concessionária
Cancún	Em vigor	Operação e Ampliação	1998	México	50	Fiscalizador/Regulador	Majoritário
Cidade do México	Finalizado	Operação e Ampliação	1998		12	Fiscalizador/Regulador	Minoritário
Acapulco	Em vigor	Operação e Ampliação	1998		50	Fiscalizador/Regulador	Minoritário
Cidade do México	Finalizado	Operação e Ampliação	2013		6	Fiscalizador/Regulador	Minoritário
Chacalluta de Arica - Santiago	Em vigor	BOT	2019	Chile	15	Fiscalizador	Majoritário
"Jorge Chávez" - Lima	Em vigor	BOT	2000	Peru	30	Fiscalizador	Majoritário
Grupo de Aeroportos: Arequipa, Ayacucho, Júlíaca, e Puerto Maldonado e de Tacna)	Em vigor	BOT	2011		25	Fiscalizador/Regulador	Majoritário
Daniel Oduber Quirós - Liberia	Em vigor	BOT	2009	Costa Rica	20	Fiscalizador	Majoritário
Grupo com 32 aeroportos (dentre eles os Aeroportos de Buenos Aires: Ezeiza e Aeroparque)	Em vigor	Operação e Ampliação	1999	Argentina	30	Fiscalizador/Regulador	Total
São Gonçalo do Amarante - RN	Devolvido	BOT	2012	Brasil	28	Fiscalizador/Regulador	Sócio Igualitário

São Gonçalo do Amarante - RN	Em vigor	Operação e Ampliação	2023	30	Fiscalizador/Regulador	Majoritário
Guarulhos - SP	Em vigor	Operação e Ampliação	2013	25	Minoritário/Fiscalizador/Regulador	Majoritário
Galeão - RJ	Em vigor	Operação e Ampliação	2015	25	Minoritário/Fiscalizador/Regulador	Majoritário
Salvador - BA	Em vigor	Operação e Ampliação	2018	30	Fiscalizador/Regulador	Majoritário
Aeroportos do Bloco Nordeste: Aracaju (SE), Campina Grande (PB), João Pessoa (PB), Juazeiro do Norte (CE), Maceió (AL) e Recife (PE)	Em vigor	Operação e Ampliação	2020	30	Fiscalizador/Regulador	Majoritário
Aeroportos do Bloco Norte: Manaus (AM), Tabatinga (AM), Tefé (AM), Porto Velho (RO), Rio Branco (AC) e Cruzeiro do Sul (AC)	Em vigor	Operação e Ampliação	2021	30	Fiscalizador/Regulador	Majoritário
Aeroportos Regionais: Campo de Marte/SP, Jacarepaguá/RJ	Em vigor	Operação e Ampliação	2023	30	Minoritário/Fiscalizador/Regulador	Majoritário

Nos anos seguintes, a prática de concessões se expandiu para outros países da América Latina, como Costa Rica (COSTA RICA, 2009), Chile (CHILE, 1997) e Peru (PERU, 1996; PERU, 2013), incluindo um modelo de concessão baseado em obra pública, englobando as fases de operação, exploração, manutenção e ampliação. Esse modelo permitiu a implementação de ajustes e modificações ao longo do tempo, conforme as necessidades e as circunstâncias em constante mudança das partes envolvidas. A flexibilidade inserida nos contratos foi fundamental para garantir que as concessões se mantivessem adaptáveis a novos desafios, sejam eles econômicos, operacionais ou regulatórios.

O modelo BOT (*Build-Operate-Transfer*), adotado nesses países, é uma estrutura de concessão que envolve a construção, operação e posterior transferência da infraestrutura para o governo ou entidade pública, após um período de gestão privada (Li & Cai, 2017; Wang *et al.*; 2018). A eficácia desse modelo pode variar significativamente de acordo com os diferentes ambientes econômicos e regulatórios de cada país (Graham, 2020). Em contextos similares, como o abordado por Hooper (2002) ao analisar as privatizações e contratos de aeroportos na Ásia nos anos 2000, o modelo BOT se mostrou uma alternativa eficaz para mobilizar uma nova fonte de financiamento para o desenvolvimento da infraestrutura, permitindo que o setor privado assuma os riscos financeiros e operacionais enquanto o governo mantém a responsabilidade pela fiscalização e regulação.

A inclusão de um modelo de concessão baseado em BOT levanta a hipótese defendida por Auriol & Picard (2013) que sugere um aumento na dependência desse modelo de concessão em tempos de crise financeira. Isso ocorre devido aos custos ocultos mais elevados dos fundos públicos e às maiores assimetrias de informação entre os governos e os potenciais concessionários (RUIZ, 2015). Essa dinâmica foi observada em dois momentos críticos da história recente: a crise aérea de 2001, desencadeada pelos atentados de 11 de setembro nos Estados Unidos, e a crise econômica global de 2008 (Fragoudaki & Giokas, 2020; Martins, Marques & Cruz, 2014). Durante esses períodos, os governos locais demonstraram uma preocupação direta com a continuidade do crescimento e da modernização da infraestrutura aérea, adotando o modelo *BOT* como uma estratégia de mitigação dos impactos das crises (Bonifaz & Saavedra, 2023).

O Brasil ingressou na tendência de privatização de aeroportos em um momento posterior à crise, apenas em 2011. No entanto, a transição para a gestão privada segue o padrão dos países latino-americanos e inicia por um projeto BOT para o aeroporto de São Gonçalo do Amarante

(SBSG) no estado do Rio Grande do Norte (RN). Como descrito por Domingos *et al.* (2025), o programa de concessões aeroportuárias no Brasil resultou na entrega da gestão de 59 aeroportos ao setor privado, sendo justificada como uma alternativa à gestão exclusiva realizada pela INFRAERO e ao ônus financeiro que essa responsabilidade impõe sobre as contas públicas (Machado *et al.*, 2019).

Apesar das análises indicarem ganhos de eficiência com as concessões no Brasil, fatores econômicos regionais e nacionais (Da Silva, Rodrigues & Falcão, 2019; Domingos, Falcão, & Da Silva, 2020; Galdiano, Falcão & Da Silva, 2019; Rocha, Silva & Da Silva, 2020; Falcão *et al.*, 2022) revelaram que alguns aeroportos, especialmente os das primeiras rodadas de concessão, tiveram seus contratos encerrados antes do prazo estipulado (São Gonçalo do Amarante, SBSG) ou apresentam indicativos de renegociação ou intenções de encerramento por parte da concessionária (como o caso de Viracopos, SBKP). Esses casos são semelhantes aos registrados em outros países da América Latina, como no Peru e Colômbia, conforme descrito por Saussier e De Brux (2018), com base no estudo de Guasch (2004).

Os casos de encerramento antecipado dos contratos de concessão devem ser interpretados à luz dos resultados obtidos, mais do que dos fatores que os causaram. Fernandes & Pacheco (2018) afirmam que, quando um governo decide privatizar ou conceder atividades de utilidade pública, como a gestão de aeroportos, espera-se que o aumento da produtividade leve a uma melhoria nos serviços. No entanto, a literatura sobre o tema é controversa, apresentando tanto casos em que isso ocorre quanto outros em que não se verificam ganhos substanciais.

No Brasil, as políticas de concessão impactaram os indicadores de desempenho gerencial da INFRAERO, mas sem sinais claros de melhoria (Falcão *et al.*, 2021). Nesse contexto, a melhora na operação dos aeroportos sob a nova governança continua a ser um ponto de questionamento. Essa hipótese é corroborada com alguns estudos sobre eficiência (Toledo *et al.*, 2021; Fernandes & Pacheco, 2018; Pacagnella Junior *et al.*, 2020), nos quais as primeiras rodadas de concessões não apresentaram uma melhoria estatisticamente significativa na eficiência operacional dos aeroportos, com alguns ainda exibindo ineficiências.

Portanto, ainda se mostra relevante a investigação sobre as concessões brasileiras a respeito da eficiência operacional, além da necessidade de identificar os fatores associados aos possíveis ganhos ou perdas na operação quando comparados aos períodos de governança pública.

As concessões no Brasil, que começaram tardiamente em comparação com outros países

latino-americanos, sofreram diversas alterações nos termos contratuais - as diferentes formas adotadas, a constante flexibilização e a inclusão de aeroportos deficitários aos blocos - exigindo uma análise de quais modelos de gestão têm apresentado melhores respostas em termos de desempenho e eficiência operacional. Essa avaliação contínua é fundamental para otimizar a gestão dos aeroportos e assegurar que as concessões tragam benefícios reais em termos de qualidade de serviço, rentabilidade e crescimento sustentável, evitando que o modelo de concessão se torne obsoleto ou ineficaz à medida que as condições econômicas e operacionais mudam.

2.2.2. Evolução dos Contratos de Concessão de Aeroportos do Brasil

A evolução dos contratos de concessão de aeroportos no Brasil ao longo das diferentes rodadas reflete mudanças significativas na relação entre o Estado e as concessionárias, especialmente no que tange à flexibilidade contratual e à repartição de responsabilidades. A análise das sete rodadas de concessão revela um processo de refinamento progressivo das cláusulas contratuais, principalmente no que diz respeito a participação da INFRAERO como sócia, além de fatores listados por Machado *et al.* (2019) como o tipo de outorga adotada, o ágio (variação percentual em relação ao lance mínimo requerido para o leilão), os gatilhos de investimento ou *Capital Expenditure* (Capex), a presença de obras públicas requeridas, o capital mínimo ou até perfil característico da nacionalidade da empresa vencedora,

O processo de concessão destes aeroportos foi incluído no Decreto nº 7.531, de 21 de julho de 2011, o Programa Nacional de Desestatização – PND, que tem como objetivo transferir à iniciativa privada atividades que são indevidamente exercidas pelo setor público (BRASIL, 2011a). Os aeroportos brasileiros vinham de duas situações que enviesavam a sua inclusão no PND, a primeira foi o processo de reformas significativas do setor de aviação do projetadas para aumentar a competitividade, facilitando a entrada de novas empresas no mercado e liberalizar os preços. Por conta disso, os aeroportos eram administrados pela INFRAERO, uma empresa pública nacional vinculada ao Ministério dos Portos e Aeroportos, que operava sob uma administração centralizada, teve como resultado em uma concentração de voos nos principais aeroportos do país (Domingos *et al.*, 2025). Dessa forma, a intensificação da demanda por melhorias na infraestrutura aeroportuária e de aviação destacou deficiências no sistema aéreo nacional e culminou no Apagão Aéreo (Oliveira, Onuki & Amorim., 2009). Esse incidente desencadeou discussões sobre falhas operacionais e as prioridades inadequadas de investimento do governo no transporte aéreo.

A segunda situação eram os planos de desenvolvimento da infraestrutura turística e de

transportes para as cidades-sede dos eventos da Copa do Mundo FIFA 2014 e as Olimpíadas Rio 2016. Segundo o relatório da ANAC sobre o transporte aéreo brasileiro durante o período da Copa (ANAC, 2015):

“Nos três anos que precederam a realização da Copa do Mundo FIFA Brasil 2014, o desempenho do transporte aéreo desenvolveu-se em um cenário de desaceleração da economia brasileira, de alta do dólar e do barril de petróleo – que afetam diretamente mais da metade dos custos do setor e a demanda por transporte aéreo – e de acirrada concorrência. Desde 2011, o setor tem registrado prejuízos bilionários, provocando a adoção de medidas de ajuste pela própria indústria para recuperar a rentabilidade do negócio, como a reestruturação da oferta e a elevação da taxa de aproveitamento dos assentos das aeronaves.” Fonte: ANAC (2015).

A afirmação da ANAC reflete o sentimento de distanciamento entre as expectativas para o crescimento do mercado e a oferta de infraestrutura presente. É nesse cenário que ocorre a primeira concessão federal de aeroportos, em 2011. Essa ação, com a concessão de um novo aeroporto para atender à cidade de Natal (RN) - uma das sedes do evento, o Aeroporto de São Gonçalo do Amarante, foi considerada um projeto piloto, cujo objetivo foi testar o modelo antes de expandi-lo (Ribeiro, Wilbert & Salgado, 2018; Machado *et al.*, 2019).

A proposta era um aeroporto *greenfield*, sendo o único nessa condição entre os concedidos à iniciativa privada (Machado *et al.*, 2019). Isso significava que ele foi totalmente construído (Ribeiro, Wilbert & Salgado, 2018). Seu contrato apresentou apenas duas fases: a Fase 1, onde foi determinado o início do projeto e construção do aeroporto, e a Fase 2, onde ocorreu a transferência das operações aeroportuárias e aéreas relacionadas ao transporte aéreo civil do Aeroporto Augusto Severo para o Aeroporto Internacional de São Gonçalo do Amarante (Ribeiro, Wilbert & Salgado, 2018).

No leilão, a proposta vencedora para o Aeroporto de São Gonçalo do Amarante teve um ágio de 229% (ANAC, 2011). O consórcio vencedor para a concessão de São Gonçalo do Amarante foi composto por Engevix (50%) e Corporación América (50%)., com a assinatura do contrato em 28/11/2011 e o início da concessão em 18/01/2012, por um prazo de 28 anos. O valor do contrato foi de R\$ 650 milhões.

Devido à sua natureza *greenfield*, houve a necessidade de construir uma estrada de acesso ao aeroporto, já que o único acesso disponível era uma estrada de terra. A responsabilidade pela conclusão dessa obra era do estado do Rio Grande do Norte, porém, a conclusão atrasou, e a possibilidade de reequilíbrio do contrato devido a esse atraso não constou do contrato de concessão (Machado *et al.*, 2019).

Com exceção do Aeroporto de São Gonçalo do Amarante, as demais concessões tiveram

como parâmetro para seleção a maior taxa de concessão oferecida (Fernandes & Pacheco, 2018). Além disso, as regras contratuais ainda eram relativamente rígidas. A rescisão do contrato por parte da concessionária só poderia ocorrer mediante ação judicial, o que exigia um longo processo até o trânsito em julgado. A indenização em caso de rescisão era calculada conforme critérios específicos do contrato, mas havia limitações claras quanto à flexibilidade para renegociações (BRASIL, 2011b).

No entanto, o modelo BOT adotado para SBSG é descontinuado já a partir da rodada seguinte. A segunda rodada de concessões apresenta um caráter mais amplo em relação as condições econômicas e de desenvolvimento da infraestrutura frente a demanda observada. Com a inclusão dos maiores aeroportos em movimentação de passageiros e carga no Brasil, como o Aeroporto de Guarulhos (BRASIL, 2012) e o Viracopos, ambos no estado de São Paulo, houve uma ampliação nos detalhes sobre as causas de rescisão, trazendo maior clareza às responsabilidades de ambas as partes. A concessão manteve a necessidade de ação judicial para rescisão, mas introduziu o conceito de rescisão consensual entre as partes, permitindo maior flexibilidade.

A variável de leilão utilizada foi a de maior outorga (Machado *et al.*, 2019), com isso, as concessionárias vencedoras tiveram que dividir a participação nos aeroportos com a Infraero, a qual manteve uma participação de 49% no capital de cada um dos aeroportos concedidos nessa rodada (ANAC, 2012). O modelo de coparticipação com a Infraero visada permitir a equidade financeira dos aeroportos nacionais, uma vez que os três aeroportos membros da rodada (SBGR, SBKP e SBBR) compunham mais de 30% da movimentação de passageiros na época (ANAC, 2011). Logo, a Infraero seria responsável por uma distribuição aos aeroportos deficitários do Brasil com a esperada alavancada de modelo de gestão, operação e receitas a serem implantadas pela iniciativa privada nos aeroportos da rodada (Fernandes & Pacheco, 2018).

Os elevados valores resultantes de outorgas fixas foram uma das características mais marcantes da segunda e da terceira rodada, Figura 2. Machado *et al.* (2019) ainda debatem que o fato de a outorga fixa e seu ágio estarem incluídos no fluxo de caixa do projeto, sem exigir, inicialmente, um investimento significativo de capital (já que o valor da outorga fixa e de seu ágio não precisava ser pago de imediato), beneficiava os licitantes mais agressivos. Como consequência, a segunda rodada de concessões de aeroportos brasileiros teve como resposta uma arrecadação total de quatorze bilhões de dólares (Rolim, Bettini & Oliveira, 2016).

Figura 2: Evolução dos contratos de concessão de aeroportos brasileiros.

	Primeira Rodada	Segunda Rodada	Terceira Rodada	Quarta Rodada	Quinta Rodada	Sexta Rodada	Sétima Rodada
Participação da INFRAERO (%)	0	49		0			
Outorga	Outorga fixa anual	Outorga fixa anual Outorga variável		Outorga fixa (25% + ágio adiantado; carência; ramp up) Outorga variável	Outorga fixa (100% adiantada) Outorga variável (carência e ramp up)	Outorga fixa (100% adiantada) Outorga variável (carência e ramp up)	Outorga fixa (100% adiantada) Outorga variável (carência e ramp up)
Ágio	SBSG 229%	SBGR 374% SBBR 673% SBKP 160%	SBGL 294% SBCF 66%	SBFZ 18% SBSV 113% SBFL 58% SBPA 852%	NE 1.010% SE 830% CO 4.739%	N 777% C 9.156% S 1.534%	Aviação Geral 0,01% N II 119.78% SP/MS/PA/MG 231,02%
Gatilhos de capital expenditure (Capex)	Com gatilho	Grandes investimentos sem gatilho			Com gatilho		
Obras públicas	Obras do poder público			Ausente			
Capital Mínimo	5% a 10% do Capex dos primeiros cinco anos			25% da outorga fixa + ágio		R\$ 742 milhões com redução permitida	Mínimo variável com redução permitida
Perfil vencedor	Predomínio de construtoras nacionais			Predomínio de operadoras estrangeiras			

Fonte: Adaptado de Machado *et al.* (2019). Fontes adicionais sendo os contratos de concessão dos aeroportos (ANAC, 2021^a, 2021b, 2021c, 2023^a, 2023b, 2023c)

Na terceira rodada, representada pelo aeroporto do Galeão (SBGL) no Rio de Janeiro e Confins (SBCF) em Minas Gerais (BRASIL, 2014), a presença da Infraero nas concessões foi assunto de debate, uma vez que a manutenção da presença do Estado na operação dos aeroportos foi mantida, sendo requerida, conforme o padrão do acordo de acionistas que constou no edital dos leilões, a Infraero, “na proporção de sua participação, a acompanhar os aumentos de capital necessários para realizar os investimentos da Fase I-B do Contrato”.

Assim como na rodada anterior, Figura 2, a Infraero seria responsável pela atuação de obras públicas de ampliação e melhorias específicas a cada aeroporto (BRASIL, 2012, 2013), sendo estes investimentos parte da Matriz de Responsabilidade, um instrumento que define as áreas prioritárias de infraestrutura para as cidades da Copa do Mundo de 2014 (MINISTÉRIO DO TURISMO, 2013).

Dentre as obras de responsabilidade da Infraero, o Aeroporto de Confins possuía exigências de obras como a modernização e a ampliação do Terminal 1 e a reforma e a ampliação da pista de pouso e do sistema de pátios, com conclusão estimada para o fim de 2014 (BRASIL, 2013). Os investimentos totalizavam aproximadamente R\$ 2,3 bilhões, Tabela 3, para melhoria e manutenção das infraestruturas aeroportuárias de seis cidades-sede do evento.

Tabela 3: Investimentos públicos em Infraestrutura para a Copa do Mundo FIFA 2014 (em milhões de R\$).

Cidade-Sede	Aeroportos	Turismo e Outros	Total Parcial
Belo Horizonte	509	19	528
Brasília	650	10	660
Fortaleza	196	22	218
Recife	20	17	37
Rio de Janeiro	845	26	871
Salvador	47	12	59
Total	2.267	106	2.373

Fonte: Ministério do Turismo (2013).

Com isso os contratos apresentaram uma evolução, incorporando a previsão de caducidade e revisão extraordinária do equilíbrio econômico-financeiro do contrato. Essa inclusão trouxe maior flexibilidade em relação a eventos que pudessem desequilibrar financeiramente o contrato, permitindo revisões extraordinárias para manutenção da viabilidade econômica da concessão. Um exemplo foi que, em outubro de 2017, o então Ministério dos Transportes publicou a Portaria 135, cujo efeito prático era reestabelecer a possibilidade de voos regulares domésticos sem restrições no Aeroporto da Pampulha, principal concorrente local de Confins, sendo essa portaria suspensa posteriormente (Machado *et al.*, 2019).

Com a quarta rodada, que incluiu os aeroportos de Salvador (SBSV) na Bahia (BRASIL, 2017), Fortaleza (SBFZ) no Ceará, Porto Alegre (SBPA) no Rio Grande do Sul e Florianópolis (SBFL) em Santa Catarina, os contratos mantiveram as bases dos anteriores, mas houve ajustes importantes, refinando os mecanismos de rescisão e o detalhamento sobre as causas de caducidade e anulação. A quarta também caracteriza a primeira rodada sem participação direta da Infraero no montante da concessão, atribuindo o papel de regulador e agência ao governo através da ANAC. Por consequência, a necessidade de ação judicial permaneceu como ponto central, mas com normas mais claras para a continuidade dos serviços.

A saída da Infraero pode ser analisada sob duas perspectivas. A primeira defende que a presença da Infraero limitava as ações da iniciativa privada nos aeroportos. Esse argumento se baseia na ideia de que, como a Infraero ainda operava outros aeroportos no Brasil, qualquer estratégia de mercado com caráter predatório ou voltada à livre concorrência seria atenuada (Arantes & Piaskowski, 2020).

Por outro lado, a segunda perspectiva sustenta que a presença da Infraero não apenas não

restringia a livre concorrência entre as operadoras, mas também ajudava a manter a função de hub integrador dos aeroportos com maior movimentação do país (como os das segunda e terceira rodadas de concessão). Além disso, a Infraero permitiria o desenvolvimento e a manutenção de aeroportos menores e deficitários, garantindo a continuidade das operações em mais regiões do Brasil e favorecendo a inclusão de demandas para os aeroportos maiores (Fernandes & Pacheco, 2018).

É importante destacar que, ainda segundo os autores, a Infraero foi, na verdade, a principal prejudicada pelas concessões dos aeroportos superavitários. Os resultados indicam que os aeroportos sob sua administração não só perderam participação de mercado, como também apresentaram queda significativa de desempenho. Durante o período analisado, o índice geral de desempenho da empresa caiu de 71,48% para 62,73%, evidenciando a dificuldade da Infraero em se adaptar ao novo cenário de concessões para a iniciativa privada.

Em relação aos contratos, as concessões mais recentes, Tabela 4, como as da quinta (com o aeroporto de Recife (SBRF) no estado de Pernambuco (BRASIL, 2019)) e da sexta rodadas (com o aeroporto de Manaus (SBEG) no Amazonas (BRASIL, 2022)), mantiveram as ideias de garantir a continuidade dos serviços, ao mesmo tempo em que aprofundaram os mecanismos de rescisão e indenização, como apresentados na 4ª rodada. Com a introdução do modelo de concessão em grupos de aeroportos, a responsabilização do Estado em caso de descumprimento contratual e a flexibilização de alguns pontos, como as causas de caducidade e falência da concessionária, foram detalhadas com maior precisão. O modelo adotado previa a formação de blocos em que um aeroporto “âncora” seria agregado a aeroportos menores na região.

Tabela 4: Resumo das últimas rodadas de concessão (5ª à 7ª rodadas).

Rodada	Bloco/Aeroportos	Concessionária
5ª	Aracaju (SE)	AENA Desarrollo Internacional SME S/A.
	Campina Grande (PB)	
	João Pessoa (PB)	
	Juazeiro do Norte (CE)	
	Maceió (AL)	
	Recife (PE)	
	Bloco SE	ZURICH Airport Latin America LTDA.
	Macaé (RJ) Vitória (ES)	
	Bloco CO	SOCICAM Terminais Rodoviários e Representações LTDA;
	Cuiabá (MT) Sinop (MT)	

6 ^a		Rondonópolis (MT) Alta Floresta (MT)	SINART Sociedade Nacional de Apoio Rodoviário e Turístico LTDA.
	Bloco Norte	Manaus (AM) Tabatinga (AM) Tefé (AM) Porto Velho (RO) Rio Branco (AC) Cruzeiro do Sul (AC) Boa Vista (RR)	Vinci Airports
		Goiânia (GO) Palmas (TO) São Luís (MA) Imperatriz (MA) Teresina (PI) Petrolina (PE)	Companhia de Participações em Concessões (CCR Airports)
		Curitiba (PR) Foz do Iguaçu (PR) Londrina (PR) Bacacheri em Curitiba (PR) Navegantes (SC) Joinville (SC) Pelotas (RS) Uruguaiana (RS) Bagé (RS)	Companhia de Participações em Concessões (CCR Airports)
	Bloco Aviação Geral	Campo de Marte/SP Jacarepaguá/RJ	Consórcio XP Infra IV FIP em Infraestrutura
	Bloco Norte II	Belém/PA Macapá/AP	Consórcio Novo Norte Aeroportos
		Congonhas/SP Campo Grande/MS Corumbá/MS Ponta Porã/MS Santarém/PA Marabá/PA Carajás/PA Altamira/PA	Consórcio Aena Desarrollo Internacional
	Bloco SP/MS/PA/MG		

Uberlândia/MG

Uberaba/ MG

Montes Claros/MG

A adoção dos modelos de concessão em bloco utilizou-se o princípio de alocação de subsídios cruzados dentro dos blocos, de forma a conceder à iniciativa privada aeroportos menores e menos rentáveis conjuntamente com aeroportos de maior movimentação, os aeroportos-âncoras (Machado *et al.*, 2019).

O modelo em bloco permaneceu até a sétima e última rodada, porém, com o foco na aviação geral (BRASIL, 2023), a transição entre concessionárias recebeu destaque, assegurando que, mesmo em caso de rescisão, os serviços continuem até a completa transferência para um novo operador. Essa mudança reforça o papel do poder concedente como garantidor da continuidade do serviço público aeroportuário.

Foi também nas rodadas de concessão em blocos que retornaram aos contratos a necessidade de gatilhos para retorno de investimentos. Esses gatilhos possuem como base a demanda realizada observada, ou seja, a partir do alcance de certas capacidades de operação das infraestruturas (atingidas as capacidades hora pico de terminais de passageiros – em média 85%, e/ou a necessidade comprovada por demanda no sistema de pistas, por exemplo), a concessionária deve realizar obras adicionais quando disparados gatilhos (ex.: expansão de terminais, pistas ou pátios) para manter o nível de serviço. As obras devem seguir o Plano de Exploração Aeroportuária (PEA) dos aeroportos, sendo o governo isento dos custos desses investimentos, exceto em casos de revisão extraordinária por eventos de risco alocado ao Poder Concedente (ex.: mudanças normativas não previstas), (BRASIL, 2018, 2021, 2023).

Algumas exceções a regra eram a do Aeroporto de Recife e de Congonhas, em que medidas imediatas de investimento eram requeridas para melhorar a eficiência e capacidade dos aeroportos já nos primeiros anos de concessão. realizada observada. A Concessionária deve realizar investimentos conforme o Plano de Exploração Aeroportuária (PEA) e o Plano de Gestão da Infraestrutura (PGI) (BRASIL, 2018, 2023).

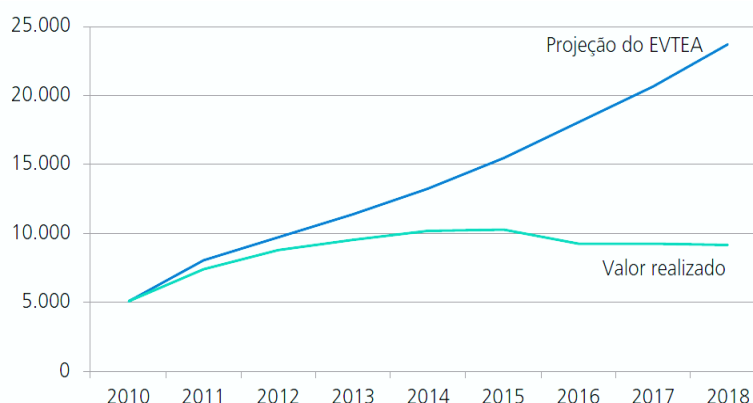
Embora os contratos tenham evoluído em termos de detalhamento, a flexibilidade para renegociações e rescisões permanece limitada ao longo das rodadas. As concessionárias podem rescindir os contratos, mesmo apenas após um processo judicial, o que evidencia a rigidez inerente à estrutura contratual. No entanto, é possível solicitar revisões extraordinárias em

situações que provoquem o desequilíbrio do contrato, como mudanças econômicas significativas, o que proporciona certa margem para ajustes.

A partir da 2ª Rodada, a flexibilidade tornou-se mais evidente com a introdução da possibilidade de rescisões consensuais entre as partes. Esse mecanismo sugere a hipótese de que problemas no contrato de SBSG, celebrado na primeira rodada, resultaram em sua devolução ao Estado e na subsequente renegociação nos moldes atuais em 2023 (BRASIL, 2023).

A rescisão de contratos de concessão evidencia a incapacidade de atender às expectativas inicialmente estabelecidas. Diante desse cenário, é fundamental explorar alternativas que garantam a sustentabilidade e a viabilidade econômica desses contratos a longo prazo. Essas alternativas devem considerar a dinâmica real da operação aeroportuária, evitando o uso de projeções excessivamente otimistas que não se concretizam na prática, como no caso de SBKP (Figura 3)

Figura 3: Movimentação de passageiros no Aeroporto de Viracopos (milhares de passageiros).



Fonte: Machado *et al.* (2019).

Um aspecto essencial para aumentar a flexibilidade contratual é a revisão dos gatilhos de reequilíbrio. Esses gatilhos devem ser ajustados para refletir condições reais de mercado e operação, considerando variáveis como a demanda efetiva de passageiros e, de forma crucial, a movimentação de carga aérea. A exclusão desse último fator em algumas rodadas de concessão desconsidera uma parte significativa da atividade aeroportuária, o que pode comprometer a precisão dos mecanismos de ajuste. Além disso, a rápida evolução tecnológica, especialmente nas operações logísticas e digitais, impõe desafios adicionais à previsibilidade contratual. Nesse contexto, a Teoria dos Contratos Incompletos (HART, 2017) reforça a necessidade de incorporar mecanismos adaptativos nos contratos de concessão, reconhecendo que é impossível

antever todas as contingências futuras e que os direitos de controle e adaptação se tornam fundamentais para preservar a eficiência ao longo do tempo.

Além disso, é necessário que os contratos incorporem mecanismos de revisão periódica mais ágeis e sensíveis às mudanças conjunturais. A implementação de revisões mais frequentes e baseadas em indicadores claros e verificáveis pode mitigar os riscos de desequilíbrio econômico-financeiro. Isso não apenas reduz a probabilidade de rescisões unilaterais, mas também fortalece a previsibilidade e a confiança entre as partes envolvidas.

Outro ponto relevante é a adoção de um modelo de governança mais colaborativo entre o poder público e as concessionárias, em consonância com os conceitos da Nova Economia Institucional (NEI), particularmente a abordagem de governança proposta por Williamson (1996). Nesse sentido, a governança é compreendida como o conjunto de mecanismos institucionais que regulam as transações entre agentes, visando minimizar os custos de transação e os riscos de oportunismo. No contexto das concessões aeroportuárias, essa lógica se traduz na construção de arranjos contratuais híbridos, com mecanismos formais e informais de coordenação e monitoramento, conforme discutido por Fiani (2017), que destaca a importância de estruturas cooperativas para lidar com as incompletudes contratuais inerentes aos projetos de infraestrutura.

Esse modelo deve privilegiar a transparência e a troca de informações em tempo real, permitindo ajustes prévios a situações de crise. A experiência com a devolução de contratos em rodadas anteriores reforça a necessidade de um planejamento mais robusto, que contemple cenários diversos e mecanismos de resposta rápida.

Portanto, garantir a viabilidade das concessões aeroportuárias exige que os contratos evoluam para modelos que não apenas contemplem gatilhos de reequilíbrio dinâmicos, mas que também incorporem mecanismos que alinhem os incentivos entre os parceiros públicos e privados ao longo do ciclo contratual. Conforme argumentam Estache & Saussier (2014) e Saussier & de Brux (2018), contratos de PPP eficazes devem ser desenhados de forma a permitir adaptações às incertezas futuras, por meio de cláusulas de renegociação estruturadas, garantindo o desempenho e a sustentabilidade de longo prazo.

Com isso, a operação, a técnica, a escala e as questões socioambientais devem ser consideradas para medir o real impacto da gestão privada. Sem métricas que comprovem melhorias nessas dimensões em relação à operação pública, a própria justificativa para a implementação de modelos concessionados se enfraquece.

3. MODELOS DE CONCESSÃO E AS DIMENSÕES DE EFICIÊNCIA

O estudo dos modelos de concessão aeroportuária não se restringe apenas à transferência da gestão para o setor privado, mas também engloba a avaliação das diferentes dimensões de eficiência associadas a esse processo (Pagnella Junior *et al.*, 2020). A eficiência aeroportuária pode ser analisada sob múltiplas perspectivas, incluindo eficiência operacional (Song, Tan & Yao, 2025; Fernandes & Pacheco, 2018; Toledo *et al.*, 2021), técnica e de escala (Muslin, Ahmad & Abbas, 2024; Ulku, 2015), quanto a sustentabilidade (Domingos *et al.*, 2025; Queiroz Júnior *et al.*, 2023), etc. Essas dimensões auxiliam a compreensão dos impactos da concessão sobre a gestão aeroportuária, identificando os possíveis benefícios e desafios associados às mudanças de governança.

Com isso, no primeiro subcapítulo dessa seção são discutidos os efeitos das mudanças de governança no setor aeroportuário, considerando como a concessão e a privatização influenciam o desempenho dos aeroportos. São exploradas diferentes dimensões de eficiência, incluindo aspectos operacionais, financeiros e socioambientais, bem como a relação entre aeroportos e companhias aéreas.

No segundo subcapítulo são analisados os principais estudos sobre eficiência aeroportuária no Brasil, destacando como diferentes abordagens metodológicas têm sido aplicadas para avaliar os efeitos das concessões ao longo do tempo. A evolução das pesquisas permite entender os desafios e avanços no setor, bem como as tendências observadas nos aeroportos concedidos e os fatores que impactam sua performance.

Por fim, o terceiro subcapítulo apresenta os métodos utilizados para medir a eficiência aeroportuária, com ênfase na Análise Envoltória de Dados (DEA). São discutidos os diferentes modelos DEA aplicados na literatura, suas variações e como esse método pode capturar a eficiência dos aeroportos a partir de múltiplos critérios. Essa abordagem fornece uma base metodológica para a análise realizada no estudo, permitindo uma avaliação abrangente do desempenho dos aeroportos concedidos.

3.1. A Eficiência Aeroportuária e os Impactos das Mudanças de Governança

A avaliação do desempenho aeroportuário é fundamental para compreender os impactos reais das mudanças na governança dos aeroportos (Toledo *et al.*, 2021). Dentre as principais métricas de avaliação, destacam-se as análises de eficiência.

No entanto, a eficiência aeroportuária pode ser avaliada sob diferentes perspectivas,

refletindo a complexidade das operações do setor. A eficiência operacional para o gestor aeroportuário, ou eficiência operacional “bruta”, visa maximizar a exploração das infraestruturas existentes (Henke *et al.*, 2022). Ela está relacionada com a capacidade de os aeroportos operarem de forma eficiente a fim de reduzir custos de operação e melhorar a qualidade dos serviços prestados, além de ser vista como necessária para uma compreensão clara da estrutura aeroportuária atual (Štimac *et al.*, 2020).

Por outro lado, a eficiência operacional “bruta” do aeroporto não é vista apenas sob a ótica da otimização de recursos e operações, mas também é intrinsecamente ligada à experiência e satisfação dos passageiros. Por conta disso, estudos caracterizam que os aeroportos eficientes são aqueles que conseguem maximizar a utilização dos seus recursos e otimizar as suas operações, mas, ao mesmo tempo consigam proporcionar um bom nível de serviço e satisfação às necessidades e expectativas dos seus usuários (Kim & Shin, 2001; Chaouk, Pagliari & Miyoshi, 2019; Colak, Enoch & Morton, 2023).

Outra perspectiva para analisar os aeroportos concedidos é a eficiência alocativa, que considera a otimização dos recursos financeiros. Essa abordagem avalia a capacidade do aeroporto de maximizar sua receita e rentabilidade a partir de suas operações e ativos, garantindo sua sustentabilidade financeira e, em alguns casos, aumentando o valor para seus proprietários, sejam eles públicos ou privados (Kim *et al.*, 2024; Keskin & Köksal, 2019; Teixeira *et al.*, 2024). Embora haja regulamentações que exigem a divulgação de informações financeiras, especialmente para aeroportos sob concessão regulada pela ANAC, a efetiva disponibilidade, consistência e comparabilidade desses dados pode variar significativamente entre operadores, o que representa um desafio metodológico para análises de eficiência financeira longitudinal.

Como alternativa à análise da eficiência alocativa, uma abordagem relevante é considerar os efeitos da interdependência entre a eficiência aeroportuária e a eficiência das companhias aéreas. Trata-se de uma relação estrutural e interligada, típica de mercados verticalmente integrados, onde decisões de um agente, como companhias aéreas, impactam diretamente a operação, a demanda e o desempenho financeiro dos aeroportos, e vice-versa. Fatores como concentração de mercado, tipo de gestão aeroportuária, acordos de compartilhamento de receita e o poder de mercado das companhias aéreas são determinantes nessa dinâmica. Essa perspectiva reforça a necessidade de análises que considerem a natureza complementar das operações, superando avaliações isoladas de cada agente.

A relação quase "simbiótica" entre a eficiência dos aeroportos e das companhias aéreas é descrita por Zhang & Czerny (2012) como uma relação vertical, na qual os aeroportos atuam como provedores de infraestrutura, enquanto as companhias aéreas são usuárias diretas dessa estrutura. Ainda segundo os autores, a forma como os aeroportos gerenciam sua capacidade — por meio de mecanismos como tarifação de congestionamento ou sistemas de *slots* —, característicos ao modelo de negócios próprio a cada governança, impacta diretamente a eficiência operacional das companhias aéreas.

A mesma relação de interdependência entre aeroportos e companhias aéreas é discutida por Ha et al. (2013), que investigam os impactos da estrutura de mercado das companhias aéreas na eficiência dos aeroportos. Os autores identificam uma relação em formato de “U invertido” entre a concentração do mercado aéreo e a eficiência aeroportuária. Concentrações muito baixas dificultam a coordenação e aumentam o congestionamento, enquanto concentrações excessivas podem levar a relações assimétricas, nas quais companhias dominantes extraem benefícios tarifários sem necessariamente ampliar a demanda. No entanto, uma concentração moderada tende a favorecer a eficiência, pois permite que companhias dominantes internalizem custos de congestionamento e colaborem mais eficazmente com a gestão aeroportuária. Esse achado indica que *hubs* aéreos, frequentemente operados por poucas grandes companhias, podem ser mais eficientes, desde que exista alinhamento de incentivos entre as partes e mecanismos regulatórios adequados.

Essa relação exige certo equilíbrio entre as partes privadas do setor aéreo (aeroporto e companhia aérea). Weekx e Buyle (2023) encontraram uma relação positiva e estatisticamente significativa entre a dominância de companhias aéreas e a eficiência técnica em aeroportos europeus de médio porte (aqueles que movimentam entre 5 e 25 milhões de passageiros por ano). Os autores sugerem que aeroportos dominados por uma companhia aérea principal tendem a apresentar maior eficiência técnica. Embora o estudo não explore detalhadamente os mecanismos causais, uma possível explicação para esse resultado seria a maior previsibilidade operacional e potencial coordenação entre os agentes em ambientes com menor fragmentação de mercado.

Em um outro cenário, a partir de uma análise sobre o porte dos aeroportos — que varia desde grandes *hubs* metropolitanos e regionais, com alta movimentação de passageiros, até aeroportos de pequeno e médio porte em regiões de menor tráfego na China; Chang, Yu & Chen (2013) sugerem que aeroportos atendidos por um maior número de companhias aéreas tendem a apresentar maior eficiência técnica. Isso implica que a concentração do mercado em uma ou

poucas companhias aéreas pode ter um efeito negativo na eficiência destes aeroportos.

Já Park & Kim (2021) sugerem que aeroportos operados em grupo, sob a gestão de uma mesma empresa, tendem a ser mais eficientes e a atrair uma maior participação de mercado de companhias aéreas dominantes, o que pode impactar positivamente a eficiência aeroportuária. Isso reforça a relação sinérgica em que a eficiência de um agente influencia a do outro. Além disso, os resultados indicam ganhos de eficiência independentemente do modelo de governança adotado. Enquanto os grupos aeroportuários estatais aprimoram sua eficiência devido a pressões governamentais e à necessidade de otimização de recursos — inclusive em aeroportos menores e menos lucrativos —, os grupos privados aumentam sua eficiência ao adotar práticas orientadas para o mercado e focadas no retorno financeiro.

Assim, diante de um mercado completamente privado, em que tanto as companhias aéreas quanto os aeroportos atuam de forma independente e segundo os seus próprios interesses financeiros, observa-se que a governança privada tende a ser mais eficaz em alinhar a eficiência da infraestrutura (ligada ao aeroporto) e a eficiência operacional (ligada às empresas aéreas). Essa sinergia promove ganhos estruturais e estratégicos, embora o comportamento correlacionado e heterogêneo entre as duas dimensões dependa do cenário avaliado, com aeroportos concedidos geralmente apresentando níveis superiores de eficiência, especialmente aqueles de maior porte e em rodadas de concessão mais recentes. (Teixeira *et al.*, 2024; Wanke, 2013).

Outra dimensão atribuída a análise do setor aéreo privado é a eficiência socioambiental, relacionada à sustentabilidade das operações, cada vez mais relevantes. A literatura internacional explora a vertente sustentável principalmente pela consideração dos impactos ambientais das operações aeroportuárias, como emissões de gases de efeito estufa, poluição e consumo de recursos naturais.

A gestão eficiente, a adoção de tecnologias mais limpas, a logística otimizada e a consciência da responsabilidade social corporativa são apresentados como elementos que podem contribuir para melhorar a eficiência ambiental e a sustentabilidade no setor da aviação (Carlucci, Ciro & Coccorese, 2018).

É diante dessa perspectiva socioambiental que estudos como os de Ngo & Tian (2021) e de Yang, Na & Ha (2019) examinam a consciência da responsabilidade social corporativa (RSC) e os critérios ESG (*Environmental, Social and Governance*) dos aeroportos e a sua influência no desempenho dos aeroportos. A sustentabilidade corporativa é definida como a

adoção de estratégias e ações que atendam às necessidades da empresa e das suas partes interessadas, incluindo a gestão de problemas ambientais. Os estudos abordam a ecoeficiência, que avalia a eficiência da produção considerando fatores ambientais, incluindo emissões de gases de efeito estufa (GEE) como saídas indesejáveis.

Dessa forma, as métricas de eficiência são essenciais para avaliar o desempenho dos aeroportos e possuem um papel importante na análise dos processos de concessão ou privatização. Essa diversidade de dimensões da eficiência oferece várias perspectivas para compreender o desempenho do setor. Logo, avaliar a eficiência em diferentes aspectos, seja operacional, financeiro, social ou ambiental, se faz necessário para garantir que os aeroportos não só cumpram suas funções de transporte de passageiros e carga, mas também contribuam para o desenvolvimento regional e nacional. Isso é particularmente relevante nas concessões e privatizações, onde os objetivos de maximização de recursos devem ser equilibrados com a necessidade de atender ao bem-estar coletivo e às expectativas dos usuários.

A literatura internacional fornece uma visão abrangente sobre os impactos da concessão e privatização na eficiência aeroportuária. No entanto, no contexto brasileiro, há particularidades que influenciam esses resultados, como o modelo regulatório adotado e as condições específicas de infraestrutura e demanda. Na próxima seção, serão analisados estudos empíricos que avaliam a eficiência do setor aéreo no Brasil, permitindo uma comparação entre os achados internacionais e as evidências observadas no país.

3.2. Estudos de Eficiência do Setor Aéreo brasileiro

A análise do desempenho dos aeroportos brasileiros por meio de métricas de eficiência tem sido amplamente explorada na literatura, ocorrendo em diferentes fases e com abordagens variadas. No entanto, a diversidade de metodologias, dimensões analisadas e enfoques adotados dificulta uma comparação sistemática e contínua da evolução do desempenho aeroportuário ao longo do tempo. Fatores como a escolha dos insumos e produtos na modelagem DEA, a consideração ou não de externalidades socioambientais e a inclusão de variáveis contextuais, como governança, privatizações e rodadas de concessão, influenciam significativamente os resultados obtidos.

O estudo de Wanke (2013) abre o debate da avaliação da eficiência operacional dos aeroportos brasileiros sob duas óticas integradas, sendo motivado pela ineficiência crônica dos aeroportos brasileiros no período pré-privatizações, agravada pela falta de investimentos e pela

gestão estatal centralizada. Numa análise da eficiência em dois estágios, a eficiência da infraestrutura física (definida pelo uso de recursos como área terminal, vagas de estacionamento de aeronaves e pistas para gerar movimentos de pousos e decolagens) e a eficiência de consolidação de voos (caracterizada pela capacidade de transformar movimentos em passageiros e carga transportada), o autor introduz a ideia de que a privatização e a adoção de modelos de concessão com metas claras de eficiência poderiam resolver os gargalos identificados, especialmente para aeroportos do grupo de alta demanda (SBGR, SBGL e SBBR) e do grupo com potencial turístico (como o aeroporto de Foz do Iguaçu-PR, SBFI).

A perspectiva de ganhos nas eficiências dos aeroportos permanece ainda difundida entre as primeiras rodadas de concessão, como as análises de Rolim *et al.* (2016), que sugeriram um aumento na demanda após a privatização, especialmente em aeroportos com elevada movimentação de passageiros como SBGR e SBKP.

Foi somente a partir de Fernandes & Pacheco (2018) que os aeroportos brasileiros foram comparados em relação ao desempenho das eficiências sob diferentes governanças. Contudo, os autores tiveram como foco o desempenho dos aeroportos sob a administração da Infraero. Dos 60 aeroportos analisados, administrados pela Infraero em 2009 e 2015 (1ª a 3ª rodadas de concessão), a eficiência avaliada considerou as dimensões gerenciais dos aeroportos como inputs e o processamento de passageiros/carga e as receitas como outputs. Os resultados indicaram uma queda significativa na eficiência geral da Infraero e dos aeroportos sob sua administração ao longo do período analisado. Esse declínio sugere que, diante do avanço das concessões aeroportuárias no Brasil, a Infraero não conseguiu implementar estratégias eficazes para manter ou melhorar a eficiência dos aeroportos que permaneciam sob sua administração.

A comparação direta entre os efeitos das diferentes governanças sob os aeroportos só acontece após quatro rodadas de concessão, em que todos os aeroportos foram concedidos sob regime individual de concessão (Figura 3). Sob a ótica da análise financeira, Machado *et al.* (2019) caracterizaram a evolução do setor e seus resultados como positivas. Segundo os autores houve melhora no índice de satisfação dos passageiros de 2013 para 2018, além de aumento substancial nos investimentos após o início do programa de concessões (principal justificativa das concessões na época).

No entanto, a perspectiva operacional proposta por Toledo *et al.* (2021), verificou se realmente a privatização contribui para melhorar a eficiência produtiva dos aeroportos brasileiros em comparação com aeroportos públicos. O estudo mediu a eficiência produtiva,

que corresponde à eficiência operacional bruta em nossa definição, de 28 aeroportos brasileiros, considerando variáveis relacionadas à infraestrutura, movimento de passageiros e carga. Contudo, ao contrário das observações dos primeiros estudos sobre o tema, os autores chegam à conclusão de que a privatização dos aeroportos brasileiros não resultou em melhora na sua eficiência produtiva (operacional bruta), ao menos para os primeiros anos de concessão, sendo ainda sugerido uma possível revisão dos contratos da primeira rodada de concessões.

Na realidade, o modelo em dois estágios proposto por Toledo *et al.* (2021), que se baseia na interação descrita inicialmente por Wanke (2013), ainda caracteriza apenas 40% dos 28 aeroportos analisados como eficientes, indicando uma má gestão geral. No entanto, em especial a privatização, avaliado como variável *dummy* no modelo *tobit* gerado, não apresentou um efeito estatisticamente significativo na eficiência medida.

Nos anos seguintes a dualidade, entre análises do desempenho das concessões quanto a eficiência operacional e o desempenho financeiro, permanece. Brito, Oliveira & Dresner (2021) investigaram se a privatização de aeroportos no Brasil levou a preços mais altos para os passageiros domésticos. Embora o foco principal seja o impacto nos preços, a discussão reconhece que a justificativa para a privatização geralmente inclui a melhoria da eficiência da gestão.

Da mesma forma, adotando a ótica integrada, ou em dois estágios, proposta inicialmente por Wanke (2013), Pacagnella Junior *et al.* (2020) empregaram um modelo DEA de dois estágios para analisar a eficiência de aeroportos públicos e privados. Como respostas, os aeroportos administrados pelo setor privado apresentaram eficiência significativamente maior em comparação aos geridos pelo governo (INFRAERO), porém, o estudo de Pacagnella Junior *et al.* (2020) considerara apenas o período de recessão econômica ocorrida no Brasil entre 2014 e 2015.

Foi por Teixeira *et al.* 2024 que se caracterizou a eficiência dos aeroportos brasileiros como uma medida multifacetada, abrangendo tanto a eficiência da infraestrutura operacional quanto a eficiência na geração de negócios (receitas e movimentação de passageiros e carga), relacionando com a satisfação do cliente, além de considerar o contexto das concessões de aeroportos no Brasil. Para um período que compreende o início das operações privadas nos aeroportos da segunda rodada e a concessão dos aeroportos pertencentes a quarta rodada, o estudo de Teixeira *et al.* (2024) determina que os níveis de eficiência de infraestrutura e de negócios nos aeroportos brasileiros são heterogêneos e amplamente dispersos. Contudo, a

concessão à iniciativa privada não havia demonstrado ser capaz de produzir aumentos nos níveis de satisfação do cliente, e consequentemente na eficiência operacional dos aeroportos.

Dessa forma, verifica-se que a eficiência dos aeroportos brasileiros é um fenômeno complexo, influenciado por uma ampla gama de fatores. Elementos como o porte do aeroporto, o modelo de gestão (pública ou privada), a diversidade de operações realizadas, a dinâmica de relacionamento com as companhias aéreas e o alinhamento estratégico com as demandas do mercado são determinantes no desempenho operacional. Além disso, a eficiência aeroportuária deve ser analisada não apenas sob a ótica econômica ou operacional “bruta”, a própria relação com a eficiência das companhias aéreas, assim como a satisfação dos usuários e a capacidade de mitigar impactos ambientais, reduzindo emissões e promovendo práticas mais sustentáveis, devem ser consideradas.

Desde as análises de Wanke (2013) até as mais recentes contribuições de Teixeira *et al.* (2024), há um consenso na literatura sobre a necessidade de continuidade das pesquisas sobre a eficiência do setor aéreo, com a ampliação das amostras e a constante atualização dos dados. Esse acompanhamento é essencial, especialmente em um contexto de evolução das concessões aeroportuárias no Brasil. Com a maturidade dos primeiros contratos, as renegociações e até a re-concessão de alguns aeroportos, torna-se ainda mais relevante avaliar se o desempenho dessas infraestruturas está alinhado com as expectativas que motivaram a transição do monopólio estatal para a participação privada.

Além disso, a introdução de novos formatos de concessão, como os modelos em bloco, nos quais aeroportos de menor porte são agrupados com terminais de maior relevância ou entre si, adiciona novas variáveis ao debate sobre eficiência. A avaliação da eficiência aeroportuária sob diferentes dimensões (operacional, econômica, social e ambiental) permitirá verificar se houve um progresso consistente e se os benefícios esperados da privatização foram concretizados. Entre esses benefícios, destacam-se a melhoria na qualidade dos serviços, a modernização da infraestrutura, o aumento da competitividade e a sustentabilidade financeira dos aeroportos concedidos.

Dessa forma, é necessário aprofundar a análise do desempenho dos aeroportos ao longo dos ciclos de concessão, considerando não apenas ganhos de eficiência, mas também desafios estruturais e setoriais. Questões como a viabilidade econômica dos modelos de concessão em bloco, o impacto das re-concessões na eficiência dos aeroportos e a sustentabilidade da governança aeroportuária no longo prazo são aspectos fundamentais para o aprimoramento das

políticas públicas e estratégias regulatórias do setor.

3.3. Métodos de Análise da Eficiência do setor aéreo: DEA

Nos estudos que buscam analisar a eficiência do setor aéreo, em suas dimensões possíveis (operacional, alocativa, integrada ou privada e socioambiental), o DEA (Análise Envoltória de Dados) é um dos métodos mais utilizados. Dentre os estudos que aplicam os modelos DEA, são abordadas questões como a eficiência técnica (obtida pelo CRS), a de escala e o próprio retorno de escala de aeroportos e/ou de companhias aéreas, Tabela 5.

O DEA é empregado como uma metodologia não paramétrica para medir a eficiência relativa de aeroportos (Ha *et al.*, 2013, Lozano & Gutiérrez, 2011; Pacagnella Junior, 2020; Teixeira *et al.*, 2024; Weekx e Buyle, 2023; Toledo *et al.*, 2021).

Para os estudos que verificam a eficiência do setor aéreo, os modelos DEA predominantes são os dois modelos clássicos. O primeiro modelo clássico foi proposto por Charnes, Cooper & Rodes (1978) como um método não paramétrico, baseado em programação linear, tendo como função a medição da eficiência relativa das unidades tomadoras de decisão (DMU, *Decision Making Units*) em utilizar múltiplos insumos (*inputs*) para produzir múltiplos produtos (*outputs*). A DEA permite avaliar múltiplos *inputs* e *outputs* simultaneamente, sem a necessidade de especificar uma forma funcional para a relação de produção (Toledo *et al.*, 2021; Teixeira *et al.*, 2024).

O DEA CCR se baseia em um comportamento constante da escala (CRS) em que se assume que o aumento nos *inputs* resulta em um aumento proporcional, ou linearmente escalável, nos *outputs*. No entanto, ao assumir um retorno variável da escala (VRS), Banker, Charnes & Cooper (1984) propõe que o comportamento da eficiência de produção das DMU's pode ser crescente, decrescente ou constante. A flexibilidade do modelo BCC, como foi nomeado, introduz possibilidades de analisar as DMU's que possuam um comportamento de produção sob condições heterogêneas. Ambos os modelos permitem ainda orientar a direção de busca da eficiência, podendo ter um foco na redução dos insumos (*orientados a input*) ou na maximização dos produtos (*orientados a output*).

Dessa forma, os estudos que avaliaram a eficiência operacional bruta do setor aplicam os modelos clássicos do DEA a depender das suposições sobre a tecnologia de produção dos aeroportos (Parthomsiri *et al.*, 2008; Toledo *et al.*, 2021; Weekx & Buyle, 2023). Modelos com retornos variáveis de escala (VRS) são frequentemente preferidos, dada a diversidade de

tamanhos dos aeroportos (Weekx & Buyle, 2023).

Já as análises que incluem a condição financeira (eficiência alocativa) a operacional dos aeroportos, o uso dos DEA clássicos é definido a partir da suposição sobre a escala de operação dos aeroportos (Keskin & Köksal, 2019; Ülku, 2015).

O mesmo ocorre para as eficiências socioambientais, que empregam as variações de escala para determinar a capacidade de produção dos aeroportos em contrapartida a produção de *outputs* indesejados (poluentes) (Fernández *et al.*, 2021).

Outro aspecto comum é que os modelos tendem a ser orientados para *output* (Curi, Gitto & Mancuso, 2011; Fernandes & Pacheco, 2018; Keskin & Köksal, 2019), devido ao intensivo capital envolvido nas análises do setor aeroportuário (Weekx & Buyle, 2023). No entanto, podem ser orientados a *input* (Hidalgo-Gallego & Mateo-Mantecón, 2019; Ülku, 2015) dependendo do foco da análise e da controlabilidade das variáveis pelos gestores dos aeroportos.

As especificidades do setor aéreo fazem ainda com que algumas alternativas aos modelos CCR e BCC sejam aplicadas, com isso se objetivam melhor se adequarem ao comportamento do setor (em especial aos aeroportos). O modelo SBM, por exemplo, foca diretamente nas folgas (*Slacks-Based Measure*) e pode fornecer uma avaliação mais variável e, consequentemente, mais próxima da realidade da eficiência do setor aéreo, ao aplicar uma medida de eficiência não radial que considera diretamente essas folgas (Lozano & Gutiérrez, 2011; Toledo *et al.*, 2021; Tone, 2001).

Outros estudos optaram pelo emprego de técnicas de *bootstrapping* para obter estimativas de eficiência corrigidas por viés e construir intervalos de confiança para as pontuações de eficiência do DEA (Curi, Gitto & Mancuso, 2011; Weekx & Buyle, 2023). Isso ajuda a lidar com a sensibilidade do DEA a *outliers* e erros de amostragem.

Existem ainda modelos DEA mais sofisticados, como o DEA com regiões de garantia (AR), que incorpora pesos derivados de outros métodos para restringir os pesos das variáveis e obter resultados mais realistas, comum as análises que integram dois tipos de eficiência como a operacional e a alocativa (Keskin & Köksal, 2019). De forma similar, o modelo Russell de DEA também é empregado para considerar variáveis não discricionárias (Ülkü, 2015).

Tabela 5: Resumo dos estudos de eficiência do setor aéreo, aplicações do DEA e as relações input e output empregadas.

Autor(es)	Modelo/Orientação/Tecnologia	Inputs	Outputs	Período analisado	Dimensão Analisada
Parthomsiri <i>et al.</i> (2008)	BCC, CRR orientados a <i>Output</i>	<ul style="list-style-type: none"> Área do Aerop. (m²) Nº de PPD(s) Área da PPD (m²) Tamanho da dimensão de hub do aeroporto Dummy (MAS- multiple airports system) 	<ul style="list-style-type: none"> Voos não-atrasados Passageiros Carga – ton Indesejados: <ul style="list-style-type: none"> Voos atrasados Tempo total de atrasos 	2000-2003	Operacional Bruta
Lozano & Gutiérrez (2011)	DEA SBM (<i>Slacks Based Measure</i>), orientado a <i>Output</i>	<ul style="list-style-type: none"> Área da PPD (m²) Comp. da PPD (m) Nº portões de embarque Nº balcões de check-in Nº de esteiras de bagagem 	<ul style="list-style-type: none"> Passageiros Carga – ton Decolagens Indesejados: <ul style="list-style-type: none"> % Voos atrasados Tempo médio de atrasos 	2006-2007	Operacional Bruta)
Curi, Gitto & Mancuso (2010)	<i>Bootstrap</i> DEA, orientado a output com retornos CCR, BCC sem crescimento (NIRS, <i>non increase</i>)	<ul style="list-style-type: none"> Nº de PPD(s) Área da PPD (m²) Nº de Funcionários 	<ul style="list-style-type: none"> Decolagens Passageiros Carga – ton 	2000-2004	Operacional Bruta
Curi, Gitto & Mancuso (2011)	DEA com correção de viés, <i>Bootstrap</i> DEA orientados a output	<ul style="list-style-type: none"> Encargos trabalhistas Capital investido Outros Custos 	<ul style="list-style-type: none"> Receitas Aeronáuticas Receitas Não-Aeronáuticas 	2000-2006	Financeira
		<ul style="list-style-type: none"> Área da PPD (m²) Nº de Empregados Área do Aerop. (m²) 	<ul style="list-style-type: none"> Decolagens Passageiros Carga – ton 		Operacional Bruta
Ha <i>et al.</i> (2013)	CCR (retornos constantes de escala) e BCC (retornos variáveis de escala) da Análise por Envoltória de Dados (DEA) orientados para <i>Output</i> .	<ul style="list-style-type: none"> Comp. da PPD (m) Área do Terminal (m²) Nº de Funcionários 	<ul style="list-style-type: none"> Passageiros Carga – ton 	1994-2011	Operacional Bruta
Scotti <i>et al.</i> (2014)	BCC, CRR orientados a <i>Output</i>	<ul style="list-style-type: none"> Comp. da PPD (m) Nº portões de embarque 	<ul style="list-style-type: none"> WLU Decolagens Indesejados: <ul style="list-style-type: none"> Ruído sonoro Poluição local Atrasos 	2005-2009	Socioambiental
Merkert & Mangia (2014)	CRS de duas etapas (retornos constantes de escala), VRS (retornos variáveis de escala) e NIRS (retornos não crescentes de escala)	<ul style="list-style-type: none"> Decolagens Passageiros Carga – ton 	<ul style="list-style-type: none"> Área do Terminal (m²) Área de aproximação (m²) Nº de PPD(s) Comp. Da PPD (m) Área da PPD (m²) 	2017-2019	Operacional e Alocativa

			<ul style="list-style-type: none"> • Área do Aerop. (m²) • Nº de Funcionários • Custo Operacional • Encargos trabalhistas • Custo material 		
Ülkü (2015)	DEA BCC, CCR orientados a <i>Output</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Encargos trabalhistas • Área da PPD (m²) • Outros Custos Operacionais 	<ul style="list-style-type: none"> • Decolagens • Passageiros • Carga – ton • Receitas Não-Aeronáuticas 	2009-2011	Operacional e Alocativa
Fernandes & Pacheco (2018)	DEA <i>Bootstrapped</i> com orientação a <i>output</i> (BCC e CCR)	<ul style="list-style-type: none"> • Nº de Funcionários • Encargos trabalhistas • Custos Operacionais • 	<ul style="list-style-type: none"> • Passageiros • Carga – ton • Receitas Não-Aeronáuticas • Outras receitas 	2009-2015	Operacional e Alocativa
Keskin & Köksal (2019)	DEA (<i>Data Envelopment Analysis</i>) com pesos derivados do AHP (<i>Analytic Hierarchy Process</i> - Processo de Hierarquia Analítica)	<ul style="list-style-type: none"> • Nº de Funcionários • Nº portões de embarque • Área da PPD (m²) • Área do Terminal (m²) • Custos Operacionais 	<ul style="list-style-type: none"> • Passageiros • Carga – ton • Receitas totais 	2000-2015	Operacional e Alocativa
Hidalgo-Gallego & Mateo-Mantecón (2019)	DEA com a Análise de Fronteira Estocástica (SFA - <i>Stochastic Frontier Analysis</i>)	<ul style="list-style-type: none"> • Nº de Funcionários • Custos Variados • Capital investido 	<ul style="list-style-type: none"> • WLU • Receitas totais 	2009-2014	Operacional e Alocativa
Yang, Na & Ha (2019)	DEA com abordagem <i>Slack-Based Measure</i> (SBM) com múltiplos fatores de abatimento (<i>multiple abatement factors</i>) para incorporar a disposição fraca (<i>weak disposability</i>) de <i>outputs</i> indesejáveis	<ul style="list-style-type: none"> • Nº de Funcionários • Comp. da PPD (m) • Área do Terminal (m²) • 	<ul style="list-style-type: none"> • Passageiros • Carga – ton • Decolagens <p>Indesejados:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Emissões de CO2 	2004-2013	Socioambiental
Pacagnella Junior <i>et al.</i> (2020)	Network DEA, BCC, CCR orientados a <i>Output</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Área do Terminal (m²) • Nº de posições. de aeronaves no pátio • Nº de PPD(s) <p>Variável Intermediária</p> <ul style="list-style-type: none"> • Pousos 	<ul style="list-style-type: none"> • Pousos • Passageiros • Carga – kg 	2014-2015	Operacional Bruta
Toledo <i>et al.</i> (2021)	DEA SBM (<i>Slacks Based Measure</i>), orientado a <i>Output</i> com análise da fronteira invertida	<ul style="list-style-type: none"> • Área do Terminal (m²) • Comp. Da PPD (m) • Área da PPD (m²) 	<ul style="list-style-type: none"> • Decolagens • Passageiros • Carga – ton 	2015	Operacional Bruta
Park & Kim (2021)	DEA BCC, CCR com Correspondência exata grosseira (CEM), orientados a <i>Output</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Nº de Funcionários • Nº portões de embarque • Área do Terminal (m²) 	<ul style="list-style-type: none"> • Passageiros • Carga – ton • Lucro operacional líquido 	2013-2017	Operacional e Alocativa

		<ul style="list-style-type: none"> • Custos Variados 	<ul style="list-style-type: none"> • Margem Operacional 	
Fernández, Gumdelfinger & Coto-Millán (2021)	CCR (retornos constantes de escala) e BCC (retornos variáveis de escala) da Análise por Envoltória de Dados (DEA) orientados para <i>Output</i> . Junto com <i>bootstrap duplo</i> de Simar e Wilson (2007)	<ul style="list-style-type: none"> • Passageiros • Carga – ton • Receita Operacional 	<ul style="list-style-type: none"> • Nº de Funcionários • Nº portões de embarque • Área intermodal de Carga (m²) 	Socioambiental 2009-2014
Henke <i>et al.</i> (2022)	CCR (retornos constantes de escala) e BCC (retornos variáveis de escala) da Análise por Envoltória de Dados (DEA) orientados para <i>Output</i> .	<ul style="list-style-type: none"> • Nº de PPD(s) • Comp. da PPD (m) • Conectividades (Rotas) • Nº de Mov. de Aeronaves de <i>narrow-body</i>/dia • Nº de Mov. de Aeronaves de <i>Wide-body</i>/dia 	<ul style="list-style-type: none"> • Passageiros 	Integrada (Setor Aéreo) 2018
Weekx & Buyle (2023)	<i>Bootstrapped</i> DEA com orientação para <i>output</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Nº de Funcionários • Comp. da PPD (m) • Nº portões de embarque • Nº balcões de check-in 	<ul style="list-style-type: none"> • Passageiros • Carga – ton • Nº de Mov. de Aeronaves de <i>narrow-body</i> • Nº de Mov. de Aeronaves de <i>Wide-body</i> 	Operacional Bruta 2012-2018
Teixeira <i>et al.</i> (2024)	Abordagem híbrida Network DEA e AHP (<i>Analytic Hierarchy Process</i> - Processo de Hierarquia Analítica)	Estágio 1: <ul style="list-style-type: none"> • Área do Terminal (m²) • Nº de <i>fingers</i> • Nº de posições. de aeronaves no pátio • Nº de PPD(s) • Comp. Da PPD (m) • Largura da PPD (m) Estágio 2: <ul style="list-style-type: none"> • Capacidade do Terminal (m²) • Mov. de Aeronaves 	Estágio 1: <ul style="list-style-type: none"> • Capacidade do Terminal (m²) • Mov. de Aeronaves Estágio 2: <ul style="list-style-type: none"> • Passageiros • Carga – ton 	Operacional Bruta 2013-2017

Contudo, em uma abordagem mais detalhada, o Network DEA, ou DEA em rede, especifica a estrutura do processo de produção, nesse caso o aeroportuário, em etapas sequenciais, permitindo a avaliação da eficiência em cada estágio e das ligações entre eles (Pacagnella Junior, 2020; Teixeira *et al.*, 2024). Muitos estudos aplicam este modelo DEA em uma estrutura de dois estágios para analisar diferentes processos dentro das operações aeroportuárias, como a eficiência da infraestrutura e as eficiências operacional e alocativa (Curi, Gitto & Mancuso, 2011; Ha *et al.*, 2013; Pacagnella Junior, 2020; Teixeira *et al.*, 2024; Weekx & Buyle, 2023). Essa abordagem permite uma visão mais detalhada das fontes de ineficiência, uma vez que os *outputs* obtidos no primeiro estágio do modelo são usados como variáveis *inputs* em um segundo (variáveis intermediárias), permitindo identificar os fatores que influenciam a eficiência em cada etapa, como características do aeroporto, estrutura de mercado e variáveis regulatórias ou socioeconômicas (Ha *et al.*, 2013; Weekx & Buyle, 2023).

O emprego da abordagem em uma rede de dois estágios permite ainda determinar condições como a heterogeneidade significativa nos níveis de eficiência entre um grupo de aeroportos analisados (Teixeira *et al.*, 2024). Ou avaliá-los segundo a propriedade do aeroporto (público vs. privado), com alguns estudos sugerindo que aeroportos privados tendem a ser mais eficientes (Malighetti *et al.*, 2007; Assaf *et al.*, 2012).

Porém, a verdadeira aplicação do *Network DEA* é a de verificar os efeitos da estrutura do mercado de companhias aéreas que operam nos aeroportos analisados de forma conjunta, uma vez que essa relação vertical existente pode ter um impacto na sua eficiência, com relações complexas sendo identificadas (Ha *et al.*, 2013; Weekx & Buyle, 2023), como gargalos de eficiência em diferentes partes do processo operacional aeroportuário (Teixeira *et al.*, 2024).

3.3.1. Variáveis adotadas nos modelos DEA de eficiência do setor aéreo

A definição das variáveis de produção das companhias aéreas e sua relação direta com o aeroporto introduz uma questão fundamental no debate sobre eficiência no setor aéreo. A interação entre ambos os agentes é inegável, uma vez que o desempenho operacional das companhias aéreas está intrinsecamente ligado à infraestrutura aeroportuária disponível (Henke *et al.*, 2022). No entanto, essa relação não é homogênea, pois diversos fatores específicos moldam a realidade de cada mercado.

Dessa forma, um desafio central para a avaliação de eficiência no setor aéreo é isolar os impactos atribuíveis a cada parte – aeroportos e companhias aéreas – e compreender como

políticas de infraestrutura, regulação e inovação podem otimizar o desempenho do sistema como um todo.

A integração ocorre então na determinação das variáveis específicas a cada operação, como discutido por Merkert & Mangia (2014), ao definirem que as variáveis de infraestrutura e custos são inerentes ao aeroporto e refletem sua capacidade e eficiência operacional, enquanto que as variáveis dependem das operações das companhias aéreas se dividem em: variáveis específicas para as companhias (rotas, mix de aeronaves, oferta de voos e assentos, serviços de carga), ou em variáveis operacionais das companhias intrínsecas ao aeroporto e que são usadas como medidas de desempenho do aeroporto (passageiros, carga, movimentos), já que este fornece a infraestrutura necessária para essas atividades.

Negri & Borille (2019) debatem ainda que, ao ser analisada a eficiência da operação aeroportuária, devem ser considerados fatores de resposta inerentes ao setor aéreo em ambas as partes, uma vez que desde a competitividade de companhias aéreas (medidas pela quantidade de companhias presentes em um mesmo aeroporto) podem também indicar a capacidade atrativa do aeroporto, quanto como a satisfação dos usuários é um parâmetro de medida tanto da operação das companhias quanto do aeroporto (com a análise de atrasos ou de níveis de satisfação de usuários diretamente medidos).

Dessa forma, com base nas relações entre *inputs* e *outputs* aplicadas nos estudos presentes na Tabela 5, observa-se que a conexão entre infraestrutura aeroportuária (como área da pista de pousos e decolagens – PPD, área do terminal de passageiros e comprimento da pista) e os indicadores de produção do setor aéreo (movimentação de passageiros, carga transportada, número de decolagens, receitas aeronáuticas e emissões de CO₂) é a mais recorrente, conforme ilustrado na Figura 4.

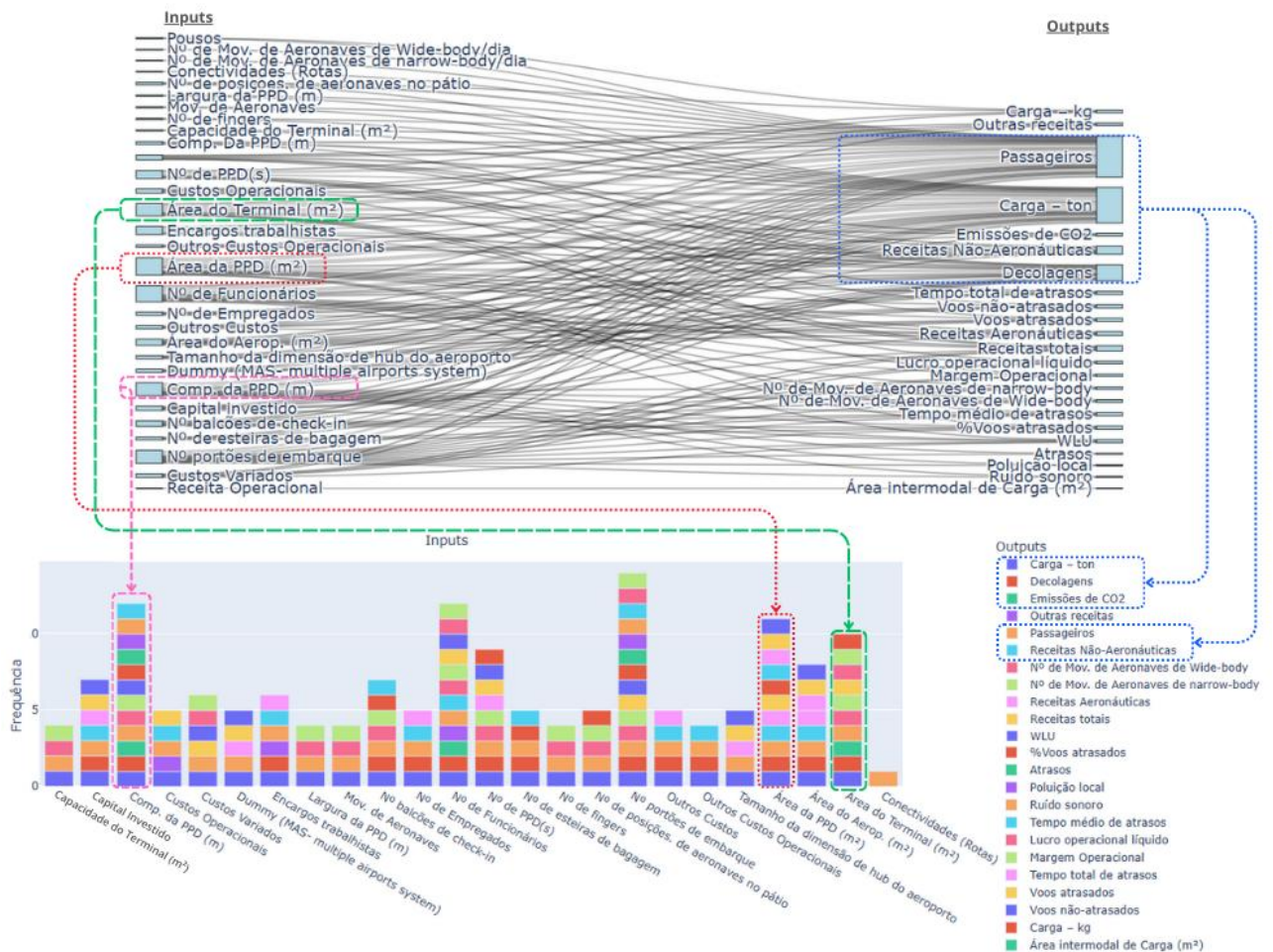
Essas variáveis configuram um modelo padrão amplamente adotado para avaliar a eficiência do setor, caracterizando principalmente análises de eficiência operacional bruta e alocativa, conforme evidenciado em estudos como os de Parthomsiri *et al.* (2008), Curi, Gitto & Mancuso (2011), Ha *et al.* (2013), Ülkü (2015), Fernandes & Pacheco (2018), Keskin & Köksal (2019) e Toledo *et al.* (2021).

Embora esse modelo inclua *outputs* que refletem tanto o desempenho das companhias aéreas quanto o dos aeroportos (com exceção das receitas aeronáuticas, que são exclusivamente aeroportuárias), sua estrutura revela uma relação latente entre esses dois agentes do setor aéreo. No entanto, essa abordagem apresenta uma limitação metodológica importante: a eficiência

operacional do sistema como um todo é avaliada de maneira agregada, sem uma distinção clara da influência de cada componente – aeroportos e companhias aéreas – na eficiência do outro.

Esse tratamento unificado pode mascarar interdependências críticas e dificultar a identificação de gargalos específicos dentro da estrutura aeroportuária ou da operação das companhias aéreas.

Figura 4: Relação entre *inputs* e *outputs* aplicados a análise de eficiência do setor aéreo, emprego do DEA.



Assim, embora seja um ponto de partida útil para compreender a dinâmica do setor, a ausência de uma avaliação direta da influência recíproca entre esses atores pode limitar a precisão das análises de eficiência e das recomendações para melhorias operacionais e regulatórias.

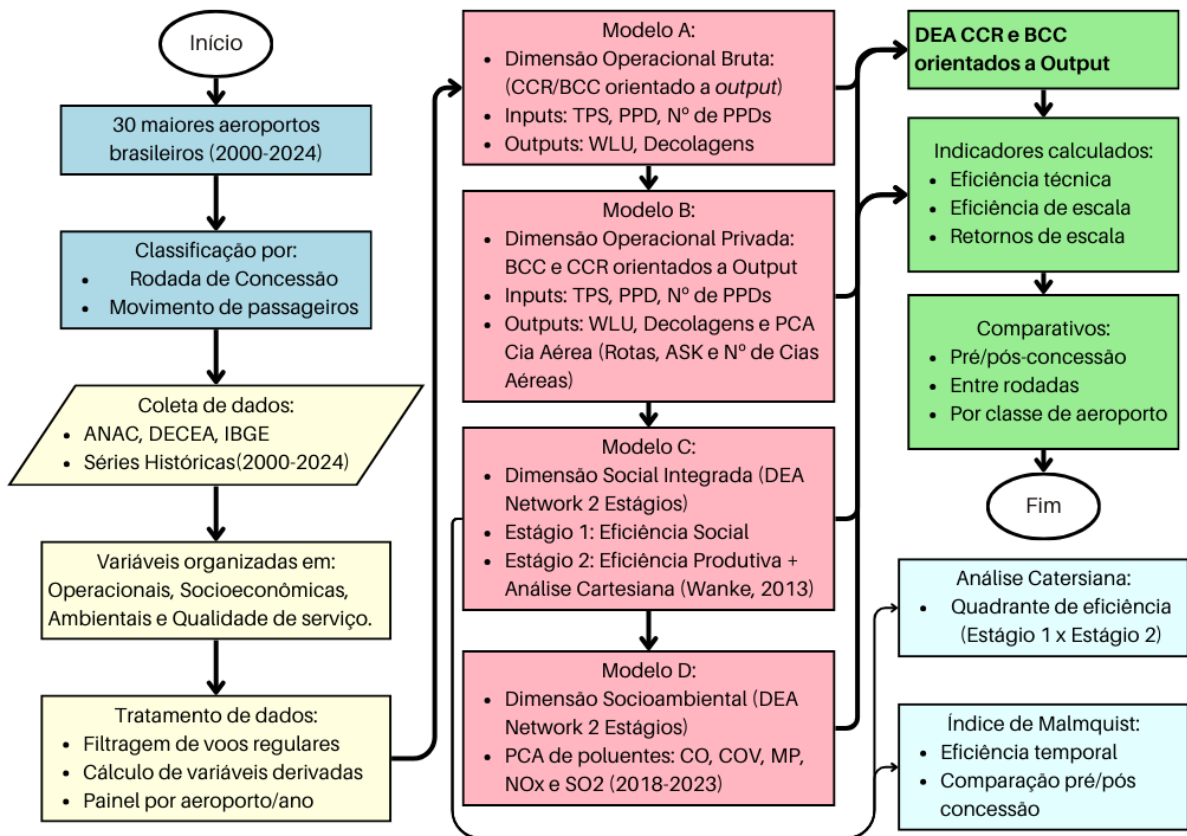
A revisão das abordagens internacionais e nacionais sobre eficiência aeroportuária evidencia a necessidade de uma variedade de metodologias para avaliar os impactos das concessões. Diante desse cenário, a Análise Envoltória de Dados (DEA) se apresenta como uma ferramenta adequada para mensurar a eficiência sob diferentes perspectivas, permitindo a

construção de modelos que considerem não apenas a performance operacional e econômica, mas também aspectos sociais e ambientais. Ao aplicar quatro diferentes modelos DEA, este estudo busca fornecer uma avaliação abrangente da eficiência dos aeroportos concedidos no Brasil, contribuindo para a literatura existente e fornecendo subsídios para futuras decisões regulatórias e de política pública.

4. METODOLOGIA

Este capítulo descreve a metodologia adotada no estudo, de forma que, primeiramente, apresenta-se a caracterização da área de estudo, e assim a descrição dos dados e variáveis utilizadas na análise, detalhando as fontes de informação, o período coberto pelo estudo e as unidades de decisão analisadas. Em seguida, discute-se a modelagem DEA e a formulação matemática, especificando os modelos utilizados, suas características e a lógica da abordagem Network DEA de dois estágios. O fluxograma de processos apresentado na Figura 5 apresenta um resumo das etapas da metodologia.

Figura 5: Fluxograma dos processos metodológicos, modelo baseado na ISO 5807 ANSI.

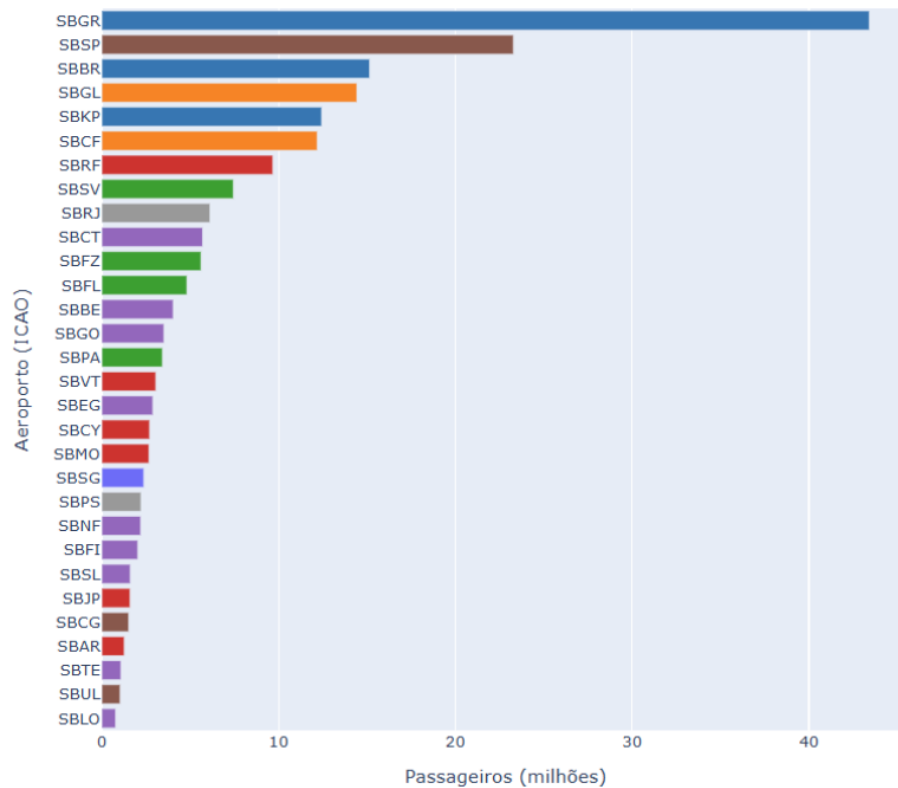


4.1. Caracterização da área de estudo: Formas de avaliar os aeroportos

Este estudo concentra-se nos 30 aeroportos com maior movimentação de passageiros no Brasil em 2024, considerando a evolução da governança dessas infraestruturas ao longo do período de 2000 a 2024, Figura 6.

Esses aeroportos estão distribuídos entre as sete rodadas de concessão realizadas no país, refletindo um processo progressivo de privatização e transferência da gestão aeroportuária da Infraero para operadores privados.

Figura 6: Top 30 Aeroportos do Brasil por Passageiros (2024). Barras independentes por rodada de concessão.



Fonte: Adaptado de HÓRUS (2025).

A Figura 7 apresenta a variação histórica da governança dos principais aeroportos, destacando a transição de aeroportos originalmente administrados pela Infraero (em vermelho) para aeroportos concedidos à iniciativa privada (em azul). Observa-se um avanço significativo das concessões entre os aeroportos estudados desde o seu início em 2011, com um crescimento expressivo entre 2017 e 2023.

A análise considera esse histórico de mudanças na governança para investigar os impactos das concessões sobre a eficiência operacional, integrada e socioambiental dos aeroportos, utilizando modelos DEA para tanto. A avaliação leva em conta a rodada de concessão à qual cada aeroporto pertence, permitindo comparar aeroportos concedidos em diferentes momentos e aqueles que permaneceram sob gestão pública.

O Brasil representa um cenário ideal para a avaliação da eficiência aeroportuária sob diferentes dimensões e governanças, dada a sua singularidade em oferecer uma diversidade de modelos de concessão aplicados ao longo das últimas duas décadas e um extenso período de análise disponível para aeroportos já concedidos. Desde a primeira rodada de concessões em 2011, o país adotou um processo gradual de privatização, distribuído em sete rodadas, cada uma

com diferentes formatos contratuais, níveis de exigência regulatória e perfis de aeroportos e concessionárias envolvidos. Essa variedade permite examinar como diferentes arranjos institucionais e momentos de concessão impactaram nas suas eficiências, indicando se houve uma melhora em seu desempenho.

Além da diversidade de modelos, a existência de um período de observação extenso para aeroportos concedidos em momentos distintos possibilita avaliar a evolução da eficiência no tempo. Aeroportos privatizados nas rodadas iniciais oferecem um horizonte mais longo para análise dos impactos da concessão, enquanto aqueles concedidos mais recentemente permitem investigar efeitos de curto e médio prazo. Essa diferenciação temporal é essencial para compreender se os ganhos de eficiência se estabilizam, aumentam ou apresentam retrocessos após a transferência para a iniciativa privada.

Outra forma de avaliar as diferentes dimensões da eficiência aeroportuária no Brasil é por meio da classificação dos aeroportos com base na movimentação anual de passageiros. A ANAC classifica os aeroportos de acordo com o volume de passageiros processados anualmente, o que reflete o potencial de geração de demanda e operação de cada aeroporto.

Essa categorização é fundamental para compreender como aeroportos de diferentes portes apresentam desempenhos distintos sob os modelos de eficiência adotados neste estudo. Por essa razão, este trabalho emprega os parâmetros de classificação aeroportuária propostos por Domingos *et al.* (2025), que ampliam os critérios da ANAC e organizam os aeroportos em cinco classes de acordo com sua movimentação anual de passageiros. A Tabela 6 apresenta essa classificação, que será utilizada neste trabalho como uma variável adicional na análise da eficiência aeroportuária.

Assim a combinação de fatores apresentados faz do Brasil um laboratório empírico para investigar a eficiência aeroportuária sob múltiplas perspectivas. A aplicação dos quatro modelos DEA – eficiência operacional bruta, eficiência privada do transporte aéreo, eficiência social integrada e eficiência socioambiental – permite captar os impactos das concessões em diferentes dimensões.

Figura 7: Governança dos Aeroportos brasileiros analisados (2000-2023).

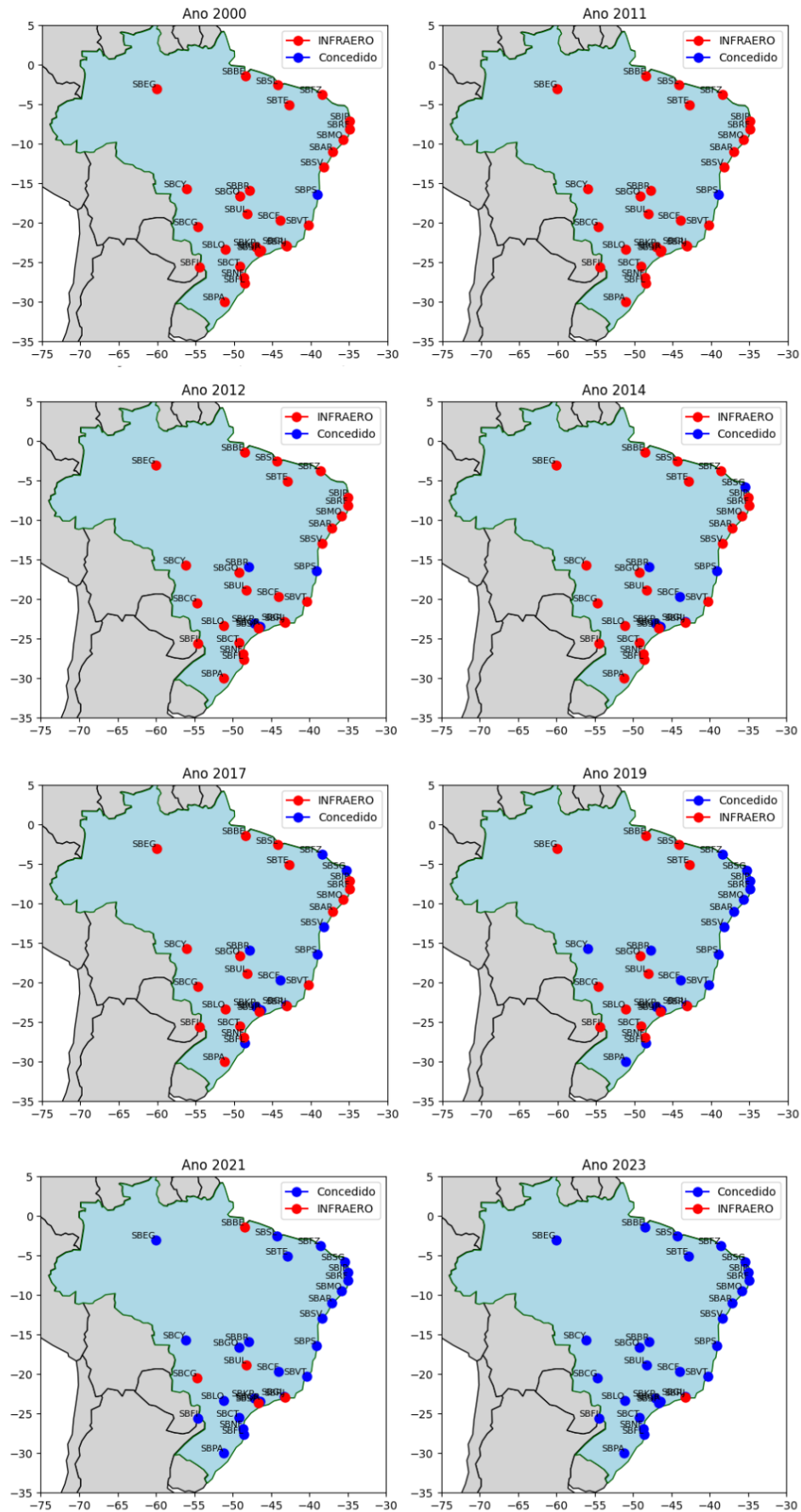


Tabela 6: Classificação dos aeroportos por processamento de passageiros.

<i>RBAC-153 Classificação</i>		<i>Classificação Proposta (DOMINGOS et al., 2025)</i>	
<i>Classe do Aerop.</i>	<i>PAX Processados</i>	<i>Classe do Aerop.</i>	<i>PAX Processados</i>
<i>Classe I</i>	< 200.000	<i>Classe I</i>	< 200.000
<i>Classe II</i>	≤200.000 e <1.000.000	<i>Classe II</i>	≤200.000 e <1.500.000
<i>Classe III</i>	≤1.000.000 e <5.000.000	<i>Classe III</i>	≤1.500.000 e <5.000.000
<i>Classe IV</i>	≤ 5.000.000	<i>Classe IV</i>	≤5.000.000 e <15.000.000
-	-	<i>Classe V</i>	≤ 15.000.000

Fonte: Domingos *et al.* (2025).

4.2. Construção do banco de dados

A escolha das variáveis utilizadas neste estudo foi realizada com o objetivo de capturar múltiplas dimensões da eficiência aeroportuária no Brasil (área de estudo), considerando aspectos operacionais, econômicos, ambientais e de governança, Tabela 7. A abordagem adotada busca refletir tanto a complexidade das operações aeroportuárias quanto os impactos das concessões sobre a eficiência dos aeroportos.

Tabela 7: Variáveis selecionadas para a análise das eficiências dos aeroportos brasileiros.

Nome da Variável	Significado	Justificativa	Fonte
<i>Variáveis de identificação local geral</i>			
ANO	Ano de Observação	Permite analisar a evolução temporal dos dados	Base de dados do estudo
AEROPORTO_DE_ORIGEM_SIGLA	Código ICAO do aeroporto	Identifica o aeroporto de origem	ANAC (2025)
ESTADO	Unidade Federativa (UF) do aeroporto	Permite agrupar dados por região	IBGE
SUDESTE	Variável dummy para indicar se o aeroporto está na região Sudeste	Permite verificar diferenças regionais	IBGE
<i>Variáveis de identificação condicional de tempo ou classe</i>			
COVID	Variável dummy para anos afetados pela pandemia	Considera impacto da pandemia na eficiência	Dados históricos
INIC_CONCES	Ano de início da concessão	Relaciona eficiência à mudança de governança	ANAC (2025)
Rodada Concessão	Rodada de concessão a que o aeroporto pertence	Mede impacto das concessões	ANAC (2024)
CLASSE	Classificação do aeroporto por movimentação de passageiros	Indica potencial de demanda e operação	Domingos <i>et al.</i> (2025)
<i>Variáveis de infraestruturas aeroportuárias</i>			
TPS (m²)	Área do Terminal de Passageiros	Mede capacidade de infraestrutura	DECEA (2025)
PISTAS	Quantidade de pistas de pousos e decolagens	Indica capacidade operacional	DECEA (2025)
PPD (m)	Comprimento das Pistas de Pouso e Decolagem do Aeroporto	Mede capacidade de infraestrutura	DECEA (2025)
<i>Variáveis Socioeconômicas locais</i>			

PIB_ESTADUAL	PIB do estado onde o aeroporto está localizado	Mede impacto econômico da região	IBGE (2025)
POP_ESTADUAL	População do estado do aeroporto	Indica potencial de demanda	IBGE (2025)
GINI	Índice de Gini estadual	Mede desigualdade e impacto socioeconômico	IBGE (2025)
<i>Variáveis de operação das Companhias Aéreas</i>			
ROTAS	Quantidade de rotas operadas	Mede conectividade	ANAC (2025)
ASK	Assentos-quilômetro oferecidos	Mede capacidade da malha aérea	ANAC (2025)
RPK	Passageiros-quilômetro pagos	Mede demanda efetiva	ANAC (2025)
ATK	Toneladas-quilômetro ofertadas	Mede capacidade de transporte de carga e passageiros	ANAC (2025)
RTK	Toneladas-quilômetro rentáveis	Mede a utilização real da capacidade	ANAC (2025)
COMBUSTIVEL_LITROS	Consumo de combustível em litros	Mede eficiência ambiental e custos	ANAC (2025)
DISTANCIA_VOADA_KM	Distância total voada	Mede alcance das operações	ANAC (2025)
BAGAGEM_KG	Peso total de bagagem transportada	Mede demanda por bagagens	ANAC (2025)
CARGA_PAGA_KM	Carga paga transportada por quilômetro	Mede eficiência da carga	ANAC (2025)
CARGA_GRATIS_KM	Carga transportada gratuitamente por quilômetro	Mede uso de espaço ocioso	ANAC (2025)
CORREIO_KM	Carga postal transportada por quilômetro	Mede participação do setor postal	ANAC (2025)
ASSENTOS	Total de assentos ofertados	Mede capacidade ofertada	ANAC (2025)
PAYLOAD	Carga útil transportada	Mede capacidade de carga utilizada	ANAC (2025)
HORAS_VOADAS	Total de horas voadas	Mede eficiência operacional	ANAC (2025)
LOAD FACTOR	Fator de aproveitamento de assentos	Mede eficiência do transporte de passageiros	ANAC (2025)
CARGO LOAD FACTOR	Fator de aproveitamento da carga	Mede eficiência no transporte de carga	ANAC (2025)
<i>Variáveis de operação Integradas (Cias Aéreas e Aeroportos)</i>			
DECOLAGENS	Total de decolagens realizadas	Mede volume de operações	ANAC (2025)
PAX	Passageiros transportados	Principal indicador de demanda	ANAC (2025)
CARGO	Carga total transportada	Mede movimentação de carga	ANAC (2025)
WLU	Work Load Unit (PAX + carga/100 kg)	Mede eficiência combinada	ANAC (2025)
Nº_CIAS_AEREAS	Total de companhias atuando no aeroporto	Mede concorrência e diversidade de oferta	ANAC (2025)
<i>Variáveis de emissões (Ambientais)</i>			
CO Emitido	Emissão de Monóxido de Carbono	Indicador ambiental	ANAC (2025)
COV Emitido	Compostos Orgânicos Voláteis	Indicador ambiental	ANAC (2025)
MP (Material Particulado) Emitido	Emissão de partículas sólidas	Indicador ambiental	ANAC (2025)

NOx Emitido	Emissão de óxidos de nitrogênio	Indicador ambiental	ANAC (2025)
SO2 Emitido	Emissão de Dióxido de Enxofre	Indicador ambiental	ANAC (2025)
<i>Variáveis de operação (Satisfação do passageiro)</i>			
% cancelamento	Percentual de voos cancelados	Mede confiabilidade da operação	ANAC (2025)
% atraso > 30min	Percentual de voos atrasados acima de 30 min	Mede qualidade do serviço	ANAC (2025)
% atraso > 60min	Percentual de voos atrasados acima de 60 min	Mede qualidade do serviço	ANAC (2025)

Inicialmente, o conjunto de variáveis selecionadas buscou abranger as visões apresentadas pelos estudos anteriores sobre eficiência do setor aéreo, Tabela 5. Dessa forma, variáveis gerais como ANO, AEROPORTO_DE_ORIGEM_SIGLA e ESTADO foram incluídas para contextualizar os dados no tempo e no espaço. Além disso, foi considerada a variável SUDESTE, que permite avaliar a influência da localização geográfica, dado que essa região concentra a maior parte da movimentação aérea do país (Sampaio *et al.*, 2021).

O conjunto de variáveis seguinte buscou classificar os aeroportos conforme a segmentações e condições temporais distintas. A variável CLASSE, por exemplo, proposta por Domingos *et al.* (2025), é relevante para análises comparativas entre aeroportos de diferentes portes e potenciais operacionais.

A governança aeroportuária foi contemplada por meio das variáveis INIC_CONCES (ano de início da concessão) e Rodada Concessão, que indicam a transição dos aeroportos para o modelo concedido e a rodada específica da concessão, possibilitando a investigação de impactos ao longo do tempo (Fernandes & Pacheco, 2018). O impacto da pandemia da COVID-19 também foi considerado com a variável COVID, essencial para capturar os efeitos dessa crise no desempenho dos aeroportos (Falcão *et al.*, 2022).

As variáveis TPS (Total) e PISTAS (Total) refletem a capacidade estrutural dos aeroportos, enquanto PPD (Total) indica a eficiência no transporte de passageiros por voo. Essas variáveis de infraestrutura compõem o modelo padrão de análises de eficiência aeroportuária, Tabela 5, sendo recorrente ainda o uso de informações como número de portões de embarque, *fingers* de conexão, entre outras. Contudo, informações específicas a infraestrutura de todos os aeroportos é um limitante visto a continuidade de horizonte de análise (2000-2024).

Além dos aspectos operacionais, o estudo incorpora variáveis socioeconômicas e

ambientais. O desempenho econômico das regiões foi representado por PIB_ESTADUAL, POP_ESTADUAL e GINI, que permitem analisar a relação entre a eficiência dos aeroportos e o desenvolvimento regional.

O conjunto de variáveis relacionadas à movimentação aérea, como ROTAS, ASK, RPK, ATK, RTK, COMBUSTIVEL_LITROS, DISTANCIA_VOADA_KM, ASSENTOS, PAYLOAD, HORAS_VOADAS e BAGAGEM_KG, permitem analisar a oferta de assentos, a demanda de passageiros e carga, além do consumo de combustível e a eficiência na utilização da capacidade disponível. Para uma visão mais detalhada, esses indicadores buscam retratar o comportamento operacional das companhias aéreas em cada aeroporto (ROLIM *et al.*, 2016).

Em particular o ASK (*Available Seat Kilometers*), que mede a capacidade de assentos ofertados por quilômetro voado, constitui uma variável essencial para quantificar a produção das companhias aéreas. A inclusão da variável em modelos de eficiência é justificada pela necessidade de capturar o esforço de oferta e a conectividade que as empresas aéreas geram ao utilizar a infraestrutura aeroportuária. Essa métrica é comumente empregada em estudos que avaliam a performance conjunta ou a interdependência entre aeroportos e operadoras, uma vez que o desempenho do aeroporto é intrinsecamente ligado à capacidade de atrair e otimizar as operações das companhias aéreas (Wanke, 2013; Zhang & Czerny, 2012).

O desempenho do setor aéreo por parte das companhias também foi avaliado por meio dos indicadores LOAD FACTOR e CARGO LOAD FACTOR, que refletem a taxa de ocupação de passageiros e carga, respectivamente.

As variáveis de operação integradas representam um elo fundamental entre a infraestrutura aeroportuária e a operação efetiva das companhias aéreas, sendo essenciais para uma análise abrangente da eficiência dos aeroportos. Essas variáveis sintetizam aspectos cruciais do desempenho operacional, da demanda e da conectividade, fornecendo uma visão integrada da dinâmica entre oferta e utilização dos serviços aéreos.

A variável DECOLAGENS, que contabiliza o total de decolagens realizadas, é um indicador direto do volume operacional do aeroporto. Ela reflete a intensidade do uso da infraestrutura aeroportuária e está diretamente associada à frequência dos voos, sendo, portanto, um proxy da capacidade e da atratividade do aeroporto para as companhias aéreas.

A variável PAX, correspondente ao número de passageiros transportados, é um dos principais indicadores de demanda nos estudos sobre transporte aéreo. Seu uso permite mensurar o fluxo de usuários atendidos, sendo fundamental para avaliar tanto a atratividade

comercial quanto a eficiência na prestação de serviços aos passageiros.

No mesmo sentido, a variável CARGO, que representa a carga total transportada (em toneladas ou quilogramas), permite avaliar a movimentação logística nos aeroportos, refletindo sua relevância para o transporte de bens e sua integração com cadeias produtivas e logísticas regionais e nacionais.

A variável WLU (*Working Load Unit*), que combina o volume de passageiros transportados com a carga aérea (convertendo-a para uma unidade equivalente), fornece uma métrica padronizada de demanda global atendida pelo aeroporto. Segundo a ANAC (2010), o WLU é uma medida de ponderação de passageiros e carga e se refere ao volume de cargas processadas, em quilos, dividido por 100 (cem), somado ao número de passageiros processados, no aeroporto, Equação (I).

$$WLU = PAX + CARGA/100 \quad (I)$$

Essa métrica é utilizada para comparar aeroportos com perfis distintos (por exemplo, com foco maior em passageiros ou carga), possibilitando análises mais equilibradas de desempenho e eficiência. No Brasil o WLU é utilizado como índice de produtividade dos aeroportos por permitir a comparação direta entre os aeroportos (ANAC, 2010).

Por fim, a variável N°_CIAs_AEREAS, que indica o número de companhias aéreas atuantes no aeroporto, é um indicador de diversidade de oferta e de concorrência no mercado. Um maior número de operadores está, geralmente, associado a maior conectividade, variedade de destinos, competitividade tarifária e, conseqüentemente, a melhores condições de serviço para os usuários (Baso & Zhang, 2018; Guterres & Lozano, 2016; Henke *et al.*, 2022).

De forma integrada, esse conjunto de variáveis permite capturar a complexidade das operações aeroportuárias e sua interdependência com a malha aérea. Elas são essenciais para análises de eficiência técnica, para estudos comparativos entre aeroportos com diferentes perfis operacionais e para compreender os efeitos da governança, da infraestrutura e das políticas públicas sobre o desempenho do setor (Park & Kim, 2021).

Já o impacto ambiental das operações aeroportuárias foi contemplado pelas variáveis CO emitido, COV emitido, MP (Material Particulado) emitido, NOx e SO₂ emitidos, que refletem as emissões de poluentes associadas à atividade aérea.

Por fim, foram coletados dados sobre os indicadores de qualidade do serviço, como a porcentagem de cancelamentos, de atrasos superiores à 30min e de atrasos superiores à 60min,

incluídos para capturar o impacto da eficiência operacional na experiência dos passageiros.

Uma limitação relevante deste estudo refere-se à indisponibilidade de dados financeiros alocativos para todos os aeroportos analisados ao longo do período de 2000 a 2024. Essa restrição decorre, em grande parte, da diversidade na forma de governança dos aeroportos ao longo do tempo — especialmente em função das concessões ocorridas em diferentes rodadas — o que gerou heterogeneidade na transparência, sistematização e acesso aos dados econômico-financeiros. Enquanto aeroportos sob administração da INFRAERO seguiam um modelo de gestão com padrões contábeis centralizados, os aeroportos concedidos passaram a adotar modelos próprios de gestão, com maior autonomia na estruturação contábil e operacional, o que, muitas vezes, gerou limitações no compartilhamento de informações detalhadas por terminal. Além disso, a extensão temporal do estudo abrange períodos em que a disponibilidade e padronização de dados financeiros eram mais restritas, o que inviabilizou a inclusão de variáveis estritamente alocativas em todos os modelos DEA aplicados. Em função dessa limitação, optou-se por empregar indicadores operacionais, socioeconômicos e ambientais mais amplamente disponíveis e comparáveis ao longo do tempo.

Portanto, a combinação de variáveis construída visou permitir uma análise abrangente da eficiência aeroportuária no Brasil, considerando as diferenças entre aeroportos concedidos e não concedidos, os impactos das rodadas de concessão e as variáveis que podem influenciar a eficiência sob diferentes dimensões.

4.3. Modelos de análise da eficiência: Dimensões adotadas

A análise da eficiência aeroportuária pode ser abordada sob distintas perspectivas, a depender dos objetivos analíticos e das dimensões que se pretende avaliar. Dada a complexidade da estrutura aeroportuária brasileira e as transformações ocorridas ao longo do período analisado (2000–2024), especialmente no que tange às mudanças de governança decorrentes das concessões, optou-se por adotar uma abordagem multifacetada, estruturando diferentes modelos de Análise Envoltória de Dados (DEA) com foco em distintas dimensões da eficiência.

Cada modelo proposto reflete uma ótica específica de desempenho, seja ele operacional, econômico, social ou ambiental, permitindo capturar nuances que um único modelo não seria capaz de representar de forma satisfatória. Essa estratégia contribui para uma avaliação mais abrangente e robusta do sistema aeroportuário nacional, respeitando as particularidades de cada

aeroporto e a disponibilidade de dados em diferentes momentos do tempo.

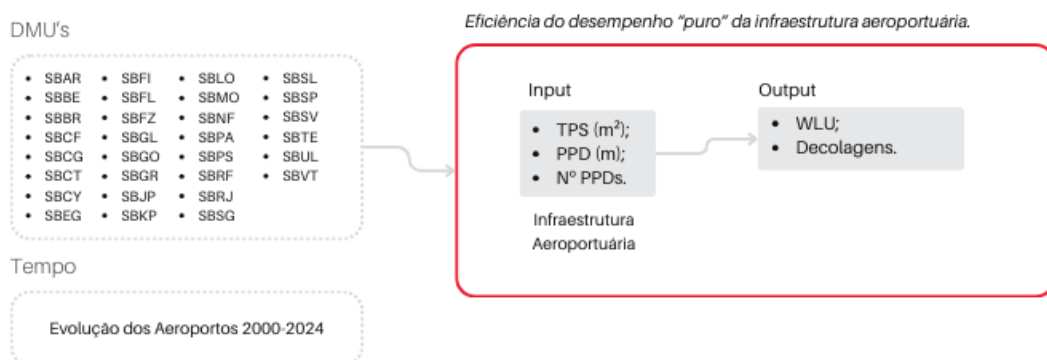
É importante ressaltar que, para garantir a robustez estatística e a fidedignidade das análises, a técnica de Análise de Componentes Principais (PCA) foi utilizada de forma estratégica em etapas distintas. Sua aplicação ocorreu em momentos específicos para o tratamento de dados de dimensões particulares (notadamente na Dimensão Operacional Privada e na Dimensão Socioambiental) visando consolidar variáveis complexas em índices sintéticos. Essa escolha metodológica permitiu respeitar os limites de dimensionalidade do modelo DEA, mitigar possíveis vieses de correlação e captar, de forma integrada, as sinergias operacionais e os impactos ambientais de cada aeroporto ao longo do período analisado.

Nos tópicos a seguir, são apresentados os quatro modelos desenvolvidos para esta pesquisa: (4.3.1) Eficiência Operacional Bruta (que corresponde à eficiência do desempenho 'puro' da infraestrutura aeroportuária); (4.3.2) Eficiência Privada do Transporte Aéreo; (4.3.3) Eficiência Social (modelo Network DEA em dois estágios); e (4.3.4) Eficiência Socioambiental. Cada modelo é descrito com seus objetivos específicos, conjunto de variáveis, justificativa teórica e limitações associadas.

4.3.1. Modelo A: Dimensão Operacional Bruta

O primeiro modelo avaliado, Modelo A, tem como objetivo mensurar a eficiência do desempenho “puro” da infraestrutura aeroportuária, ou seja, sua capacidade de converter estrutura física instalada em movimentação operacional. Este modelo é representado na Figura 8, que organiza as variáveis utilizadas, as unidades de decisão (DMU's) e o período da análise (2000 a 2024).

Figura 8: Modelo A: Dimensão Operacional Bruta.



Com base nas variáveis coletadas para o banco de dados, Tabela 7, O modelo adota como *inputs* os principais elementos da infraestrutura aeroportuária: a área do Terminal de

Passageiros (TPS), o Comprimento Médio de Pista por Decolagem (PPD) e o Número de Pistas de Pouso e Decolagens - PPDs (como indicador de uso da infraestrutura). Os *outputs* escolhidos foram o *Working Load Unit* (WLU), métrica que combina o número de passageiros e a carga transportada, e o número de decolagens, indicador clássico de movimentação aérea. A seleção dessas variáveis está em linha com a literatura sobre avaliação da eficiência aeroportuária (Matos *et al.*, 2020; Sarkis, 2000; Yu *et al.*, 2008), especialmente nos modelos focados na performance física da infraestrutura.

As DMU's analisadas foram os 30 maiores aeroportos brasileiros em movimentação de passageiros, Figura 6, representados por seus respectivos códigos ICAO. A avaliação longitudinal da eficiência foi realizada no período entre 2000 e 2024, capturando tanto aeroportos sob gestão pública (INFRAERO) quanto concedidos à iniciativa privada, permitindo observar a evolução ao longo dos ciclos de concessão.

Dessa forma, para cada aeroporto ($j \in \{1, \dots, n\}$ com $n = 30$), o seguinte conjunto de *inputs* e *outputs*:

Inputs (i):

- x_1 : Área do terminal de passageiros – TPS (m²)
- x_2 : Comprimento das pistas de pouso e decolagem – PPD (m)
- x_3 : Número de pistas de pouso e decolagem – N° de PPDs

Outputs (r):

- y_1 : WLU (*Working Load Unit*)
- y_2 : Número de decolagens

Para a avaliação da eficiência (φ), foram utilizados os modelos DEA CCR e DEA BCC, ambos com orientação a *output*, uma vez que se busca maximizar a produção (movimentação aérea e WLU) a partir de uma dada estrutura instalada e do ajuste das combinações lineares (λ) em relação a fronteira de eficiência, Equação (II).

$$\max_{\varphi, \lambda} \varphi \quad (II)$$

O modelo CCR (CHARNES, COOPER E RHODES, 1978) da Análise Envoltória de Dados (DEA) para o Modelo A, com orientação a *output*, é um problema de otimização linear que busca maximizar a produção (φ) de um aeroporto (DMU₀) por meio da razão ponderada

entre os outputs e inputs, definida como a soma dos produtos dos outputs pelos respectivos pesos ($u_r.y_{r0}$) dividida pela soma dos produtos dos inputs e seus pesos ($v_i.x_{i0}$).

O objetivo da otimização é encontrar os valores ótimos desses pesos (u_r e v_i) que maximizem a eficiência da unidade em análise, garantindo simultaneamente que, para todas as demais unidades (DMU_j), essa mesma razão não ultrapassar o valor 1, isto é, que nenhuma unidade apresente eficiência superior a 100% quando avaliadas sob o mesmo conjunto de pesos. Dessa forma, os pesos representam a importância relativa atribuída a cada variável de entrada e de saída, sendo determinados endogenamente pelo modelo, sem imposição prévia.

O modelo CCR a partir de uma dada infraestrutura. parte do pressuposto de retornos constantes de escala (CRS), o que implica proporcionalidade entre variações de inputs e outputs, enquanto o modelo BCC incorpora a restrição adicional de convexidade ($\sum \lambda_j = 1.$), permitindo retornos variáveis de escala (VRS).

Assim, a eficiência da DMU_0 resulta da combinação linear ótima dos pesos aplicados aos seus inputs e outputs em relação à fronteira de eficiência construída a partir das melhores práticas observadas no conjunto de unidades analisadas. Logo, assumindo que aumentos proporcionais nos inputs devem gerar aumentos proporcionais nos outputs, está sujeito a:

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j.TPS_j \leq TPS_0 \quad (III)$$

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j.PPD_j \leq PPD_0 \quad (IV)$$

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j.nPPD_j \leq nPPD_0 \quad (V)$$

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j.WLU_j \geq \varphi.WLU_0 \quad (VI)$$

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j.Decolagens_j \geq \varphi.Decolagens_0 \quad (VII)$$

$$\lambda_j \geq 0 \quad \forall j=1, \dots, n \quad (VIII)$$

Já o modelo BCC (Banker, Charnes E Cooper, 1984), ao incorporar uma restrição adicional de convexidade, permite capturar retornos variáveis de escala (VRS), distinguindo a eficiência técnica pura da eficiência de escala, Equação (IX).

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j = 1 \quad (IX)$$

O modelo DEA aplicado ainda deve se adequar ao número de inputs (i) e outputs (r) em relação as DMUs (j) testadas, como definido por Cooper *et al.* (2007), de modo que:

$$j \geq \max \{i * r \text{ ou } 3 * (i + r)\} \quad (X)$$

Além da avaliação da eficiência técnica, a análise desenvolvida no Modelo A permitiu examinar também a eficiência de escala (SE) dos aeroportos. A comparação entre os escores de eficiência obtidos pelos modelos CCR e BCC possibilitou a decomposição da eficiência técnica total em dois componentes: a eficiência técnica pura (associada à gestão dos recursos) e a eficiência de escala (relacionada ao tamanho da operação em relação ao nível ótimo de produção), conforme descrevem Banker *et al.* (2011), Equação (XI):

$$SE = \frac{\text{Eficiência Técnica sob CRS}}{\text{Eficiência Técnica sob VRS}} \quad (X)$$

Sendo:

$$\Lambda = \sum_{j=1}^n \lambda_j \quad (XI)$$

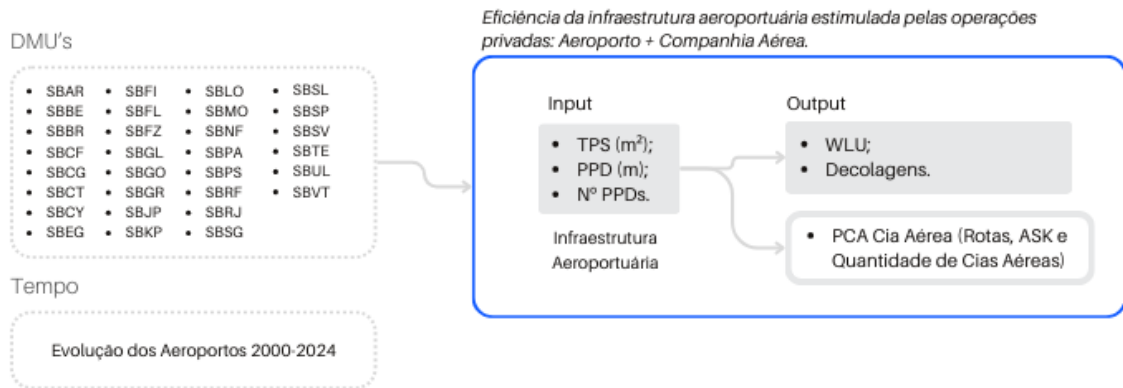
Logo, com base nos sinais dos retornos de escala (Λ), foi possível classificar os aeroportos em situações de retorno crescente ($\Lambda > 1$), constante ($\Lambda = 1$) ou decrescente ($\Lambda < 1$) de escala ao longo do período analisado (2000-2024). O retorno de escala (Λ) segue o critério baseado no somatório das combinações lineares (λ_j) na Programação Linear do DEA, conforme defendido por Banker *et al.* (2011) como sendo uma forma de identificar o tipo de retorno de escala (RTS – *Returns to Scale*), em que uma Unidade Tomadora de Decisão (DMU) está operando, conforme expresso na Equação (XI).

4.3.2. Modelo B: Dimensão Operacional Privada

O Modelo B foi desenvolvido com o intuito de avaliar a eficiência da infraestrutura aeroportuária considerando não apenas a capacidade instalada, mas também o papel da operação privada no sistema aéreo — especialmente as companhias aéreas que atuam sobre essa infraestrutura. O objetivo do segundo modelo proposto é o de captar como a utilização da infraestrutura aeroportuária por agentes privados (companhias aéreas) contribui para maximizar os resultados operacionais, caracterizando uma dimensão operacional privada.

A configuração do modelo é apresentada na Figura 9, a qual organiza as Unidades Tomadoras de Decisão (DMUs), as variáveis de *input* e *output* e o período de análise (2000-2024):

Figura 9: Modelo B: Dimensão Operacional do Setor Aéreo.



Neste modelo, foram utilizados os *inputs* tradicionais já aplicados no Modelo A, que representam a infraestrutura aeroportuária disponível, porém os outputs refletem a resposta das companhias aéreas ao uso dessa infraestrutura. Essa resposta é representada por duas variáveis diretamente observáveis (y_1 e y_2) e um componente derivado de uma variável latente construída por PCA (Análise de Componentes Principais), denominada (y_3).

A Análise de Componentes Principais (PCA) é uma técnica estatística multivariada utilizada para reduzir a dimensionalidade dos dados, preservando ao máximo a variabilidade original (Silva *et al.*, 2022). No PCA, cada componente principal é obtido a partir da decomposição da matriz de correlação das variáveis originais (Pitombo & Gomes, 2014; Silva *et al.*, 2022). Em termos matemáticos, essa decomposição gera autovalores, que indicam a quantidade de variância explicada por cada componente, e uma proporção percentual, que mostra o quanto esse componente representa da variabilidade total dos dados.

Para cada componente, verifica-se se sua proporção percentual é suficientemente elevada para explicar, isoladamente, a maior parte da variância dos fatores originais. Além disso, cada componente possui autovetores, cujas cargas indicam a contribuição de cada variável original na formação do componente. Essas cargas são utilizadas como combinações lineares multiplicadoras para combinar linearmente as variáveis e compor os componentes principais.

No Modelo B, o PCA é aplicado para sintetizar três variáveis associadas à produção das companhias aéreas: Número de Rotas, ASK (*Available Seat Kilometers*) e Número de Companhias Aéreas, logo segue a configuração adotada na Equação (XII).

$$\text{Componente (PCA}_{CiasAereas}) = N^{\circ} \text{ de Rotas} * \text{Autovalor 1} + \text{ASK} * \text{Autovalor 2} + N^{\circ} \text{ de Cias Aéreas} * \text{Autovalor 3} \quad (\text{XII})$$

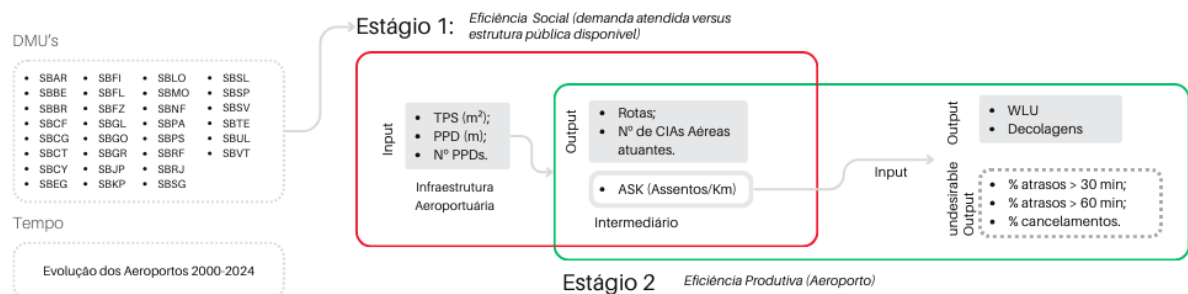
A aplicação do PCA no Modelo B justifica-se pela necessidade de consolidar as variáveis representativas da concorrência no mercado das companhias aéreas associadas à operação aeroportuária, permitindo observar a interferência mútua e a sinergia entre a dinâmica do setor aéreo, incluindo as companhias e a operação dos aeroportos. Nesse contexto, o uso do PCA possibilita centralizar, em uma variável composta, os efeitos da concorrência e da dinâmica de mercado das empresas aéreas.

Essa estratégia metodológica é fundamental para evitar o enviesamento na avaliação do impacto de sinergia: ao reduzir a dimensionalidade dos dados das companhias aéreas, impede-se que o modelo DEA sofra com a perda de poder discriminatório (preservando os graus de liberdade) e garante-se que a correlação entre as diferentes métricas operacionais das companhias não superestime a eficiência individual de determinados aeroportos, isolando de forma mais robusta o efeito da parceria operacional entre o sítio aeroportuário e o mercado aéreo.

4.3.3. Modelo C: Dimensão Social Integrada (Network DEA)

O Modelo C busca expandir a avaliação de eficiência aeroportuária ao integrar a dimensão social do transporte aéreo, reconhecendo o papel dos aeroportos como agentes de conectividade, inclusão territorial e desenvolvimento regional. Para isso, adota-se uma abordagem em dois estágios interligados, utilizando o modelo Network DEA (Rede), que permite avaliar não apenas o desempenho global de cada aeroporto, mas também a eficiência em duas dimensões interligadas: (i) eficiência social (estágio 1) e (ii) eficiência produtiva (estágio 2), Figura 10.

Figura 10: Modelo C: Dimensão Social Integrada (Network DEA).



A estrutura em dois estágios adotada no Modelo C reflete a lógica de transformação progressiva dos recursos públicos (aeroportos) em resultados operacionais e sociais no ambiente aeroportuário.

O Estágio 1, denominado Eficiência Social, busca mensurar a capacidade do aeroporto

em converter sua estrutura pública instalada — representada por variáveis como a área do terminal de passageiros (TPS), o número e desempenho das decolagens (PPD) e o total de pistas — em uma resposta efetiva do setor aéreo.

Essa resposta é capturada por meio das saídas intermediárias, como o número de rotas, o total de companhias aéreas atuantes e a oferta de assentos por quilômetro (ASK), que refletem a demanda atendida e conectividade gerada, variáveis atribuídas a operação das companhias aéreas (produtos das companhias aéreas). A ênfase no “social” se justifica pelo fato de que a estrutura aeroportuária é, em grande parte, subsidiada ou regulada pelo poder público, e sua função primária é garantir acesso e integração territorial da população ao transporte aéreo.

Já o Estágio 2, denominado Eficiência Produtiva, avalia a conversão dessa capacidade instalada e conectividade em movimentação real de passageiros e cargas (WLU) e na frequência das operações (número de decolagens), ao mesmo tempo em que penaliza a presença de indicadores negativos de serviço, como atrasos e cancelamentos. Essa etapa representa o desempenho final do aeroporto como agente produtor de valor, considerando eficiência técnica e qualidade do serviço entregue. Assim, a separação em dois estágios permite avaliar tanto o papel estrutural e público do aeroporto quanto sua efetividade enquanto operador de transporte aéreo, compondo uma análise integrada da eficiência aeroportuária com foco nos aspectos sociais e produtivos.

Diferentemente dos modelos tradicionais CCR e BCC, que consideram uma estrutura de produção “caixa-preta” com relação direta entre inputs e outputs, o modelo selecionado para a dimensão social integrada, o Network DEA, desagrega a análise em múltiplos estágios, permitindo mensurar não apenas a eficiência técnica global, mas também a eficiência de cada etapa do processo de produção aeroportuária.

Esse tipo de modelagem, conforme proposto por Kao & Hwang (2008) e complementado por Tone & Tsutsui (2009), permite representar a operação aeroportuária de forma encadeada, analisando como os recursos públicos se transformam em capacidade ofertada e, posteriormente, em resultados operacionais e sociais.

Dessa forma, a configuração adotada para o modelo C assume que para o primeiro estágio, os *inputs* e *outputs* sejam:

Inputs do Estágio 1 (x_i):

- x_1 : Área do terminal de passageiros – TPS (m²)

- x_2 : Comprimento das pistas de pouso e decolagem – PPD (m)
- x_3 : Número de pistas de pouso e decolagem – N° de PPDs

Outputs do Estágio 1 (y_r):

- y_1 : Número de rotas totais (domésticas + internacionais)
- y_2 : Número de companhias aéreas atuantes
- **y_3 : ASK – Assentos/km ofertados**

Para o Estágio 2, (y_3) assume o comportamento de uma variável intermediária, já que como *output* do primeiro estágio, se torna input do estágio seguinte. Além disso, os *outputs* adotados no modelo C se dividem em desejados e indesejados, conforme a seguinte configuração:

Inputs do Estágio 2 (z_r):

- **$y_3 = z_1$: ASK – Assentos/km ofertados**

Outputs Desejados do Estágio 2 (y_r):

- y_1 : WLU (*Working Load Unit*)
- y_2 : Número de decolagens

Outputs Indesejados do Estágio 2 (u_r):

- u_1 : porcentagem de voos com atrasos superiores a 30 min
- u_2 : porcentagem de voos com atrasos superiores a 60 min
- u_3 : porcentagem de voos cancelados

A inclusão de outputs indesejados (ou *undesirable outputs*) como o percentual de atrasos, cancelamentos e os poluentes emitidos pelas aeronaves é fundamental para a avaliação multidimensional da eficiência aeroportuária. Essa abordagem se alinha a abordagem socioeconômica proposta por Kao & Hwang (2008), que permite incorporar variáveis de natureza não desejável em modelos Network DEA. Nessa abordagem a eficiência de um sistema complexo, como o aeroportuário, não pode ser medida apenas pela maximização da produção desejada (passageiros, carga e WLU). Pelo contrário, aeroportos verdadeiramente eficientes devem demonstrar a capacidade de gerar resultados positivos enquanto simultaneamente

minimizam externalidades negativas. Atrasos e cancelamentos atuam como uma penalidade direta à qualidade do serviço e à experiência do passageiro, refletindo a ineficiência operacional do sistema aéreo-aeroporto por completo.

Esses *outputs* representam falhas no serviço prestado pelas companhias aéreas, que, embora não sejam diretamente controladas pelos aeroportos, impactam negativamente a percepção de eficiência e qualidade do sistema aeroportuário como um todo. A adoção dessas variáveis no segundo estágio é justificada por sua relevância no processo produtivo final de um aeroporto, que não se limita apenas ao volume transportado, mas também à pontualidade e confiabilidade das operações. Esse enfoque também é respaldado por estudos como os de Yu *et al.* (2008), Barros & Peypoch (2009) e Chang *et al.* (2013), que apontam a importância de incorporar indicadores de qualidade e impactos negativos na mensuração da eficiência aeroportuária. Dessa forma, a presença dos *outputs* indesejados reforça o caráter socioeconômico e sistêmico do modelo, permitindo uma avaliação mais completa do desempenho operacional dos aeroportos brasileiros.

Na representação matemática, a abordagem do Network DEA com *outputs* indesejados proposta para o modelo C atribui a eficiência social do Estágio 1 ($\theta_{Estágio\ 1}$) a configuração conforme Equação (XIII).

$$\theta_{Estágio\ 1} = \frac{\sum_{r=1}^3 \vartheta_r z_{rj}}{\sum_{i=1}^3 u_i x_{ij}} \quad (XIII)$$

Sujeito a:

$$\sum_{r=1}^3 \vartheta_r z_{rj} \leq \sum_{i=1}^3 [u_i x_{ij}], \quad \forall j \quad (XIV)$$

Na qual (ϑ_r) corresponde aos pesos (ou multiplicadores) atribuídos aos *outputs* do Estágio 1, enquanto que (u_i) corresponde aos pesos (ou multiplicadores) atribuídos aos *inputs* do primeiro estágio.

Já o segundo estágio possui uma eficiência produtiva ($\theta_{Estágio\ 2}$) medida pela iteração entre a variável intermediária proveniente do Estágio 1 (z_{rj}) e seus pesos (ϑ_r), com os *outputs* desejados (y_r) e indesejados (ot_j) com seus respectivos pesos (ω_k e λ_l), conforme apresentado pela Equação (XV).

$$\theta_{Estágio\ 2} = \frac{\sum_{k=1}^2 \omega_k y_{kj}}{\sum_{r=1}^3 \vartheta_r z_{rj} + \sum_{l=1}^3 \lambda_l ot_{lj}} \quad (XV)$$

Sujeito a:

$$\sum_{k=1}^2 \omega_k y_{kj} - \sum_{l=1}^3 \lambda_l o_{lj} \leq \sum_{r=1}^3 \vartheta_r z_{rj}, \quad \forall j \quad (\text{XVI})$$

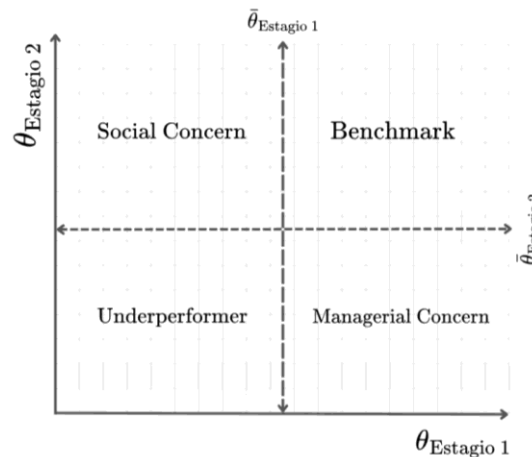
Na configuração de outputs indesejados, (λ_l) assumem pesos negativos (penalidades) a eficiência do Estágio 2. Essa relação integrada induz que o numerador $\sum_{k=1}^2 \omega_k y_{kj}$ representa a real entrega dos aeroportos (DMUs, j) em relação a atividade operacional. Enquanto o denominador se divide em recursos operacionais disponíveis provenientes do primeiro estágio $(\sum_{r=1}^3 \vartheta_r z_{rj})$ e nas penalidades associadas aos problemas de operação, como atrasos e cancelamentos $(\sum_{l=1}^3 \lambda_l u_{lj})$. Assim, quanto menores os problemas (outputs indesejados) e maior a produção (outputs desejados), maior a eficiência $(\theta_{\text{Estágio 2}})$.

Por fim, o Network DEA apresenta ainda o produto da eficiência dos dois estágios como a eficiência global de cada aeroporto (θ_{GLOBAL}) , Equação (XVII). Essa eficiência reflete quanto um aeroporto consegue entregar de resultado produtivo, considerando os recursos públicos utilizados e os impactos sociais negativos que gera.

$$\theta_{\text{GLOBAL}} = \theta_{\text{Estágio 1}} * \theta_{\text{Estágio 2}} \quad (\text{XVII})$$

Contudo, uma outra forma de analisar os dois estágios do modelo Network DEA foi discutida por Wanke (2013), por meio de uma representação gráfica que busca explorar a distribuição conjunta das eficiências dos estágios. Neste método, os resultados de eficiência técnica obtidos em cada estágio são plotados em um plano cartesiano, de modo que cada DMU é posicionada de acordo com seu desempenho relativo em ambos os estágios. Essa distribuição permite classificar as DMUs em quatro quadrantes distintos (Figura 11)

Figura 11: Análise das Eficiências do Network DEA em dois estágios proposta por Wanke (2013).



Diante disso, o método de análise cartesiana proposto por Wanke (2013) foi adotado neste estudo como uma abordagem complementar à avaliação da eficiência dos aeroportos por meio do modelo Network DEA de dois estágios. Tal metodologia se mostra particularmente útil ao permitir uma visualização intuitiva do desempenho das DMUs (aeroportos) a partir da combinação entre as eficiências de cada estágio: o Estágio 1 – Eficiência Social (que avalia a capacidade de transformar estrutura pública disponível em oferta de conectividade aérea) e o Estágio 2 – Eficiência Produtiva do Aeroporto (que analisa o aproveitamento produtivo dessa conectividade para gerar tráfego aéreo com confiabilidade).

A lógica da análise cartesiana consiste em plotar, em um plano bidimensional, cada aeroporto segundo suas eficiências nos dois estágios, sendo o eixo horizontal (x) referente à eficiência do Estágio 1 e o eixo vertical (y) correspondente à eficiência do Estágio 2. Os eixos são divididos com base na média de eficiência de cada estágio entre todas as DMUs avaliadas. Com isso, forma-se uma matriz composta por quatro quadrantes distintos, que expressam diferentes combinações de desempenho:

- Quadrante I – “*Benchmark*” ($\theta_{\text{Estágio 1}} > \text{média}$, $\theta_{\text{Estágio 2}} > \text{média}$): aeroportos que apresentam desempenho acima da média tanto na eficiência social quanto na eficiência produtiva. Essas unidades são consideradas benchmark, pois conseguem simultaneamente fazer bom uso da infraestrutura pública disponível e converter essa estrutura em operações aéreas robustas, com alto tráfego e baixa ocorrência de atrasos ou cancelamentos.
- Quadrante II – “*Managerial Concern*” ($\theta_{\text{Estágio 1}} > \text{média}$, $\theta_{\text{Estágio 2}} < \text{média}$): aeroportos que obtêm alta eficiência no Estágio 1 (social), mas ficam abaixo da média no Estágio 2 (produtiva). Essas unidades conseguem promover conectividade aérea com poucos recursos estruturais, mas enfrentam limitações em transformar essa conectividade em tráfego efetivo com qualidade. Isso pode indicar gargalos operacionais, má gestão ou problemas de confiabilidade no serviço aéreo.
- Quadrante III – “*Underperformer*” ($\theta_{\text{Estágio 1}} < \text{média}$, $\theta_{\text{Estágio 2}} < \text{média}$): aeroportos com desempenho abaixo da média em ambos os estágios. Esses casos requerem atenção especial, pois indicam fragilidade tanto na alocação/uso da infraestrutura pública quanto na operação aeroportuária propriamente dita. Pode ser reflexo de baixa atratividade regional, infraestrutura subutilizada ou deficiências na gestão.
- Quadrante IV – “*Social Concern*” ($\theta_{\text{Estágio 1}} < \text{média}$, $\theta_{\text{Estágio 2}} > \text{média}$): aeroportos

que operam de maneira produtiva e confiável (alta eficiência no Estágio 2), mas que apresentam baixa eficiência social. Ou seja, ainda que transformem bem os recursos disponíveis em tráfego aéreo de qualidade, a estrutura pública alocada é possivelmente excessiva ou mal dimensionada frente à demanda atendida.

A adoção deste modelo cartesiano enriquece a análise ao permitir não apenas uma leitura combinada das duas dimensões de eficiência, mas também o mapeamento visual das DMU's segundo suas características institucionais. Assim, é possível avaliar como aeroportos com diferentes modelos de governança (públicos sob gestão da INFRAERO ou concedidos à iniciativa privada), classes de porte (pequeno, médio ou grande) e rodadas de concessão se distribuem nos quadrantes.

Além disso, para complementar a análise de desempenho dos aeroportos apresentada por meio da abordagem cartesiana, foi aplicado o Índice de Malmquist (1953), com o objetivo de avaliar a evolução temporal das eficiências. Essa técnica foi implementada para examinar se os aeroportos, sobretudo os concedidos à iniciativa privada, apresentaram ganhos de eficiência ao longo do tempo, especialmente após a mudança no modelo de governança. Enquanto o plano cartesiano oferece uma visão estática e comparativa das eficiências nos dois estágios do modelo Network DEA, o Índice de Malmquist introduz a dimensão dinâmica, permitindo acompanhar se houve melhora, estabilidade ou regressão na eficiência das unidades de decisão ao longo dos anos.

A principal limitação da análise cartesiana reside justamente na ausência de um critério temporal de desenvolvimento. Por mais que seja eficaz na identificação de *benchmarks* e na classificação de aeroportos conforme sua governança, classe ou rodada de concessão, ela não responde diretamente quais modelos de concessão trouxeram ganhos reais de eficiência e quais aeroportos evoluíram positivamente após a concessão. É nesse contexto que o Índice de Malmquist assume papel central na investigação, servindo como instrumento complementar que não apenas supera a limitação temporal, mas também permite observar a evolução (ou involução) da eficiência nas dimensões que o índice reporta, proporcionando um ganho operacional fundamental na compreensão do desempenho dos aeroportos brasileiros ao longo do tempo.

A aplicação do Índice de Malmquist considerou a estrutura em painel do modelo Network DEA de dois estágios, ou seja, cada aeroporto foi tratado como uma única DMU ao longo do tempo (t), em contraste com a abordagem convencional que considera cada observação anual

como uma DMU independente. Essa formulação permite capturar trajetórias reais de desenvolvimento, respeitando a identidade institucional de cada aeroporto durante o período de análise.

Para garantir uma análise longitudinal rigorosa, o cálculo do Índice de Malmquist (MI) foi implementado na estrutura em painel do modelo Network DEA em dois estágios (Modelo C), tratando-se, portanto, de uma avaliação de Produtividade Total de Fatores (PTF) em série. Foi adotado o Malmquist bienal do tipo adjacente, com a estratégia Single Index proposta por Fare *et al.* (1992, 1994), que mede as mudanças de eficiência de forma sequencial, considerando comparações entre cada ano (t) e seu imediatamente posterior ($t + 1$). Essa abordagem garante maior sensibilidade à detecção de mudanças sutis de eficiência ao longo do tempo, sem assumir saltos largos entre períodos não contíguos.

Dessa forma, ao invés de tratar cada observação anual como uma DMU independente, esta abordagem trata cada aeroporto como uma única DMU ao longo do tempo, permitindo capturar trajetórias reais de desenvolvimento.

Para o cálculo e interpretação do índice, foi empregada a versão multiplicativa do Malmquist, expressa como apresentado na Equação (XVIII), em que MI é o Índice de Malmquist, EC (*Efficiency Change*) representa a variação na eficiência relativa da DMU entre dois anos consecutivos, e TC (*Technological Change*) capta o deslocamento da fronteira de produção, ou seja, inovações ou melhorias tecnológicas no setor. Essa decomposição permite identificar se o ganho (ou perda) de desempenho foi decorrente de melhor uso dos recursos disponíveis (EC) ou de avanços na eficiência tecnológica do sistema como um todo (TC).

$$MI_j^{t \rightarrow t+1} = EC_j^{t \rightarrow t+1} * TC_j^{t \rightarrow t+1} \quad (XVIII)$$

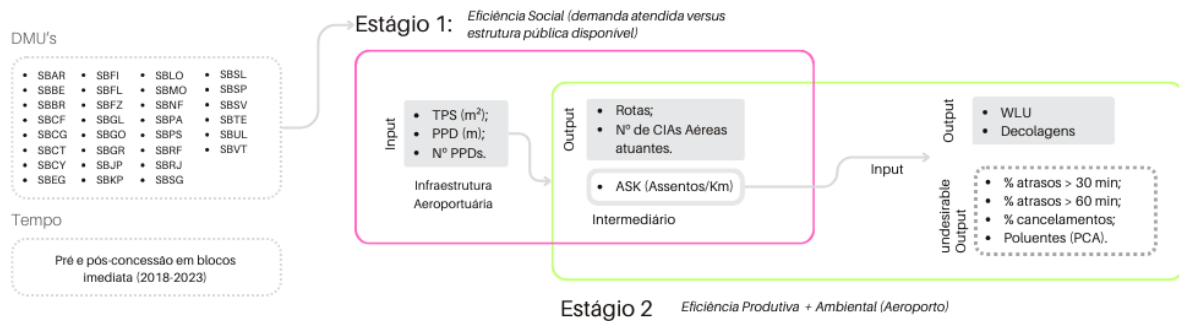
Assim, uma resposta positiva do Índice de Malmquist ($MI > 1$) representará um progresso de produtividade na variação anual imediata, enquanto uma resposta negativa ($MI < 1$) houve uma regressão no desempenho. Logo, o progresso pode ser medido ainda em relação a melhora no uso dos recursos (se houver ganho de eficiência técnica, EC) ou se decorreu de melhoria do sistema de gestão ou inovação do aeroporto (através do avanço tecnológico, TC).

Dessa forma, o Índice de Malmquist não apenas reforça os resultados obtidos pela análise cartesiana, como também aproxima a avaliação da realidade institucional dos aeroportos brasileiros, permitindo aferir impactos temporais concretos das concessões sobre a eficiência operacional das infraestruturas aeroportuárias.

4.3.4. Modelo D: Dimensão Socioambiental

O Modelo D amplia a abordagem metodológica adotada no Modelo C ao incorporar uma dimensão ambiental, tornando a avaliação mais abrangente e aderente aos princípios de sustentabilidade da aviação. A estrutura do Modelo D segue o mesmo arcabouço Network DEA de dois estágios aplicado anteriormente, com adaptações fundamentais no segundo estágio para refletir a produtividade aeroportuária e seus impactos ambientais, Figura 12.

Figura 12: Modelo D: Dimensão Socioambiental



No Estágio 1, a lógica permanece voltada à eficiência social, mensurada a partir da relação entre a infraestrutura aeroportuária disponível (*inputs*) e a demanda atendida (*outputs*). São considerados como *inputs*: a área do Terminal de Passageiros (TPS, em m²), o comprimento médio do PPD (em metros) e o número de PPDs. Já os *outputs* são as Rotas Domésticas Atendidas, o número de companhias aéreas operantes e o ASK (Assentos/Km Ofertados) — este último desempenhando o papel de variável intermediária e sendo transferido ao segundo estágio como *input*.

É no Estágio 2 que o Modelo D se diferencia de maneira significativa dos Modelos A, B e C. Neste estágio, a análise se volta para à eficiência produtiva e ambiental do aeroporto, avaliando simultaneamente o volume de produção (WLU e número de decolagens) e os impactos negativos associados à operação. Os *outputs* desejáveis incluem o WLU e o número de decolagens realizadas. Contudo, este modelo adiciona um bloco de outputs indesejáveis, composto por quatro variáveis que refletem o impacto negativo da operação aeroportuária:

- u_1 : porcentagem de voos com atrasos superiores a 30 min
- u_2 : porcentagem de voos com atrasos superiores a 60 min
- u_3 : porcentagem de voos cancelados
- u_4 : PCA (índice composto de poluentes emitidos)

O destaque está na inclusão do índice de PCA construído com base nos dados de emissões

de poluentes atmosféricos disponibilizados pela ANAC, Tabela 7. Essa variável agrega as emissões de CO, COV, MP, NOx e SO₂, normalizadas e combinadas em um índice padronizado.

A utilização da Análise de Componentes Principais (PCA) no Modelo D fundamenta-se em dois pilares essenciais para a robustez da análise socioambiental. Primeiramente, o PCA é empregado para garantir a aderência às regras de dimensionalidade inerentes ao método DEA, mantendo uma relação adequada entre o número de Unidades Tomadoras de Decisão (DMUs) e o volume de variáveis de entrada e saída ($DMUs \geq 3 * (inputs + outputs)$), o que preserva o poder discriminatório do modelo.

Em segundo lugar, o PCA atua como uma ferramenta de normalização e agregação, permitindo combinar as diferentes métricas de emissões geradas nos aeroportos em um índice padronizado. Esta abordagem sintetiza o impacto ambiental de cada unidade ao longo do período de análise em uma variável composta, viabilizando uma comparação equânime entre aeroportos de diferentes portes e contextos operacionais, ao mesmo tempo em que mitiga problemas de multicolinearidade entre os poluentes monitorados.

Além disso, diferentemente dos Modelos A, B e C, que contemplam a série histórica completa de 2000 a 2023, o Modelo D se restringe ao período 2018 a 2023. Essa limitação temporal decorre da disponibilidade de dados sobre emissões de poluentes — os únicos anos em que a ANAC forneceu informações completas para os 30 aeroportos analisados. Essa restrição, embora inevitável, impacta diretamente a capacidade do modelo de capturar dinâmicas de longo prazo e de realizar comparações históricas mais amplas. No entanto, o modelo ainda permite uma análise rica e atualizada da eficiência socioambiental dos aeroportos em um contexto de maior exigência regulatória e de transição para operações mais sustentáveis.

A utilização de *outputs* indesejáveis no segundo estágio — como atrasos, cancelamentos e poluentes — justifica-se tanto do ponto de vista teórico, quanto prático. Teoricamente, a Network DEA permite avaliar simultaneamente produção e externalidades, respeitando a lógica da eficiência orientada a *outputs*. Na prática, os aeroportos que conseguem manter elevados níveis de produção com menores impactos negativos são justamente os mais eficientes na ótica da sustentabilidade.

Portanto, o Modelo D proporciona uma visão integrada da eficiência operacional e ambiental, sendo particularmente útil para comparações entre aeroportos com diferentes regimes de governança (públicos ou concedidos), classes e rodadas de concessão. A metodologia contribui ainda para o debate sobre políticas públicas voltadas à sustentabilidade

no setor aeroportuário, fornecendo evidências empíricas relevantes sobre o desempenho socioambiental das concessões aeroportuárias no Brasil.

Em suma, a metodologia adotada nesta pesquisa fundamentou-se na aplicação da Análise Envoltória de Dados (DEA) em quatro modelos complementares, desenvolvidos para capturar a multidimensionalidade da eficiência aeroportuária. Utilizou-se a abordagem Network DEA em dois estágios, que inova ao considerar a cadeia produtiva entre companhias aéreas e aeroportos, e incorporou-se a avaliação de *outputs* indesejados (como atrasos, cancelamentos e emissões de poluentes) para uma análise mais holística. O estudo foi embasado em uma robusta base de dados longitudinal dos 30 maiores aeroportos brasileiros, abrangendo o período de 2000 a 2024, permitindo análises temporais e comparativas por rodada de concessão e classe de aeroporto, e utilizando o Índice de Malmquist para acompanhar a evolução da produtividade ao longo do tempo.

5. CONTEXTO DA BASE AMOSTRAL

A análise deste capítulo busca discutir os dados descritivos e as características estruturais, operacionais e socioeconômicas dos aeroportos, Tabela 7, com destaque para a classificação por classe, rodada de concessão e as justificativas regulatórias e estratégicas utilizadas no momento da concessão de cada terminal. Esta etapa exploratória visa identificar padrões, tendências e possíveis correlações que fundamentem as análises subsequentes de eficiência.

5.1. Panorama Estrutural e Operacional dos Aeroportos analisados

A caracterização inicial dos 30 principais aeroportos brasileiros entre 2000 e 2024 permite observar padrões relevantes nas dimensões estruturais, operacionais e socioeconômicas, especialmente quando os aeroportos são agrupados por rodada de concessão, Tabela 8.

A análise descritiva mostra que as rodadas de concessão não apenas marcaram momentos distintos da política de infraestrutura aeroportuária no país, mas também refletiram diferentes estágios de maturidade institucional e exigências contratuais.

Em termos de infraestrutura, os aeroportos da 2ª rodada apresentaram, em média, a maior capacidade instalada, evidenciada pelos elevados valores de TPS (Terminal de Passageiros). Além disso, lideraram em indicadores operacionais, como carga transportada e número de decolagens. Essa rodada foi marcada pela concessão de aeroportos de grande porte (Figura 6), já consolidados em termos de demanda, o que contribui para uma maior complexidade operacional e demanda por investimentos robustos.

Ao analisar a variação anual média da infraestrutura e o consequente desempenho operacional médio deste grupo de aeroportos (Figura 13), observa-se que a 2ª rodada apresenta os maiores volumes médios de passageiros (linha azul) e WLU (linha laranja) entre todas, com destaque para o crescimento expressivo até 2019. A variação acumulada do TPS (linha tracejada em verde) ultrapassa 120%, indicando uma forte expansão da capacidade instalada no período pós-concessão (após linha vertical tracejada vermelha). Simultaneamente, os valores de PPD (linha tracejada em azul) permanecem elevados e estáveis, refletindo operações otimizadas. A combinação entre alta demanda e ampliação da infraestrutura sugere a ocorrência de um ciclo positivo de crescimento e eficiência.

Tabela 8: Estatísticas das variáveis selecionadas, análise por grupo de aeroportos pertencentes a cada rodada de concessão.

Rodada de Concessão	Nº de Aerop	Métrica	Infra. Aeroportuária			Socioeconômicos			Companhias Aéreas		
			TPS (M de m²)	Nº de PPD(s)	PPD (m)	PIB (bilhões R\$)	População (milhões)	GINI	Rotas	CIA(s) Aéreas	Payload (milhões)
1ª Rodada	1	Média	0,04	1	3.000	0,07	3,38	0,7891	20	7	0,46
		<i>Mín.</i>	0,04	1	3.000	0,05	3,28	0,7702	6	1	0,03
		<i>Máx.</i>	0,04	1	3.000	0,09	3,45	0,8101	28	9	0,55
2ª Rodada	3	Média	0,18	1,6	5.260	1,12	29,41	0,7733	91	27	0,79
		<i>Mín.</i>	0,03	1	3.200	0,05	2,19	0,5073	41	9	0,31
		<i>Máx.</i>	0,58	2	6.700	3,13	45,97	0,8855	134	51	1,44
3ª Rodada	2	Média	0,13	1,5	5.198	0,5	18,31	0,8249	66	23	0,73
		<i>Mín.</i>	0,05	1	3.000	0,11	15,35	0,7084	33	9	0,14
		<i>Máx.</i>	0,28	2	7.180	1,08	21,32	0,8872	91	43	1,09
4ª Rodada	4	Média	0,04	1,5	3.311	0,21	10,1	0,7708	44	13	0,59
		<i>Mín.</i>	0,01	1	2.280	0,02	5,52	0,6337	18	7	0,26
		<i>Máx.</i>	0,09	2	4.521	0,66	14,9	0,8139	64	20	0,93
5ª Rodada	12	Média	0,02	1	2.446	0,07	4,16	0,7473	27	7	0,34
		<i>Mín.</i>	0,01	1	1.750	0,01	1,83	0,6073	9	2	0,11
		<i>Máx.</i>	0,07	2	3.808	0,29	9,54	0,8535	71	19	0,76
6ª Rodada	22	Média	0,03	1,2	2.494	0,18	7,41	0,774	30	8	0,35
		<i>Mín.</i>	0	1	1.464	0,01	2,85	0,626	5	2	0,14
		<i>Máx.</i>	0,08	2	4.630	0,63	11,8	0,9076	72	20	0,78
7ª Rodada	15	Média	0,02	1,3	2.613	0,71	21,8	0,7861	31	6	0,42
		<i>Mín.</i>	0	1	2.100	0,01	2,16	0,5728	8	3	0,12
		<i>Máx.</i>	0,06	2	3.228	3,13	46	0,8872	78	11	1,1
Rodada 0	2	Média	0,03	1,5	2.220	0,38	15,4	0,8009	25	6	0,51
		<i>Mín.</i>	0,02	1	1.850	0,05	13,2	0,6643	11	3	0,09
		<i>Máx.</i>	0,03	2	2.583	1,08	17,2	0,845	47	9	1,21

Rodada de Concessão	Métrica	Métricas Operacionais								
		ASK (milhões)	RPK (milhões)	ATK (milhões)	RTK (milhões)	Decolagens	Passageiros (milhões)	Carga (milhões kg)	WLU (milhões)	Load Factor
1ª Rodada	Média	9,32	7,62	1,31	0,85	6.947	0,93	4,78	0,97	0,8027
	<i>Mín.</i>	0,12	0,08	0,01	0,01	35	0	0	0	0,6289
	<i>Máx.</i>	13,3	11,5	1,65	1,09	9.478	1,22	7,54	1,28	0,8682
2ª Rodada	Média	14,67	11,41	2,47	1,45	62.718	7,3	112,4	8,43	0,7383
	<i>Mín.</i>	0,69	0,33	0,35	0,19	7.512	0,28	15,06	0,53	0,4769
	<i>Máx.</i>	34,97	30,14	5,43	3,5	136.200	21,21	321,2	24,42	0,8618
3ª Rodada	Média	14,83	11,66	2,17	1,28	37.839	4,21	29,11	4,5	0,751
	<i>Mín.</i>	0,53	0,26	0,07	0,03	2.862	0,14	3,44	0,18	0,4406
	<i>Máx.</i>	25,95	21,01	3,86	2,25	70.746	8,51	79,01	9,04	0,8779
4ª Rodada	Média	8,34	6,4	1,09	0,67	21.802	2,27	12,4	2,39	0,7348
	<i>Mín.</i>	1,59	0,92	0,16	0,09	6.904	0,43	1,14	0,44	0,5563
	<i>Máx.</i>	17,7	14,4	2,45	1,65	46.376	4,56	29,2	4,73	0,8647
5ª Rodada	Média	4,37	3,36	0,55	0,34	10.781	1,06	5,07	1,11	0,7145
	<i>Mín.</i>	0,26	0,1	0,03	0,01	1.671	0,1	0,24	0,11	0,3563
	<i>Máx.</i>	19,2	14,8	2,66	1,95	38.813	4,71	31,3	5,02	0,8774
6ª Rodada	Média	2,83	2,08	0,37	0,21	10.174	0,9	7,02	0,97	0,7011
	<i>Mín.</i>	0,54	0,3	0,05	0,03	1.799	0,08	0,11	0,09	0,4687
	<i>Máx.</i>	8,38	6,75	1,05	0,61	41.064	3,58	56,8	3,69	0,8623
7ª Rodada	Média	2,63	1,83	0,28	0,16	29.549	2,92	10,2	3,02	0,6761
	<i>Mín.</i>	0,54	0,3	0,06	0,03	2.515	0,11	0,22	0,12	0,3885
	<i>Máx.</i>	7,34	5,69	0,78	0,48	92.277	11,4	38,2	11,7	0,8361
Rodada 0	Média	2,7	1,88	0,32	0,16	21.061	1,93	1,6	1,95	0,6911
	<i>Mín.</i>	0,54	0,32	0,05	0,03	2.047	0,09	0,02	0,09	0,5011
	<i>Máx.</i>	4,88	3,86	1,77	0,33	52.454	5,66	5,45	5,71	0,8658

Essa consideração corrobora com a hipótese de Vasigh, Fleming & Tacker (2018), que afirmam que aeroportos com alto volume de tráfego costumam se beneficiar mais rapidamente do processo de concessão, uma vez que estes costumam apresentar uma econômica de escala e possibilidade de aprimoramento dos serviços com maior impacto financeiro e operacional do que os demais de menor classe.

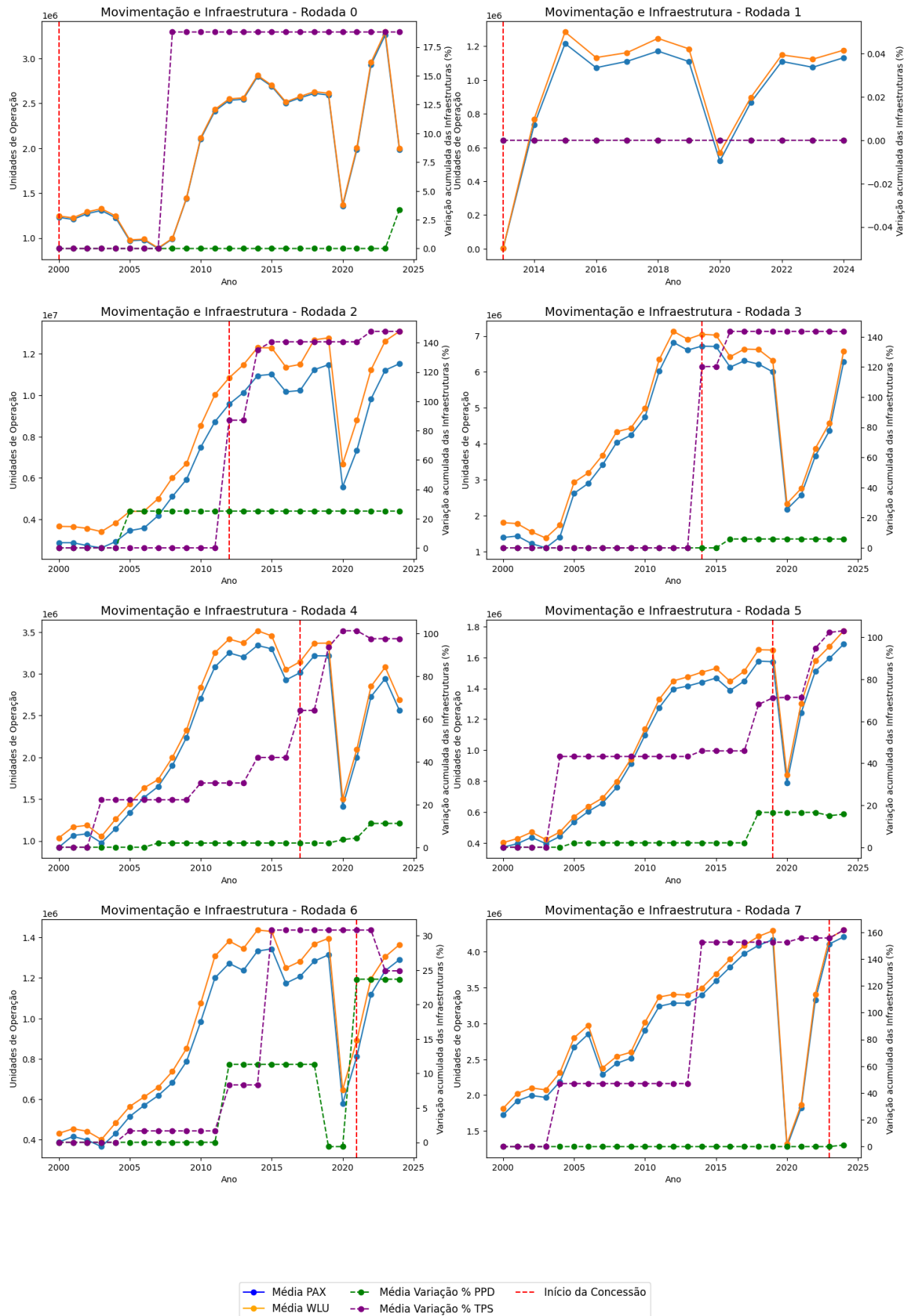
Por outro lado, os aeroportos da 6ª e 7ª rodadas, apesar de apresentarem menor infraestrutura média, Tabela 8, destacam-se por maior potencial de crescimento, dado o aumento recente na movimentação de passageiros observado em alguns dos terminais (Figura 13). Esse padrão é consistente com os achados de Graham (2014), que destaca que aeroportos em regiões em desenvolvimento ou com capacidade ociosa frequentemente apresentam ganhos incrementais de eficiência após a concessão, especialmente nos primeiros anos do contrato.

Esse crescimento, apesar da concessão muito recente, é indicado de forma mais clara na análise temporal de variação das infraestruturas e operações dos aeroportos da 7ª rodada, Figura 13. As variações acumuladas de TPS ultrapassam 140%, as maiores entre todas as rodadas.

A tendência sugere melhorias imediatas na infraestrutura, refletindo uma maturidade regulatória elevada e foco na ampliação da capacidade. Como destacado por Mello, da Silva & Falcão (2025), a sétima rodada aprende com as lições das renegociações em aeroportos como Galeão (SBGL) e Viracopos (SBKP), levando a contratos mais resilientes com a incorporação de indicadores de desempenho operacional e demanda real em contrato no cálculo de ajuste das tarifas.

Em comparação, em média, o grupo de aeroportos participantes da 6ª rodada de concessões sofre oscilações (TPS e PPD), mas com padrão irregular, provavelmente refletindo a transição entre modelos de gestão, Figura 13. Na 6ª rodada a movimentação de passageiros cresceu até 2019, até atingir a queda nos anos seguintes decorrentes da pandemia por COVID-19 (FALCÃO *et al.*, 2022), sendo observada a posterior recuperação. Logo, este grupo teve uma infraestrutura instalada que não acompanhou de forma consistente a demanda, o que pôde limitar ganhos operacionais.

Figura 13: Variação anual média da infraestrutura e o consequente desempenho operacional médio do grupo de aeroportos pertencentes à mesma rodada de concessão.



O aeroporto da 1ª rodada revela uma posição intermediária, embora possua indicadores relevantes de movimentação e infraestrutura, sua performance é menos destacada do que a observada nas demais rodadas, Tabela 8. Parte disso pode ser explicado pelas limitações regulatórias e contratuais enfrentadas nos primeiros ciclos de concessão no Brasil, como destacado por Machado *et al.* (2019), que analisaram os desafios da modelagem contratual das primeiras rodadas, marcada por insegurança jurídica e baixa previsibilidade de receitas.

Além disso, apesar da estabilidade da infraestrutura (sem alterações perceptíveis em TPS ou PPD), o único aeroporto desta rodada manteve altos níveis de movimentação desde o início da sua operação (após construído), com pequenas flutuações ao longo do tempo, conforme verificado na Figura 13. Isso sugere que o terminal foi desenvolvido com uma infraestrutura robusta para a concessão, tendo a atuação privada se concentrando na gestão e manutenção do desempenho, sem necessitar de obras de ampliação.

Já os aeroportos que não participaram dos processos de concessão iniciados em 2011, os aeroportos do grupo Rodada 0, tendem a apresentar desempenho inferior nas principais variáveis operacionais, como carga transportada, número de decolagens e passageiros por decolagem, Tabela 8.

Em relação a variação média do grupo, Figura 13, os aeroportos não concedidos mantiveram-se praticamente estáveis em termos de infraestrutura ao longo do período, com oscilações percentuais quase nulas tanto em TPS quanto em PPD. Ainda assim, observa-se um leve crescimento na movimentação de passageiros e WLU nos anos mais recentes, sugerindo possível saturação da infraestrutura disponível. A ausência de expansão pode refletir restrições orçamentárias ou ausência de incentivos regulatórios para modernizações, como ressalta Zhang & Zhang (2006).

Esse comportamento se alinha com as observações feitas por Adler, Pels & Nash (2010), que apontam que a gestão pública direta de infraestruturas de transportes, quando não vinculada a metas de desempenho e sem autonomia orçamentária, tende a operar com menor eficiência técnica, especialmente em ambientes de crescente concorrência e demanda por inovação.

Essa foi a justificativa, segundo Teixeira et al. (2024), para a adoção das concessões aeroportuárias no Brasil, uma vez que se esperava que a gestão privada facilitasse a realização de expansões e investimentos em infraestrutura, algo mais difícil de ser alcançado sob a governança pública da Infraero.

Sob uma nova ótica, ao ser verificado o aspecto socioeconômico, Tabela 8, observa-se

que os aeroportos das 3ª e 4ª rodadas estão inseridos em regiões com PIB médio mais elevado, reforçando a tese de que o contexto econômico local pode influenciar a atratividade, a performance e a sustentabilidade financeira dos aeroportos (Choo, Corbo & Wang, 2018; D'alfonoso, Daraio & Natália, 2015).

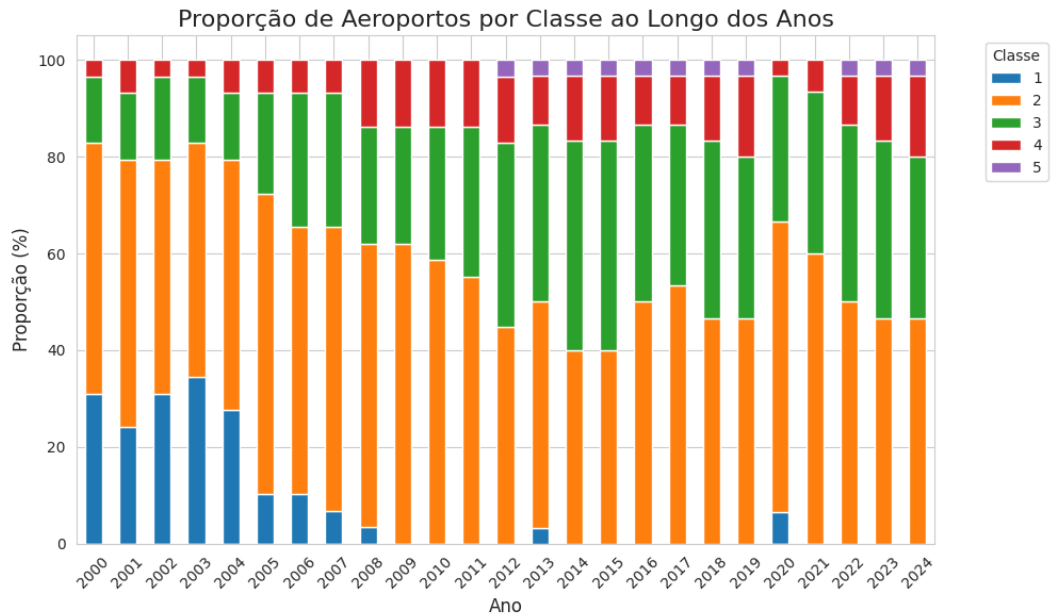
A Figura 13 revela ainda que as 3ª e 4ª rodadas apresentaram uma movimentação operacional crescente e contínua desde os anos 2000, com aceleração após a concessão. Houve também variação significativa de TPS, o que indica que os investimentos em capacidade esperados para a maioria dos aeroportos dessas rodadas, Tabela 3, possam ter permitido que a infraestrutura acompanhasse a demanda.

No entanto, mesmo em regiões economicamente favoráveis, há variações no desempenho operacional. As variações do WLU e do número de passageiros nessas rodadas, Figura 13, apontam para a relevância de fatores adicionais a serem considerados na análise, como a classe do aeroporto, a maturidade do contrato de concessão, a qualidade da gestão, ou até a concentração do mercado de companhias aéreas que podem potencializar ou limitar os efeitos da performance do aeroporto (HA *et al.*, 2013).

Dessa forma, ao analisar a distribuição proporcional dos aeroportos por classe operacional ao longo do período de 2000 a 2024, Figura 14, conforme a tipologia proposta por Domingos *et al.* (2025), Tabela 6, revela-se uma dinâmica importante na evolução da infraestrutura e da demanda do setor aeroportuário brasileiro. É observada uma clara transição da predominância de aeroportos nas classes inferiores (Classes 1 e 2) para uma maior concentração nas classes intermediárias e superiores (Classes 3 e 4), refletindo a consolidação da malha aérea e a ampliação da capacidade operacional dos terminais ao longo das últimas duas décadas.

Nos anos iniciais da série, especialmente entre 2000 e 2005, a maior parte dos aeroportos concentrava-se nas Classes 1 e 2, indicando uma estrutura predominantemente voltada a terminais de pequeno e médio porte. A Classe 2, em particular, chega a representar mais de 50% dos aeroportos em certos anos, sinalizando o peso de aeroportos com movimentação intermediária nesse período. A Classe 1, que representa aeroportos com menor movimentação, também apresenta participação relevante até meados da década de 2000, mas desaparece quase por completo a partir de 2010, reaparecendo apenas pontualmente em 2020 — possivelmente em decorrência da retração causada pela pandemia sinalizada por Santos, Oliveira & Aldrighi (2021).

Figura 14: Distribuição proporcional dos aeroportos por classe operacional ao longo do período de 2000 a 2024, conforme a classificação proposta por Domingos *et al.* (2025).



A partir de 2006, nota-se uma tendência de crescimento contínuo da Classe 3, que passa a representar uma parcela significativa do total de aeroportos analisados. Essa transição sugere uma elevação no patamar operacional de diversos terminais, impulsionada tanto pela expansão da demanda devido ao crescimento econômico brasileiro na época quanto pelas tarifas mais baixas (devido à competição das *low-cost carriers*), mas com aumento moderado após privatizações (Brito, Oliveira & Dresner, 2021). A Classe 4, composta por aeroportos com alta movimentação, também registra crescimento expressivo ao longo do período, consolidando-se como a segunda mais representativa a partir de 2010, o que reforça a concentração de tráfego em *hubs* regionais e nacionais.

A Classe 5, correspondente a aeroportos com a maior faixa de movimentação de passageiros (superior a 15.000.000), por sua vez, permanece com baixa representatividade ao longo do período analisado, surgindo apenas a partir de 2012 (ano de início da concessão destes), o que evidencia a escassez de terminais com movimentação extremamente elevada no Brasil. Isso pode estar relacionado à alta concentração de demanda em poucos aeroportos, como Guarulhos e Brasília, que atingem esse patamar apenas em anos específicos após a concessão;

De modo geral, a evolução da distribuição entre as classes revela um movimento consistente de expansão do setor aeroportuário, com deslocamento do perfil dos aeroportos para classes superiores. Esse padrão é compatível com o avanço das rodadas de concessão e com os processos de modernização da infraestrutura aeroportuária, reforçando a importância de

considerar a classe operacional como uma variável crítica na avaliação de eficiência e no planejamento de políticas públicas para o setor.

Portanto, diante das heterogeneidades de comportamento entre os grupos de concessão, que se reforça a importância de se considerar, na análise de eficiência, não apenas os fatores estruturais e econômicos, mas também as dimensões institucionais, como o modelo de governança, a própria rodada de concessão e a classe operacional do aeroporto. Essa ideia foi discutida por Keskin & Köksal (2019), ao proporem que o método DEA é preferido em estudos de eficiência aeroportuária devido a fatores como restrições governamentais e questões financeiras, que podem levar a retornos variáveis de escala no setor aeroportuário.

6. RESULTADOS

O presente capítulo se debruça sobre os resultados obtidos com a aplicação dos quatro modelos DEA propostos, Tabela 9. Cada modelo é analisado de forma a confrontar os resultados empíricos com as hipóteses formuladas, as quais buscam compreender o impacto da governança privada (concessão) sobre os diferentes tipos de eficiência.

Tabela 9: Resumo dos modelos analisados.

Dimensão	DEA	Foco Analítico	Principais Outputs	Variáveis de Análise
Eficiência Operacional Bruta	Modelo A	Infraestrutura → Produção Bruta	Decolagens, Working Load Unit (WLU)	Governança, Classe, Rodada de Concessão
Eficiência Operacional do Setor Aéreo (Privada)	Modelo B	Infraestrutura → Resposta do Mercado Privado	ASK, Número de Rotas, Número de Companhias Aéreas	Simbiose Aeroporto–Companhias Aéreas
Eficiência Social Integrada	Modelo C	Infraestrutura → Produção Aérea → Serviços	WLU, Decolagens + Outputs Indesejáveis (Atrasos, Cancelamentos)	Integração de operação com infraestruturas públicas (social) e Qualidade do Serviço
Eficiência Socioambiental	Modelo D	Infraestrutura → Produção Aérea → Sustentabilidade	Outputs Desejáveis (WLU, Decolagens) + Outputs Indesejáveis (Atrasos, Cancelamentos, Emissões - PCA)	Externalidades Ambientais, Sustentabilidade e Governança

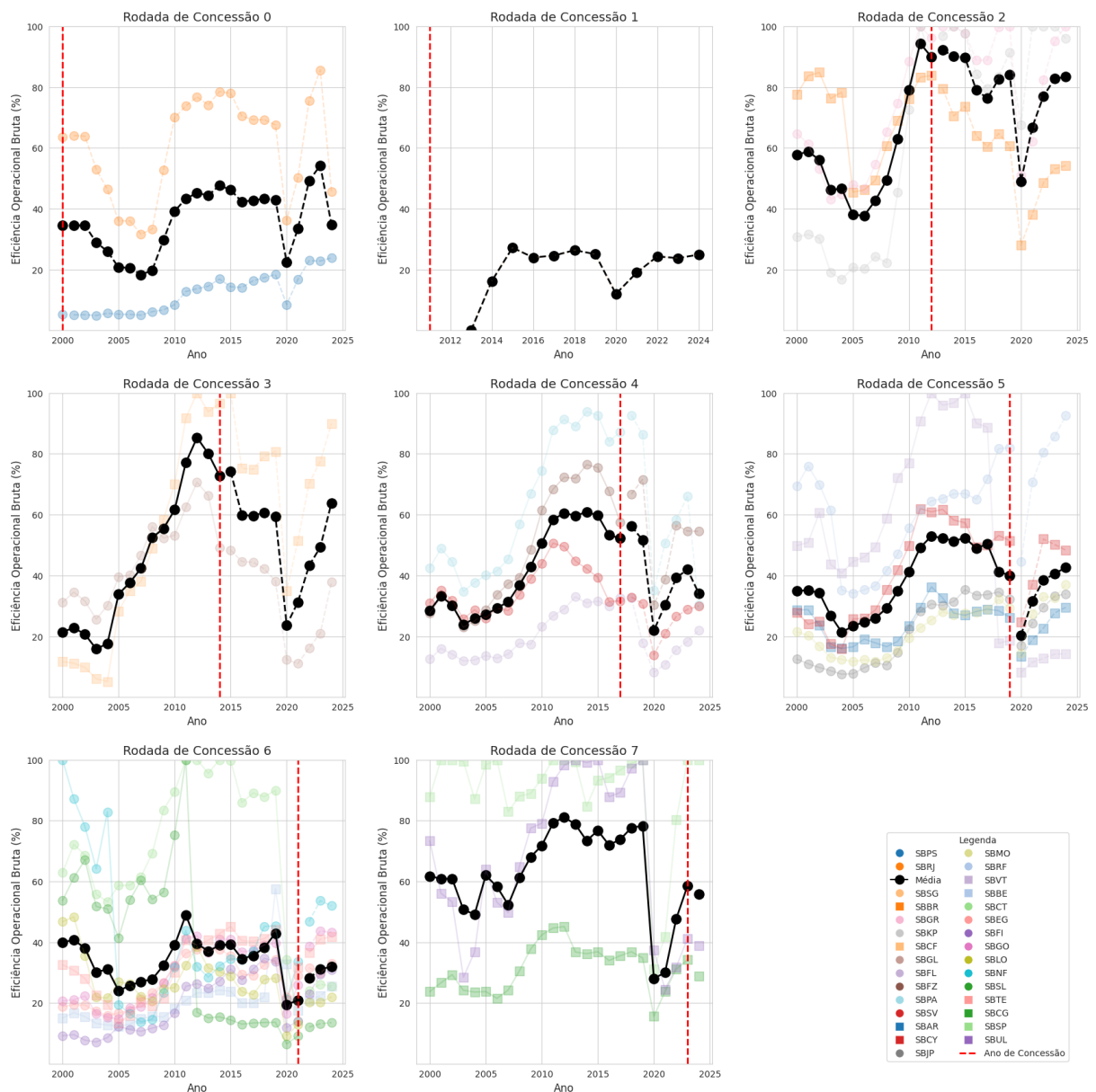
A hipótese geral (HG) postula que a concessão potencializa a sinergia entre infraestrutura e operação aérea, com efeitos que variam conforme a classe do aeroporto e a rodada de concessão, refletindo os diferentes marcos regulatórios e exigências contratuais. As hipóteses específicas (H1 a H5) desdobram essa proposição em dimensões distintas, conforme ilustrado no fluxograma metodológico.

Ao longo das seções, também são discutidos comparativos pré e pós-concessão, sob a ótica das variações entre rodadas e entre classes de aeroportos, com o intuito de avaliar a eficácia das políticas de concessão em diferentes contextos. Por fim, os resultados são sintetizados por meio de análises cartesianas e do índice de Malmquist, permitindo avaliar a evolução temporal da eficiência e sua relação com o tipo de gestão.

6.1. Modelo A: Dimensão Operacional Bruta

A aplicação do Modelo A, baseado na Análise Envoltória de Dados (DEA) com orientação a *output* e retornos variáveis à escala (modelo BCC), permitiu avaliar a eficiência técnica pura dos 30 principais aeroportos brasileiros no período de 2000 a 2024, Figura 15. Os resultados foram organizados segundo as rodadas de concessão, permitindo comparações temporais entre os grupos concedidos e os aeroportos ainda sob administração pública (Rodada 0).

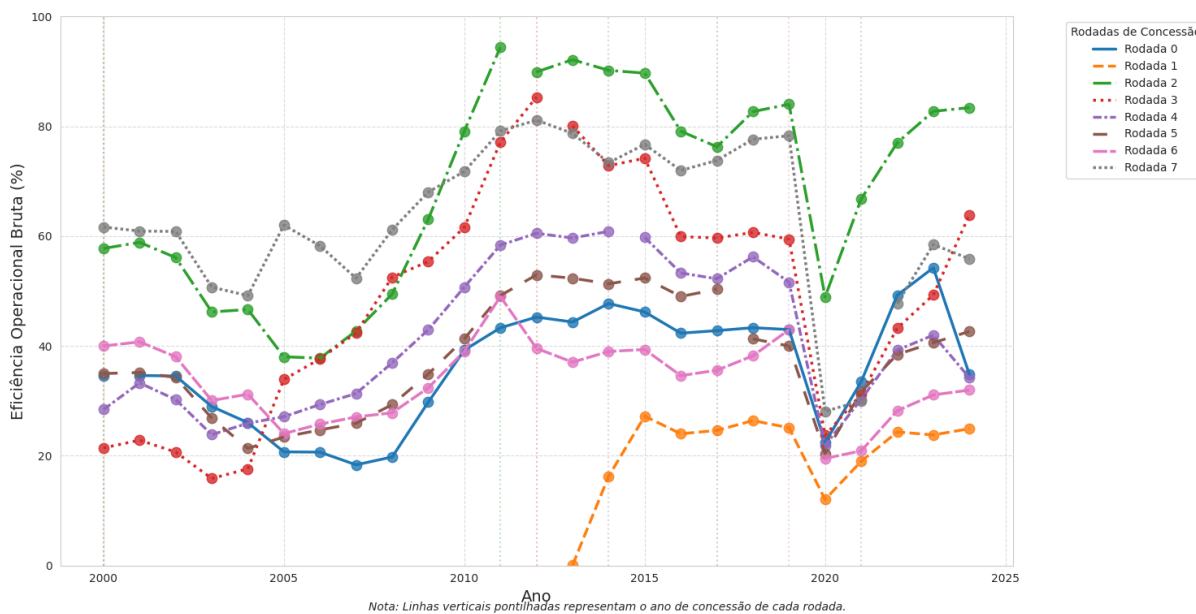
Figura 15: Resultados de eficiência do Modelo A (Dimensão Operacional Bruta). Variação ao longo do tempo por rodada de concessão, valores individuais e médios.



A análise da eficiência técnica sob a perspectiva do Modelo A revelou variações substanciais entre os grupos de aeroportos organizados por rodada de concessão. As 2ª (2012)

e a 7ª (2021) rodadas, apresentaram as maiores médias de eficiência técnica (0.685 e 0.627, respectivamente), sugerindo possíveis ganhos de desempenho associados à concessão privada. Em contraste, a Rodada 1 (2004) obteve o pior desempenho médio (0.206), com baixa dispersão entre os valores, Figura 16.

Figura 16: Evolução da Eficiência Média por Rodada de Concessão (Modelo A).



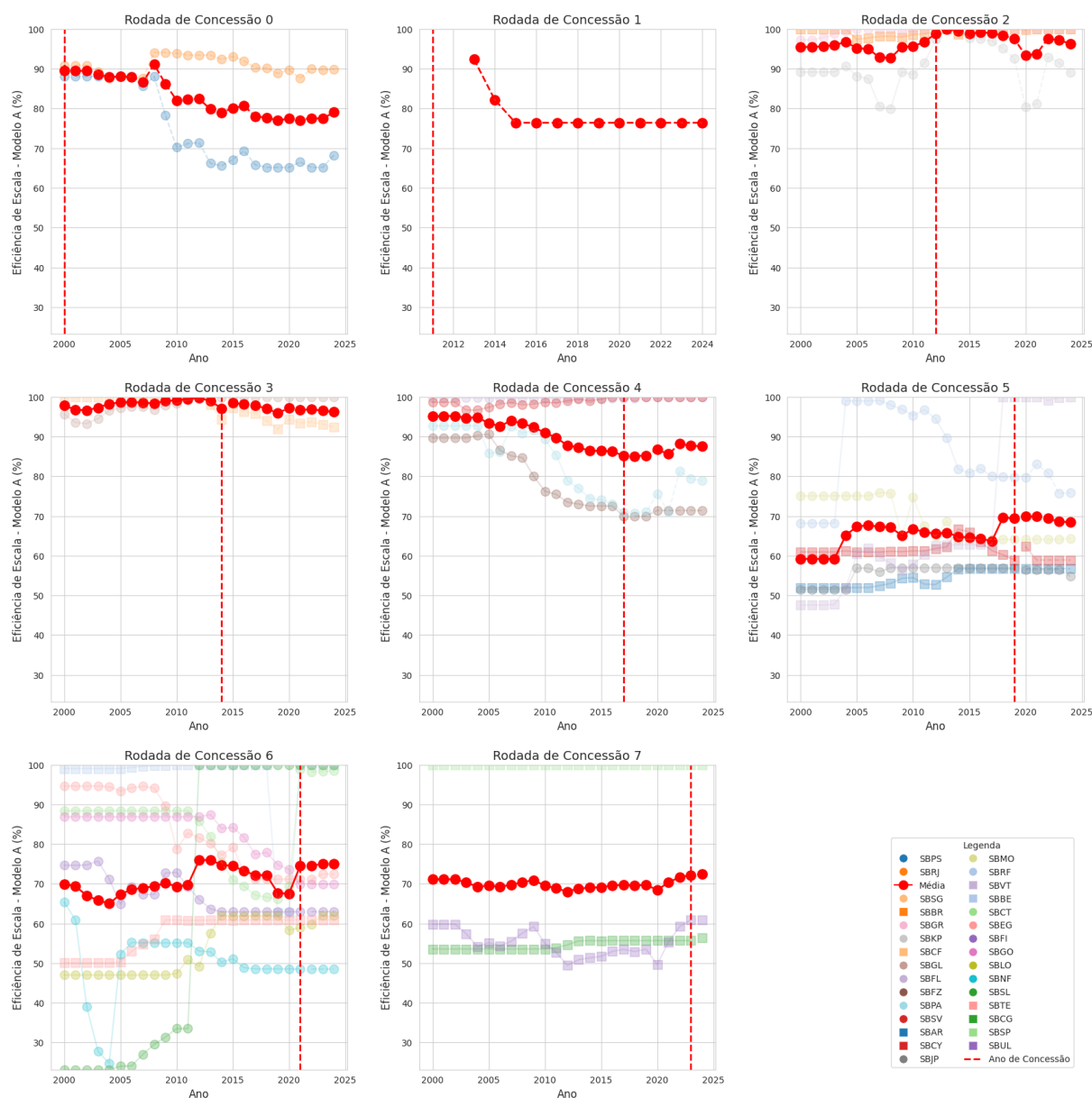
Já a análise da eficiência de escala ao longo do tempo, segmentada por rodadas de concessão, Figura 17, revela padrões distintos associados às decisões contratuais, à maturidade da operação e à capacidade de resposta à demanda. A Rodada 0, sob gestão estatal, apresentou elevados níveis médios de eficiência de escala até meados dos anos 2000, seguidos por uma tendência de queda, compatível com a predominância de retornos crescentes nos primeiros anos e sua posterior estabilização em retornos constantes.

Por sua vez, a Rodada 1, concedida em 2011, manteve uma eficiência média elevada e estável, refletindo operações próximas da escala ótima ao longo de toda a série, com retornos constantes em todos os períodos analisados. Enquanto a Rodada 2, embora inicialmente eficiente, apresentou redução na média de eficiência e maior heterogeneidade entre aeroportos após a concessão, o que corrobora a mudança de retornos constantes para crescentes em períodos mais recentes.

Essa variação na escala parte de três hipóteses, a primeira é a ocorrência do apagão aéreo conforme descrito por Oliveira, Onuki & Amorim (2009) por volta de 2006, seguido da ocorrência da pandemia por Covid-19 em meados de 2020, além da queda na demanda atrelada

a crise financeira do consórcio responsável por SBKP e sua consequente renegociação do contrato, como salienta Mello, da Silva & Falcão (2025).

Figura 17: Resultados de eficiência de escala do Modelo A (Dimensão Operacional Bruta). Variação ao longo do tempo por rodada de concessão, valores individuais e médios.



Além disso, a Rodada 3 destaca-se por sua estabilidade e patamar elevado de eficiência média, associada à manutenção de retornos constantes desde o primeiro ano pós-concessão, **Erro! Fonte de referência não encontrada.**, indicando contratos e operações bem calibrados. Em contraste, a Rodada 4 experimentou uma redução progressiva da média de eficiência, compatível com a transição de retornos crescentes para decrescentes e, posteriormente, constantes, sugerindo ajustes na escala ao longo do tempo.

Tabela 10: Resumo dos Retornos de Escala por rodada - Modelo A.

Rodada	1º ano Pós-Concessão	3º ano Pós-Concessão	Período Recente-2024
0	RCr	RCr	RC
1	RC	RC	RC
2	RC	RCr	RCr
3	RC	RC	RC
4	RCr	RD	RC
5	RCr	RCr	RC
6	RC	RD	RD
7	RC	-	RC

Nota: RCr: Retorno Crescente de Escala; RC: Retorno Constante de Escala; RD: Retorno Decrescente de Escala.

A Rodada 5 mostrou um crescimento gradual da eficiência média, alinhado com a evolução de retornos crescentes para constantes, sinalizando amadurecimento operacional. A presença dos aeroportos do bloco Nordeste, Centro-Oeste e Sudeste (com aeroportos como SBRF, SBCY e SBVT) que desempenharam papéis de *hubs* regionais durante a decorrência da pandemia, são uns dos indicativos para que essa seja a única rodada que demonstrou ganhos médios de escala durante o início do COVID-19 no país.

A Rodada 6, mais recente, apresentou a menor média de eficiência e alta dispersão, com retornos decrescentes desde os primeiros anos, o que sugere desequilíbrios de escala associados à sobrecapacidade ou à baixa produtividade inicial. Por ser composta por blocos de aeroportos regionais ou de metropolitanos de capital regional, a sexta rodada sofre com fatores que variam desde o próprio tamanho do aeroporto, a presença de companhias aéreas de baixo custo ou até o tráfego de carga (comum à SBEG presente no bloco Norte, por exemplo), fatores estes que têm uma influência significativa na eficiência técnica e de escala dos aeroportos, como descreveram Carlucci, Ciro & Coccorese (2018) ao verificarem aeroportos regionais italianos.

Finalmente, a Rodada 7, apesar da recente concessão, demonstrou estabilidade na eficiência média, o que, aliado à predominância de retornos constantes, indica uma entrada relativamente ajustada à escala ótima desde o início da operação. Em síntese, ao analisarmos o comportamento da escala no período pós-concessão, **Erro! Fonte de referência não encontrada.**, observa-se um padrão de transição gradual em que os aeroportos inicialmente

operam com retornos crescentes, avançam para retornos constantes à medida que consolidam seus processos, e alguns eventualmente enfrentam retornos decrescentes caso o crescimento da capacidade ultrapasse a evolução da demanda. Esse ciclo evidencia a importância de considerar o tempo como variável crucial na avaliação do impacto das concessões sobre a eficiência operacional.

Dessa forma, os resultados obtidos permitem confirmar a Hipótese H1, segundo a qual a eficiência operacional bruta (Modelo A) tende a ser maior em aeroportos concedidos, especialmente aqueles pertencentes a rodadas mais recentes e com maior volume de movimentação. A análise empírica evidencia que as Rodadas 2 (2012) e 7 (2021) destacaram-se com médias de eficiência técnica superiores, sinalizando o efeito positivo da governança privada sobre o desempenho operacional. Esse desempenho reforça o argumento de que a autonomia administrativa, a capacidade de investimentos direcionados e o foco gerencial em resultados promovidos pelas concessões públicas são determinantes para ganhos de eficiência.

6.2. Modelo B: Dimensão Operacional do Setor Aéreo (Privada)

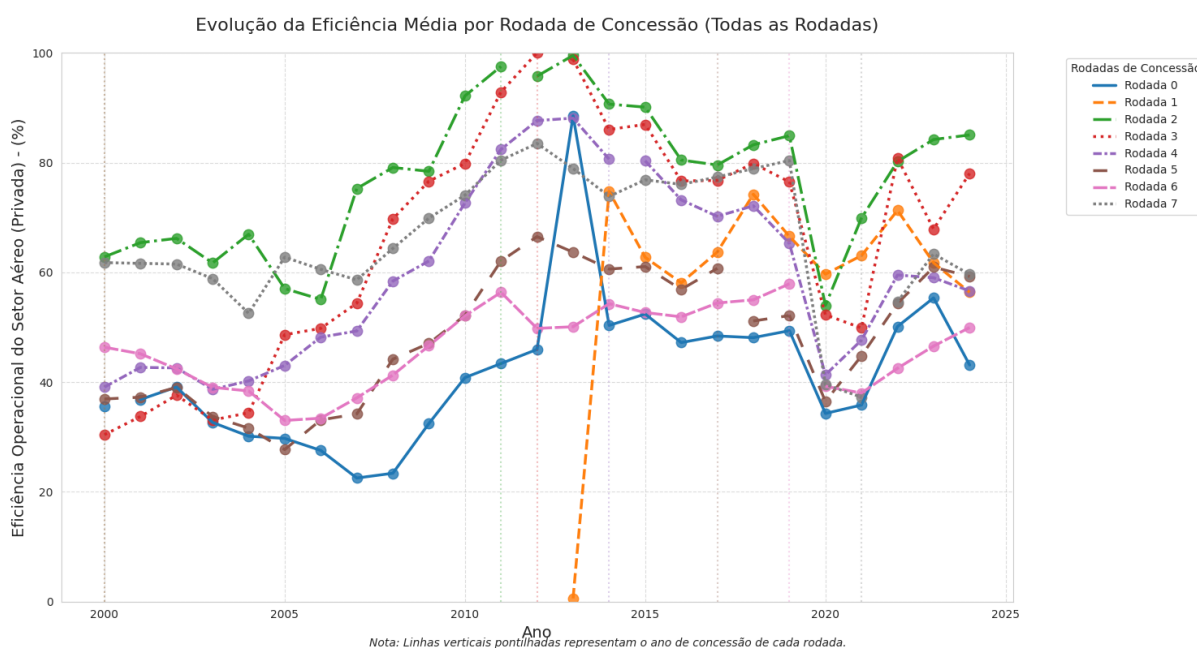
Dando continuidade à análise da eficiência aeroportuária sob diferentes perspectivas, esta seção apresenta os resultados do Modelo B, que busca mensurar a eficiência operacional do setor aéreo sob a ótica das companhias privadas, utilizando, como no Modelo A, a Análise Envoltória de Dados (DEA) com orientação a *output*.

Essa abordagem permite avaliar como a eficiência do aeroporto, sob uma ótica privada, é influenciada pela simbiose operacional com as companhias aéreas. Mais especificamente, investiga como as características dos aeroportos – como governança, atratividade e classe – condicionam a eficiência das operações das companhias aéreas que utilizam sua infraestrutura, refletindo-se na alocação de rotas, frequência de voos e utilização de aeronaves. Assim, o Modelo B busca captar como a infraestrutura aeroportuária contribui para maximizar os resultados operacionais do setor aéreo privado. A Figura 18 apresenta a distribuição dos resultados médios de eficiência técnica obtidos para o Modelo B em cada rodada de concessão.

O grupo da 2ª rodada apresentou os maiores níveis médios de eficiência, enquanto os aeroportos não concedidos (Rodada 0) mantiveram médias inferiores, reforçando os indícios de ganhos de desempenho associados ao modelo de gestão privada. Esses resultados seguem a mesma lógica metodológica empregada no Modelo A, permitindo a comparação entre as dimensões operacional bruta e privada.

De forma geral, a média de eficiência no Modelo B foi superior aos valores observados no Modelo A, o que não se deve apenas ao acréscimo de variáveis, mas sim à capacidade do Modelo B de capturar uma dimensão de desempenho distinta e relevante para o setor. Ao incorporar uma perspectiva mais ajustada à função de transporte aéreo social, considerando variáveis como o desempenho do mercado das companhias aéreas no aeroporto (e que refletem, por exemplo, a conectividade e a oferta de assentos), o modelo evidencia uma eficiência na geração de serviços aéreos que não é totalmente mensurada pela eficiência operacional bruta. Essa diferença pode ser decorrente da importância relativa desses fatores no processo produtivo e de como os aeroportos conseguem otimizar a relação com seus operadores privados para gerar esses *outputs*.

Figura 18: Evolução da Eficiência Média por Rodada de Concessão (Modelo B).



Em relação a governança, ao serem comparadas conforme distribuição cartesiana proposta por Wanke (2013), Figura 11, permite uma análise mais rica ao classificar os aeroportos em quatro categorias: *Benchmark*, *Managerial Concern*, *Social Concern* e *Underperformers*, Figura 19. Essa abordagem facilita a identificação de desequilíbrios entre o desempenho da infraestrutura aeroportuária e sua capacidade de atender à demanda e ao dinamismo do setor aéreo.

Figura 19: Distribuição dos aeroportos brasileiros por rodada de concessão nos quadrantes de eficiência dos Modelos DEA A e B (2000–2024).



Ao segmentar os aeroportos por rodada de concessão, observa-se uma mudança clara na distribuição dos aeroportos entre os quadrantes, indicando os efeitos da transição da governança pública (INFRAERO) para o modelo de concessão privada.

6.3. Modelo C: Dimensão Social Integrada

Nesta seção, são apresentados e discutidos os resultados obtidos por meio da aplicação do Modelo C, que avalia a eficiência operacional dos aeroportos brasileiros a partir de uma

abordagem Network DEA de dois estágios. Esse modelo busca mensurar, de forma integrada, a eficiência social, relacionada à geração de conectividade pelas companhias aéreas (Estágio 1), e a eficiência produtiva, associada à movimentação de passageiros e cargas de maneira confiável pelos aeroportos (Estágio 2). A integração entre esses dois estágios permite captar a simbiose entre os setores aéreo e aeroportuário, especialmente no contexto das concessões públicas.

Os resultados são organizados em três subseções principais. A primeira apresenta as eficiências técnicas estimadas pelos modelos com variação de escala (VRS) orientados a *output* para os estágios 1 e 2, bem como a eficiência global do sistema.

A segunda subseção apresenta o resultado das eficiências de escala e dos retornos de escala, possibilitando identificar se os aeroportos operam próximos à sua escala ótima. Já a terceira subseção examina a configuração dos *benchmarks* e a evolução temporal da eficiência dos aeroportos por meio do Índice de Malmquis. Em todas as análises, será adotada como critério adicional de avaliação a proposta de Wanke (2013), que organiza os aeroportos em um plano cartesiano de quatro quadrantes com base em suas eficiências nos dois estágios. Essa abordagem permite distinguir os aeroportos que apresentam alta sinergia entre os setores aéreo e aeroportuário daqueles cuja conectividade ou movimentação produtiva são limitantes.

6.3.1. Análise das Eficiências Técnicas obtidas pelo Network DEA em Dois Estágios

Nesta subseção, são analisados os escores de eficiência obtidos por meio do modelo Network DEA proposto, que considera a cadeia produtiva composta por companhias aéreas (Estágio 1 – Eficiência Social) e aeroportos (Estágio 2 – Eficiência Produtiva). A análise é realizada com base nos escores de eficiência individual por estágio, bem como na eficiência global do sistema, compreendida como o produto das eficiências dos dois estágios. Os resultados são apresentados de forma gráfica e tabular, considerando-se a evolução temporal entre os anos de 2000 e 2024, bem como os agrupamentos por rodada de concessão e tipo de governança (Infraero vs. concedido).

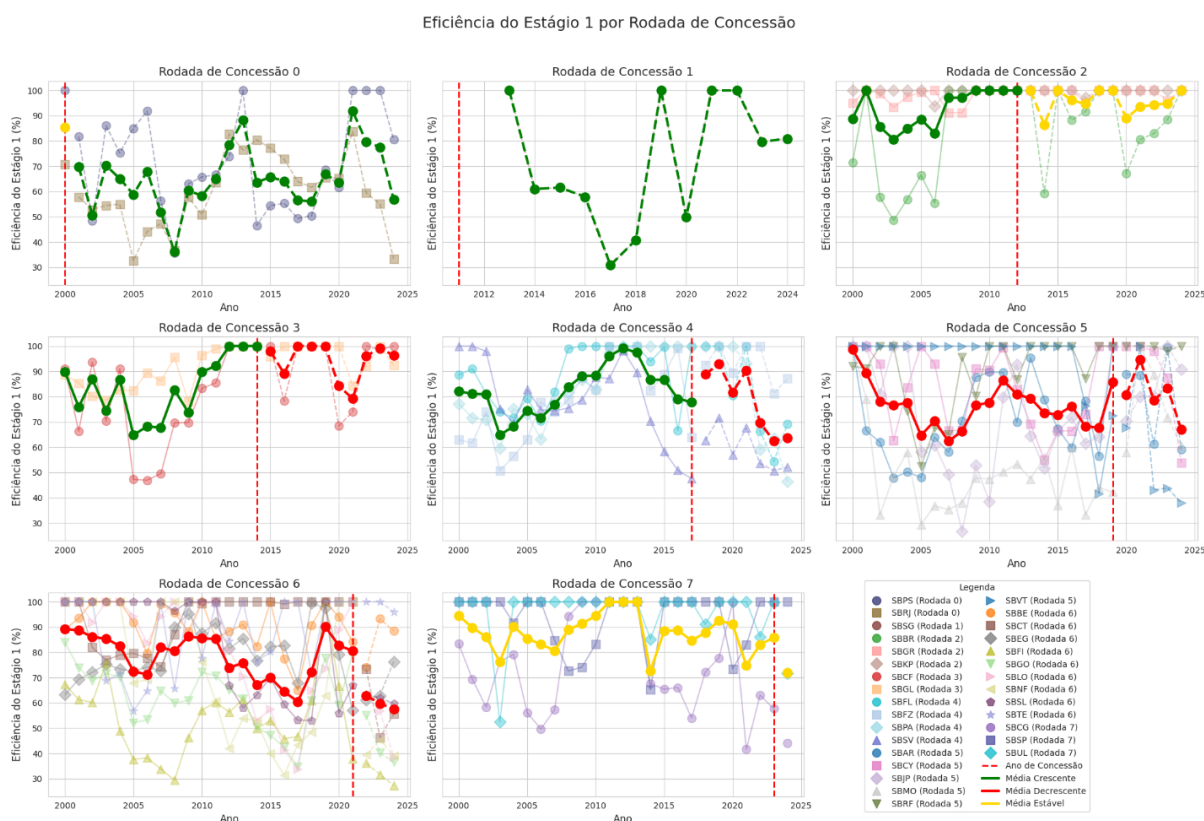
Dessa forma, a Tabela 11 e a Figura 20 apresentam o resumo das eficiências médias por aeroporto ao longo das cinco janelas temporais analisadas (α : cinco anos antes da concessão, β : um ano antes da concessão, γ : primeiro ano pós-concessão, δ : terceiro ano pós-concessão e η : ano de 2024), abrangendo a primeira dimensão do modelo Network DEA em dois estágios:

eficiência social (estágio 1).

Os resultados indicam que, os aeroportos da Rodada 0, ainda sob gestão da Infraero, como SBPS (Porto Seguro) e SBRJ (Santos Dumont), embora os escores de eficiência apresentem valores inferiores aos grandes *hubs* concedidos, eles revelam uma tendência média positiva de eficiência social ao longo do período analisado. Porém, apesar da variação significativa entre os anos, notadamente com a queda acentuada nas eficiências do aeroporto Santos Dumont (SBRJ) após 2019, o comportamento médio da governança pública indica um incremento contínuo na eficiência técnica pura das companhias aéreas que operam nesses terminais.

Essa constatação é reforçada pela linha de tendência média positiva (totalmente verde) observada na Figura 20, que reflete o comportamento agregado dos aeroportos não concedidos, ao contrário das flutuações de curto prazo percebidas em janelas específicas nas rodadas de concessão mais recentes.

Figura 20: Eficiência do Estágio 1 por rodada de concessão, análise por tendência da média por rodada e individual por aeroporto.



Em outras palavras, embora as eficiências variem em função de eventos conjunturais e limitações operacionais, o padrão geral de crescimento da eficiência social para a Rodada 0 sugere resiliência do modelo público na promoção da conectividade aérea, ainda que com menor intensidade e ritmo em comparação com os terminais privatizados.

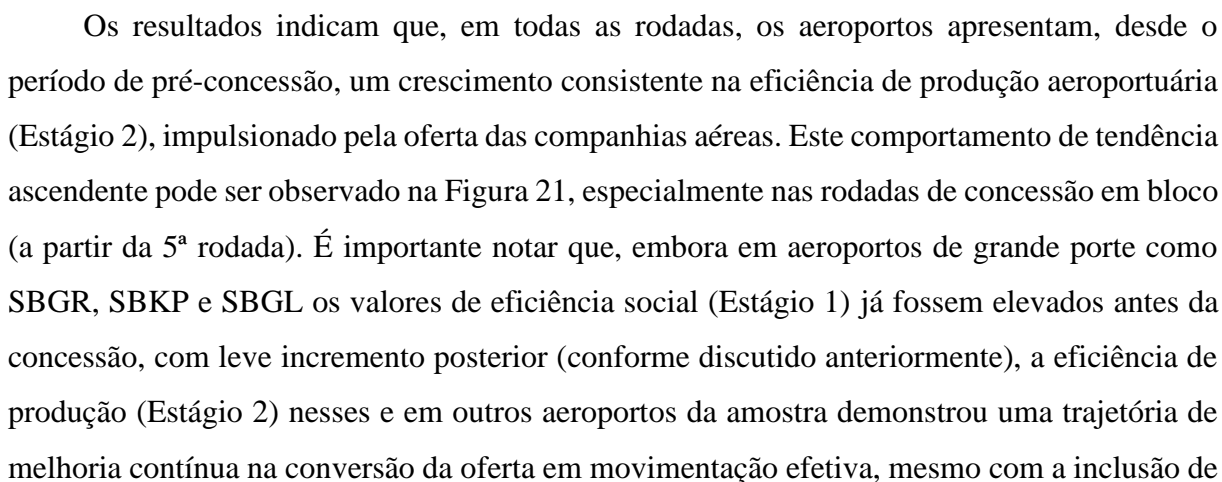
Tabela 11: Resumo dos resultados do Network DEA em dois estágios (Médias por aeroporto e por rodadas).

Aeroporto	Estágio 1- Eficiências					Estágio 2- Eficiências					Global- Eficiências					Concessão
	α	β	γ	δ	η	α	β	γ	δ	η	α	β	γ	δ	η	
SBSG	-	-	0,6097	0,6155	0,809	-	-	1,00	1,00	1,00	-	-	0,7335	0,7333	0,8729	1ª Rodada
SBBR	0,7973	1,00	1,00	1,00	1,00	0,8129	0,9285	1,00	1,00	1,00	0,8421	1,00	1,00	1,00	1,00	2ª Rodada
SBGR	0,9718	1,00	1,00	1,00	1,00	0,9359	1,00	1,00	1,00	1,00	0,9079	1,00	1,00	1,00	1,00	
SBKP	0,9948	1,00	1,00	1,00	1,00	0,9181	1,00	1,00	1,00	1,00	0,9773	1,00	1,00	1,00	1,00	
SBCF	0,7600	1,00	1,00	1,00	1,00	0,8289	1,00	1,00	1,00	0,8883	0,7603	1,00	1,00	1,00	1,00	3ª Rodada
SBGL	0,8871	1,00	0,9587	1,00	0,924	0,8249	1,00	0,9774	0,9930	0,9940	0,8365	1,00	0,9789	1,00	0,8229	
SBFL	0,8804	0,6653	1,0000	0,8048	0,692	0,8155	1,00	1,00	0,9302	1,00	0,8264	0,7886	1,00	0,8918	0,7966	4ª Rodada
SBFZ	0,7871	0,9917	0,9255	0,8939	0,871	0,8411	1,00	1,00	1,00	1,00	0,7869	0,9737	0,9106	0,8503	0,8901	
SBPA	0,8331	1,00	1,00	1,00	0,464	0,8437	1,00	1,00	1,00	1,00	0,8251	1,00	1,00	1,00	0,5937	
SBSV	0,8065	0,5085	0,6262	0,5701	0,520	0,8423	1,00	1,00	1,00	1,00	0,8025	0,6594	0,7218	0,7226	0,6584	
SBAR	0,7052	0,5656	0,8877	0,6119	0,592	0,8217	1,00	1,00	1,00	1,00	0,7673	0,7226	0,8194	0,7225	0,6833	5ª Rodada
SBCY	0,8206	1,00	1,00	0,9792	0,539	0,8355	1,00	1,00	1,00	1,00	0,8239	0,9856	1,00	0,9008	0,6663	
SBJP	0,6944	0,6410	0,7032	0,8033	0,908	0,9728	1,00	1,00	1,00	1,00	0,7625	0,6848	0,7886	0,8232	0,9119	
SBMO	0,4917	0,4401	0,5788	0,8874	0,605	0,8758	1,00	1,00	1,00	1,00	0,6237	0,6112	0,7332	0,9403	0,7495	
SBRF	0,8907	1,00	1,00	1,00	1,00	0,8386	1,00	1,00	1,00	1,00	0,8949	1,00	1,00	1,00	1,00	
SBVT	0,9569	0,4169	0,6783	0,4311	0,380	0,9704	1,00	0,9007	1,00	1,00	0,9650	0,5884	0,8083	0,6025	0,5511	
SBBE	0,9102	0,9408	0,7405	0,8851	0,885	0,8329	1,00	1,00	1,00	1,00	0,8169	0,9652	0,7891	0,8626	0,8626	6ª Rodada
SBCT	0,9309	1,00	0,7330	0,5557	0,556	0,8712	1,00	0,8667	0,9387	0,9387	0,9286	1,00	0,7719	0,6761	0,6761	
SBEG	0,8044	0,7926	0,6114	0,7636	0,764	0,9277	1,00	1,00	1,00	1,00	0,7561	0,7794	0,6573	0,7839	0,7839	
SBFI	0,5510	0,6666	0,3612	0,2729	0,273	0,9376	1,00	1,00	1,00	1,00	0,6650	0,7999	0,5307	0,4287	0,4287	
SBGO	0,6198	0,5903	0,5514	0,3656	0,366	0,7484	1,00	0,9761	1,00	1,00	0,6879	0,7424	0,6830	0,5355	0,5355	
SBLO	0,8167	0,8889	0,6248	0,3857	0,386	0,8289	1,00	0,7975	1,00	1,00	0,8373	0,9412	0,7691	0,5334	0,5334	
SBNF	0,7376	1,00	0,3950	0,3911	0,391	0,9912	1,00	1,00	1,00	1,00	0,8152	1,00	0,5663	0,5623	0,5623	
SBSL	0,8457	0,5598	0,6342	0,5982	0,598	0,9900	1,00	1,00	1,00	1,00	0,8859	0,7178	0,7762	0,6832	0,6832	
SBTE	0,8650	1,00	1,00	0,9598	0,960	0,9100	1,00	1,00	0,9785	0,9785	0,8422	1,00	0,9974	0,9622	0,9622	
SBCG	0,7527	0,6307	0,4416	-	0,442	0,8258	1,00	1,00	-	1,00	0,7766	0,7735	0,6127	-	0,6127	7ª Rodada

SBSP	0,9252	1,00	1,00	-	1,00	0,9965	1,00	1,00	-	1,00	0,9543	1,00	1,00	-	1,00	Rodada 0
SBUL	0,9630	0,8620	0,7178	-	0,718	0,9613	0,8414	1,00	-	1,00	0,9752	0,9051	0,7550	-	0,7550	
SBPS	-	-	0,8170	0,8603	0,805	-	-	0,8703	1,00	1,00	-	-	0,8661	0,7459	0,8271	
SBRJ	-	-	0,5782	0,5445	0,333	-	-	0,9278	0,8645	1,00	-	-	0,7327	0,6374	0,4996	

α =Antes concessão; β =1 ano antes de conceder; γ =1º ano após a concessão; δ =3º ano após a concessão; η = em 2024

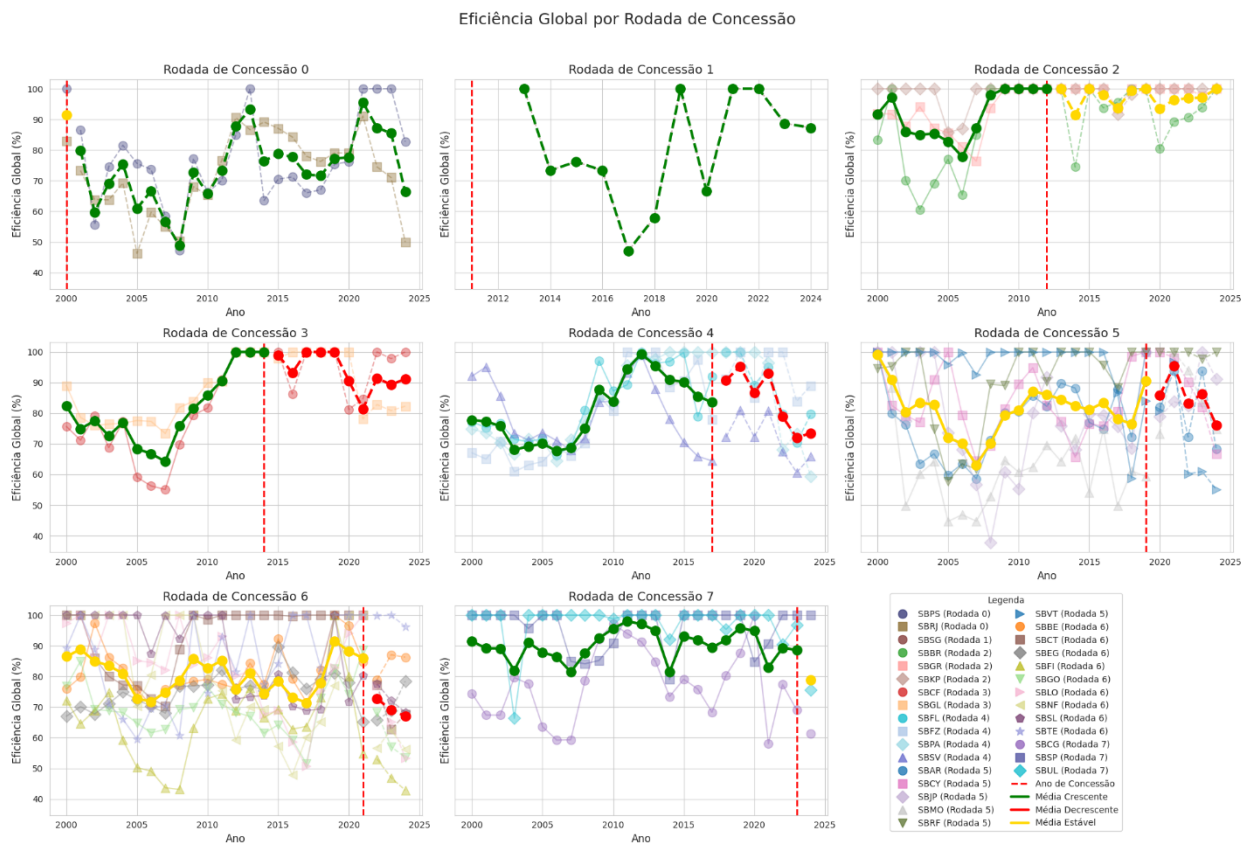
Eficiência do Estágio 2 por Rodada de Concessão



penalidades por eventos indesejados.

Em uma outra abordagem, a Figura 22 ilustra os escores médios de eficiência global (θ^*), que refletem a capacidade integrada dos aeroportos em converter inputs físicos e operacionais em produtos aeroportuários finais, passando pelos dois estágios interdependentes: (1) geração de conectividade pelas companhias aéreas (θ_1) e (2) conversão dessa conectividade em produtos aeroportuários com qualidade (θ_2). Os resultados oferecem uma visão holística da eficiência sistêmica dos aeroportos e evidenciam as tensões entre performance social e produtiva sob diferentes modelos de governança:

Figura 22: Eficiência Global por rodada de concessão, análise por tendência da média por rodada e individual por aeroporto.

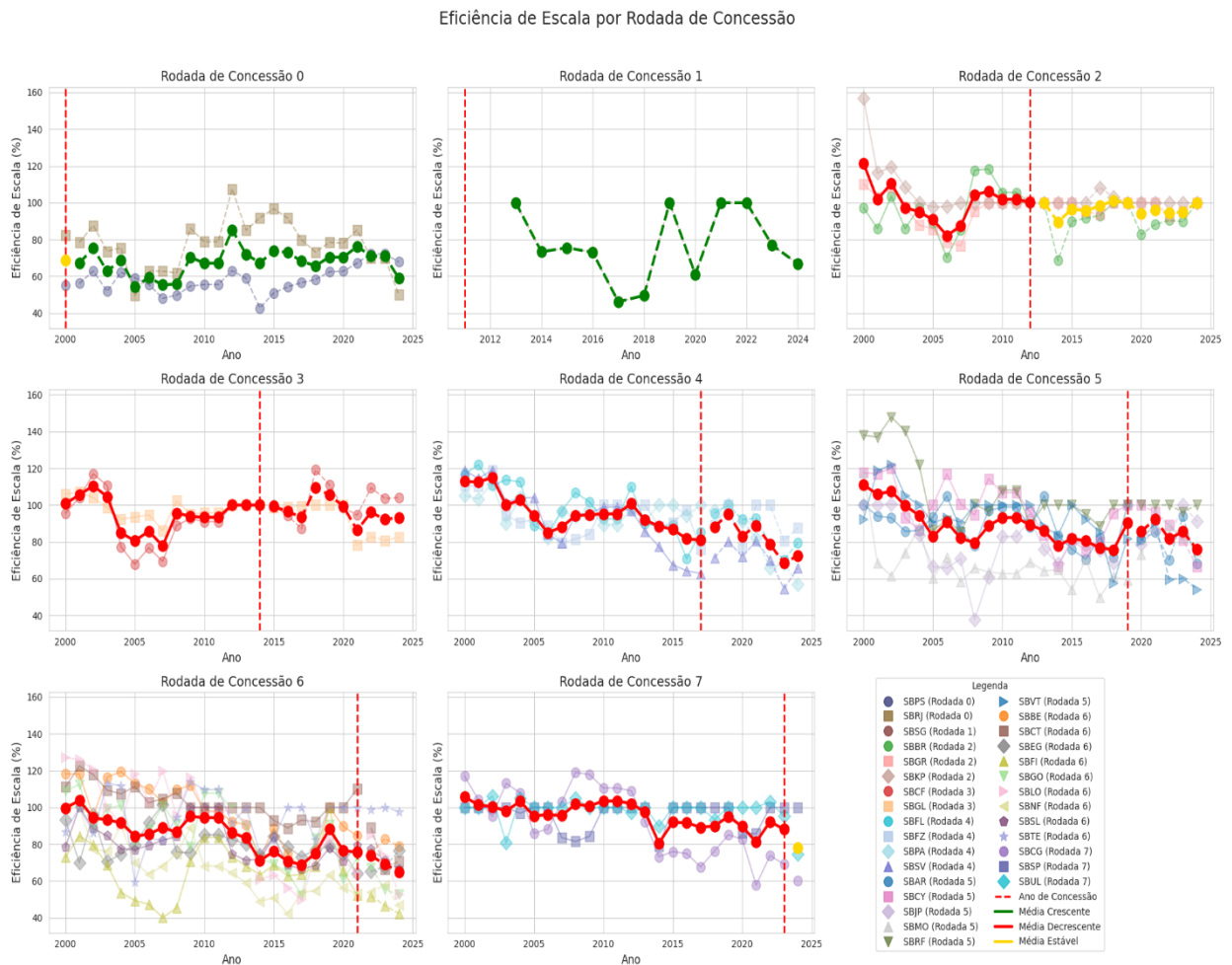


6.3.2. Análise das Eficiências de Escala obtidas pelo Network DEA em Dois Estágios

A eficiência de escala é uma métrica crucial do Modelo DEA C, pois reflete o quão próximos os aeroportos operam de sua escala ótima. Dessa forma a Figura 23 apresenta a Eficiência de Escala por Rodada de Concessão (2000–2024) para os 30 maiores aeroportos brasileiros, com linhas de tendência destacando padrões médios por rodada antes e depois da

concessão (linhas verde, amarela e vermelha tracejadas).

Figura 23: Eficiência de Escala por rodada de concessão, análise por tendência da média por rodada e individual por aeroporto.



6.3.3. Análise das Benchmark e Índice Malmquist obtidas pelo Network DEA em Dois Estágios

Esta subseção examina a configuração dos *benchmarks* e a evolução temporal da eficiência aeroportuária por meio do Índice de Malmquist, calculado a partir do modelo Network DEA em dois estágios. O método permite hierarquizar os terminais conforme seu desempenho relativo e identificar se os modelos de concessão adotados impulsionaram ganhos de eficiência ao longo do tempo – e, em caso positivo, quais se destacaram nesse processo. Aqui, o termo benchmark segue a definição de Banker, Charnes & Cooper (1984), referindo-se às DMUs eficientes que servem como referência operacional para as unidades ineficientes, estabelecendo parâmetros de melhor prática para comparação e melhoria contínua.

A Figura 24 apresenta a evolução temporal da média dos aeroportos e seus respectivos benchmarks por rodada de concessão (e por classe), juntamente com a governança predominante (porcentagem de aeroportos concedidos ou INFRAERO). Ela está organizada em painéis por rodada de concessão (0 a 7) e oferece importantes respostas sobre estrutura competitiva, dinâmica dos benchmarks e efeitos das concessões, os quais se relacionam diretamente com discussões presentes na literatura.

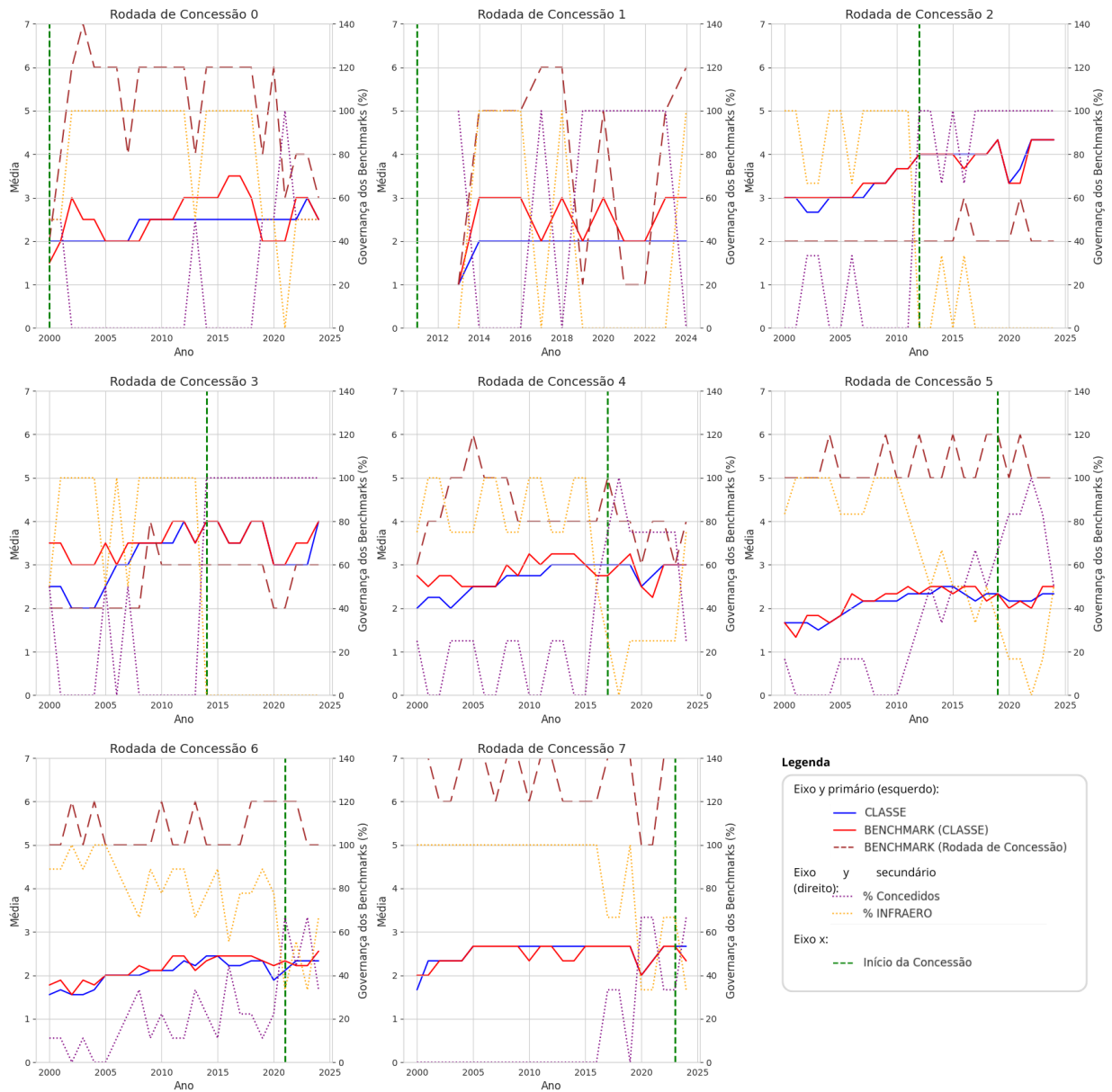
Para uma compreensão clara da Figura 24, é fundamental interpretar as legendas do canto inferior direito: as linhas contínuas azuis e vermelhas representam, respectivamente, a média de classe que pertencem os aeroportos de cada rodada de concessão e a média da classe dos seus respectivos *benchmarks* identificados pelo modelo. Já as linhas pontilhadas roxas e amarelas indicam a proporção de aeroportos concedidos ou sob gestão da INFRAERO (pública) que atuam como *benchmarks* em cada ano. Essa diferenciação permite visualizar não apenas a variação da eficiência média, mas também como a influência das diferentes formas de governança se manifesta na definição das melhores práticas ao longo do período analisado.

Dessa forma, é possível verificar que, ao longo do tempo, a composição dos *benchmarks* deixa de ser dominada por aeroportos cuja governança é pública (linhas pontilhadas amarelas) e passa a ser liderada por aeroportos concedidos (linhas pontilhadas roxas), especialmente nas rodadas de concessão em bloco (5ª a 7ª rodadas).

Ademais, ainda é possível observar na Figura 24 que a média dos *benchmarks* concedidos (linhas pontilhadas roxas) tende a crescer após o início da concessão dos próprios aeroportos, especialmente nas rodadas 3, 5 e 6, sinalizando que os aeroportos dessa rodada passam a ter uma referência em aeroportos sob a mesma governança.

Por outro lado, a análise dos índices de Malmquist (1953) introduzem o critério de sucesso observado em cada tipo de contrato. Correspondente a variação positiva do desempenho das eficiências combinadas, o Índice Malmquist (MI) adotado utilizou do índice de produtividade adjacente permitindo a comparação bianual do desempenho dos aeroportos capturando mudanças tecnológicas e de eficiência ano a ano. Além disso o MI seguiu a decomposição clássica de Färe *et al.* (1997), ao assumir que o produto da mudança de eficiência técnica (EC) e a variação de tecnologia (TC) (ou seja, a mudança da fronteira de eficiência), são fatores que definem a mudança observada na eficiência técnica de cada Estágio.

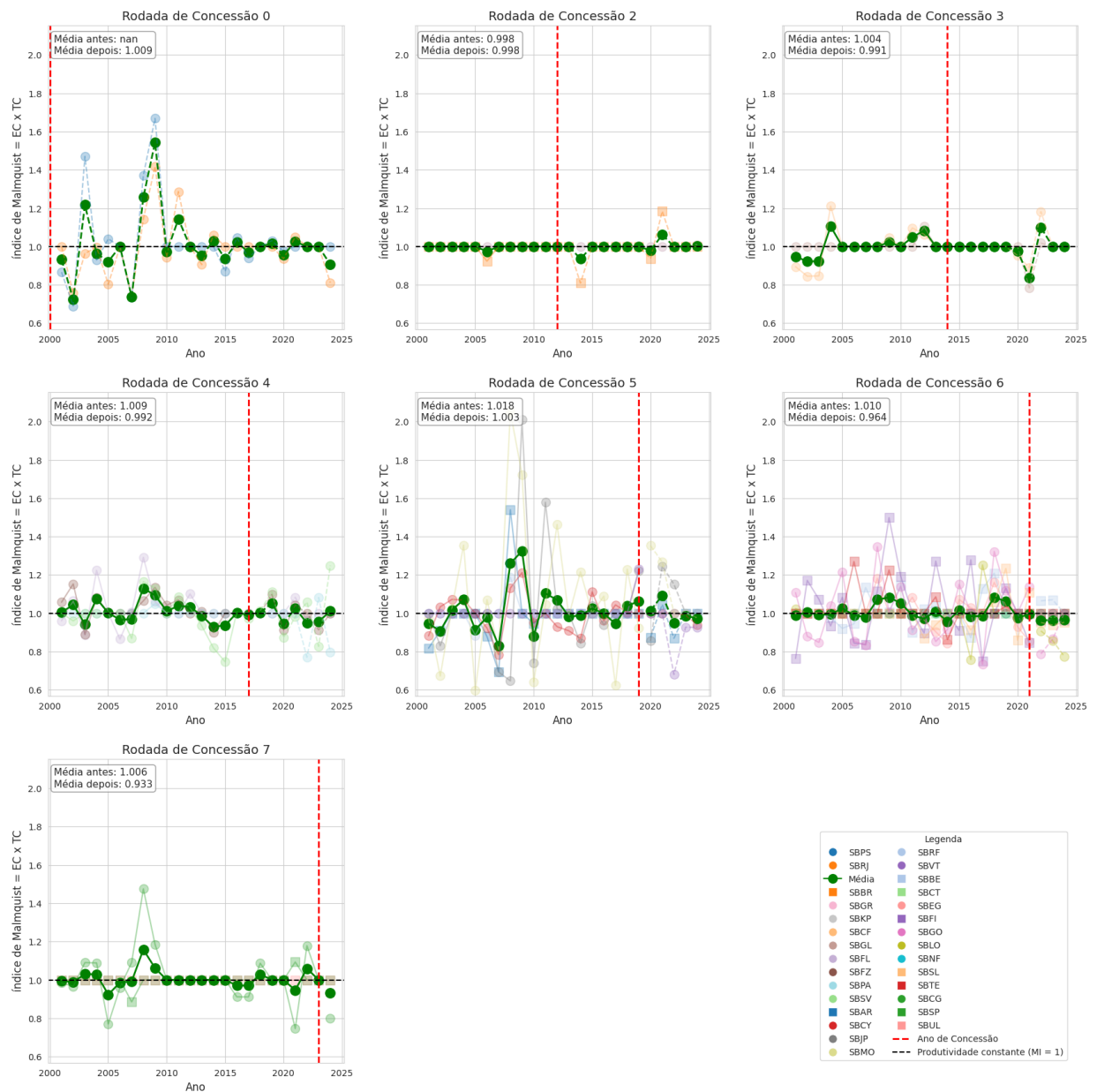
Figura 24: Análise temporal da influência do *benchmark* dos aeroportos e da composição de sua governança.



Dessa forma, a Figura 25 apresenta a evolução do MI dos aeroportos brasileiros, agrupados por rodada de concessão, com destaque para a média antes e após o início das concessões (linha tracejada).

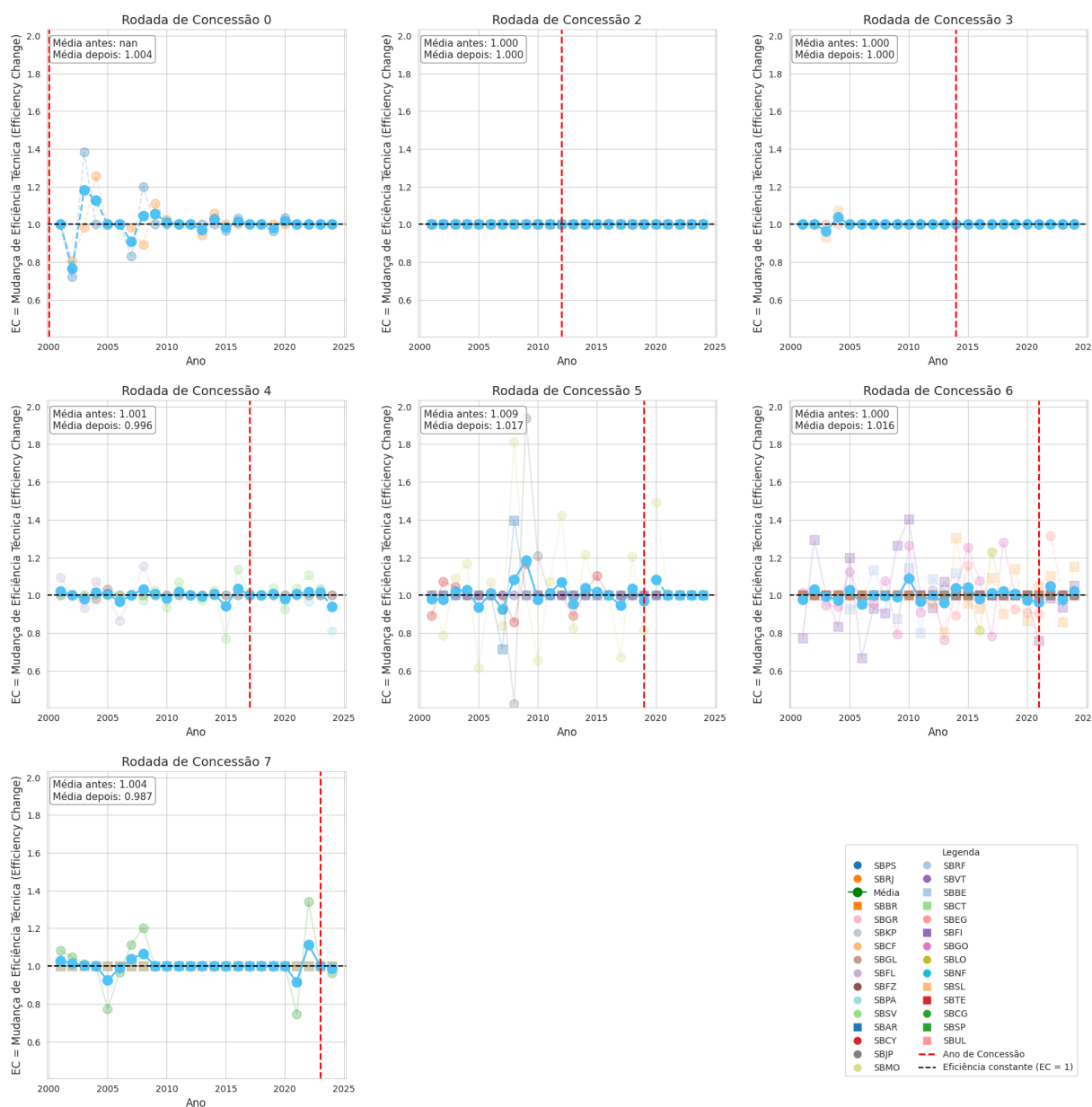
Os resultados indicam que os efeitos da concessão sobre a produtividade dos aeroportos brasileiros ocorreram de forma heterogênea entre as rodadas, refletindo diferenças na capacidade de aprendizado organizacional e na efetividade dos modelos de governança adotados.

Figura 25: Variação Temporal do Índice de Malmquist (MI) nos Aeroportos Brasileiros por Rodada de Concessão: Antes e Depois da Transferência de Governança.



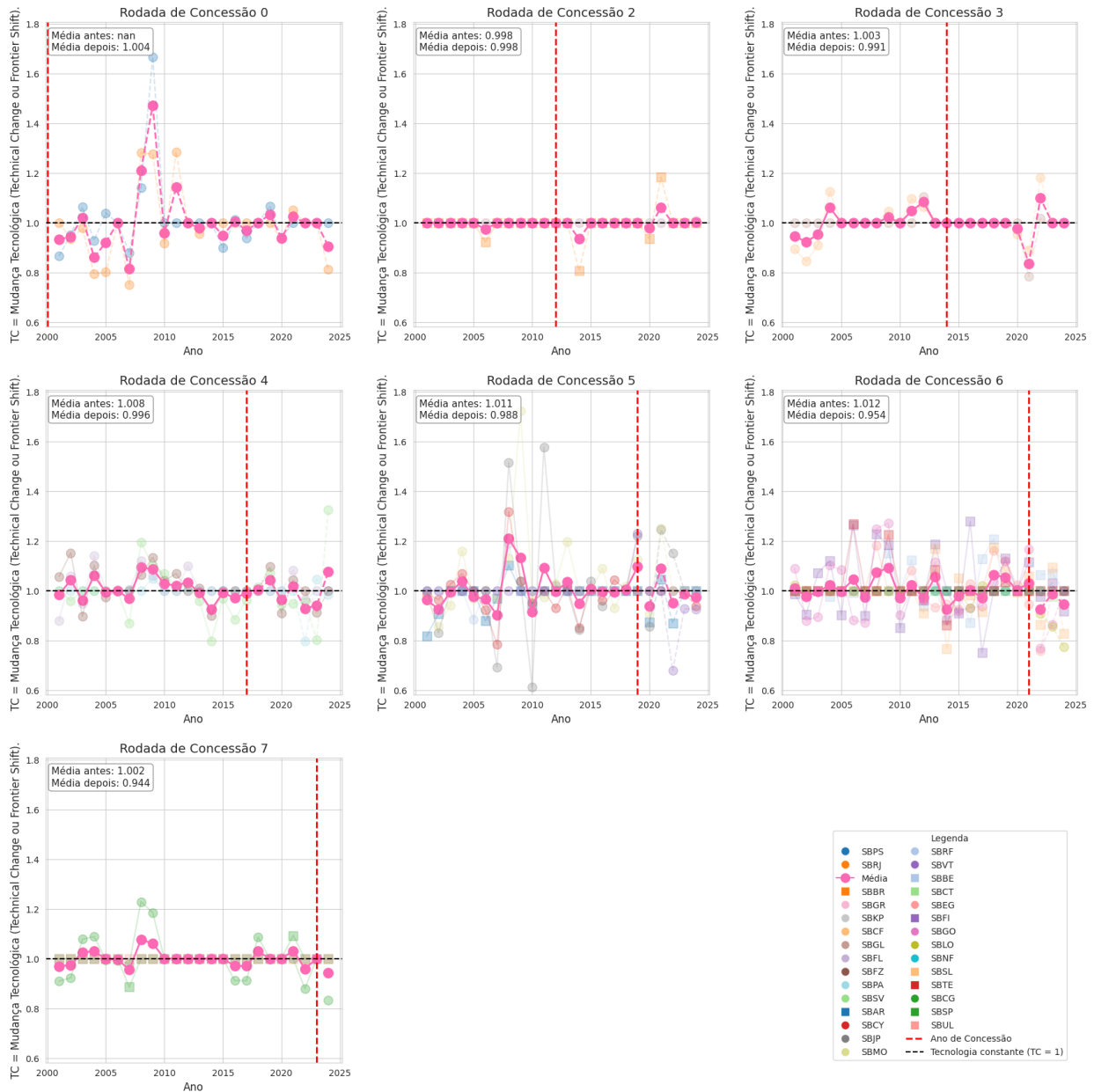
Ao ser analisado a mudança de eficiência técnica (EC) para os aeroportos de uma determinada rodada de concessão, Figura 26, é apresentada uma variação do componente do isolado do MI ao longo do tempo.

Figura 26: Variação Temporal da Mudança de Eficiência Técnica (EC) nos Aeroportos Brasileiros por Rodada de Concessão: Antes e Depois da Transferência de Governança.



Já a análise das mudanças tecnológicas (TC), Figura 27, sugere que, apesar das melhorias esperadas com a concessão, a maior parte das rodadas apresentou regressão na fronteira tecnológica no período subsequente à privatização. Esse resultado alerta para a ausência de estímulos à inovação, mesmo com melhorias na governança, limitando os ganhos de eficiência dinâmica. Aparentemente, a ênfase inicial das concessionárias em investimentos estruturais e comerciais não se traduziu em adoção contínua de inovações tecnológicas operacionais, o que levou à estagnação ou retrocesso da fronteira produtiva de alguns aeroportos.

Figura 27: Variação Temporal das Mudanças Tecnológicas (TC) nos Aeroportos Brasileiros por Rodada de Concessão: Antes e Depois da Transferência de Governança.



6.4. Modelo D: Dimensão Socioambiental

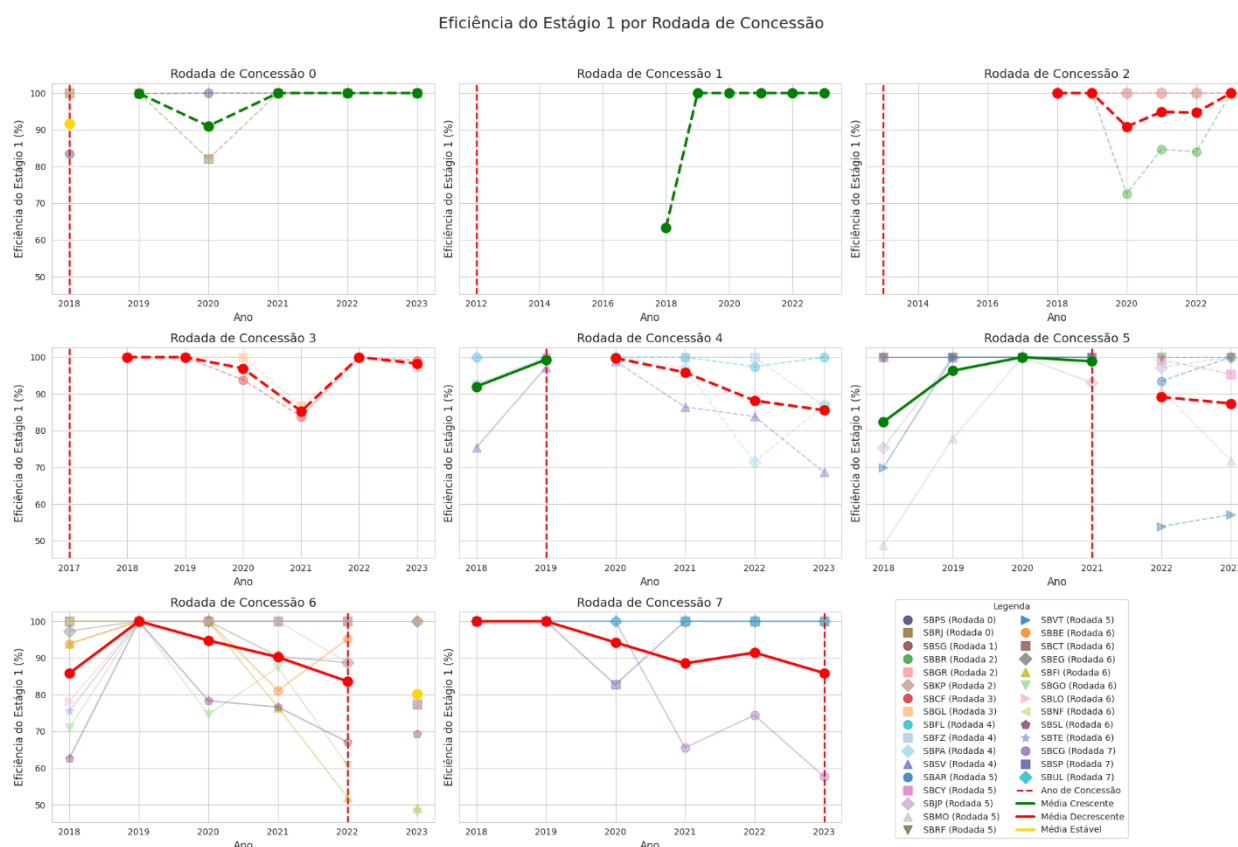
Nesta seção, analisa-se o comportamento da eficiência do Estágio 2 no Modelo D, o qual incorpora uma dimensão socioambiental inédita ao modelo Network DEA de dois estágios. A eficiência dos aeroportos é avaliada pela capacidade de transformar o input intermediário (ASK) em produtos operacionais desejados — *Working Load Unit* (WLU) e número de decolagens — confrontando-os com *outputs* indesejados, que incluem não apenas indicadores de qualidade (atrasos e cancelamentos), mas também um indicador de impacto ambiental construído via Análise de Componentes Principais (PCA) a partir das emissões de CO, COV,

MP, NO_x e SO₂.

Esse componente sintetiza a pegada ambiental dos terminais, penalizando estruturas produtivas com maior emissão relativa. Com base nos dados de 2018 a 2023, os resultados oferecem evidências empíricas sobre a ecoeficiência dos 30 principais aeroportos brasileiros, permitindo comparações rigorosas entre modelos de governança, rodadas de concessão e classes aeroportuárias.

A Figura 28 mostra a evolução da eficiência do Estágio 1 (companhias aéreas → produção de ASK) ao longo do tempo, por rodada de concessão.

Figura 28: Eficiência do Estágio 1 por rodada de concessão, análise por tendência da média por rodada e individual por aeroporto para o recorte temporal 2018-2023.

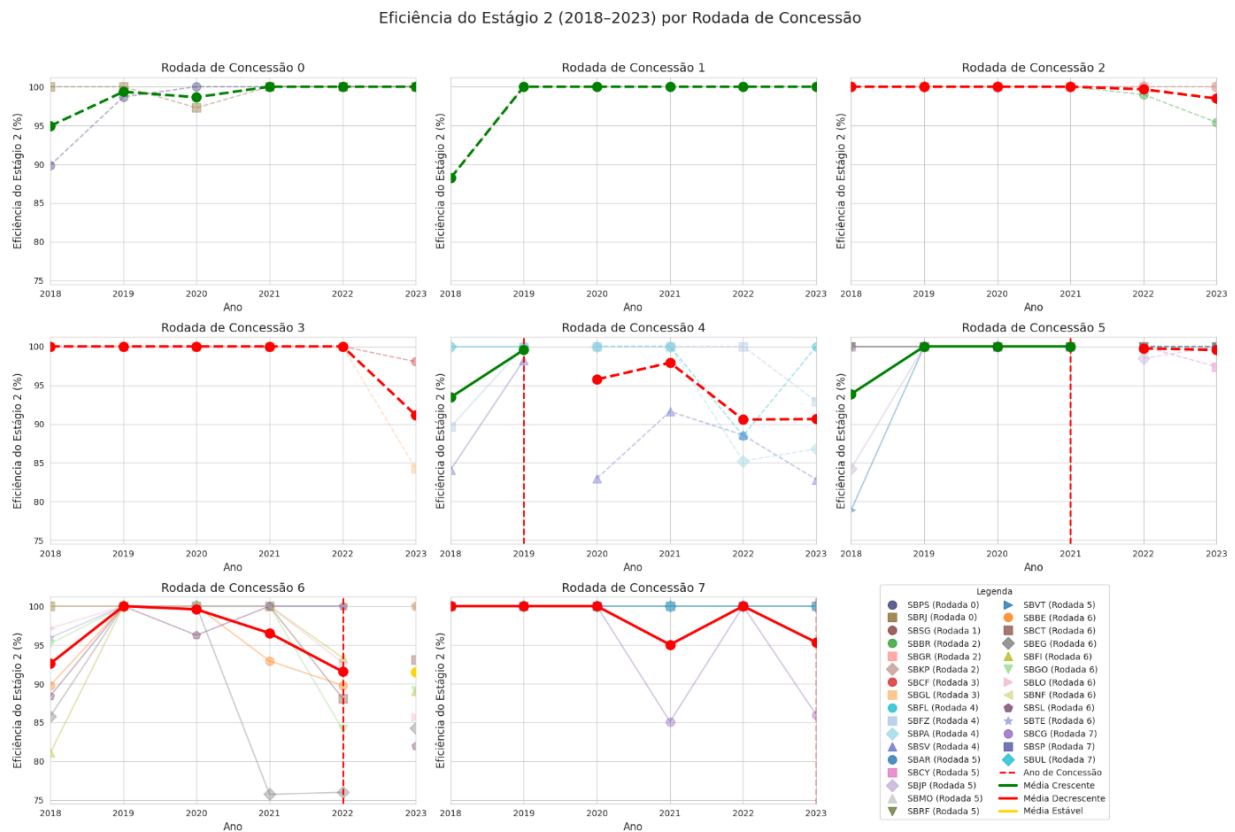


Os resultados do recorte temporal reduzido do Modelo D demonstra que, em comparação ao Modelo C (Figura 20) a manutenção das faixas de eficiência mais altas para as primeiras rodadas de concessão, demonstrando um padrão possível pela maturidade da governança e a consolidação do modelo de negócios das concessionárias nestes aeroportos. No entanto, apresentam queda na tendência média de eficiência operacional, em especial a 2ª Rodada.

A Figura 29 apresenta a evolução da eficiência do Estágio 2 entre os anos de 2018 e 2023,

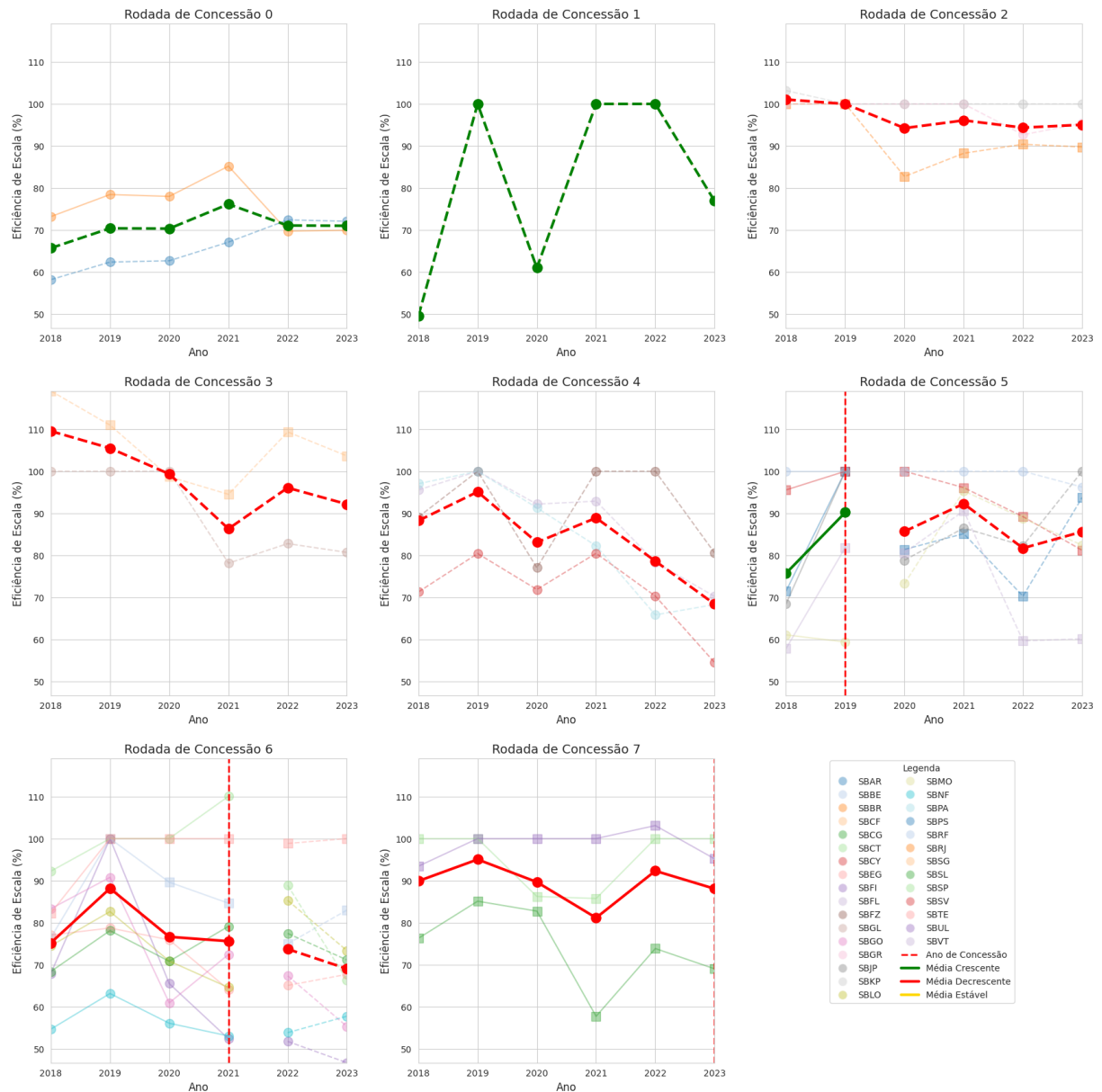
agrupada por rodadas de concessão. A análise revela padrões distintos entre os grupos, que refletem não apenas o nível de maturidade da concessão, mas também aspectos ligados à infraestrutura aeroportuária, à renovação de frota e ao grau de adoção de tecnologias ambientalmente sustentáveis.

Figura 29: Eficiência do Estágio 2 por rodada de concessão, análise por tendência da média por rodada e individual por aeroporto para o recorte temporal 2018-2023.



A Figura 30 ilustra a evolução da eficiência de escala no Estágio 2 do Modelo D. Essa métrica capta a capacidade dos aeroportos operarem próximos à sua escala ótima de produção, refletindo não apenas sua eficiência técnica, mas também a adequação entre porte, infraestrutura disponível e nível de demanda observada.

Figura 30: Eficiência de Escala por rodada de concessão, análise por tendência da média por rodada e individual por aeroporto para o recorte temporal 2018-2023.



A análise revela três padrões distintos de comportamento, primeiro as eficiências estáveis, geralmente associadas a aeroportos consolidados ou cuja demanda evolui de forma previsível; segundo, as trajetórias crescentes, sinalizando adaptação positiva ao novo regime de gestão e expansão de capacidade em linha com a demanda; e por fim, declínios acentuados ou oscilantes, indicando desalinhamento estrutural, problemas de planejamento de capacidade ou choques exógenos que afetaram a escala produtiva ideal.

7. DISCUSSÕES

Após a exposição técnica e quantitativa dos escores de eficiência apresentada no capítulo anterior, esta seção dedica-se à interpretação crítica e qualitativa dos achados. O objetivo é buscar compreender os fatores determinantes que explicam as variações de desempenho entre os diferentes modelos de governança e rodadas de concessão.

Para tanto, os resultados são confrontados com o referencial teórico e com as particularidades do cenário regulatório brasileiro, permitindo uma análise aprofundada sobre com as variáveis operacionais, sociais, ambientais e contratuais se articulam na produção da eficiência aeroportuária. As discussões a seguir estão estruturadas de forma temática, correlacionando as evidências empíricas dos modelos propostos com os fenômenos observados no setor.

7.1. Fatores determinantes e Eficiência de Escala no Desempenho Operacional

(Modelo A)

Os resultados do Modelo A indicam diferenças significativas na eficiência técnica entre os aeroportos agrupados segundo as rodadas de concessão. As maiores médias foram observadas nas concessões da 2ª rodada (2012) e da 7ª rodada (2021), o que aponta para eventuais melhorias de desempenho decorrentes da gestão privada. Por outro lado, os aeroportos pertencentes à 1ª rodada (2004) apresentaram a menor média de eficiência técnica, além de reduzida variabilidade nos resultados, conforme apresentado na Figura 16.

Esse comportamento das eficiências corrobora com as análises de Curi *et al.* (2011), que a dimensão do aeroporto permitia vantagens de eficiência financeira para o caso de *hubs* (como SBGR, presente na segunda rodada). Na questão operacional, Ha *et al.* (2013) ainda adicionam que grandes aeroportos *hubs* costumam ser mais eficientes do que pequenos aeroportos não-*hub*. Além disso, a pesquisa revelou que tanto o PIB *per capita* quanto a população estão positivamente correlacionados com as respostas de eficiência.

Logo, para as rodadas compostas pelos principais aeroportos do Brasil, questões econômicas e geográficas são determinantes na resposta da eficiência operacional bruta. Aeroportos presentes nas maiores regiões metropolitanas e com maiores concentrações econômicas, como São Paulo (SBGR, SBKP e SBSP) e o Distrito Federal (SBBR), auxiliem no desenvolvimento de uma correlação entre tamanho (muitas vezes associado a aeroportos em grandes centros econômicos) e eficiência na gestão privada, como afirmado por Pacagnella

Júnior *et al.* (2020).

Ademais, a aplicação dos testes de Mann-Whitney e Tukey HSD reforçam que os aeroportos das Rodadas 2 e 7 são significativamente mais eficientes do que os das rodadas anteriores ou não concedidos, o que pode refletir não apenas efeitos de governança, mas também o perfil de infraestrutura e demanda dos aeroportos transferidos nesses ciclos.

Por outro lado, o comportamento médio da eficiência não reflete a realidade da gestão de todos os aeroportos da segunda rodada de concessões. Apesar dos fatores socioeconômicos favorecerem a eficiência em alguns casos, situações como a do aeroporto de Viracopos (SBKP) ilustram os riscos associados a concessões mal estruturadas no desempenho operacional. Segundo Mello, da Silva e Falcão (2025), fatores como a falta de flexibilidade contratual diante de cenários adversos, a sobrecarga financeira resultante de propostas excessivamente agressivas em licitações e a ausência de mecanismos para compartilhamento de riscos macroeconômicos — como as variações cambiais — foram determinantes para a renegociação do contrato do aeroporto. Esse episódio foi decisivo para que a ANAC revisasse os modelos regulatórios e os contratos adotados nas rodadas subsequentes.

O contrato de concessão do Aeroporto de São Gonçalo do Amarante (SBSG), 1ª rodada, por exemplo, não havia passado pela revisão regulatória da ANAC que incorporou aprendizados institucionais sobre flexibilização contratual provenientes de SBKP. Por isso, mesmo antes do início efetivo de sua operação — ainda em fase de construção — já se antevia um desempenho operacional insatisfatório. Esse comportamento é derivado do modelo de concessão aplicado em SBSG que, conforme analisado por Tan & Yang (2012), devido a rigidez contratual em modelos do tipo BOT (*Build-Operate-Transfer*), especialmente diante de cenários de incerteza quanto à demanda, pode-se gerar ineficiências relevantes.

Esse foi exatamente o caso de SBSG, cujo contrato original não previa mecanismos adaptativos suficientes, resultando em uma trajetória operacional aquém do esperado, culminando na devolução do ativo ao poder público e sua relicitação em 2023 (ANAC, 2023).

Por outro lado, a avaliação da eficiência de escala ao longo do período analisado, estratificada pelas rodadas de concessão (Figura 17), evidencia comportamentos diferenciados relacionados às condições contratuais, ao estágio de maturação operacional e à capacidade de adaptação à evolução da demanda. No caso da Rodada 0, ainda sob administração pública, observam-se níveis médios elevados de eficiência de escala até a metade da década de 2000, seguidos por um movimento de declínio, consistente com a presença inicial de retornos

crescentes de escala e sua posterior convergência para retornos constantes.

Esse comportamento da escala no grupo dos aeroportos não concedidos corrobora com a hipótese levantada por Fernandes & Pacheco (2018), ao verificarem perdas de eficiência dos aeroportos ainda geridos pela INFRAERO após as concessões de outros aeroportos antes membros de sua rede de operação. Essa perda de escala é um demonstrativo do ganho que a conectividade proporcionada pela operação de um conjunto de aeroportos por uma mesma entidade agrega a operação, como o modelo argentino de concessão já esperava na sua formulação e a consequente adoção da concessão em blocos no Brasil.

Além disso, aeroportos de maior classe de movimentação e localizados em regiões economicamente dinâmicas (como Guarulhos (SBGR), Brasília (SBBR) e Campinas (SBKP)), apresentaram eficiências técnicas superiores à média nacional. Logo, os resultados do modelo A indicam que a governança privada parece potencializar essas vantagens estruturais, sobretudo nas rodadas iniciais, cujos aeroportos receberam investimentos expressivos logo após a concessão, como nos casos da Rodada 2 (2012) e Rodada 3 (2013).

Por fim, a análise da eficiência de escala média também reforça a superioridade dos aeroportos concedidos em rodadas mais avançadas. Esses resultados sugerem que a combinação entre escala de operação, modelo de concessão e maturidade contratual podem influenciar significativamente o desempenho dos aeroportos, corroborando a premissa de que a eficiência operacional está associada não apenas à forma de gestão, mas também ao perfil da infraestrutura e da demanda atendida.

7.2. Sinergia entre Operadores Aeroportuários e Companhias Aéreas: Desempenho Operacional e de Escala no Setor Aéreo (Modelo B)

Enquanto o Modelo A concentrou-se na estrutura física e administrativa dos aeroportos, o Modelo B investiga o papel das companhias aéreas na composição da eficiência, considerando a simbiose operacional entre aeroportos e operadores aéreos como descritos por Zhang & Czerny (2012), Ha et al. (2013) e Weekx & Buyle (2023).

De maneira geral, os níveis médios de eficiência estimados no Modelo B superaram aqueles obtidos no Modelo A, diferença que não decorre simplesmente da ampliação do conjunto de variáveis, mas da aptidão do Modelo B em captar uma dimensão de desempenho complementar e particularmente relevante para o setor aeroportuário.

Ao adotar uma abordagem mais alinhada à função social do transporte aéreo, incorporando indicadores relacionados ao desempenho do mercado das companhias aéreas no aeroporto, como conectividade e oferta de assentos, o modelo revela uma eficiência associada à provisão de serviços aéreos que não é plenamente refletida pelas métricas de eficiência operacional estrita. Tal discrepância pode ser explicada pelo peso relativo desses fatores no processo produtivo e pela capacidade dos aeroportos de estruturar e otimizar suas interações com os operadores privados na geração desses outputs.

Essa discrepância sugere que, ao ampliar o foco para além da operação pura e incluir variáveis que refletem diretamente a oferta e conectividade do transporte aéreo (como rotas, ASK e número de companhias aéreas), os aeroportos demonstram uma maior capacidade de transformar sua infraestrutura e recursos em resultados mais abrangentes e tangíveis para o sistema de transporte. Em outras palavras, o Modelo B, ao considerar a interação sinérgica com o mercado aéreo, revela que os aeroportos conseguem gerar um desempenho superior quando avaliados pela sua capacidade de conectar pessoas e cargas.

Essa diferença é particularmente notável nas Rodadas 1 e 0, Figura 18. Por exemplo, na Rodada 1, a eficiência técnica média no Modelo A foi de apenas 0,21, enquanto no Modelo B alcançou 0,59, com eficiência de escala perfeita (1,00). Isso indica que, embora esses aeroportos estejam operando em escala ideal, seu desempenho bruto ainda enfrenta desafios — e que sua função de transporte vem sendo desempenhada com maior eficácia relativa.

Além disso, a Rodada 0, que representa aeroportos ainda sob gestão estatal (INFRAERO), apresentou os piores indicadores médios de eficiência técnica em ambos os modelos (0,36 no Modelo A e 0,42 no Modelo B), revelando um padrão persistente de baixo desempenho operacional e funcional, como o observado por Fernandes & Pacheco (2018), apesar de um retorno de escala constante (Tabela 13**Erro! Fonte de referência não encontrada.**). Esse achado reforça a hipótese de que o modelo de gestão pública enfrenta limitações estruturais em alcançar níveis satisfatórios de eficiência, tanto do ponto de vista operacional quanto da entrega de resultados ao transporte aéreo (Keskin & Köksal, 2019).

Tabela 12: Resumo dos Retornos de Escala por rodada - Modelo B.

Rodada	1º ano Pós-Concessão	3º ano Pós-Concessão	Período Recente-2024
0	RC	RC	RC
1	RD	RD	RD

2	RC	RCr	RC
3	RC	RC	RC
4	RCr	RD	RC
5	RC	RCr	RD
6	RD	RD	RC
7	RC	-	RD

Nota: RCr: Retorno Crescente de Escala; RC: Retorno Constante de Escala; RD: Retorno Decrescente de Escala.

Por outro lado, as 2ª e 3ª Rodadas se destacam como exemplos de sucesso das concessões. Ambas apresentaram níveis elevados de eficiência técnica e de escala nos dois modelos, sugerindo que os aeroportos concedidos nesses ciclos foram capazes de combinar boas práticas operacionais com entrega eficaz de serviços. Isso ocorre em consonância ao debatido por Choo, Corbo & Wang (2018), ao defender que em mercados de companhias aéreas mais concentrados (como nos *hubs*: SBGR, SBBR, SBCF), o poder de mercado ou margem de lucro de um aeroporto público tende a diminuir, enquanto o oposto ocorre com aeroportos privados. Além disso, o estudo aponta que o impacto da concentração no mercado de companhias aéreas é maior no preço aeronáutico (tarifas) do que no preço das concessões.

Em contrapartida, as Rodadas 5, 6 e 7 apresentaram resultados mais modestos, especialmente no Modelo A, o que pode estar relacionado ao menor tempo de maturação das concessões. Essa discrepância entre os aeroportos concedidos das primeiras rodadas e os aeroportos das rodadas mais recentes pode indicar o comportamento em forma de U invertido entre a eficiência aeroportuária e a concentração do mercado de companhias aéreas a operar no aeroporto apresentado por Ha *et al.* (2013). Neste caso, níveis de concentração de mercado de companhias aéreas demasiado altos ou demasiado baixos estão associados à ineficiência aeroportuária em aeroportos menores (maioria dos aeroportos das rodadas recentes), e elevada em aeroportos de grande porte (maioria dos aeroportos das primeiras rodadas). Ha *et al.* (2013) também constatou que a transição da propriedade aeroportuária para modelos mais descentralizados está negativamente correlacionada com a eficiência, enquanto a competição entre aeroportos tem um impacto positivo.

Outro ponto relevante é a diferença mais acentuada nas eficiências de escala entre os modelos. O Modelo B mostra padrões de escala mais otimizados em diversas rodadas, como se

observa na Rodada 1 (1,00), Rodada 2 (0,97) e Rodada 3 (0,93), enquanto no Modelo A há maior variação. Isso pode indicar que a estrutura produtiva dos aeroportos é mais aderente à função de transporte do que à produtividade bruta.

7.3. Sinergia entre Infraestrutura e Mercado: Uma análise de maturação das concessões (Modelos A e B)

A avaliação abrangente da eficiência aeroportuária requer uma abordagem que vá além da análise isolada dos aspectos de infraestrutura ou de mercado. A articulação dos resultados do Modelo A (Eficiência Operacional Bruta) com o Modelo B (Dimensão Operacional Privada) permite examinar de que forma os diferentes arranjos de governança influenciam a capacidade dos aeroportos de transformar sua infraestrutura física em resultados estratégicos na relação com as companhias aéreas. Essa análise integrada possibilita a classificação dos aeroportos em quadrantes de desempenho (*Benchmark*, *Social Concern*, *Managerial Concern* e *Underperformer*) e evidencia a relevância do tempo de maturação das concessões para a consolidação dos níveis de eficiência observados.

Quando os aeroportos são agrupados segundo as rodadas de concessão, torna-se evidente uma alteração significativa na sua distribuição entre os quadrantes, refletindo os impactos da passagem da gestão pública, exercida pela INFRAERO, para o regime de concessão à iniciativa privada.

Weekx & Buyle (2023) já relataram sobre a existência de uma relação positiva e significativa entre a dominância de uma companhia aérea num aeroporto e a eficiência técnica desse aeroporto. O estudo constatou que pertencer a um grupo aeroportuário (bloco privado) está associado a uma maior eficiência média, enquanto uma maior participação de propriedade pública está associada a uma menor eficiência técnica.

Essa realidade se faz presente na comparação entre os aeroportos das rodadas mais recentes (6 e 7) que, ainda majoritariamente sob gestão da INFRAERO, apresentam uma maior dispersão de pontos e uma presença relevante no quadrante *Underperformer*, revelando desafios persistentes tanto em infraestrutura quanto em desempenho do setor aéreo. Por outro lado, as rodadas iniciais de concessão (1 a 3), cujos aeroportos passaram mais tempo sob gestão privada, apresentam uma forte concentração no quadrante *Benchmark*, sinalizando ganhos significativos de eficiência em ambos os modelos.

Em rodadas intermediárias, como a Rodada 4, a presença de aeroportos concedidos nos

quadrantes *Benchmark* e *Social Concern* é notável. Isso sugere que, embora ainda haja espaço para melhora na coordenação com as companhias aéreas (Modelo B), a eficiência da infraestrutura (Modelo A) já foi substancialmente aprimorada (coincidente com a evolução da infraestrutura para a 4ª rodada, Figura 13).

Inversamente, para a mesma rodada, os aeroportos da INFRAERO tendem a se concentrar nos quadrantes *Managerial Concern* ou *Underperformer*, o que indica limitações estruturais mesmo diante de alguma articulação com as empresas aéreas. Isso significa que há aeroportos com boa performance em conectividade aérea (Modelo B), mas que operam com limitações estruturais severas (Modelo A), sendo classificados como *Managerial Concern*.

Já os casos de *Social Concern*, com boa infraestrutura, mas baixo desempenho no setor aéreo, revelam concessões recentes ou aeroportos que, apesar de modernizados, ainda não conseguiram atrair companhias aéreas ou estabelecer conexões robustas, um desafio comum nas fases iniciais da gestão privada (Hidalgo-Gallego & Mateo-Mantecón, 2019).

Finalmente, os aeroportos classificados como *Benchmark* nos dois modelos são, em sua maioria, concedidos, evidenciando mais uma vez o impacto positivo da governança privada tanto na gestão da infraestrutura quanto na articulação com o mercado aéreo. A presença crescente desses aeroportos nas rodadas mais antigas de concessão reforça a hipótese de que o tempo de maturação da gestão privada pode estar diretamente relacionado à melhoria simultânea das duas dimensões de eficiência.

Em síntese, a análise conjunta dos modelos A e B revela que a eficiência operacional da infraestrutura aeroportuária não garante, por si só, o sucesso no desempenho do setor aéreo, e vice-versa. A gestão privada tem se mostrado mais eficaz em alinhar ambas as dimensões, promovendo ganhos estruturais e estratégicos. Por outro lado, aeroportos sob gestão pública ainda enfrentam desafios importantes, seja por limitações orçamentárias, seja por entraves institucionais que dificultam respostas rápidas às dinâmicas do transporte aéreo.

Essa análise comparativa conclui que a avaliação da eficiência aeroportuária deve considerar múltiplas dimensões e que os critérios de eficiência operacional ampla nem sempre coincidem com aqueles voltados à racionalidade privada.

7.4. O Papel Social e a Conectividade Regional (Modelo C)

Para além da métrica de desempenho operacional e financeiro, a análise da eficiência

aeroportuária deve contemplar a dimensão social, compreendida como a capacidade do aeroporto em promover a conectividade regional e garantir a fluidez do transporte de passageiros, integrando a percepção direta dos usuários sobre a qualidade do sistema.

O Modelo C investiga essa faceta ao integrar variáveis que refletem a qualidade do serviço (como pontualidade e a regularidade dos voos) e a capilaridade da malha aérea. Dessa forma, a percepção da transição para a governança privada tem influência no papel social dos aeroportos, confrontando a eficiência técnica das concessões com a necessidade de manutenção de uma rede de transporte inclusiva e confiável, fundamental para o desenvolvimento socioeconômico das regiões atendidas.

Logo, embora as eficiências variem em função de eventos conjunturais e limitações operacionais, o padrão geral de crescimento da eficiência social observado no Modelo C para a Rodada 0 (Figura 20) sugere resiliência do modelo público na promoção da conectividade aérea, ainda que com menor intensidade e ritmo em comparação com os terminais privatizados.

Essa tendência pode estar relacionada à reorganização da malha aérea promovida pelas companhias regionais nos últimos anos, somada ao reposicionamento estratégico da Infraero em aeroportos onde a concorrência com terminais concedidos é menor. O resultado é compatível com estudos como os de Wanke *et al.* (2021), que destacam que a governança pública pode manter ou até melhorar a eficiência relativa, desde que haja estabilidade regulatória, investimentos mínimos e suporte à conectividade regional.

Esse comportamento da média sendo positiva é semelhante para único aeroporto do primeiro modelo de concessão brasileiro. O aeroporto SBSG em Natal-RN foi baseado na concessão BOT e, apesar dos comportamentos conturbados do início da operação do aeroporto, que inclusive culminaram na sua re-concessão, o novo modelo de negócios aplicado ao aeroporto apresenta respostas favoráveis ao adotar uma estratégia semelhante a apresentada por Balliau *et al.* (2018), em que se recomenda um foco na inclusão de rotas de alto tráfego (como voos internacionais ou a corredores para os principais *hubs* brasileiros como SBGR e SBBR), negligenciando rotas regionais menos rentáveis (comuns a aeroportos próximos de sua área de influência como SBRF e SBJP).

Em sentido oposto, para alguns aeroportos — como SBGR, SBKP e SBGL — verifica-se que os níveis de eficiência social já se encontravam elevados no período pré-concessão (Tabela 12, considerando tanto a média dos anos anteriores quanto o último ano antes da concessão, α e β), apresentando apenas incrementos marginais nos primeiros anos após a

transferência à iniciativa privada (γ e δ) e posterior consolidação em 2024 (η). Tal evidência sugere que, nesses terminais, a infraestrutura disponível já era eficientemente explorada pelas companhias aéreas, cabendo à concessão privada atuar principalmente como um elemento de reforço e estabilização desses patamares de desempenho. Achados semelhantes são reportados por Yoshida e Fujimoto (2004), ao analisarem o desempenho de aeroportos japoneses após processos de liberalização.

Com isso, as rodadas de concessão 2 e 3 (com aeroportos como SBGR, SBKP, SBBR, SBCF) se assemelham na análise do Estágio 1, ao serem tratados os principais *hubs* do país. É inclusive possível levantar a hipótese defendida por Park & Kim (2021) de uma relação de favorecimento entre aeroportos como SBGR e SBKP (devido a proximidade geográfica favorável, ambos em São Paulo) em que um pode assumir a função de *sub-hub* ou *hub* secundário ao redistribuir a movimentação de carga e passageiros do outro em situações de congestionamento, sendo mais tendenciosa a uma relação de competição direta com aeroportos mais distantes como SBBR (no Distrito Federal) e SBCF (em Minas Gerais), que apresentam uma eficiência social de conectividade mais baixa.

No entanto, ao serem analisadas as rodadas com aeroportos de menor porte, sejam os aeroportos metropolitanos de capitais regionais de maior capacidade, como SBFZ, SBSV ou SBRF, ou os de menor capacidade agregados em bloco, como SBJP, SBMO, SBAR etc., o comportamento decrescente das médias de eficiência técnica do Estágio 1 nas rodadas seguintes (4 a diante) corroboram com a tese de Choo, Corbo & Wang (2018), que afirma que privatizações aumentam eficiência produtiva (Estágio 2), mas reduzem eficiência social sem subsídios (Estágio 1) em aeroportos com estes portes (comuns aos aeroportos do Nordeste).

Assim, a necessidade de subsídios para a manutenção das eficiências relacionadas a conectividade e ao ganho social local são ferramentas primordiais em aeroportos menores (Balliau et al., 2018), sendo indispensáveis no planejamento de modelos de concessões do tipo e até sendo necessária a inclusão de parâmetros de medição das conectividades já nos contratos, como os KPI's de conectividade (como o número de rotas regionais por ano ofertadas) indicados por Carlucci et al. (2018).

7.4.1. Da Oferta à Efetividade: A Eficiência de Produção Aeroportuária (Estágio 2 – Modelo C)

Complementando a análise da conectividade regional, a eficiência produtiva dos

aeroportos brasileiros (Estágio 2) avalia a capacidade gerencial de converter a oferta das companhias aéreas (ASK) em resultados efetivos (WLU e decolagens), minimizando as externalidades negativas percebidas pelos usuários, como atrasos e cancelamentos. Enquanto o Estágio 1 foca no papel social da rede, o Estágio 2 foca na produtividade da operação aeroportuária propriamente dita.

Sob esta perspectiva, os resultados da Figura 21 mostram que, em todas as rodadas de concessão, observa-se desde o período pré-concessão uma trajetória consistente de crescimento da eficiência produtiva, impulsionada pela expansão da oferta das companhias aéreas, com destaque para as concessões em bloco a partir da 5ª rodada.

Esse comportamento ocorre apesar da alocação de aeroportos menos atrativos economicamente em blocos, pois essas rodadas foram incorporadas de cláusulas de desempenho em seus contratos, o que, conforme indicado por Carlucci *et al.* (2019), permitiria a adaptação da capacidade desses aeroportos e ainda revela que não apenas uma demanda consolidada e gestão ativa devem ser considerados para a obtenção de melhores respostas de operação dos aeroportos, mas também investimentos em conectividade

Essa resposta só foi possível em uma operação latente entre as operações de companhias aéreas, como a Azul Linhas Aéreas e a Gol Linhas Aéreas, com o incentivo em rotas regionais (com auxílio da sua subdivisão Azul Conecta, por exemplo) e a integração da operação de aeroportos menores com seus aeroportos-âncora, como no caso da AENA para o bloco Nordeste (5ª rodada), conforme descrito por Celestino *et al.* (2025).

Já os contratos individuais foram afetados de diferentes formas. Aeroportos maiores e *hubs*, como os da 1ª e 2ª rodadas, já haviam atingido níveis elevados de eficiência operacional frente a demanda ainda na fase de gestão da Infraero, Figura 21. Apesar da má alocação de recursos e da falta de autonomia gerencial esperadas para o setor público – comportamento padrão descrito por Teixeira *et al.* (2024) para esse tipo de governança –, a preocupação em atender grandes demandas previstas para eventos como a Copa do Mundo FIFA 2014 (muitas vezes superestimadas), pode ter colaborado com a alocação de recursos públicos e com a exigência de investimentos em infraestrutura requeridos pelo governo e pela Matriz de Responsabilidade, totalizando expressivos valores como os apresentados na Tabela 3 (R\$ 2,3 bilhões). Esses investimentos, por vezes acima da demanda real e direcionados a eventos aguardados nos primeiros anos de concessão desses aeroportos, contribuíram para a formação de capacidade ociosa.

Como resposta, a infraestrutura disponível (Figura 13) resultou em níveis de capacidade ociosa que excederam o necessário para uma operação eficiente, percebida pela redução da eficiência produtiva. Isso ocorreu uma vez que os recursos não foram otimizados para gerar resultados proporcionais à demanda real, como já observado por Toledo *et al.* (2021). Embora a capacidade ociosa seja um elemento esperado e até funcional em infraestruturas de transportes para absorver flutuações e picos de demanda, o volume resultante dessas concessões apontou para um dimensionamento que impactou negativamente a otimização dos recursos e a produtividade.

Logo, os maiores aeroportos tiveram uma priorização na rede aérea, que privilegia *hubs* saturados, acarretando o não crescimento da eficiência operacional aeroportuária após a concessão e na redução da eficiência de aeroportos menores sob a mesma arquitetura de contrato, Figura 2.

7.4.2. *Eficiência Sistêmica e a Integração dos Estágios (Análise Holística – Modelo C)*

Para além da análise isolada da conectividade e da produção, a Eficiência Global (θ^*), apresentada na Figura 22, oferece uma visão holística do desempenho sistêmico dos aeroportos. Essa métrica reflete a capacidade integrada de converter insumos físicos em produtos, atravessando a interdependência entre a oferta das companhias aéreas (Estágio 1) e a conversão dessa oferta em resultados com qualidade (Estágio 2).

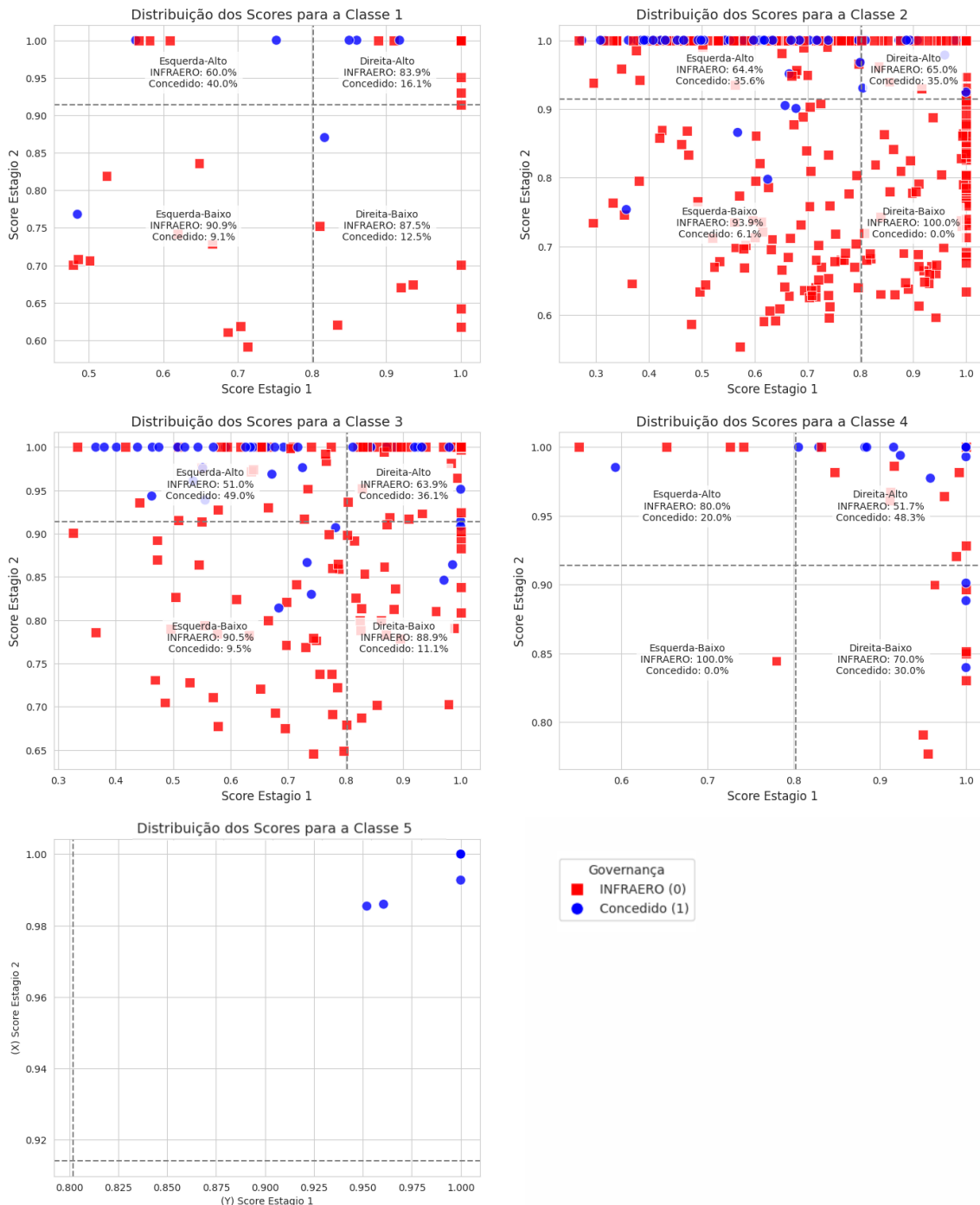
Dessa forma, apesar da indicação de perda de eficiência sistêmica em quase todas as rodadas de concessão de aeroportos adotadas, com exceção na manutenção da eficiência global nos aeroportos saturados (rodada 2) ou sem uma margem temporal de análise suficiente (rodada 7), é importante reconhecer que a estrutura vertical que caracteriza a relação entre os membros do setor aéreo (companhias aéreas e aeroportos) não permite uma simples interpretação do produto entre os estágios ($\theta^* = \theta_1 \times \theta_2$), conforme proposto por Kao & Hwang (2008) e posteriormente complementado por Tone & Tsutsui (2009).

Tal abordagem assume uma cadeia de produção perfeitamente integrada, o que nem sempre reflete a complexa articulação entre a oferta de conectividade aérea e a capacidade operacional dos terminais aeroportuários. Diante disso, e visando capturar os efeitos latentes e as possíveis assimetrias de desempenho entre os dois elos do setor (companhias e aeroportos), adota-se neste estudo a análise cartesiana proposta por Wanke (2013), a qual permite avaliar, de forma conjunta e categórica, a posição relativa dos aeroportos em termos de eficiência social

(Estágio 1) e eficiência produtiva (Estágio 2).

Desta forma, a Figura 31 demonstra a distribuição das eficiências dos Estágios 1 e 2 sob uma distribuição em relação a classe dos aeroportos, Tabela 6.

Figura 31: Distribuição Cartesiana dos Scores de Eficiência dos Estágios 1 (Conectividade Social) e 2 (Eficiência Produtiva) por Classe de Aeroporto.



Os resultados dessa abordagem revelam uma tendência comum as eficiências em todas as classes de aeroportos. Aeroportos geridos pelo poder público tendem a se concentrar em maiores eficiências sociais, priorizando a conectividade (Estágio 1), comportamento já

verificado na avaliação entre os modelos A e B.

Por conta disso, enquanto os aeroportos geridos pela INFRAERO tendem a se concentrar nos quadrantes *Managerial Concern*, Figura 11, indicando problemas com a operação aeroportuária, os aeroportos concedidos (de uma mesma classe) se concentram nos quadrantes de *Social Concern*, caracterizando problemas de conectividade característico da competição gerada pela privatização do setor aéreo (companhias aéreas e agora aeroportos), como descrevem Ha *et al.* (2013), D'Alfonso *et al.* (2015), Botta *et al.* (2017), Hidalgo-Gallego & Mateo-Mantecón (2019) e Balliauw *et al.* (2018).

Porém, uma característica que vale ainda considerar nos resultados é a excelência atingida pelos aeroportos presentes no quadrante *Benchmark* (quadrante direita-alto). A concentração de aeroportos concedidos presentes em *Benchmark* aumenta em consequência de quão maior for a classe do aeroporto, atingindo 100% na Classe 5 (aeroportos com <15.000.000 passageiros/ano). Contudo, apesar de indicar uma possível dominância da governança pública nas classes menores, deve ser considerado o fato de que os aeroportos sofreram mudança nas classes com o tempo, indicando a possibilidade de que um aeroporto não pertença a mesma classe em todo o intervalo de tempo analisado (2000-2024), Figura 14.

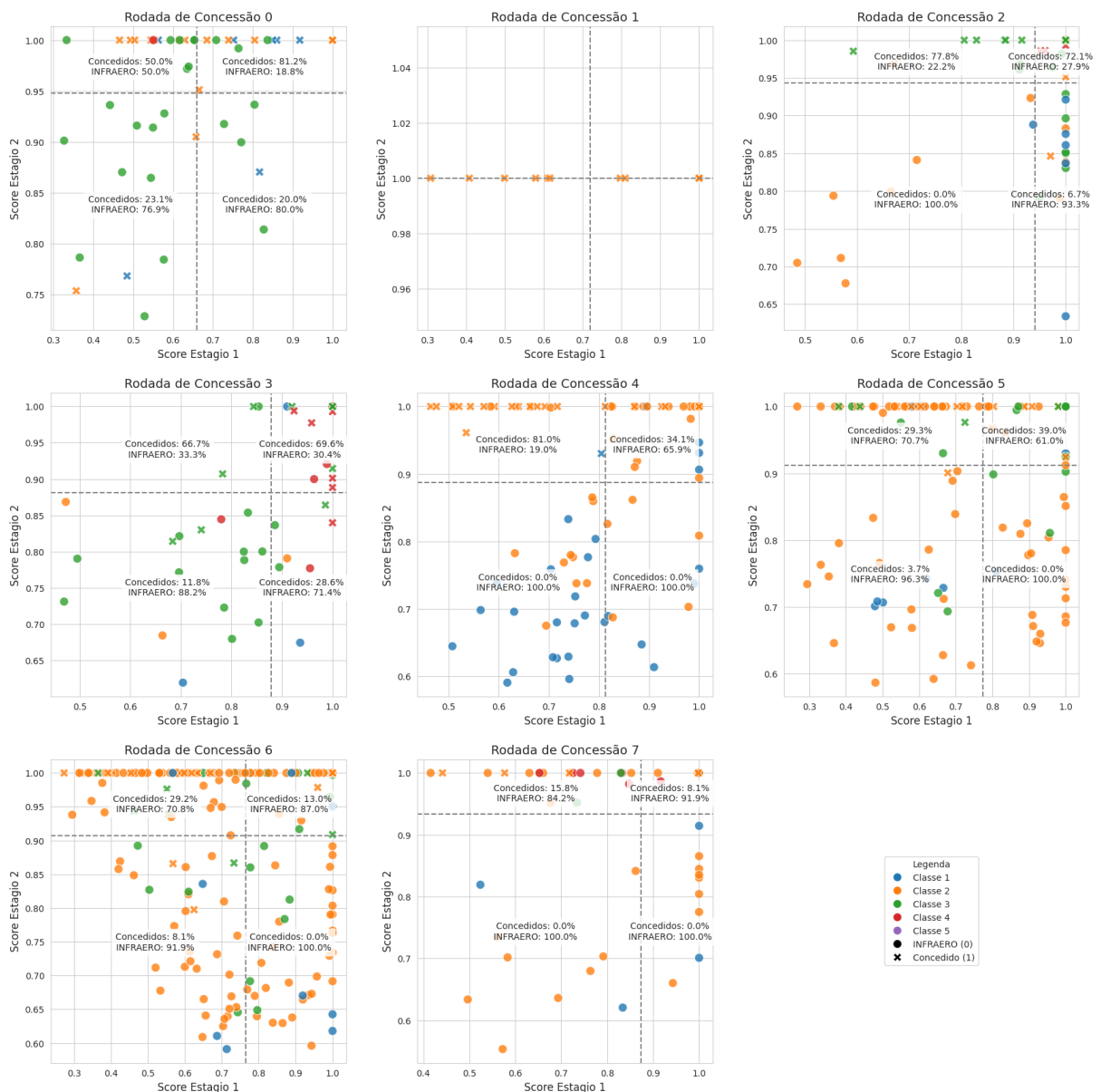
Entretanto, essa tendência de mudança para classes superiores somada a predominância dos aeroportos concedidos da classe 5 no quadrante *Benchmark* podem categorizar um indicativo de que houve melhora das eficiências médias dos aeroportos brasileiros posteriormente à concessão, especialmente a eficiência operacional (Estágio 2). Essa resposta é consistente com os achados de estudos prévios, que identificaram ganhos de eficiência operacional após processos de privatização ou concessão aeroportuária, especialmente quando há investimentos direcionados à modernização da infraestrutura e à ampliação da capacidade operacional em aeroportos maiores (SARKIS, 2000; YU *et al.*, 2008; WANKE, 2016), como o caso de SBGR.

De maneira geral, a avaliação das eficiências por classe indica que a governança, por si só, não garante eficiência, uma vez que a distribuição em classes inferiores apresenta desempenho modesto. Além de que, as privatizações geram ganhos significativos apenas quando acompanhadas de atratividade de mercado e regulação inteligente, como observado nas Classes 4 e 5. Uma possível indicação a ser feita pela análise das classes é corroborar com as ideias sugeridas por Balliauw *et al.* (2018) e Park & Kim (2021), ao verificarem que aeroportos públicos com bom desempenho produtivo, mas baixa conectividade, podem se beneficiar de

redes complementares ou políticas de subsídio cruzado.

Outra ótica de avaliação dos dois estágios do modelo C é através da distribuição cartesiana com base nas rodadas de concessão, Figura 32, permitindo assim compreender os efeitos da governança (INFRAERO vs. Concessão) e da maturidade contratual (rodada de concessão) sobre a eficiência dos aeroportos.

Figura 32: Distribuição Cartesiana dos Scores de Eficiência dos Estágios 1 (Conectividade Social) e 2 (Eficiência Produtiva) por Rodada de Concessão dos Aeroportos.



Assim, em relação aos aeroportos não concedidos (Rodada 0), a predominância nos quadrantes de baixa nos quadrantes de baixa eficiência (principalmente *Underperformance* e *Managerial Concern*), indicam que a gestão pública tende a apresentar baixa conectividade

social (Estágio 1), mesmo quando mantém eficiência produtiva aceitável (Estágio 2).

As rodadas intermediárias (4^a e 5^a) apresentam dispersão significativa, mas revelam aeroportos concedidos com boa performance nos dois estágios. Entretanto, com novamente a presença dos aeroportos com governança pública no quadrante de baixa performance total (*Underperformance*) ou no quadrante de alta performance social e baixa operacional (*Managerial Concern*), atrelada a presença dos aeroportos sob governança privada no quadrante de alta eficiência operacional e baixa social (*Social Concern*), caracterizam o comportamento dos aeroportos brasileiros médios como segundo um padrão quanto a governança.

Vale salientar que a presença de *outliers* nos quadrantes de baixa eficiência (independente da dimensão) indica que o tempo desde a concessão ainda pode ser insuficiente para uma mudança estrutural plena no modelo de negócios do aeroporto, como apontado por Serebrisky *et al.* (2009) sobre o tempo necessário para maturação dos contratos.

As rodadas de concessão mais recentes mostram uma melhora no desempenho dos aeroportos, devido a menor concentração de DMU's no quadrante de baixo desempenho (*Underperformance*). No entanto, a elevada presença de aeroportos nos quadrantes em que pelo menos um dos Estágios é ineficiente (abaixo da média) reforça a ideia de que os aeroportos menos eficientes tendem a ser priorizados nas últimas rodadas de concessão (Wanke *et al.*, 2016).

Em síntese, a análise da Figura 32 permite concluir que os aeroportos concedidos concentram-se com maior frequência nos quadrantes de alta eficiência operacional (especialmente entre as Rodadas 2 e 6). Em contrapartida, os terminais geridos pela INFRAERO permanecem majoritariamente nos quadrantes de baixa eficiência. Este cenário médio corrobora a literatura internacional (Adler, Liebert & Yazhemsky, 2013; Barros & Peypoch, 2009), evidenciando que a concessão tende a otimizar a alocação de recursos e a elevar a eficiência multidimensional no longo prazo.

7.5. Eficiência de Escala e o Ajuste à Demanda Operacional (Modelo C)

Um aspecto determinante para a sustentabilidade do modelo de negócio aeroportuário é a eficiência de escala, que mensura o quão próximo o terminal opera de sua dimensão ótima. No contexto do Modelo C, essa métrica revela a capacidade de ajuste da infraestrutura às flutuações da demanda. A análise das tendências históricas (Figura 23) permite identificar contrastes marcantes entre a rigidez do modelo estatal e a flexibilidade introduzida pelas

concessões, evidenciando como o desenho contratual influencia o aproveitamento da capacidade instalada.

Os resultados indicam que, apesar da tendência crescente das eficiências de escala para os aeroportos não concedidos, Rodada 0, a estabilidade constante em valores médios baixos (aproximadamente 60%) sugere problemas operacionais contínuos nesses aeroportos, mesmo em anos recentes. Esse padrão de escala mais baixo corrobora com as ideias defendidas por Barros & Dieke (2008) e Pels, Nijkamp & Rietveld (2003), que associam a gestão pública à rigidez operacional e a baixa capacidade de ajuste à demanda.

Uma média que também segue um padrão crescente, mesmo que com escalas inferiores as demais rodadas, são as médias de SBSG. O comportamento do único aeroporto planejado e construído através de concessões no país teve retornos de demanda abaixo do previsto (chegando a 50% abaixo em 2019), nenhum mecanismo de ajuste de tarifas ou investimento em crises além da competição com o antigo aeroporto de Natal (SBNT) que operava voos regionais mesmo com a inauguração de SBSG, caracterizando alguns dos fatores apresentados por Mello, da Silva & Falcão (2025) para o insucesso do primeiro contrato de concessão aeroportuária nacional e causas justificáveis para a escala abaixo da média observada nos primeiros anos de operação.

Em sentido contrário, os aeroportos da 2ª e 3ª rodadas de concessão apresentaram uma tendência mais estável e eficiente no período pré e pós-concessão, com médias acima dos 80%. Apesar da tendência decrescente, após a concessão os aeroportos destes grupos apresentam maior estabilidade na escala, sempre próxima da escala ótima (100%). Esses resultados vão indicar o comportamento previsto por Graham (2011) e Oum *et al.* (2006), que afirmam que concessões quando maduram tendem a internalizar melhores práticas e aumentar o aproveitamento da sua infraestrutura. Além disso, Wanke *et al.* (2016) observam que os aeroportos concedidos podem apresentar maior flexibilidade para realocação de recursos favorecendo a escala para a eficiência.

Os demais grupos correspondem as concessões mais recentes. Nestes grupos, os retornos médios de escala se mostram decrescentes. Esse declínio, no entanto, é presente desde o primeiro ano do intervalo de tempo analisado, em que os aeroportos ainda funcionavam sob gestão pública. Apesar disso, conforme descrito por Serebrisky (2009), os ganhos em eficiência de escala podem acontecer entre 5 a 10 anos após a transferência de gestão, além de que aeroportos menores ou regionais (presentes nessas rodadas) tendem a sofrer mais com a

volatilidade de demanda e limitações estruturais, o que dificulta atingir a escala ótima (BARROS & PEYPOCH, 2009).

Portanto, o comportamento médio pós-concessão mostra que a privatização, quando acompanhada de políticas adequadas, pode contribuir para um melhor aproveitamento da capacidade instalada, como indicado por Zhang & Czerny (2012).

7.6. Evolução da Produtividade e Aprendizado Organizacional (Modelo C)

A análise da eficiência aeroportuária não deve ser estática; ela exige a compreensão de como as referências de melhor desempenho (*benchmarks*) se deslocam e com a produtividade evolui face às mudanças tecnológicas e gerenciais. Esta seção discute o fenômeno do aprendizado organizacional e a variação da produtividade total dos fatores, evidenciando como a transição da governança pública para a privada alterou os padrões de referência do setor e impulsionou uma convergência operacional baseada em melhores práticas internacionais.

Os resultados evidenciam uma mudança clara no padrão de referência da eficiência operacional após as concessões, Figura 24. Observa-se que aeroportos concedidos passaram a assumir o protagonismo como *benchmarks* do sistema, indicando uma competição mais intensa e uma elevação do patamar de desempenho.

Isso evidencia uma mudança no padrão de referência da eficiência operacional, podendo indicar que há uma competição mais intensa ou até uma melhoria nos aeroportos quando concedidos, fazendo-os assumir o papel de *benchmark*, como discutido por Adler, Liebert & Yazhemsky (2013) ao proporem que metodologias de *benchmarking* aprimoradas podem identificar as melhores práticas e metas alcançáveis para a melhoria do desempenho aeroportuário, especialmente em um contexto de privatização e busca por eficiência gerencial.

Isso vai em frente ao comportamento descrito por Zhang & Zhang (2010), os quais enfatizam que mudanças de governança pode criar estruturas de incentivo mais eficientes. Esse comportamento é refletido então nessa migração da influência dos *benchmarks* da Infraero para aeroportos concedidos, sinalizando uma transição de autoridade operacional.

A análise das classes de aeroportos e de seus respectivos *benchmarks* (linhas contínuas azuis e vermelhas, respectivamente, na Figura 24) indica relativa estabilidade dentro de cada classe, o que reforça a relevância de agrupar aeroportos segundo características estruturais para a realização de comparações mais equitativas. Esse resultado corrobora Pels, Nijkamp e

Rietveld (2013), ao evidenciar que a estrutura e as especificidades regionais influenciam o desempenho e, conseqüentemente, a definição dos *benchmarks*, ressaltando a necessidade de análises especializadas diante da heterogeneidade existente entre os aeroportos.

De modo geral, em um ambiente de gestão privada, a concorrência tende a estimular processos de aprendizado organizacional, conforme proposto por Zhang e Czerny (2012), ao ocorrer quando aeroportos passam a competir ou coexistir com *players* mais eficientes. No contexto brasileiro, a crescente influência de *benchmarks* oriundos de rodadas de concessão posteriores sugere a difusão de boas práticas, seja por meio de benchmarking implícito, seja pela pressão por convergência operacional, como sugerido por Marques & Berg (2011). No entanto, o estudo de Marques & Berg (2011) enfatiza ainda que o sucesso dessas parcerias depende de uma estrutura contratual bem desenhada, com alocação clara de riscos e mecanismos para evitar renegociações frequentes.

Contudo, a efetividade do aprendizado organizacional e a materialização dos ganhos de eficiência dependem, em grande medida, de um ambiente regulatório que não apenas estimule a difusão de conhecimento, mas que também seja capaz de identificar e corrigir ineficiências. Na ausência de uma regulação adequada, podem surgir situações em que aeroportos considerados relativamente eficientes em relação aos pares (conforme indicado pelo DEA) ainda operem com ineficiências em termos absolutos, caso não haja incentivos suficientes para a otimização efetiva de seus processos.

Logo, pode-se assumir que a classe do aeroporto e de seu respectivo *benchmark* configura um critério de comparação mais estável do que a segmentação por rodada de concessão. Esse resultado indica que as características de infraestrutura e operação exercem influência direta na definição dos *benchmarks*, sendo evidente o aumento do protagonismo da gestão privada após a transição dos aeroportos da governança pública.

Complementarmente, ao se analisar a variação da eficiência técnica (EC) sob a ótica do componente isolado do Índice de Malmquist (Figura 26), observa-se a evolução temporal da produtividade. Apesar da predominância de respostas médias negativas logo após as transferências de gestão, os aeroportos da 5ª rodada — marco inicial das concessões em blocos — demonstraram ganhos sustentados de produtividade. Esse fenômeno sugere a implementação bem-sucedida de melhores práticas de gestão (Adler et al., 2013; Celestino et al., 2024), contrastando com as quedas registradas nas 3ª e 6ª rodadas, possivelmente atreladas à curva de aprendizado inicial e a ineficiências contratuais herdadas (Mello; Silva; Falcão, 2025; Machado

et al., 2019). Por outro lado, a estabilidade da Rodada 0 reforça que a infraestrutura pública, quando bem gerida, mantém níveis satisfatórios de produtividade, desafiando a premissa de que a privatização é condição indispensável para ganhos operacionais (Barros; Peypoch, 2009).

Diante da análise integrada do Modelo C, os resultados validam a hipótese de que aeroportos concedidos apresentam maior eficiência social ao converterem de forma mais eficaz sua infraestrutura em atendimento à demanda. Embora a gestão pública mantenha desempenho positivo em conectividade em casos isolados, os terminais concedidos demonstram maior capacidade de gerar valor social, especialmente nas rodadas mais recentes.

Este comportamento é ratificado tanto pela tendência ascendente das eficiências médias (Figuras 20 e 23) quanto pela concentração de aeroportos concedidos nos quadrantes superiores da análise cartesiana. O protagonismo das rodadas 5 e 6 no quadrante Benchmark evidencia a maturação de modelos contratuais que incorporaram cláusulas de desempenho e indicadores de conectividade (Carlucci et al., 2018). Tais mecanismos favorecem a expansão de rotas e o alinhamento da gestão com a demanda real da população.

Diferente das primeiras rodadas, que envolveram hubs estratégicos com ganhos mais estáticos, os aeroportos das rodadas recentes operam em um ambiente regulatório mais maduro e flexível. Em suma, os achados do Modelo C reforçam que a combinação entre autonomia gerencial, regulação inteligente e foco na demanda social é determinante para a eficiência. Essa constatação é vital para os aeroportos regionais em blocos, que, apesar de estruturas modestas, alcançaram resultados expressivos na geração de conectividade, validando a lógica das concessões como instrumento de ampliação do valor social da infraestrutura.

7.7. Externalidades e o Desafio da Sustentabilidade (Modelo D)

A integração da dimensão ambiental ao modelo de eficiência representa o estágio mais avançado da avaliação multidimensional. Ao penalizar a produtividade com as emissões atmosféricas consolidadas via PCA, o modelo D revela se o ganho técnico operacional tem ocorrido à custa da degradação ambiental ou se o setor caminha para uma ecoeficiência real. Esta seção discute como a governança e o tempo de concessão influenciam a capacidade dos aeroportos de mitigar suas externalidades negativas.

A Rodada 0, composta por aeroportos ainda sob gestão pública, apresentou desempenho consistentemente elevado ao longo de todo o período, com eficiência média próxima a 100%. Tal comportamento sugere que, apesar das limitações conhecidas da gestão pública, os

aeroportos dessa rodada operam com boa produtividade e apresentam níveis reduzidos de impacto ambiental.

Em paralelo, as Rodadas 1, 2 e 3 mantiveram estabilidade socioambiental elevada, sugerindo que a infraestrutura modernizada e a maturação das rotinas operacionais já incorporaram requisitos ambientais, como a renovação de frotas e sistemas de gestão energética. Como observam Oum, Yan & Yu (2008), operadores privados tendem a internalizar externalidades em busca de reputação institucional, especialmente sob regulação que permite autonomia de gestão.

Em contraste, as Rodadas 4 e 5 apresentam quedas moderadas na eficiência socioambiental a partir de 2020. Esse achado contrapõe-se, em parte, aos resultados do Projeto Aeródromos Sustentáveis da ANAC, que premiou aeroportos como SBSV (Salvador) por suas práticas de gestão (Nogueira; Meira; Andrade, 2025).

Essa divergência sugere que, embora existam esforços administrativos premiados, a eficiência produtiva bruta confrontada com as emissões reais ainda enfrenta desafios. Conforme apontado por Yu *et al.* (2023), a fase inicial pós-concessão tende a priorizar ganhos operacionais e comerciais, relegando investimentos ambientais a um segundo plano, o que é agravado pela persistência de voos curtos com aeronaves mais antigas (Domingos *et al.*, 2025).

As Rodadas 6 e 7 foram as mais penalizadas pela introdução do componente ambiental, com quedas acentuadas a partir de 2021. Essa dinâmica reflete a herança de infraestruturas defasadas e a ineficiência típica do início de contrato, onde os investimentos em eficiência energética ainda estão em fase de planejamento. Como destacam Wanke *et al.* (2021), aeroportos em regiões economicamente menos desenvolvidas sofrem com a menor renovação tecnológica e a ausência de políticas ambientais eficazes.

Os resultados do Modelo D desafiam a hipótese de que a incorporação de critérios ESG (Ambiental, Social e Governança) nos editais da ANAC a partir de 2019 garantiria, por si só, uma superioridade imediata dos aeroportos concedidos. Na verdade, a Rodada 0 evidenciou uma trajetória mais estável, reforçando que aeroportos públicos tendem a operar em zonas de retornos constantes de escala, priorizando a estabilidade operacional sobre a eficiência marginal (De Neufville; Odoni, 2013).

A análise das Rodadas 4 e 5 revela uma queda acentuada na eficiência de escala após a transferência de gestão, compatível com o "período de transição" identificado por Graham (2013). Já as Rodadas 6 e 7 apresentam os níveis mais baixos e voláteis de escala, o que,

combinado aos altos níveis de poluição, reforça o diagnóstico de ineficiência socioambiental concentrada em contratos recentes com baixa densidade de tráfego (Vasigh; Fleming; Tacker, 2018).

Por fim, a superposição dos gráficos de escala com a eficiência técnica do Estágio 2 permite afirmar que aeroportos distantes de sua escala ótima de produção tendem a apresentar maior intensidade de outputs indesejados (atrasos, cancelamentos e emissões). Esta evidência reforça a tese de que a escala inadequada não compromete apenas a produtividade, mas agrava os impactos socioambientais. Essa conclusão converge com a abordagem de Cui *et al.* (2024), defendendo que modelos de eficiência devem penalizar operações que sacrificam a sustentabilidade em nome da produtividade.

Em síntese, a análise da eficiência de escala no Estágio 2 revela que a maturidade institucional e o alinhamento entre capacidade e demanda são cruciais não apenas para a eficiência operacional, mas também para a redução de externalidades negativas. A política de concessões, ao não modular adequadamente os contratos com incentivos à escala eficiente e ao desempenho ambiental, pode perpetuar ineficiências estruturais em ciclos mais recentes, comprometendo os ganhos esperados de uma gestão privatizada.

7.8. Evolução Regulatória e o Efeito do Aprendizado Institucional

A análise integrada dos resultados obtidos ao longo das sete rodadas de concessão aeroportuária no Brasil evidencia que os ganhos de eficiência observados não decorrem exclusivamente da transferência da gestão à iniciativa privada, mas, sobretudo, de um processo cumulativo de aprendizado institucional refletido no desenho regulatório e contratual. Assim, a eficiência aeroportuária, conforme demonstrado pelos modelos DEA empregados nesta tese, emerge como uma propriedade sistêmica, condicionada pela forma como os contratos alocam riscos, definem incentivos e incorporam mecanismos de adaptação ao longo do tempo.

Nas primeiras rodadas de concessão (1ª e 2ª), os contratos foram estruturados sob um paradigma fortemente rígido, com elevada prescrição de investimentos obrigatórios, baixa flexibilidade para ajustes operacionais e mecanismos limitados de reequilíbrio econômico-financeiro. Os casos de São Gonçalo do Amarante (SBSG) e Viracopos (SBKP) são emblemáticos nesse sentido. Embora ambos tenham apresentado, em momentos iniciais, avanços pontuais de eficiência operacional nos Modelos A e B, os resultados longitudinais indicam trajetórias instáveis e, em alguns períodos, regressivas, especialmente quando

analisadas sob a ótica da eficiência socioambiental (Modelo D) e da eficiência dinâmica capturada pelo Índice de Malmquist.

Os resultados do DEA em Janelas, apresentados no APÊNDICE B, reforçam essa interpretação ao permitir a observação do desempenho individual de cada aeroporto ao longo do horizonte temporal analisado. Aplicando os mesmos princípios conceituais do Modelo D, o DEA em Janelas evidencia que aeroportos das primeiras rodadas apresentam alta variabilidade intertemporal dos escores de eficiência, com episódios recorrentes de perda de desempenho após choques de demanda, mudanças macroeconômicas ou eventos exógenos, como a pandemia de COVID-19. Tal comportamento sugere que a rigidez contratual limitou a capacidade de resposta adaptativa desses terminais, convertendo eficiência técnica inicial em ineficiência dinâmica nos médio e longo prazos.

Em contraste, as rodadas mais recentes — em especial a 6ª e a 7ª — incorporaram de forma explícita elementos de flexibilidade regulatória, tais como: contratos em blocos, metas graduais de desempenho, maior autonomia gerencial, cláusulas de revisão periódica e exigências socioambientais mensuráveis. Essa evolução institucional se reflete diretamente nos resultados empíricos. Os aeroportos pertencentes à 7ª rodada apresentam, de forma consistente, trajetórias ascendentes de eficiência média e individual, tanto nos modelos estáticos quanto na análise dinâmica em janelas, com menor dispersão dos escores e maior resiliência frente a choques adversos.

O DEA em Janelas permite ainda identificar que, nesses aeroportos mais recentes, os ganhos de eficiência não se restringem a uma dimensão isolada. Observa-se uma convergência progressiva entre eficiência operacional, social e socioambiental, indicando que a regulação mais madura favorece a conversão de eficiência técnica em ganhos sistêmicos mais amplos. Esse resultado é particularmente relevante no Modelo D, no qual aeroportos de rodadas recentes demonstram capacidade superior de reduzir outputs indesejados ao longo do tempo, sem comprometer a produção de serviços aeroportuários.

Essa evidência empírica sustenta a tese central deste trabalho: a eficiência aeroportuária não é uma função exclusiva de quem gere o ativo, mas de como o contrato é concebido, regulado e ajustado ao longo do tempo. A governança privada, quando inserida em contratos rígidos e incompletos, pode reproduzir ou até amplificar ineficiências estruturais. Por outro lado, contratos que incorporam aprendizado institucional — ao reconhecer a incerteza, a heterogeneidade dos aeroportos e a necessidade de adaptação — criam um ambiente propício

para que a eficiência emerja de forma sustentável.

Sob essa perspectiva, a análise transversal das rodadas de concessão revela uma clara trajetória de amadurecimento regulatório no Brasil. As primeiras rodadas funcionaram, em grande medida, como experimentos institucionais, cujas limitações forneceram insumos fundamentais para o aprimoramento dos modelos subsequentes. As rodadas mais recentes, por sua vez, refletem um arcabouço regulatório mais alinhado às boas práticas internacionais, no qual a eficiência passa a ser tratada como um fenômeno dinâmico, multidimensional e dependente de incentivos bem calibrados.

Portanto, ao integrar os resultados dos modelos DEA tradicionais, do Network DEA e do DEA em Janelas, esta seção consolida a evidência de que o aprendizado institucional acumulado ao longo das sete rodadas foi determinante para a evolução do desempenho aeroportuário brasileiro. Mais do que validar a superioridade da gestão privada per se, os resultados demonstram que é o desenho contratual — e sua capacidade de evoluir — que condiciona a eficiência observada, oferecendo lições fundamentais para o futuro das concessões aeroportuárias e de outras infraestruturas críticas no país.

8. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Os resultados empíricos obtidos ao longo desta pesquisa revelam evidências acerca dos efeitos da governança, da classe do aeroporto e das rodadas de concessão sobre a eficiência operacional do setor aeroportuário brasileiro. A análise das quatro dimensões propostas – operacional bruta, privada, social e socioambiental – possibilitou compreender os diferentes mecanismos pelos quais os modelos de concessão impactam o desempenho dos aeroportos, evidenciando padrões distintos entre os grupos analisados.

A partir da abordagem adotada, buscou-se validar a hipótese central de que aeroportos sob gestão privada (concessões) tendem a apresentar melhores níveis de eficiência em comparação aos operados por entes públicos, especialmente aqueles de maior porte e pertencentes a rodadas mais recentes de concessão, cujo marco contratual se caracteriza por exigências regulatórias mais robustas e foco em resultados.

De maneira mais específica, o Modelo A permitiu observar que os aeroportos concedidos apresentam, em geral, níveis superiores de eficiência técnica pura e de escala em comparação com os aeroportos públicos. Tal resultado é particularmente evidente em aeroportos pertencentes às rodadas mais recentes de concessão, cuja regulação contratual passou a incluir cláusulas mais exigentes em termos de investimentos, metas de desempenho e mecanismos de monitoramento.

A combinação entre autonomia de gestão, maior capacidade de captação de recursos e práticas gerenciais orientadas a resultados podem ser entendidos como contribuintes à melhoria da eficiência operacional bruta observada para estes aeroportos. Essa tendência também se mostrou mais pronunciada nos aeroportos classificados como Classes 4 e 5, caracterizados por maior movimentação de passageiros, infraestrutura consolidada e presença de companhias aéreas com atuação em múltiplos destinos (rotas).

No que tange o Modelo B, que avaliou a eficiência privada do transporte aéreo, os resultados indicaram que existe uma razão de influência entre governança aeroportuária e a capacidade das companhias aéreas em operar de forma eficiente, e vice-versa. Aeroportos concedidos e localizados em regiões com maior densidade populacional e maior desenvolvimento econômico (ou economia mais desenvolvida) demonstraram maior atratividade para as companhias, refletindo em maiores índices de conectividade, número de rotas ofertadas e diversidade entre operadoras, caracterizando a tendência centralizadora do transporte aéreo no Brasil. Essa relação reforça a premissa de que o transporte aéreo, em última

instância, não é um fim em si mesmo, mas um facilitador do desenvolvimento regional e nacional, como proposto pelo Princípio de Manheim.

Por outro lado, em aeroportos de menor porte ou localizados em regiões de baixa densidade populacional ou econômica, mesmo sob concessão, os ganhos de eficiência se mostram mais modestos, reforçando a importância de interação entre governança e contexto regional para a determinação do desempenho operacional privado. Além disso, os resultados do Modelo B ainda sugerem que a atratividade comercial e concorrência entre empresas aéreas são fatores mediadores relevantes na relação entre o tipo de gestão aeroportuária e a eficiência da operação aérea.

A aplicação do Modelo C, com estrutura em dois estágios por meio da Network DEA, proporcionou uma análise mais abrangente da eficiência social integrada dos aeroportos, considerando tanto a capacidade de conversão de infraestrutura física em oferta de serviços (Estágio 1), quanto a transformação dessa oferta em atendimento efetivo à demanda (Estágio 2).

Diante disso, os aeroportos concedidos apresentaram melhor desempenho em ambos os estágios, indicando uma maior sinergia entre operação aeroportuária e prestação de serviços aos usuários. Essa superioridade é reforçada pela capacidade desses aeroportos de minimizar *outputs* indesejados, como atrasos, cancelamentos e ineficiências de conectividade.

A análise cartesiana, inspirada em Wanke (2013), permitiu ainda identificar padrões distintos de posicionamento entre os aeroportos, de modo que, enquanto os aeroportos concedidos das rodadas mais recentes se destacaram por alta eficiência operacional, os aeroportos não concedidos ou pertencentes às primeiras rodadas se concentraram em quadrantes de alta eficiência social, mas com baixa eficiência relativa, sugerindo déficits estruturais ou gerenciais.

O Modelo D incorporou a dimensão socioambiental à análise de eficiência, verificando que aeroportos concedidos, em especial os incluídos nas rodadas mais recentes, apresentam maior capacidade de equilíbrio operacional e sustentabilidade ambiental.

Ao incluir *outputs* indesejados, como emissões de poluentes provenientes da movimentação aérea nos aeroportos, o Modelo D possibilitou capturar uma faceta pouco evidenciada em avaliações de eficiência. Com isso, os resultados indicam que a eficiência socioambiental não é apenas um subproduto da gestão privada, mas sim uma dimensão que pode ser estimulada e direcionada por meios regulatórios desde que bem desenhados, mas que

exigem ainda incentivos e exigências que vão além das contratuais.

De modo geral, os resultados empíricos conduzem a confirmação da hipótese de que a eficiência aeroportuária, em suas diversas dimensões, é sensível à governança adotada, mas também a classe do aeroporto e ao marco contratual da concessão. Além disso, os resultados evidenciam que os impactos positivos das concessões só são potencializados quando há alinhamento entre os objetivos de interesse público e privados, exigindo uma regulamentação clara e direcionada, além de considerar a capacidade de resposta das concessionárias as demandas operacionais e sociais esperadas para os contratos.

Portanto, a presente pesquisa apresentou um conjunto metodológico e analítico que distingue quanto a abordagem de avaliação da eficiência aeroportuária. Em primeiro plano, o uso do Network DEA em dois estágios com outputs indesejados é inédito em avaliar a questão da latência entre os membros do setor aéreo (companhias e aeroportos).

A estrutura vertical adotada, inspirada em estudos como os de Zhang & Czerny (2012), Wanke (2013) e Ha *et al.* (2013), permitiu capturar a interdependência entre os aeroportos e as companhias aéreas, tratando a eficiência como um processo encadeado de conversão de infraestrutura em conectividade e, posteriormente, em atendimento à demanda com qualidade. Tal abordagem avança em relação à maioria dos trabalhos anteriores publicados, que se concentram em análises de eficiência estática, em um único estágio, desconsiderando as complexas relações entre os agentes do setor aéreo.

Em segundo plano, a incorporação de variáveis ambientais como *outputs* permitiu avaliar a eficiência socioambiental dos aeroportos concedidos. Essa vertente, pouco explorada na literatura, foi desenvolvida com base em contribuições recentes da literatura internacional (Carlucci et al., 2018; Ngo & Tian, 2021; Yang et al., 2019; Queiroz Júnior, 2023; Domingos *et al.*, 2025), e responde à necessidade de alinhamento das análises de eficiência com as exigências contemporâneas de sustentabilidade e responsabilidade socioambiental. Ao considerar simultaneamente variáveis operacionais, sociais e ambientais, esta tese adota uma abordagem holística, ampliando o escopo tradicional da análise de desempenho aeroportuário.

Do ponto de vista empírico, o estudo também inova ao construir uma base de dados longitudinal com 30 aeroportos, cobrindo um intervalo de 25 anos (2000–2024), período que abrange todas as sete rodadas de concessão no Brasil. Esse recorte temporal extenso possibilitou não apenas identificar padrões estáticos, mas também avaliar a evolução das eficiências técnicas ao longo do tempo, incluindo análises de *benchmarking* e variações intertemporais com o uso

do Índice de Malmquist. A segmentação dos aeroportos por rodada de concessão e classe operacional também representa um avanço em relação aos estudos que tratam o setor de forma homogênea, desconsiderando as especificidades estruturais e contratuais que impactam o desempenho dos aeroportos.

Apesar dessas contribuições, algumas limitações metodológicas e empíricas merecem ser reconhecidas. A principal limitação refere-se à ausência de dados financeiros consistentes e padronizados entre os aeroportos analisados, o que impossibilitou a inclusão de variáveis diretamente relacionadas à eficiência alocativa ou à sustentabilidade financeira das operações. Como discutido por Teixeira *et al.* (2024) e Keskin & Köksal (2019), a análise financeira é essencial para compreender os *trade-offs* entre rentabilidade e desempenho técnico, especialmente no contexto de concessões orientadas ao lucro. A indisponibilidade dessas informações se deve, em parte, à baixa transparência de alguns operadores privados e à dificuldade de acesso a dados consolidados das empresas aéreas.

Além disso, a modelagem DEA, apesar de suas vantagens na avaliação multi-*input* e multi-*output*, apresenta limitações relacionadas à sensibilidade a *outliers*, à ausência de inferência estatística direta e à dependência do conjunto de comparação. Embora tais restrições tenham sido parcialmente mitigadas pelo uso do Network DEA e pela análise de *benchmarking*, a ausência de uma segunda etapa de regressão (como Tobit ou Bootstrap DEA) restringe a capacidade de isolar o impacto causal de variáveis contextuais, como regulação, localização geográfica ou estratégias de marketing aeroportuário. Futuras pesquisas poderiam avançar nesse aspecto por meio da integração de modelos DEA com métodos econométricos, explorando, por exemplo, as relações entre variáveis explicativas (ex.: tipo de concessão, nível de autonomia, presença de companhias aéreas dominantes) e as eficiências obtidas.

Outro aspecto que pode ser aprofundado em estudos futuros diz respeito à incorporação da perspectiva do usuário, por meio da inclusão de indicadores diretos de satisfação, acessibilidade, tempo de permanência ou percepção de qualidade. Ainda que esta tese tenha se pautado em variáveis objetivas e mensuráveis, reconhece-se que a eficiência percebida pelo usuário final constitui um elemento central na avaliação da efetividade das concessões, como destacado por Graham (2020) e Rolim *et al.* (2016).

A análise comparativa internacional é também uma frente promissora para investigações futuras. A replicação do modelo desenvolvido nesta pesquisa em contextos de outros países da América Latina, como Chile, Peru e Colômbia, poderia revelar semelhanças e divergências

entre os contratos de concessão, os marcos regulatórios e os resultados operacionais, contribuindo para a construção de uma agenda regional de boas práticas.

Por fim, estudos posteriores podem aprofundar a avaliação longitudinal das concessões brasileiras, incorporando os efeitos da pandemia de COVID-19 de forma isolada e controlada, bem como os desdobramentos recentes de devoluções contratuais e reestruturações regulatórias. A continuidade das análises nos próximos anos será essencial para verificar a resiliência e a capacidade adaptativa dos modelos de concessão implantados, sobretudo em face de choques externos e transformações no mercado aéreo global.

Em síntese, embora a presente pesquisa tenha avançado substancialmente na modelagem e compreensão dos fatores que influenciam a eficiência aeroportuária no Brasil, reconhece-se que o fenômeno é dinâmico e multifacetado, exigindo abordagens integradas, dados mais abrangentes e metodologias complementares. Esta tese, ao propor uma leitura multidimensional, regulatória e aplicada da eficiência aeroportuária, pretende contribuir para o desenvolvimento de uma base teórico-metodológica sólida que oriente tanto a academia quanto os formuladores de políticas públicas e os agentes do setor.

REFERÊNCIAS

- ADLER, N.; LIEBERT, V.; YAZHEMSKY, E. Benchmarking airports from a managerial perspective. *Omega*, v. 41, p. 442-458, 2013.
- AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL (ANAC), 2024. *Aeroportos Concedidos*. Disponível em: [<https://www.gov.br/anac/pt-br/assuntos/concessoes/aeroportos-concedidos>].
- AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL (ANAC), 2025. *Dados Estatísticos*. Disponível em: [<https://www.gov.br/anac/pt-br/assuntos/dados-e-estatisticas/dados-estatisticos>].
- Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC). **Edital nº 33/ANAC/2022: Programa Aeroportos Sustentáveis**, Edição 2022. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, 8 dez. 2022.
- AGUIRRE, J.; MATEU, P.; PANTOJA, C. **Granting airport concessions for regional development: Evidence from Peru**. *Transport Policy*, v. 74, p. 138-152, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2018.12.003>.
- ARAÚJO, Thiago Cardoso; HOCAYEN, Helena Gouvêa de Paula. Navigating multi-airport systems: A case study of Brazilian airport concessions and the multi-airport system of Rio de Janeiro. *Journal of Air Transport Management*, v. 114, p. 102507, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jairtraman.2023.102507>.
- ASSAF, A. G. The cost efficiency of Australian airports post-privatization: A Bayesian methodology. *Tourism Management*, v. 31, n. 2, p. 267–273, 2010.
- BARROS, C. P.; DIEKE, P. U. C. Measuring the economic efficiency of airports: A Simar-Wilson methodology analysis. *Transportation Research Part E*, v. 44, p. 1039-1051, 2008.
- BARROS, Carlos Pestana; PEYPOCH, Nicolas. An evaluation of European airlines' operational performance. *International Journal of Production Economics*, v. 122, n. 2, p. 525–533, 2009. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2009.04.016>.
- BONIFAZ, J. L.; SAAVEDRA, E. H. Aggressive bidding and the renegotiation of concession contracts. *Utilities Policy*, v. 85, 2023.
- BRITO, I. R. S.; OLIVEIRA, A. V. M.; DRESNER, M. E. An econometric study of the effects of airport privatization on airfares in Brazil. *Transport Policy*, v. 114, p. 338-349, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2021.10.015>.

BUDD, Lucy; ISON, Stephen. Public utility or private asset? The evolution of UK airport ownership. *Case Studies on Transport Policy*, v. 9, p. 212–218, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.cstp.2020.12.004>.

CARLUCCI, F.; CIRA, A.; COCCORESE, P. Measuring and Explaining Airport Efficiency and Sustainability: Evidence from Italy. *Sustainability*, v. 10, n. 2, p. 400, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/su10020400>.

CARLUCCI, F.; CIRÀ, A.; COCCORESE, P. Measuring and Explaining Airport Efficiency and Sustainability: Evidence from Italy. *Sustainability*, v. 10, n. 2, p. 448, 2018.

CELESTINO, M. A.; LIMA, I. M. T. B. da C.; BRAGA, I. Y. de L. G.; BANDEIRA, M. C. G. da S. P.; FALCÃO, V. A. O Impacto da Concessão no Desempenho de Aeroportos Regionais: O Caso de Campina Grande-PB. In: XXI SITRAER 2024 | Air Transportation Symposium. Fortaleza, Ceará: ATRS, 2024.

CHARNES, A.; COOPER, W. W.; RHODES, E. Measuring the efficiency of decision making units. *European Journal of Operational Research*, v. 2, n. 6, p. 429–444, 1978.

CHOO, Y. Y.; CORBO, L.; WANG, K. Joint impact of airline market structure and airport ownership on airport market power and profit margin. *Transport Policy*, v. 72, p. 67-78, 2018.

CURI, C.; GITTO, S.; MANCUSO, P. New evidence on the efficiency of Italian airports: A bootstrapped DEA analysis. *Socio-Economic Planning Sciences*, v. 45, n. 2, p. 84-93, 2011.

CURI, C.; GITTO, S.; MANCUSO, P. The Italian airport industry in transition: a performance analysis. *Journal of Air Transport Management*, v. 16, n. 4, p. 218-221, 2010.

DA SILVA, F. G. F.; FALCÃO, V. e QUEIROZ JUNIOR, H. da S. Ten Years of Brazilian Airport Concessions, Learned Lessons (March 25, 2023). Available at SSRN: <https://ssrn.com/abstract=4399908>

DA SILVA, F. G. F.; RODRIGUES, J. A. S. ; FALCAO, V. A. . ANÁLISE DOS GANHOS DE EFICIÊNCIA DOS AEROPORTOS CONCEDIDOS NO PRIMEIRO GRUPO DE LEILÕES BRASILEIROS. In: Balneário Camburiú. 33º Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes da ANPET, 2019.

DEPARTAMENTO DE CONTROLE DO ESPAÇO AÉREO (DECEA). *AISWEB - Informações Aeronáuticas do Brasil*. Disponível em: [<https://aisweb.decea.mil.br/>].

DOMINGOS, M. C. de F.; GOMES, R. de A.; QUEIROZ JÚNIOR, H. da S.; FALCÃO, V. A.

Unlocking efficiency and environmental impact: Analyzing concessioned Brazilian airports. *Journal of Air Transport Management*, v. 124, p. 102754, 2025. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jairtraman.2025.102754>

DOMINGUES, Sérgio; ZLATKOVIC, Dejan. **Renegotiating PPP Contracts: Reinforcing the 'P' in Partnership**. *Transport Reviews: A Transnational Transdisciplinary Journal*, v. 35, n. 2, p. 204-225, 2015. DOI: 10.1080/01441647.2014.992495.

ENGEL, E. M. R. A.; FISCHER, R.; GALETOVIC, A. Soft budgets and endogenous renegotiations in transport PPPs: An equilibrium analysis. *Economics of Transportation*, v. 17, p. 40-50, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ecotra.2018.12.003>.

FALCÃO, Viviane Adriano et al. **Scientific investigations in air transport about Brazil: A bibliometric review**. *Case Studies on Transport Policy*, v. 9, n. 4, p. 1912-1921, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.cstp.2021.10.012>.

FALCAO, V. A.; QUEIROZ JUNIOR, H. S.; SANTANA, L. O.; DaSILVA, F. G. F.; ANDRADE, M.; ARRUDA, F. S.. ASPECTOS CONTRATUAIS DE AEROPORTOS BRASILEIROS: UM ESTUDO DOS BLOCOS DE CONCESSÕES E FATORES EXÓGENOS.. In: Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes, 2023, Santos.

FÄRE, R., GROSSKOPF, S., LINDGREN, B., & ROOS, P. (1992). Productivity changes in Swedish pharmacies 1980–1989: A non-parametric Malmquist approach. *Journal of Productivity Analysis*, 3(1-2), 85-101.

FÄRE, R., GROSSKOPF, S., NORRIS, M., & ZHANG, Z. (1994). Productivity Growth, Technical Progress, and Efficiency Change in Industrialized Countries. *American Economic Review*, 84, 66-83.

FERNANDES, E., PACHECO, R.R., 2018. Managerial performance of airports in Brazil before and after concessions. *Transp. Res. Part A* 118 (2018), 245–257. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2018.09.003>.

FERNANDES, Elton; PACHECO, R. R. **Efficient use of airport capacity**. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, v. 36, n. 3, p. 225-238, 2002. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/S0965-8564\(00\)00046-X](https://doi.org/10.1016/S0965-8564(00)00046-X).

FERNANDES, Elton; PACHECO, Ricardo Rodrigues. **Managerial performance of airports in Brazil before and after concessions**. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, [S. l.], v. 118, p. 245-257, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.tra.2018.09.003>.

FERNANDES, Elton; PACHECO, Ricardo Rodrigues. Managerial performance of airports in Brazil before and after concessions. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, v. 118, p. 245–257, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.tra.2018.09.003>.

FERNÁNDEZ, X. L.; GUNDELFINGER, J.; COTO-MILLÁN, P. The impact of logistics and intermodality on airport efficiency. *Transport Policy*, v. 124, p. 233-239, 2022.

FERNÁNDEZ, X. L.; GUNDELFINGER, J.; COTO-MILLÁN, P. The impact of logistics and intermodality on airport efficiency. *Transport Policy*, v. 124, p. 233-239, 2022.

FRAGOUDAKI, A.; GIOKAS, D. Airport efficiency in the dawn of privatization: The case of Greece. **Journal of Air Transport Management**, v. 86, p. 101821, 2020.

GALDIANO, L.; FALCAO, V. A.; DaSILVA, F. G. F.. REVISÃO SISTEMÁTICA CONCESSÕES AEROPORTUÁRIAS E O CASO BRASILEIRO. In: SITRAER XVIII, 2019, Brasília. SITRAER XVIII, 2019.

GRAHAM, A. **The objectives and outcomes of airport privatisation.** *Research in Transportation Business & Management*, v. 1, p. 3-14, 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.rtbm.2011.05.004>.

GRAHAM, Anne. **Airport privatization: A successful journey?** *Journal of Air Transport Management*, [S. l.], v. 89, p. 101930, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jairtraman.2020.101930>.

GUASCH, J. Luis; LAFFONT, Jean-Jacques; STRAUB, Stéphane. Renegotiation of concession contracts in Latin America: Evidence from the water and transport sectors. *International Journal of Industrial Organization*, v. 26, n. 2, p. 421-442, 2008.

HA, H.-K.; WAN, Y.; YOSHIDA, Y.; ZHANG, A. Airline market structure and airport efficiency: Evidence from major Northeast Asian airports. *Journal of Air Transport Management*, v. 33, p. 32-42, 2013.

HENKE, I.; ESPOSITO, M.; DELLA CORTE, V.; DEL GAUDIO, G.; PAGLIARA, F. Airport Efficiency Analysis in Europe Including User Satisfaction: A Non-Parametric Analysis with DEA Approach. *Sustainability*, v. 14, n. 283, p. 1-24, 2022.

HIDALGO-GALLEGO, S.; MATEO-MANTECÓN, I. Effect of concentration in airline market on Spanish airport technical efficiency. *Journal of Air Transport Management*, v. 76, p. 56-66, 2019.

HIDALGO-GALLEGO, S.; MATEO-MANTECÓN, I. Effect of concentration in airline market on Spanish airport technical efficiency. *Journal of Air Transport Management*, v. 76, p. 56-66, 2019.

HUMPHREYS, I., 1999. Privatisation and commercialisation. Changes in UK airport ownership patterns. *J. Transport Geogr.* 7 (2), 121–134. [https://doi.org/10.1016/S0966-6923\(98\)00038-6](https://doi.org/10.1016/S0966-6923(98)00038-6).

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE), 2025. *Sistema IBGE de Recuperação Automática - SIDRA*. Disponível em: [<https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/pib-munic/tabelas>].

KAO, C.; HWANG, S. N. Efficiency measurement for network systems: IT impact on firm performance. *Decision Support Systems*, v. 43, n. 3, p. 1045–1059, 2007.

KESKIN, B.; KÖKSAL, C. D. A hybrid AHP/DEA-AR model for measuring and comparing the efficiency of airports. *International Journal of Productivity and Performance Management*, v. 68, n. 3, p. 524-541, 2019.

LIPOVICH, G., 2008. **The privatization of Argentine airports**. *Journal of Air Transport Management*, 8–15. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jairtraman.2007.08.003>

LOZANO, S.; GUTIÉRREZ, E. Slacks-based measure of efficiency of airports with airplanes delays as undesirable outputs. *Computers & Operations Research*, v. 38, n. 1, p. 131-139, 2011.

MERKERT, R.; MANGIA, L. Efficiency of Italian and Norwegian airports: A matter of management or of the level of competition in remote regions? *Transportation Research Part A*, v. 62, p. 30-38, 2014.

NGO, Thanh; TIAN, Qixia. **Corporate social responsibility awareness and performance: the case of Chinese airports**. *International Journal of Productivity and Performance Management*, v. 70, n. 8, p. 2131-2148, 2021. DOI 10.1108/IJPPM-07-2019-0336

OHTA, Kazuhiro. **International airports: financing methods in Japan**. *Journal of Air Transport Management*, [S. l.], v. 5, n. 4, p. 223-234, 1999.

OUM, T. H.; ADLER, N.; YU, C. Privatization, corporatization, ownership forms and their effects on the performance of the world's major airports. *Journal of Air Transport Management*, v. 12, n. 3, p. 109-121, 2006. doi:10.1016/j.jairtraman.2005.11.003

P. FREATHY AND F. O'CONNELL, *European Airport Retailing*, Macmillan, Basingstoke

(1998).

PACAGNELLA JUNIOR, A. C.; HOLLAENDER, P. S.; MAZZANATI, G. V.; BORTOLETTO, W. W. Infrastructure and Flight Consolidation Efficiency of Public and Private Brazilian International Airports: A Two-Stage DEA and Malmquist Index Approach. *Journal of Advanced Transportation*, v. 2020, p. 1-15, 2020.

PARK, J.H.; KIM, J.H. The Impact of Airport Managerial Type and Airline Market Share on Airport Efficiency. *Sustainability*, v. 13, n. 2, p. 981, 2021.

PATHOMSIRI, S. et al. Impact of undesirable outputs on the productivity of US airports. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, v. 44, n. 2, p. 235-259, 2008.

PELS, E.; NIJKAMP, P.; RIETVELD, P. Inefficiencies and scale economies of European airport operations. *Transportation Research Part E*, v. 39, p. 341-361, 2003.

QUEIROZ JÚNIOR, H. da S.; CELESTINO, M. A. de S.; SOUZA, C. F. F. de; FALCÃO, V. A.; CAMIOTO, F. de C. CO₂ Emissions in Air Transport: A Comparative Study Using Data Envelopment Analysis. *Transportation Research Record*, v. 2678, n. 5, p. 872–883, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1177/03611981231193407>.

ROLIM, P. S. W.; BETTINI, H. F. A. J.; OLIVEIRA, A. V. M. **Estimating the impact of airport privatization on airline demand: A regression-based event study.** *Journal of Air Transport Management*, v. 54, p. 31-41, 2016. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jairtraman.2016.03.019>

SAMPAIO, A. P. de A.; ANDRADE, M. O. de; FALCÃO, V. A.; DOMINGOS, M. C. de F.; OLIVEIRA, A. M. de. Air Transport Demand Forecast to Making the Regional Aviation Sustainable in Northeast of Brazil. *Journal of Sustainable Development*, v. 14, n. 6, p. 69-85, 2021.

SANTOS, L. J.; OLIVEIRA, A. V. M.; ALDRIGHI, D. M. Testing the differentiated impact of the COVID-19 pandemic on air travel demand considering social inclusion. *Journal of Air Transport Management*, v. 94, p. 102082, 2021.

SCOTTI, D.; DRESNER, M.; MARTINI, G.; YU, C. Incorporating negative externalities into productivity assessments of US airports. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, v. 62, p. 39-53, 2014.

SUGIMURA, Yoshihisa; KATO, Azuma. **Airport concession in Japan: Current status, problems, and future directions.** *Research in Transportation Business & Management*, v. 43, 100738, 2022. DOI: 10.1016/j.rtbm.2021.100738.

TOLEDO, Fernanda Silva; FALCÃO, Viviane Adriano; CAMIOTO, Flávia de Castro; SILVA, Paulo Afonso Lopes da. A privatização torna os aeroportos brasileiros mais eficientes? *Transportes*, v. 29, n. 2, p. 1–16, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.14295/transportes.v29i2.2304>.

TONE, K.; TSUTSUI, M. Network DEA: A slacks-based measure approach. *European Journal of Operational Research*, v. 197, n. 1, p. 243–252, 2009.

TURNER, Don. **Corporate Planning within the British Airports Authority.** *Long Range Planning*, v. 19, n. 3, p. 35-40, jun. 1986. BONIFAZ & SAAVEDRA, 2023.

ÜLKÜ, T. A comparative efficiency analysis of Spanish and Turkish airports. *Journal of Air Transport Management*, v. 46, p. 56-68, 2015.

WANKE, P. F. **Physical infrastructure and flight consolidation efficiency drivers in Brazilian airports: A two-stage network-DEA approach.** *Journal of Air Transport Management*, v. 31, p. 1-5, 2013. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jairtraman.2012.09.001>.

WEEKX, S.; BUYLE, S. The effect of airline dominance on airport performance: Empirical evidence from medium-sized European airports. *Journal of Air Transport Management*, v. 107, p. 102317, 2023.

XU, F.; HANAOKA, S.; ONISHI, M. Multi-airport privatization in a Japanese region with trip-chain formation. *Journal of Air Transport Management*, v. 80, p. 101690, 2019.

YANG, T.-W.; NA, J.-H.; HA, H.-K. Comparative Analysis of Production Possibility Frontier in Measuring Social Efficiency with Data Envelopment Analysis: An Application to Airports. *Sustainability*, v. 11, n. 7, p. 2181, 2019.

YANG, Tae-Woong; NA, Joon-Ho; HA, Hun-Koo. **Comparative Analysis of Production Possibility Frontier in Measuring Social Efficiency with Data Envelopment Analysis: An Application to Airports.** *Sustainability*, v. 11, n. 7, p. 2181, 2019. DOI:10.3390/su11072181

YU, M.-M.; CHEN, L.-H.; SHIH, H.-S. Performance measurement using a dynamic data envelopment analysis model. *Expert Systems with Applications*, v. 34, n. 3, p. 2287–2295, 2008

ZHANG, A.; CZERNY, A. I. Airports and airlines economics and policy: An interpretive review of recent research. **Economics of Transportation**, v. 1, n. 1, p. 15-34, 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ecotra.2012.08.001>

ZHANG, A.; CZERNY, A. I. **Airports and airlines economics and policy: An interpretive review of recent research**. *Economics of Transportation*, v. 1, n. 1, p. 15-34, 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ecotra.2012.08.001>.

ZHANG, Anming; ZHANG, Yimin. Airport charges and capacity expansion: effects of concessions and privatization. *Journal of Urban Economics*, v. 53, p. 54–75, 2003. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/S0094-1190\(02\)00500-4](https://doi.org/10.1016/S0094-1190(02)00500-4).

ZHANG, Anming; ZHANG, Yimin. Concession revenue and optimal airport pricing. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, v. 33, n. 4, p. 287–296, 1997. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/S1366-5545\(97\)00029-X](https://doi.org/10.1016/S1366-5545(97)00029-X).

ROCHA, C. H. ; FALCAO, V. A. ; DaSILVA, F. G. F. . AEROPORTOS BRASILEIROS CONCEDIDOS E ENDIVIDAMENTO. In: 36o ANPET, 2022, Fortaleza. 36o Encontro da ANPET, 2022. v. 1. p. 1-12.

ROCHA, C. H. ; SILVA, B. A. ; DaSILVA, F. G. F. . AEROPORTOS BRASILEIROS CONCEDIDOS E PRECARIIDADE FINANCEIRA. In: 34º Congresso de Pesquisa e Ensino em Transporte da ANPET100% Digital, 2020.

Oliveira, R. L., & Andrade, M. E. M. C. (2023). O Impacto das concessões no setor aeroportuário: comparação do desempenho econômico entre aeroportos brasileiros. *Revista Do Serviço Público*, 74(2), 347-369. Recuperado de <https://revista.enap.gov.br/index.php/RSP/article/view/6769>

COOPER, William W.; SEIFORD, Lawrence M.; ZHU, Joe. Data Envelopment Analysis: History, Models, and Interpretations. In: COOPER, W. W.; SEIFORD, L. M.; ZHU, J. (Org.). *Handbook on Data Envelopment Analysis*. 2. ed. New York: Springer, 2011. p. 1–39.

THANASSOULIS, Emmanuel. *Introduction to the Theory and Application of Data Envelopment Analysis: A foundation text with integrated software*. Norwell: Kluwer Academic Publishers, 2001.

WILLIAMSON, Oliver E. *The economic institutions of capitalism: firms, markets, relational contracting*. New York: Free Press, 1985.

WILLIAMSON, Oliver E. The mechanisms of governance. New York: Oxford University Press, 1996.

FIANI, Ronaldo. Governança, instituições e desenvolvimento econômico: uma introdução à nova economia institucional. Rio de Janeiro: Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada – IPEA, 2017. (Texto para Discussão, n. 2261). Disponível em: https://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/7398/1/td_2261.PDF. Acesso em: 23 maio 2025.

HART, Oliver. Incomplete contracts and control. *American Economic Review*, v. 107, n. 7, p. 1731–1752, 2017.

ESTACHE, Antonio; SAUSSIÉ, Stéphane. Public-private partnerships and efficiency: A short assessment. *Revue d'Économie Industrielle*, v. 145, p. 19–42, 2014. Disponível em: https://chaire-eppp.org/files_chaire/estache_saussier_2014.pdf. Acesso em: 23 maio 2025.

SAUSSIÉ, Stéphane; DE BRUX, Jacques. The economics of public-private partnerships: theoretical and empirical developments. ResearchGate, 2018.

APÊNDICE A – Testes e complementos a análise preliminar dos aeroportos

Figura I: Cluster das DMU's: Dendrograma de distribuição estelar.

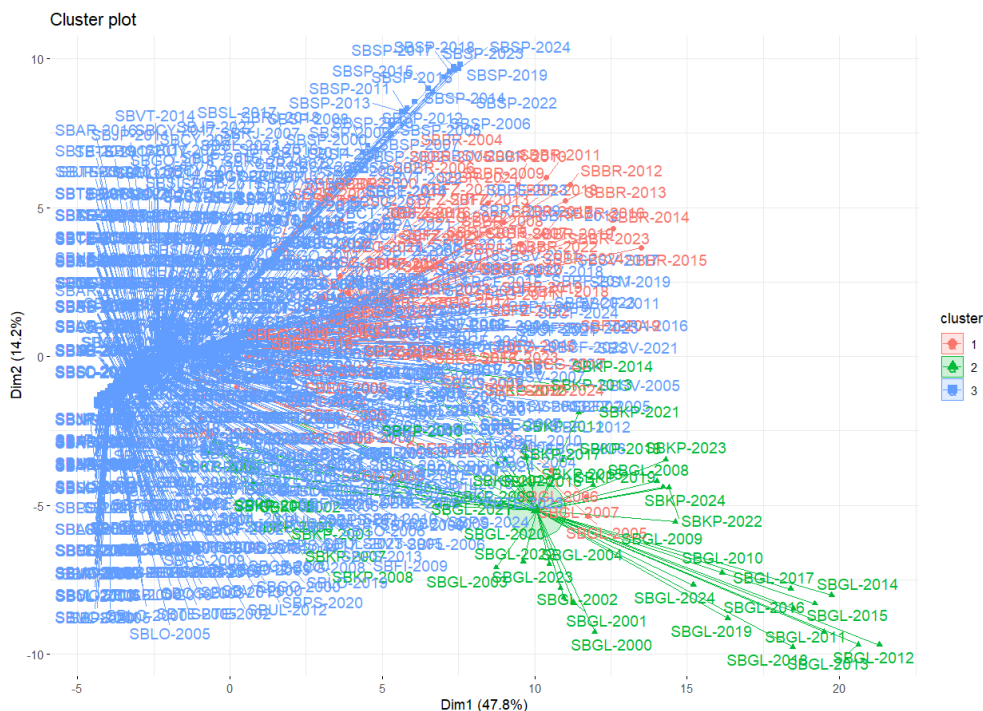


Figura II: Cluster das DMU's: Distribuição por construção K-means em 3 grupos principais.

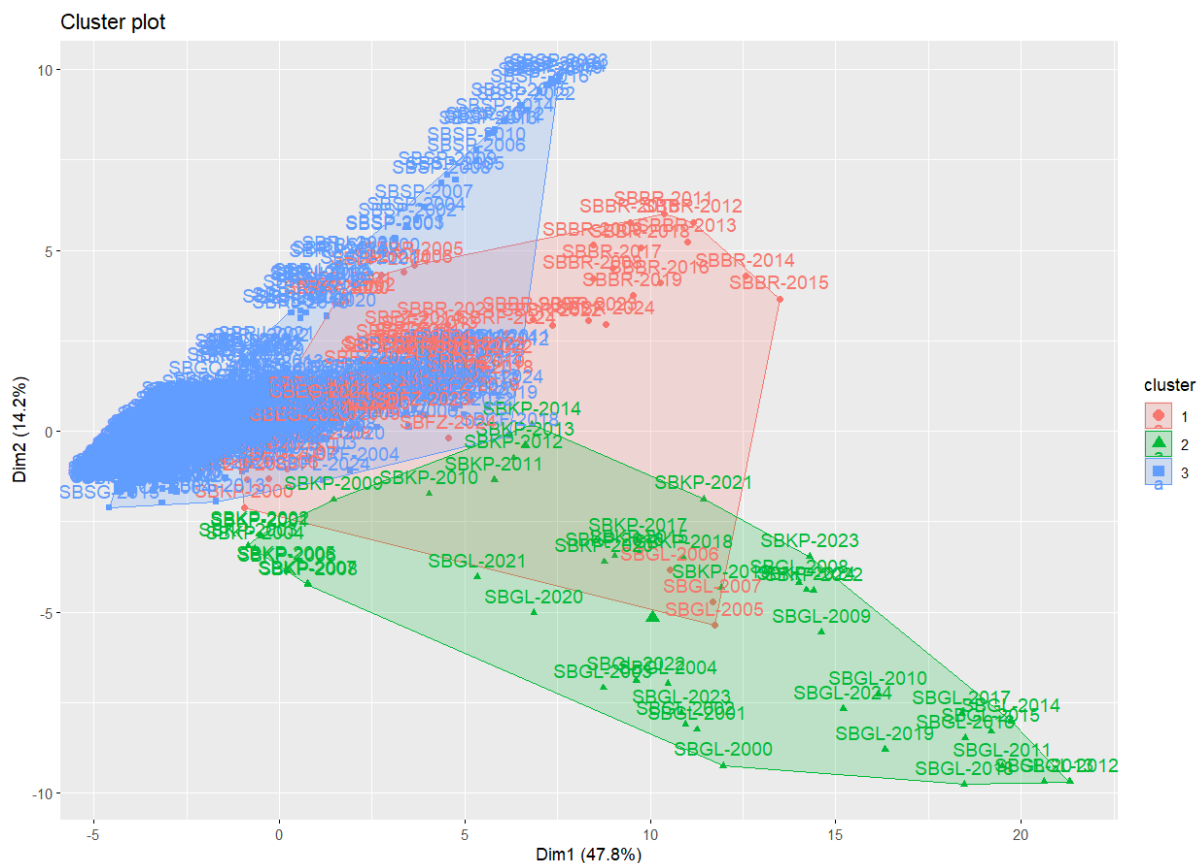


Figura III: Matriz de Correlação - Variáveis Latentes (CIA Aereas).

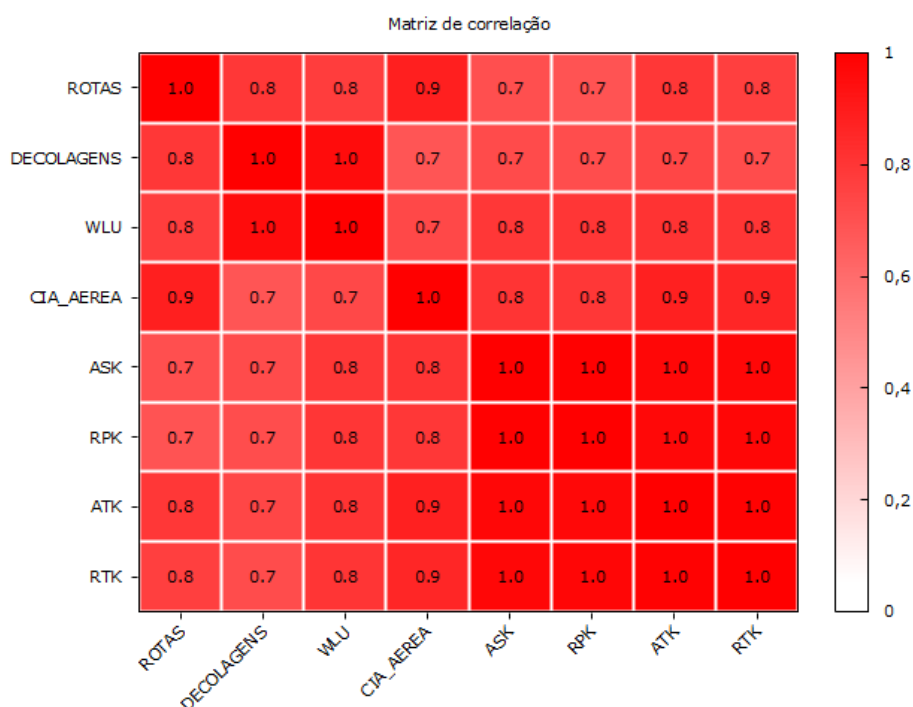


Figura IV: Matriz de Correlação - Variáveis Totais.

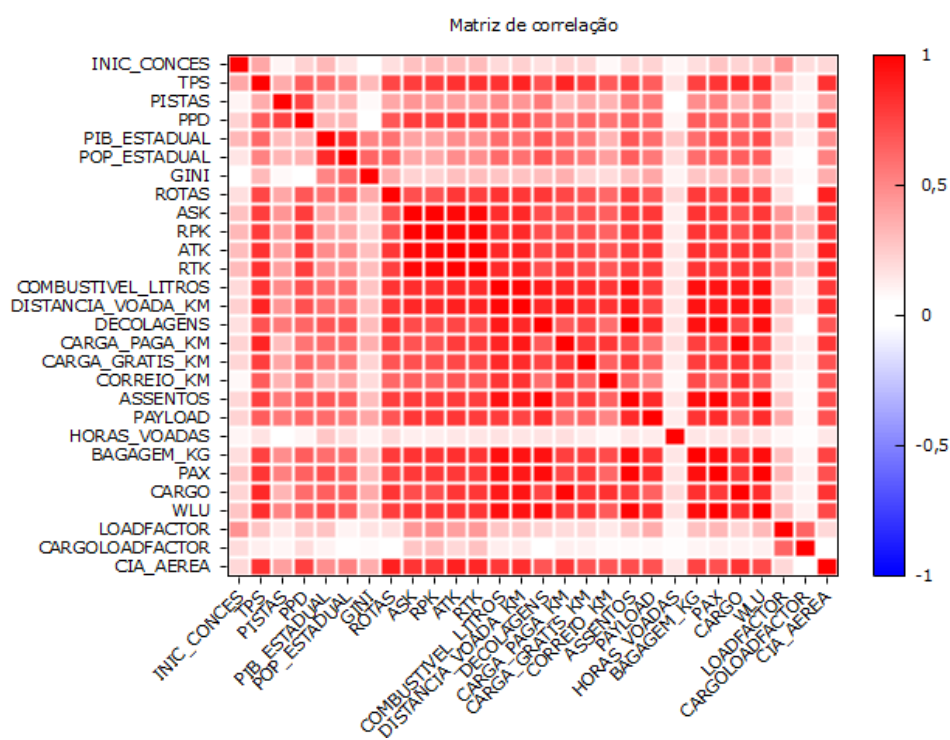


Figura V: Distribuição PCA CIA Aereas – BoxPlot.

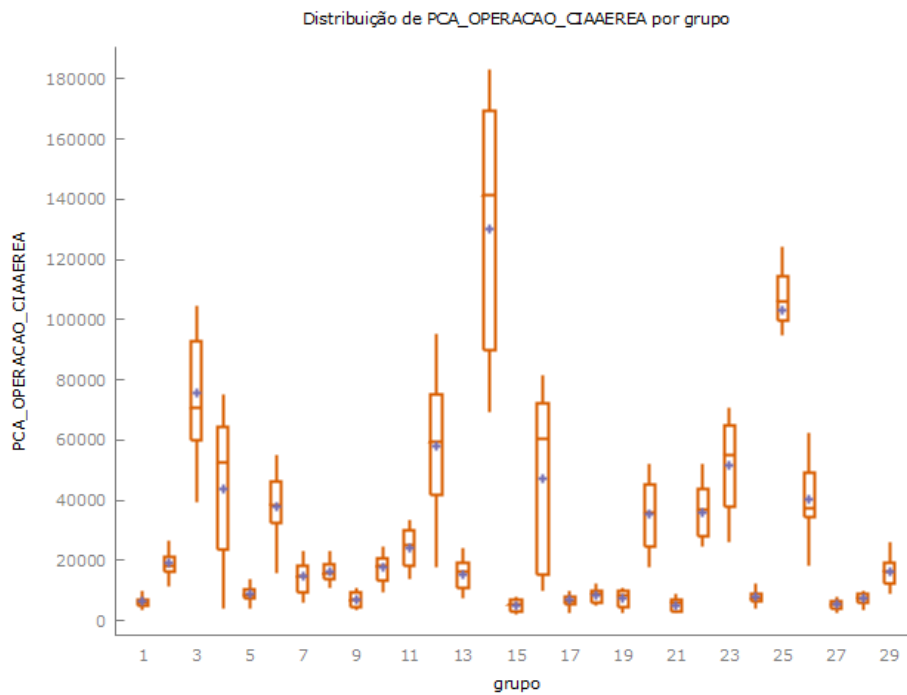


Figura VI: Variação Anual de PAX, WLU, TPS e PPD por aeroporto.

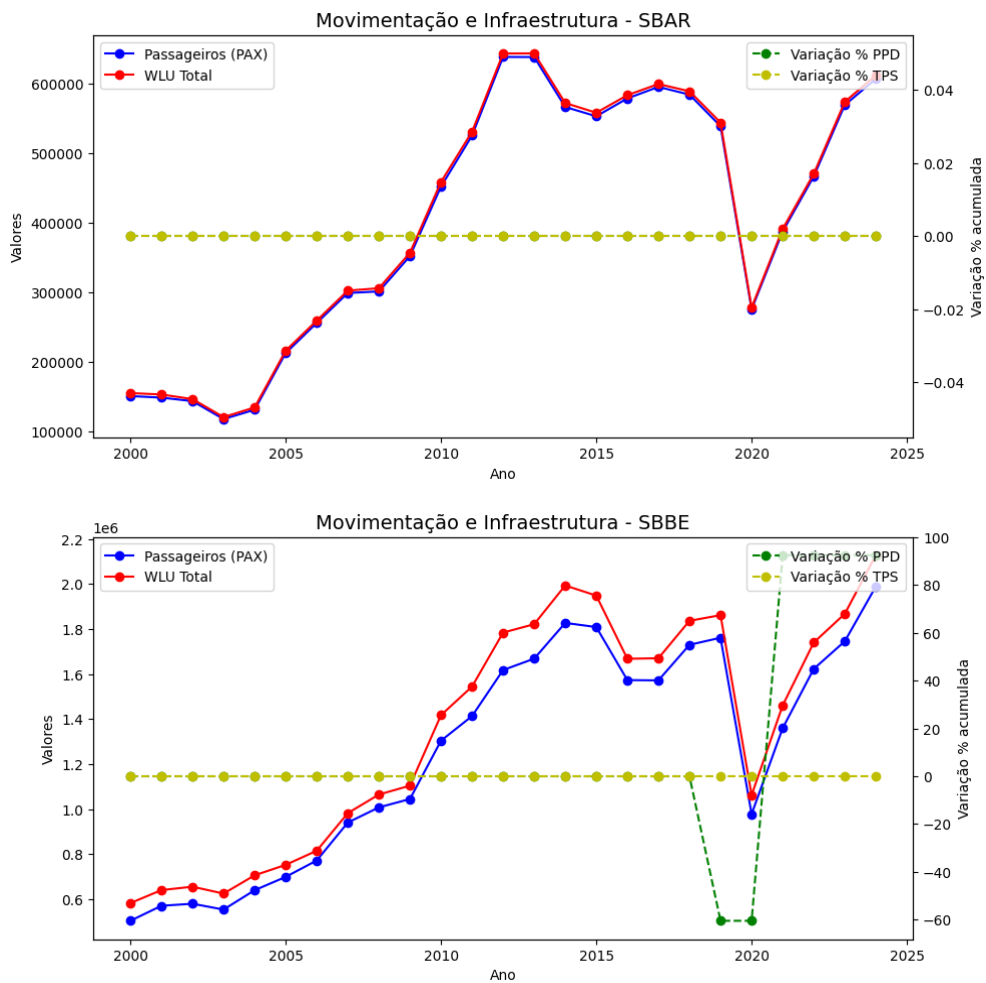


Figura VI: Variação Anual de PAX, WLU, TPS e PPD por aeroporto. (Continuação)

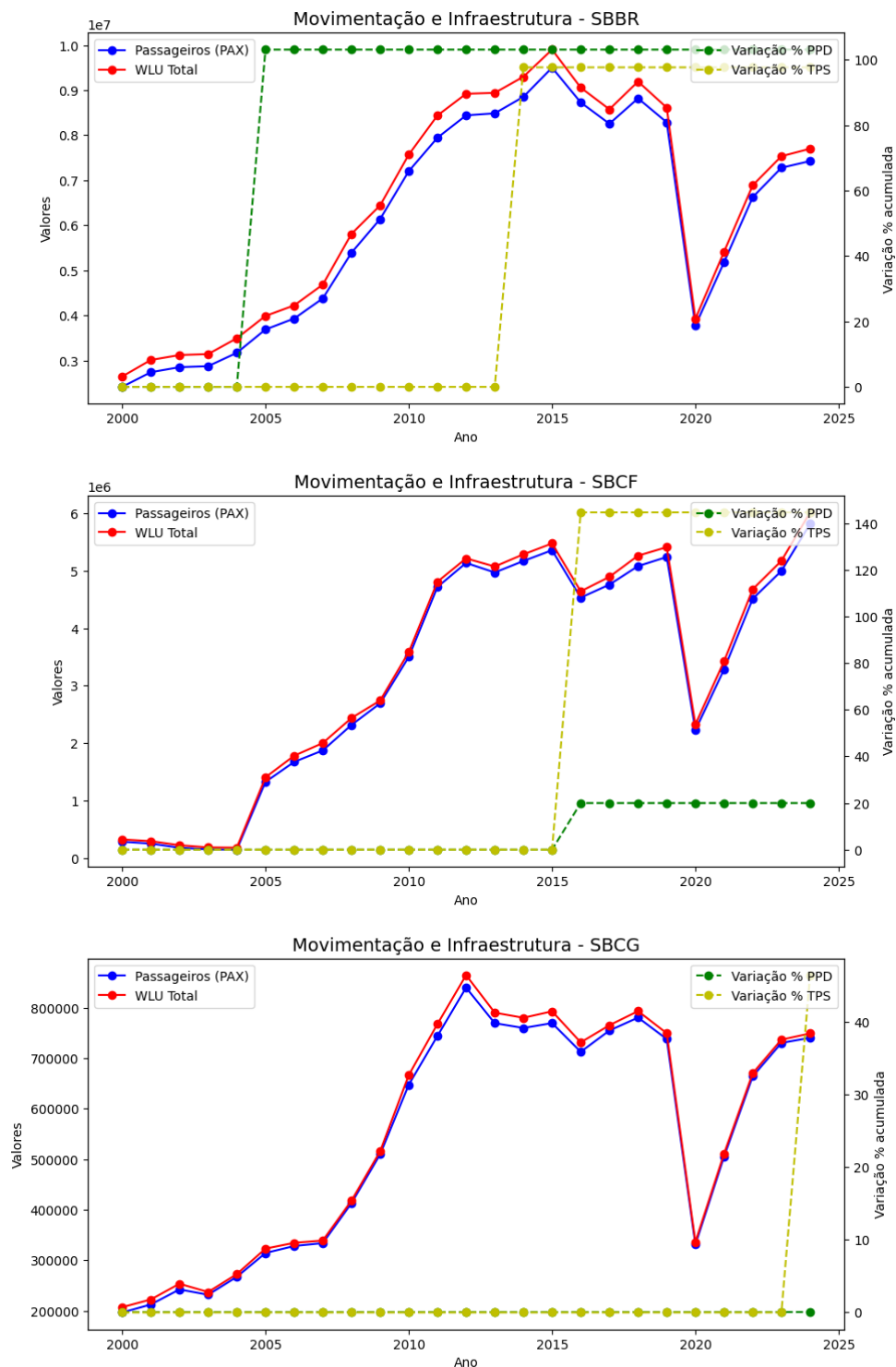


Figura VI: Variação Anual de PAX, WLU, TPS e PPD por aeroporto. (Continuação)

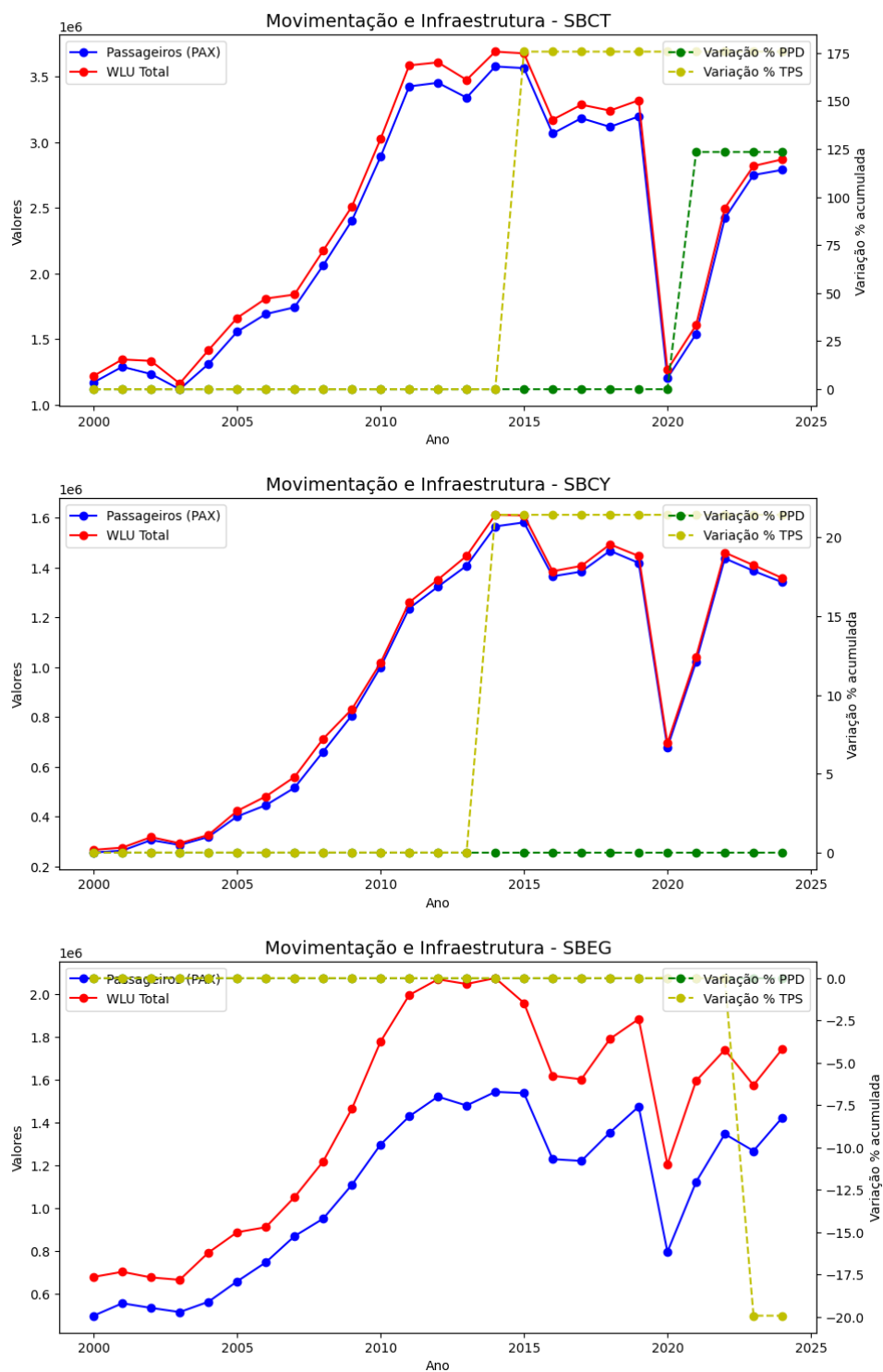


Figura VI: Variação Anual de PAX, WLU, TPS e PPD por aeroporto. (Continuação)

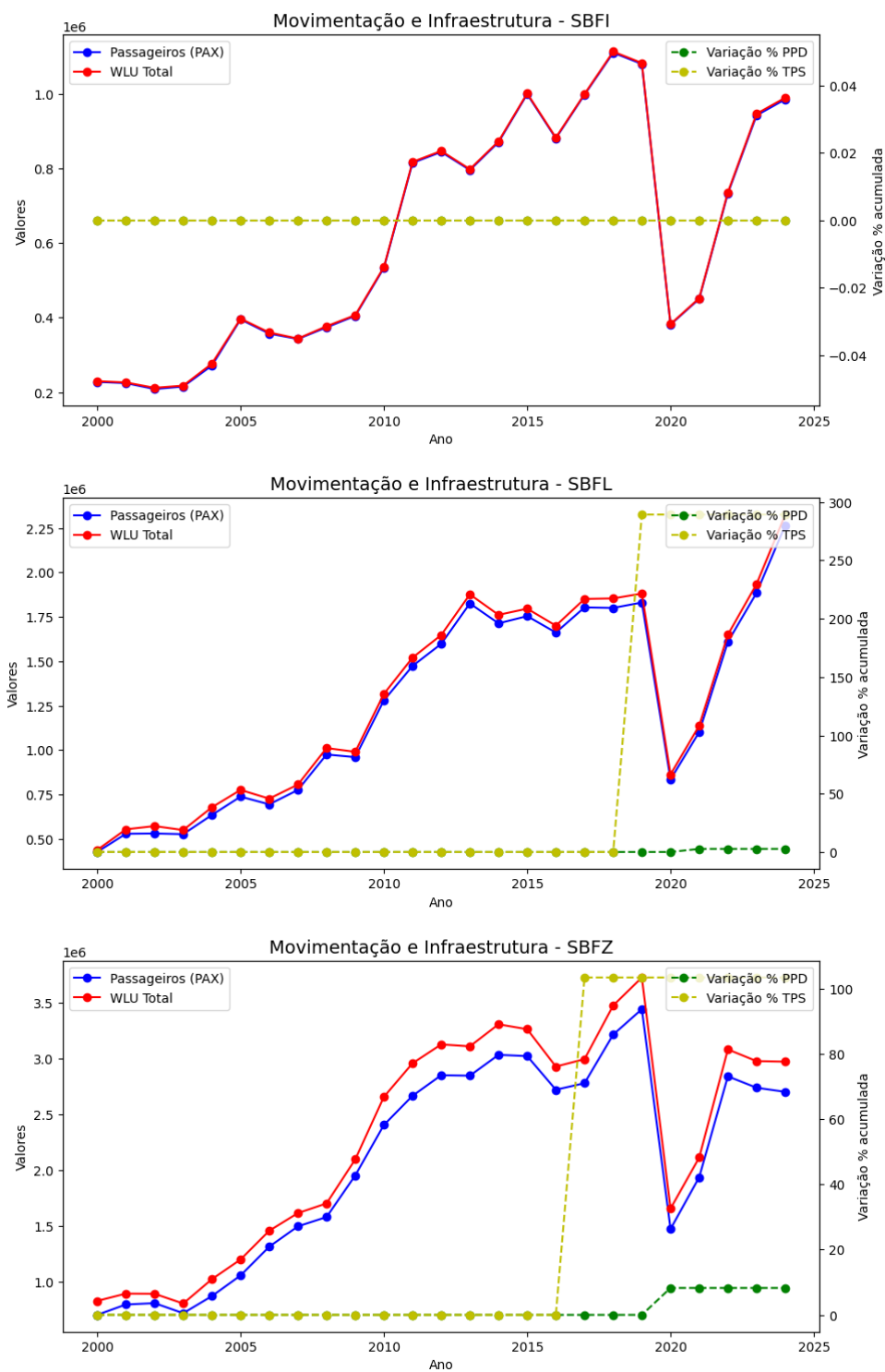


Figura VI: Variação Anual de PAX, WLU, TPS e PPD por aeroporto. (Continuação)

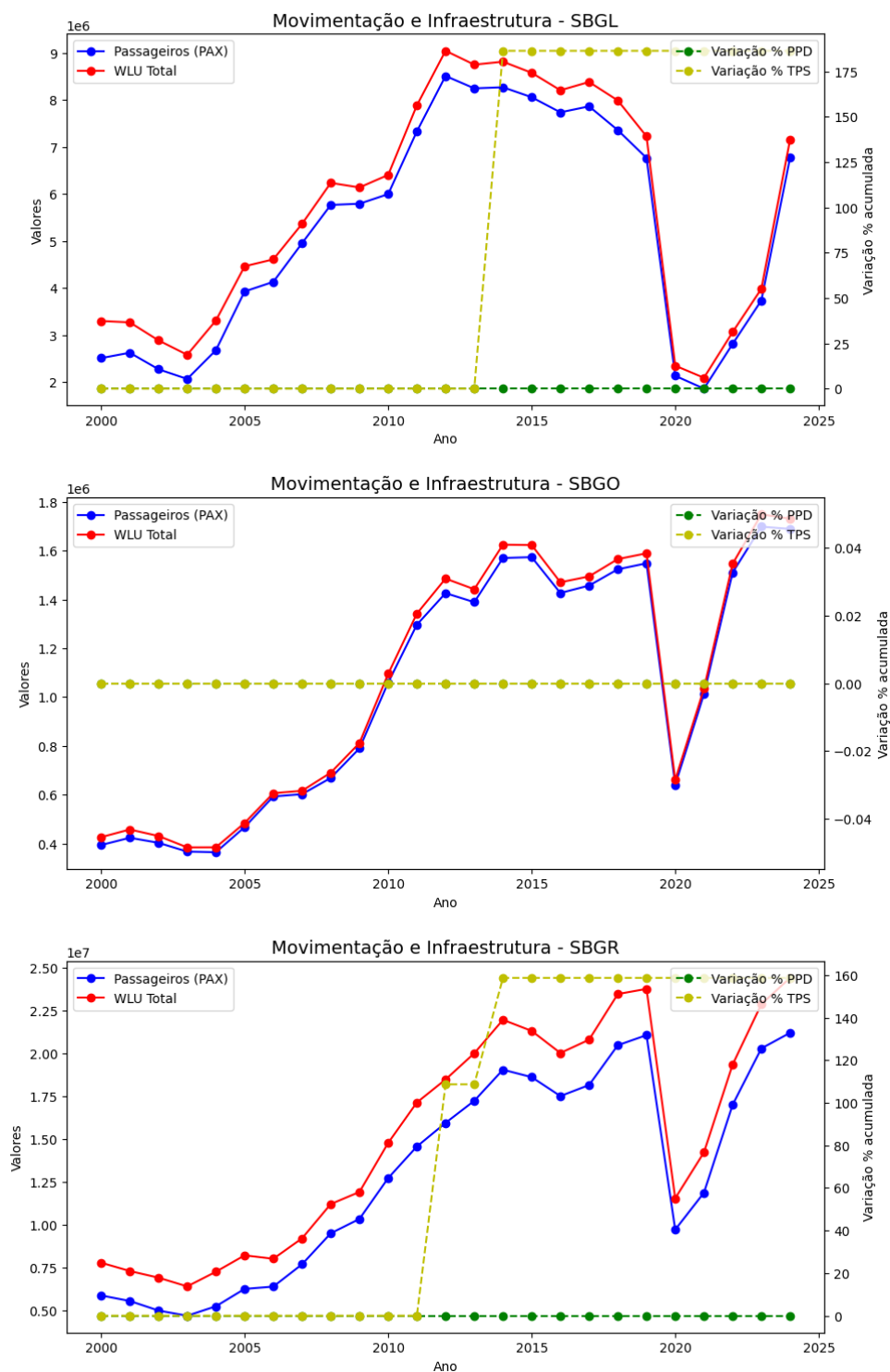


Figura VI: Variação Anual de PAX, WLU, TPS e PPD por aeroporto. (Continuação)

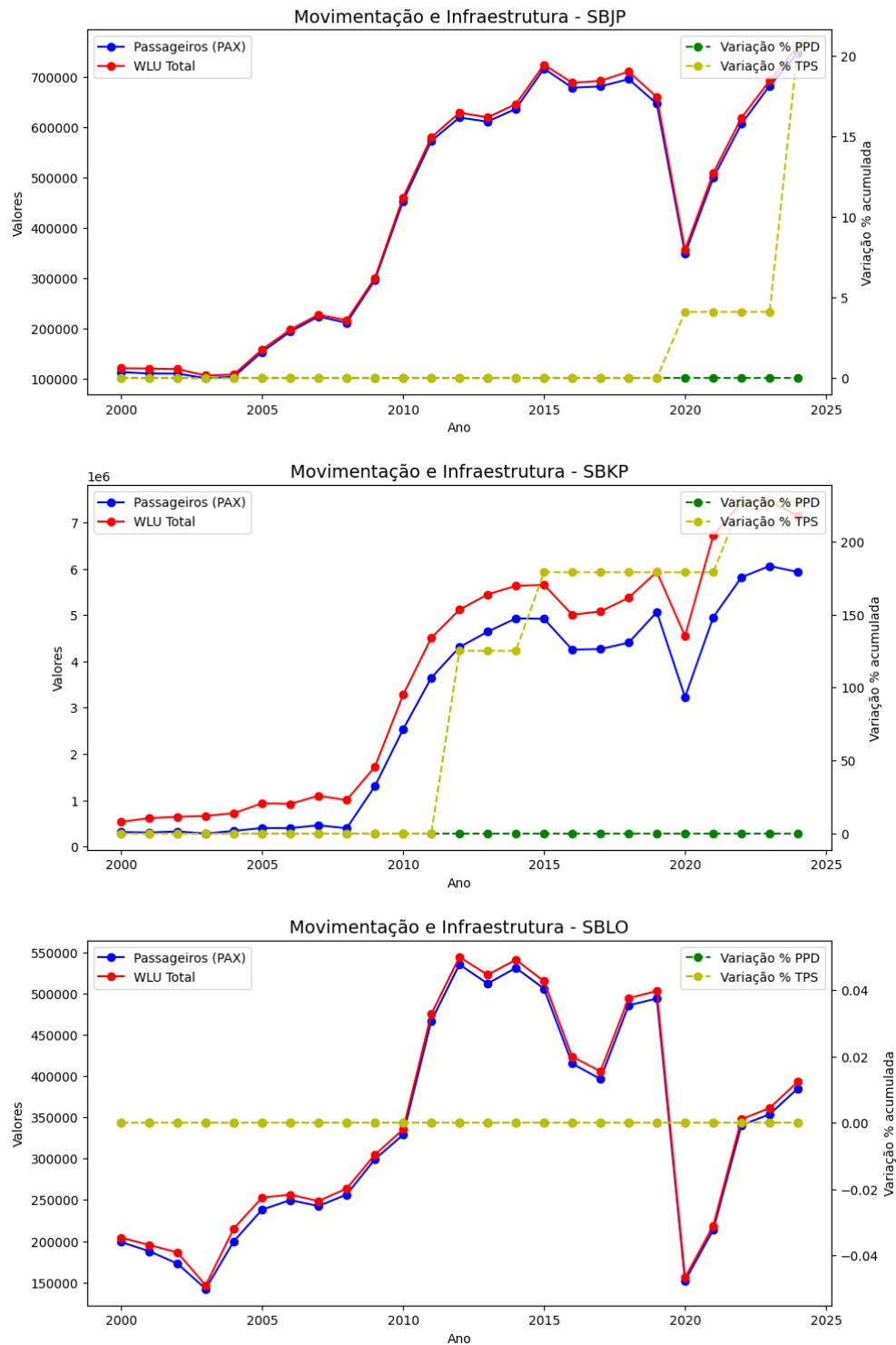


Figura VI: Variação Anual de PAX, WLU, TPS e PPD por aeroporto. (Continuação)

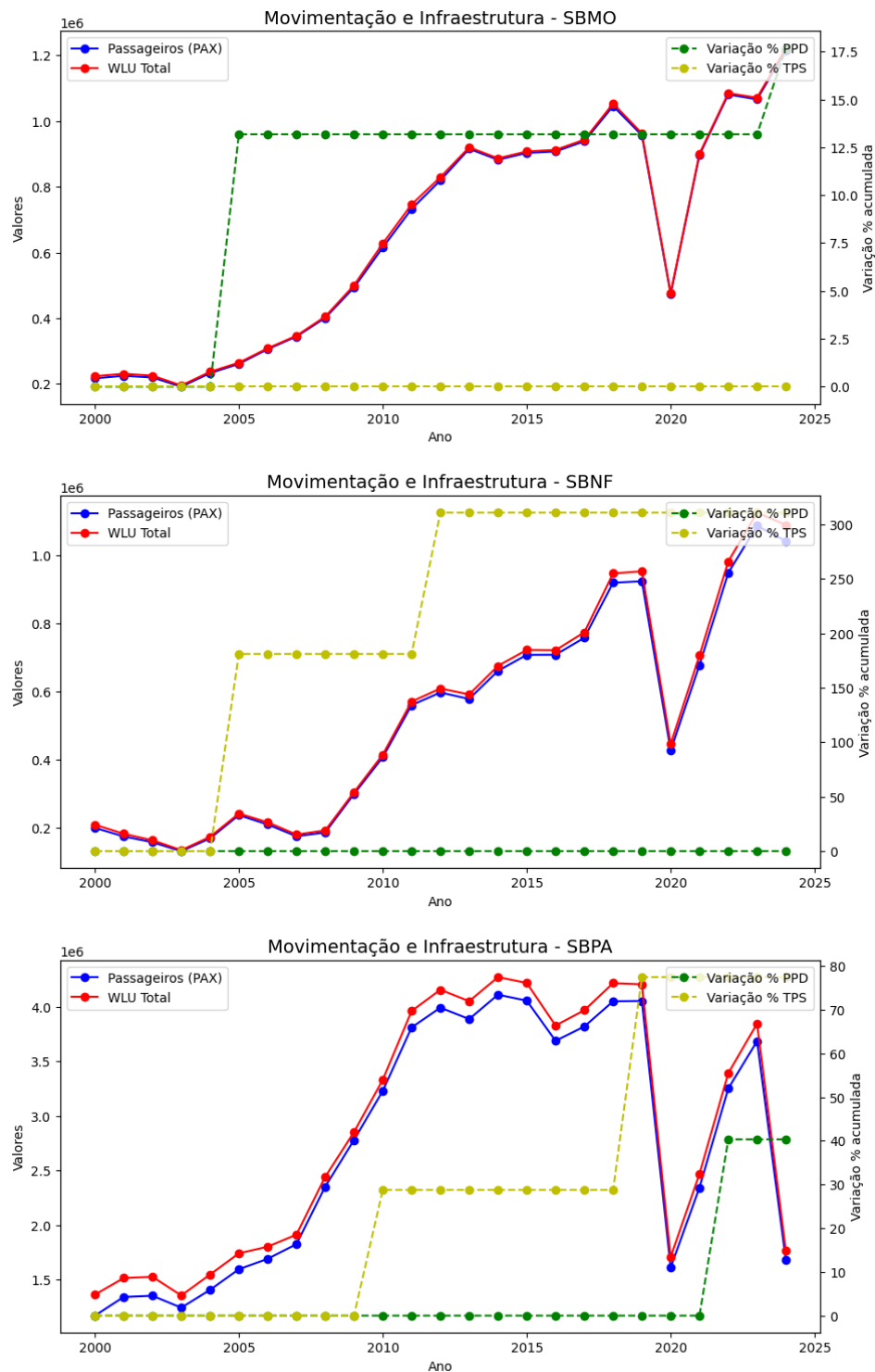


Figura VI: Variação Anual de PAX, WLU, TPS e PPD por aeroporto. (Continuação)

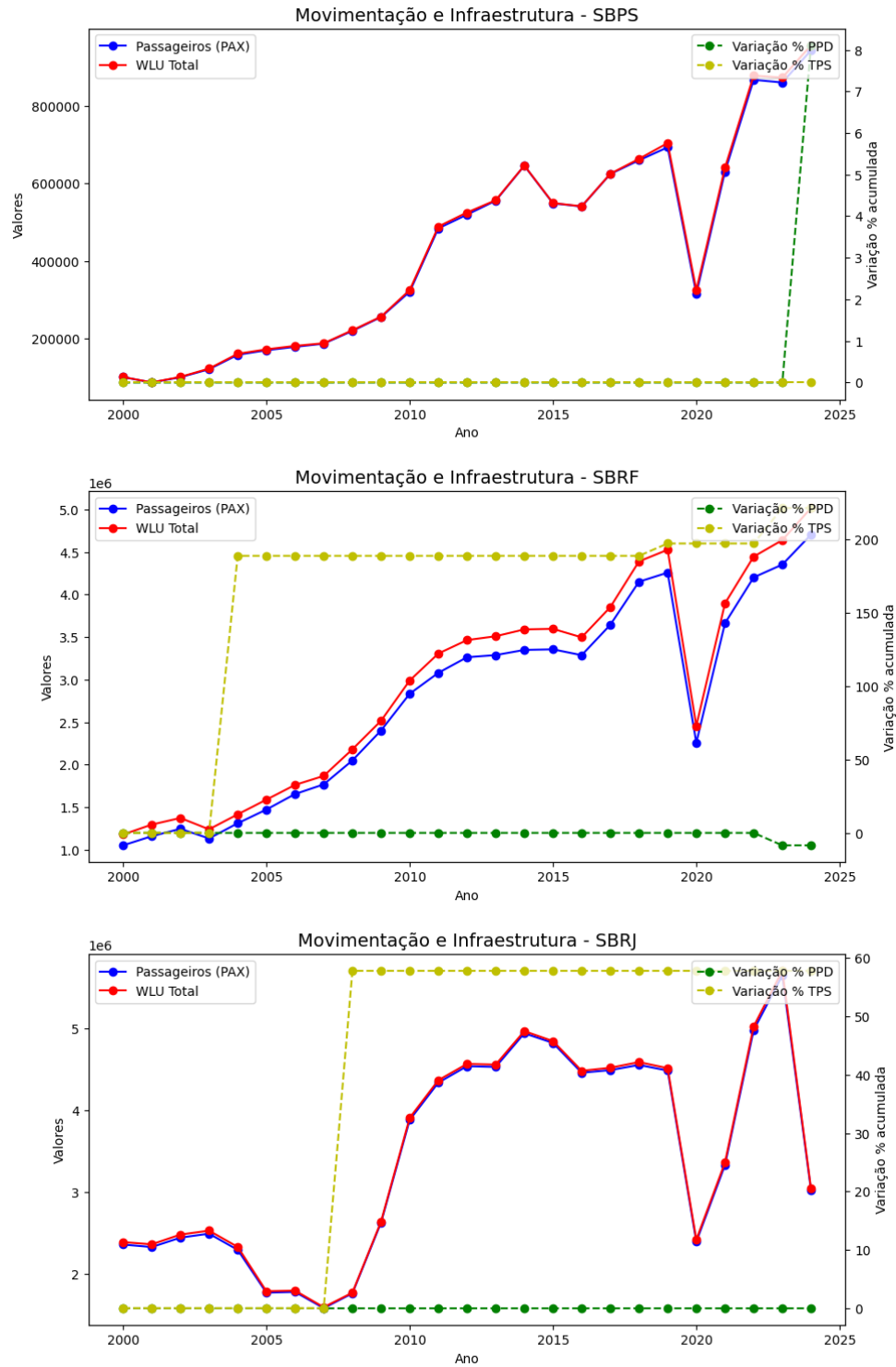


Figura VI: Variação Anual de PAX, WLU, TPS e PPD por aeroporto. (Continuação)

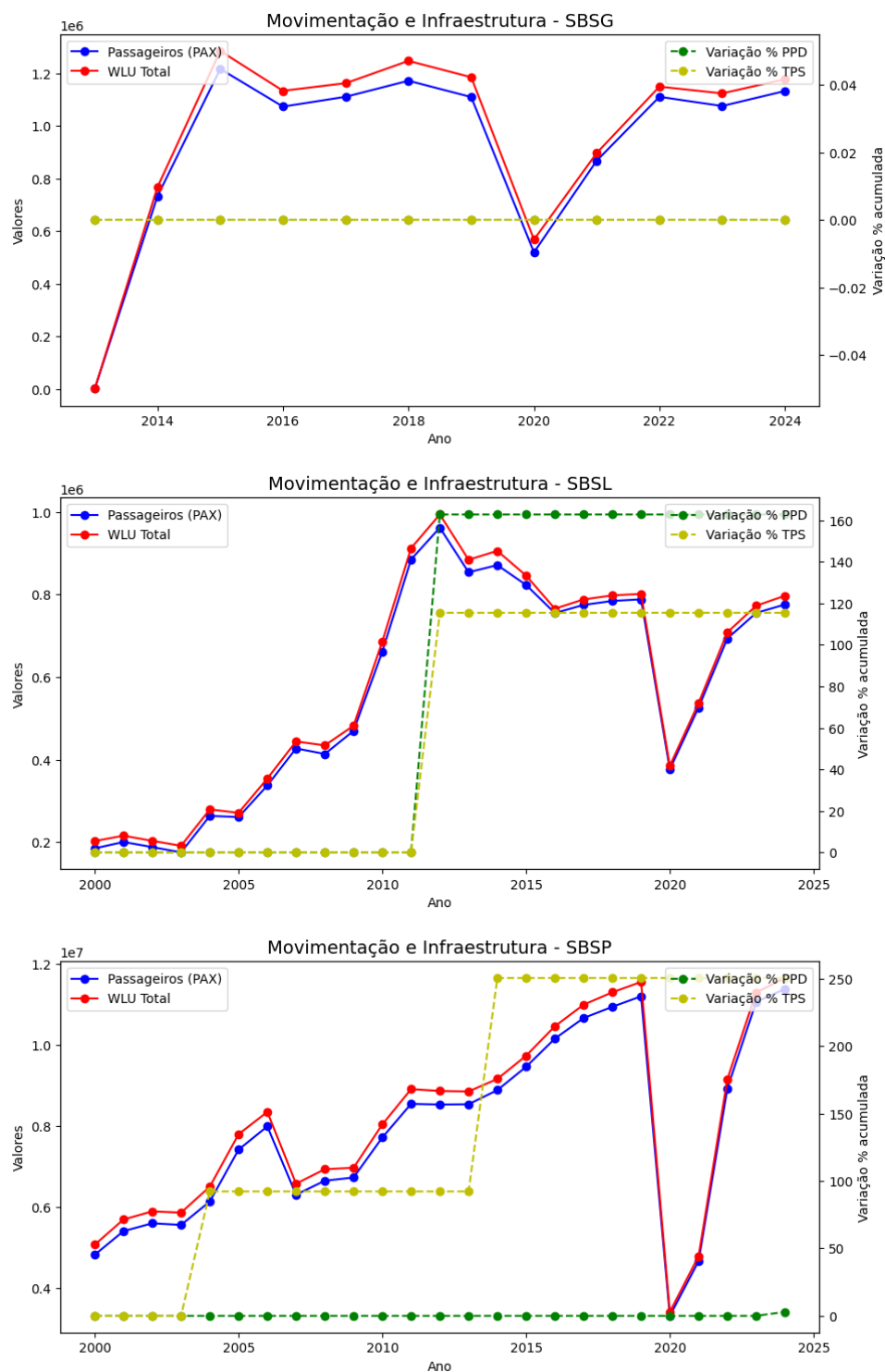


Figura VI: Variação Anual de PAX, WLU, TPS e PPD por aeroporto. (Continuação)

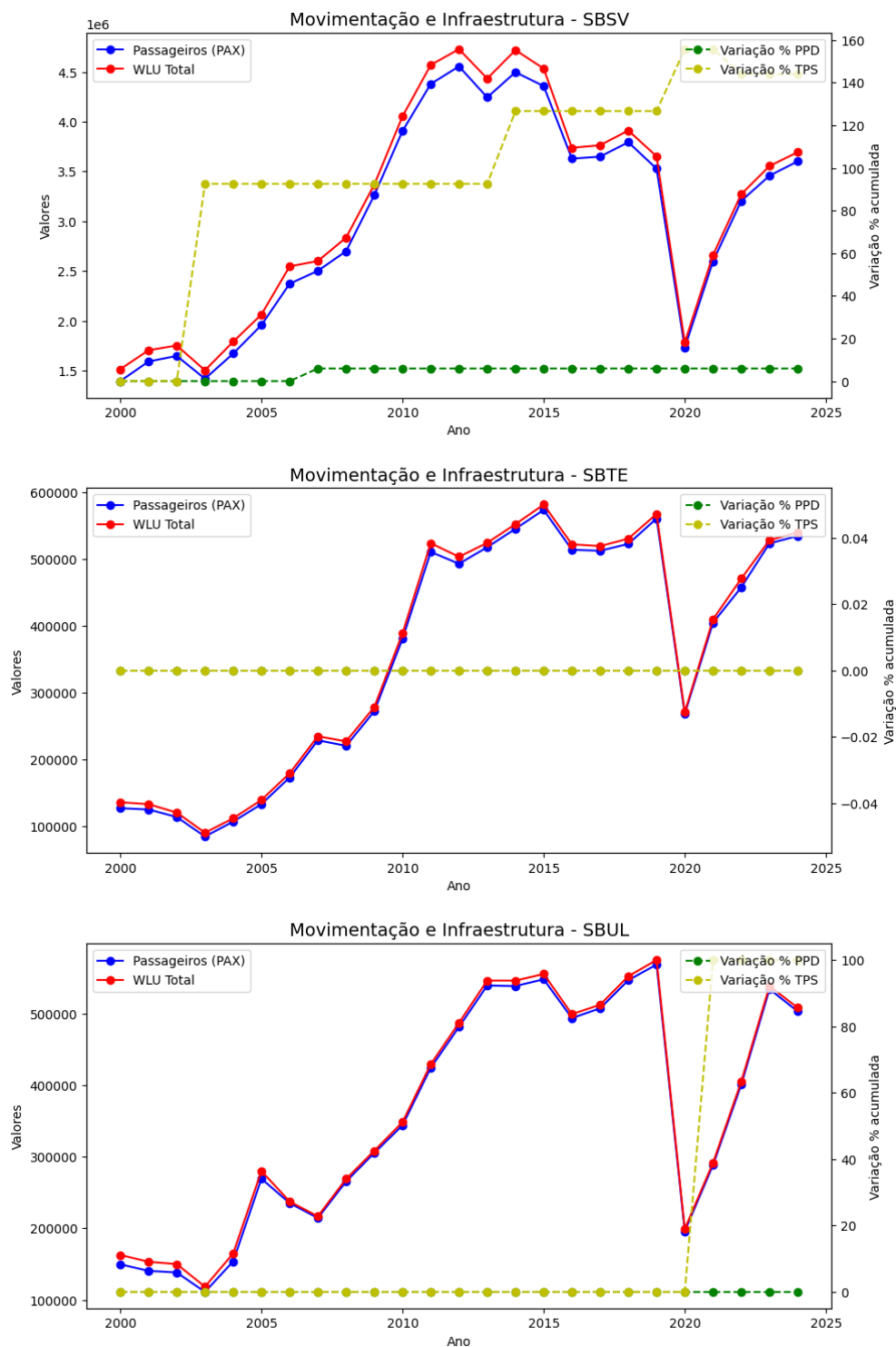
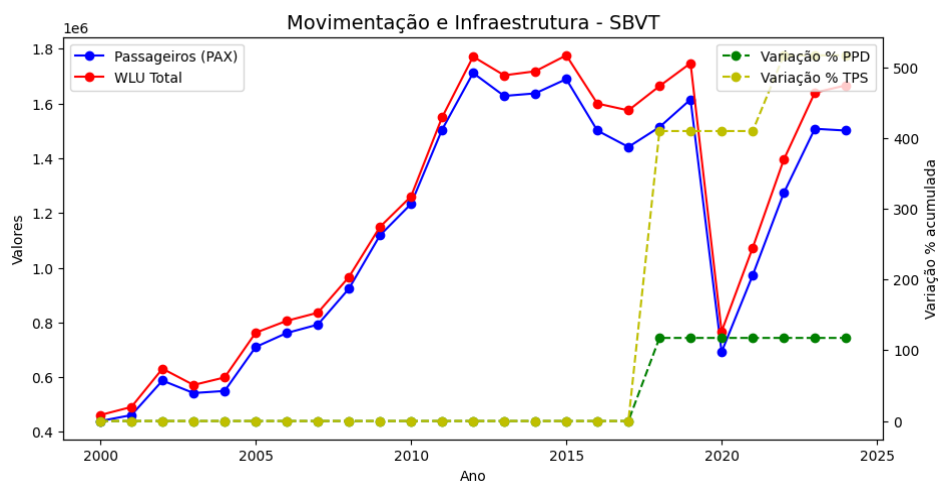


Figura VI: Variação Anual de PAX, WLU, TPS e PPD por aeroporto. (Continuação)



APÊNDICE B – Análise em DEA Janelas da Evolução individual dos Aeroportos

Tabela A: Distribuição em Janelas das eficiências dos aeroportos (DMU's). Operacional Bruto.

BCC-O	Janelas (%)														
País_Ano	2000-2012	2001-2013	2002-2014	2003-2015	2004-2016	2005-2017	2006-2018	2007-2019	2008-2020	2009-2021	2010-2022	2011-2023	2012-2024	Méd ia	Des. Padrão
SBAR-2000	7,50%													21,97%	7,952%
SBAR-2001	7,40%	7,40%													
SBAR-2002	7,08%	7,08%	7,08%												
SBAR-2003	5,83%	5,83%	5,83%	5,81%											
SBAR-2004	6,50%	6,50%	6,50%	6,48%	6,48%										
SBAR-2005	10,44%	10,44%	10,44%	10,42%	10,42%	10,42%									
SBAR-2006	12,54%	12,54%	12,54%	12,51%	12,51%	12,51%	12,51%								
SBAR-2007	14,62%	14,62%	14,62%	14,59%	14,59%	14,59%	14,59%	14,59%							
SBAR-2008	14,79%	14,79%	14,79%	14,76%	14,76%	14,76%	14,76%	14,76%	14,76%						
SBAR-2009	17,25%	17,25%	17,25%	17,22%	17,22%	17,22%	17,22%	17,22%	17,22%	17,22%					
SBAR-2010	22,18%	22,18%	22,18%	22,13%	22,13%	22,13%	22,13%	22,13%	22,13%	22,13%	22,13%				
SBAR-2011	25,67%	25,67%	25,67%	25,62%	25,62%	25,62%	25,62%	25,62%	25,62%	25,62%	25,62%	25,62%			
SBAR-2012	31,11%	31,11%	31,11%	31,05%	31,05%	31,05%	31,05%	31,05%	31,05%	31,05%	31,05%	31,05%	31,43%		
SBAR-2013		31,12%	31,12%	31,06%	31,06%	31,06%	31,06%	31,06%	31,06%	31,06%	31,06%	31,06%	31,44%		
SBAR-2014			27,67%	27,61%	27,61%	27,61%	27,61%	27,61%	27,61%	27,61%	27,61%	27,61%	27,95%		

SBBE-2004	6,50%	6,50%	6,50%	6,48%	6,48%								
SBBE-2005	10,44%	10,44%	10,44%	10,42%	10,42%	10,42%							
SBBE-2006	12,54%	12,54%	12,54%	12,51%	12,51%	12,51%	12,51%						
SBBE-2007	14,62%	14,62%	14,62%	14,59%	14,59%	14,59%	14,59%	14,59%					
SBBE-2008	14,79%	14,79%	14,79%	14,76%	14,76%	14,76%	14,76%	14,76%	14,76%				
SBBE-2009	17,25%	17,25%	17,25%	17,22%	17,22%	17,22%	17,22%	17,22%	17,22%	17,22%			
SBBE-2010	22,18%	22,18%	22,18%	22,13%	22,13%	22,13%	22,13%	22,13%	22,13%	22,13%	22,13%		
SBBE-2011	25,67%	25,67%	25,67%	25,62%	25,62%	25,62%	25,62%	25,62%	25,62%	25,62%	25,62%	25,62%	
SBBE-2012	31,11%	31,11%	31,11%	31,05%	31,05%	31,05%	31,05%	31,05%	31,05%	31,05%	31,05%	31,05%	31,43%
SBBE-2013		31,12%	31,12%	31,06%	31,06%	31,06%	31,06%	31,06%	31,06%	31,06%	31,06%	31,06%	31,44%
SBBE-2014			27,67%	27,61%	27,61%	27,61%	27,61%	27,61%	27,61%	27,61%	27,61%	27,61%	27,95%
SBBE-2015				26,94%	26,94%	26,94%	26,94%	26,94%	26,94%	26,94%	26,94%	26,94%	27,27%
SBBE-2016					28,16%	28,16%	28,16%	28,16%	28,16%	28,16%	28,16%	28,16%	28,50%
SBBE-2017						28,93%	28,93%	28,93%	28,93%	28,93%	28,93%	28,93%	29,28%
SBBE-2018							28,43%	28,43%	28,43%	28,43%	28,43%	28,43%	28,77%
SBBE-2019								26,26%	26,26%	26,26%	26,26%	26,26%	26,58%
SBBE-2020									13,42%	13,42%	13,42%	13,42%	13,58%

SBBE-2021											18,87%	18,87%	18,87%	19,10%
SBBE-2022											22,70%	22,70%	22,98%	
SBBE-2023												27,69%	28,03%	
SBBE-2024													29,90%	
Média_SBBE	14,07%	15,89%	17,45%	18,94%	20,66%	22,38%	23,77%	24,83%	24,74%	25,05%	25,47%	25,90%	26,52%	

BCC-O	Janelas (%)														
País_Ano	2000-2012	2001-2013	2002-2014	2003-2015	2004-2016	2005-2017	2006-2018	2007-2019	2008-2020	2009-2021	2010-2022	2011-2023	2012-2024	Média	Des. Padrão
SBBR-2000	50,74%													62,15%	14,086%
SBBR-2001	57,79%	57,79%													
SBBR-2002	59,89%	59,89%	59,89%												
SBBR-2003	60,30%	60,30%	60,30%	60,30%											
SBBR-2004	67,01%	67,01%	67,01%	67,01%	67,01%										
SBBR-2005	37,11%	37,11%	37,11%	37,11%	37,11%	37,01%									
SBBR-2006	39,27%	39,27%	39,27%	39,27%	39,27%	39,17%	38,19%								
SBBR-2007	43,57%	43,57%	43,57%	43,57%	43,57%	43,45%	42,37%	41,50%							
SBBR-2008	54,04%	54,04%	54,04%	54,04%	54,04%	53,89%	52,55%	51,47%	51,47%						
SBBR-2009	59,91%	59,91%	59,91%	59,91%	59,91%	59,75%	58,26%	57,07%	57,07%	57,07%					

SBBR-2010	70,38%	70,38%	70,38%	70,38%	70,38%	70,19%	68,44%	67,05%	67,05%	67,05%	67,05%		
SBBR-2011	78,45%	78,45%	78,45%	78,45%	78,45%	78,24%	76,29%	74,73%	74,73%	74,73%	74,73%	74,73%	
SBBR-2012	82,93%	82,93%	82,93%	82,93%	82,93%	82,71%	80,65%	79,00%	79,00%	79,00%	79,00%	79,00%	78,43%
SBBR-2013		83,12%	83,12%	83,12%	83,12%	82,90%	80,83%	79,18%	79,18%	79,18%	79,18%	79,18%	78,61%
SBBR-2014			67,25%	67,25%	67,25%	67,17%	66,38%	65,74%	65,74%	65,74%	65,74%	65,74%	70,99%
SBBR-2015				71,60%	71,60%	71,51%	70,68%	69,99%	69,99%	69,99%	69,99%	69,99%	75,58%
SBBR-2016					65,50%	65,42%	64,65%	64,03%	64,03%	64,03%	64,03%	64,03%	69,14%
SBBR-2017						61,95%	61,22%	60,63%	60,63%	60,63%	60,63%	60,63%	65,47%
SBBR-2018							65,62%	64,98%	64,98%	64,98%	64,98%	64,98%	70,17%
SBBR-2019								60,89%	60,89%	60,89%	60,89%	60,89%	65,75%
SBBR-2020									27,77%	27,77%	27,77%	27,77%	29,99%
SBBR-2021										38,29%	38,29%	38,29%	41,34%
SBBR-2022											48,71%	48,71%	52,60%
SBBR-2023												53,27%	57,52%
SBBR-2024													58,79%
Média_SBBR	58,57%	61,06%	61,79%	62,69%	63,09%	62,57%	63,55%	64,33%	63,27%	62,26%	61,61%	60,55%	62,65%

BCC-O**Janelas (%)**

País_Ano	2000-2012	2001-2013	2002-2014	2003-2015	2004-2016	2005-2017	2006-2018	2007-2019	2008-2020	2009-2021	2010-2022	2011-2023	2012-2024	Média	Des. Padrão	
SBCF-2000	6,15%													66,89%	30,414%	
SBCF-2001	5,60%	5,60%														
SBCF-2002	4,25%	4,25%	4,25%													
SBCF-2003	3,51%	3,51%	3,51%	3,51%												
SBCF-2004	3,43%	3,43%	3,43%	3,43%	3,43%											
SBCF-2005	26,89%	26,89%	26,89%	26,89%	26,89%	26,89%										
SBCF-2006	34,11%	34,11%	34,11%	34,11%	34,11%	34,11%	34,11%									
SBCF-2007	38,35%	38,35%	38,35%	38,35%	38,35%	38,35%	38,35%	38,35%								
SBCF-2008	46,70%	46,70%	46,70%	46,70%	46,70%	46,70%	46,70%	46,70%	46,70%							
SBCF-2009	52,54%	52,54%	52,54%	52,54%	52,54%	52,54%	52,54%	52,54%	52,54%	52,54%						
SBCF-2010	68,73%	68,73%	68,73%	68,73%	68,73%	68,73%	68,73%	68,73%	68,73%	68,73%	68,73%					
SBCF-2011	92,20%	92,20%	92,20%	92,20%	92,20%	92,20%	92,20%	92,20%	92,20%	92,20%	92,20%	92,20%				
SBCF-2012	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%			
SBCF-2013		97,28%	97,28%	97,28%	97,28%	97,28%	97,28%	97,28%	97,28%	97,28%	97,28%	97,28%	97,28%			
SBCF-2014			100,00%	96,55%	96,55%	96,55%	96,55%	96,55%	96,55%	96,55%	96,55%	96,55%	96,55%			
SBCF-2015				100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%			

SBCG-2005	15,05%	15,05%	15,05%	15,02%	15,02%	15,02%							
SBCG-2006	15,59%	15,59%	15,59%	15,56%	15,56%	15,56%	15,56%						
SBCG-2007	15,80%	15,80%	15,80%	15,77%	15,77%	15,77%	15,77%	15,77%					
SBCG-2008	19,47%	19,47%	19,47%	19,43%	19,43%	19,43%	19,43%	19,43%	19,43%				
SBCG-2009	24,01%	24,01%	24,01%	23,97%	23,97%	23,97%	23,97%	23,97%	23,97%	23,97%			
SBCG-2010	31,04%	31,04%	31,04%	30,98%	30,98%	30,98%	30,98%	30,98%	30,98%	30,98%	30,98%		
SBCG-2011	35,74%	35,74%	35,74%	35,67%	35,67%	35,67%	35,67%	35,67%	35,67%	35,67%	35,67%	35,67%	
SBCG-2012	40,24%	40,24%	40,24%	40,17%	40,17%	40,17%	40,17%	40,17%	40,17%	40,17%	40,17%	40,17%	40,77%
SBCG-2013		36,79%	36,79%	36,72%	36,72%	36,72%	36,72%	36,72%	36,72%	36,72%	36,72%	36,72%	37,27%
SBCG-2014			36,31%	36,24%	36,24%	36,24%	36,24%	36,24%	36,24%	36,24%	36,24%	36,24%	36,79%
SBCG-2015				36,84%	36,84%	36,84%	36,84%	36,84%	36,84%	36,84%	36,84%	36,84%	37,40%
SBCG-2016					33,98%	33,98%	33,98%	33,98%	33,98%	33,98%	33,98%	33,98%	34,49%
SBCG-2017						35,56%	35,56%	35,56%	35,56%	35,56%	35,56%	35,56%	36,09%
SBCG-2018							36,86%	36,86%	36,86%	36,86%	36,86%	36,86%	37,41%
SBCG-2019								34,82%	34,82%	34,82%	34,82%	34,82%	35,34%
SBCG-2020									15,63%	15,63%	15,63%	15,63%	15,86%
SBCG-2021										23,75%	23,75%	23,75%	24,11%

SBCG-2022												31,15%	31,15%	31,62%
SBCG-2023													34,23%	34,75%
SBCG-2024														29,55%
Média_SBCG	19,42%	21,51%	23,51%	25,39%	27,16%	28,92%	30,60%	32,08%	32,07%	32,40%	32,95%	33,20%	33,19%	

BCC-O	Janelas (%)															
País_Ano	2000-2012	2001-2013	2002-2014	2003-2015	2004-2016	2005-2017	2006-2018	2007-2019	2008-2020	2009-2021	2010-2022	2011-2023	2012-2024	Média	Des. Padrão	
SBCT-2000	33,76%														73,07%	26,337%
SBCT-2001	37,25%	37,25%														
SBCT-2002	36,94%	36,94%	36,12%													
SBCT-2003	32,16%	32,16%	31,45%	31,45%												
SBCT-2004	39,19%	39,19%	38,32%	38,32%	38,32%											
SBCT-2005	46,02%	46,02%	45,00%	45,00%	45,00%	45,00%										
SBCT-2006	50,10%	50,10%	48,99%	48,99%	48,99%	48,99%	48,99%									
SBCT-2007	50,95%	50,95%	49,82%	49,82%	49,82%	49,82%	49,82%	49,82%								
SBCT-2008	60,22%	60,22%	58,88%	58,88%	58,88%	58,88%	58,88%	58,88%	58,88%							
SBCT-2009	69,54%	69,54%	67,99%	67,99%	67,99%	67,99%	67,99%	67,99%	67,99%	67,99%						
SBCT-2010	83,81%	83,81%	81,95%	81,95%	81,95%	81,95%	81,95%	81,95%	81,95%	81,95%	81,95%					

SBCT-2011	99,37%	99,37%	97,17%	97,17%	97,17%	97,17%	97,17%	97,17%	97,17%	97,17%	97,17%	97,17%	
SBCT-2012	100,00%	100,00%	97,78%	97,78%	97,78%	97,78%	97,78%	97,78%	97,78%	97,78%	97,78%	97,78%	97,78%
SBCT-2013		96,31%	94,17%	94,17%	94,17%	94,17%	94,17%	94,17%	94,17%	94,17%	94,17%	94,17%	94,17%
SBCT-2014			100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%
SBCT-2015				99,64%	99,64%	99,64%	99,64%	99,64%	99,64%	99,64%	99,64%	99,64%	99,64%
SBCT-2016					85,94%	85,94%	85,94%	85,94%	85,94%	85,94%	85,94%	85,94%	85,94%
SBCT-2017						89,04%	89,04%	89,04%	89,04%	89,04%	89,04%	89,04%	89,04%
SBCT-2018							87,82%	87,82%	87,82%	87,82%	87,82%	87,82%	87,82%
SBCT-2019								89,95%	89,95%	89,95%	89,95%	89,95%	89,95%
SBCT-2020									34,29%	34,29%	34,29%	34,29%	34,29%
SBCT-2021										13,22%	13,22%	13,22%	13,40%
SBCT-2022											20,57%	20,57%	20,85%
SBCT-2023												23,21%	23,53%
SBCT-2024													23,95%
Média_S BCT	56,87%	61,68%	65,20%	70,09%	74,28%	78,18%	81,48%	84,63%	83,43%	79,92%	76,27%	71,75%	66,18%

BCC-O	Janelas (%)														
País_Ano	2000-2012	2001-2013	2002-2014	2003-2015	2004-2016	2005-2017	2006-2018	2007-2019	2008-2020	2009-2021	2010-2022	2011-2023	2012-2024	Média	Des. Padrão

[illegible]

SBEG-2006	18,88%	18,88%	18,80%	18,80%	18,80%	18,80%	18,80%						
SBEG-2007	21,79%	21,79%	21,70%	21,70%	21,70%	21,70%	21,70%	21,70%					
SBEG-2008	25,26%	25,26%	25,15%	25,15%	25,15%	25,15%	25,15%	25,15%	25,15%				
SBEG-2009	30,36%	30,36%	30,23%	30,23%	30,23%	30,23%	30,23%	30,23%	30,23%	30,23%			
SBEG-2010	36,88%	36,88%	36,72%	36,72%	36,72%	36,72%	36,72%	36,72%	36,72%	36,72%	36,72%		
SBEG-2011	41,39%	41,39%	41,22%	41,22%	41,22%	41,22%	41,22%	41,22%	41,22%	41,22%	41,22%	41,22%	
SBEG-2012	42,92%	42,92%	42,74%	42,74%	42,74%	42,74%	42,74%	42,74%	42,74%	42,74%	42,74%	42,74%	42,74%
SBEG-2013		42,47%	42,29%	42,29%	42,29%	42,29%	42,29%	42,29%	42,29%	42,29%	42,29%	42,29%	42,29%
SBEG-2014			42,86%	42,86%	42,86%	42,86%	42,86%	42,86%	42,86%	42,86%	42,86%	42,86%	42,86%
SBEG-2015				40,46%	40,46%	40,46%	40,46%	40,46%	40,46%	40,46%	40,46%	40,46%	40,46%
SBEG-2016					33,42%	33,42%	33,42%	33,42%	33,42%	33,42%	33,42%	33,42%	33,42%
SBEG-2017						33,08%	33,08%	33,08%	33,08%	33,08%	33,08%	33,08%	33,08%
SBEG-2018							36,99%	36,99%	36,99%	36,99%	36,99%	36,99%	36,99%
SBEG-2019								38,90%	38,90%	38,90%	38,90%	38,90%	38,90%
SBEG-2020									24,86%	24,86%	24,86%	24,86%	24,86%
SBEG-2021										28,99%	28,99%	28,99%	28,99%
SBEG-2022											31,62%	31,62%	31,62%

SBEG-2023													29,86%	29,86%
SBEG-2024														33,06%
Média_S BEG	23,74%	25,93%	28,00%	30,04%	31,56%	32,85%	34,28%	35,83%	36,07%	36,37%	36,47%	35,94%	35,32%	

BCC-O	Janelas (%)															
País_Ano	2000-2012	2001-2013	2002-2014	2003-2015	2004-2016	2005-2017	2006-2018	2007-2019	2008-2020	2009-2021	2010-2022	2011-2023	2012-2024	Média	Des. Padrão	
SBFI-2000	7,23%														21,02%	8,827%
SBFI-2001	7,12%	7,12%														
SBFI-2002	6,67%	6,67%	6,61%													
SBFI-2003	6,85%	6,85%	6,79%	6,79%												
SBFI-2004	8,71%	8,71%	8,63%	8,63%	8,63%											
SBFI-2005	12,50%	12,50%	12,39%	12,38%	12,38%	12,38%										
SBFI-2006	11,33%	11,33%	11,24%	11,23%	11,23%	11,23%	11,23%									
SBFI-2007	10,82%	10,82%	10,73%	10,72%	10,72%	10,72%	10,72%	10,72%								
SBFI-2008	11,86%	11,86%	11,76%	11,75%	11,75%	11,75%	11,75%	11,75%	11,75%							
SBFI-2009	12,80%	12,80%	12,69%	12,68%	12,68%	12,68%	12,68%	12,68%	12,68%	12,68%						
SBFI-2010	16,85%	16,85%	16,71%	16,70%	16,70%	16,70%	16,70%	16,70%	16,70%	16,70%	16,70%					
SBFI-2011	25,72%	25,72%	25,50%	25,48%	25,48%	25,48%	25,48%	25,48%	25,48%	25,48%	25,48%	25,48%				

SBFL-2001	9,75%	9,74%											
SBFL-2002	10,07%	10,06%	10,06%										
SBFL-2003	9,67%	9,67%	9,67%	9,72%									
SBFL-2004	11,93%	11,92%	11,92%	11,98%	15,67%								
SBFL-2005	13,65%	13,64%	13,64%	13,71%	17,93%	17,93%							
SBFL-2006	12,78%	12,78%	12,78%	12,84%	16,80%	16,80%	16,80%						
SBFL-2007	14,17%	14,17%	14,17%	14,24%	18,62%	18,62%	18,62%	18,58%					
SBFL-2008	17,79%	17,79%	17,79%	17,88%	23,38%	23,38%	23,38%	23,32%	23,32%				
SBFL-2009	17,42%	17,41%	17,41%	17,50%	22,88%	22,88%	22,88%	22,83%	22,83%	22,83%			
SBFL-2010	23,15%	23,14%	23,14%	23,26%	30,42%	30,42%	30,42%	30,35%	30,35%	30,35%	30,35%		
SBFL-2011	26,74%	26,73%	26,73%	26,87%	35,14%	35,14%	35,14%	35,05%	35,05%	35,05%	35,05%	35,05%	
SBFL-2012	28,98%	28,97%	28,97%	29,12%	38,08%	38,08%	38,08%	37,99%	37,99%	37,99%	37,99%	37,99%	38,17%
SBFL-2013		33,00%	33,00%	33,17%	43,37%	43,37%	43,37%	43,27%	43,27%	43,27%	43,27%	43,27%	43,47%
SBFL-2014			30,97%	31,13%	40,71%	40,71%	40,71%	40,61%	40,61%	40,61%	40,61%	40,61%	40,80%
SBFL-2015				31,75%	41,52%	41,52%	41,52%	41,41%	41,41%	41,41%	41,41%	41,41%	41,61%
SBFL-2016					39,30%	39,30%	39,30%	39,20%	39,20%	39,20%	39,20%	39,20%	39,38%
SBFL-2017						42,78%	42,78%	42,67%	42,67%	42,67%	42,67%	42,67%	42,88%

SBFL-2018							42,85%	42,74%	42,74%	42,74%	42,74%	42,74%	42,94%
SBFL-2019								17,90%	17,90%	17,90%	17,90%	17,90%	17,83%
SBFL-2020									8,21%	8,21%	8,21%	8,21%	8,18%
SBFL-2021										10,82%	10,82%	10,82%	10,78%
SBFL-2022											15,69%	15,69%	15,63%
SBFL-2023												18,40%	18,33%
SBFL-2024													22,04%
Média_S BFL	15,68%	17,62%	19,25%	21,01%	29,52%	31,61%	33,53%	33,53%	32,73%	31,77%	31,22%	30,31%	29,39%

BCC-O	Janelas (%)														
País_Ano	2000-2012	2001-2013	2002-2014	2003-2015	2004-2016	2005-2017	2006-2018	2007-2019	2008-2020	2009-2021	2010-2022	2011-2023	2012-2024	Média	Des. Padrão
SBFZ-2000	19,55%													56,27%	18,893%
SBFZ-2001	21,08%	21,08%													
SBFZ-2002	21,04%	21,04%	20,86%												
SBFZ-2003	18,99%	18,99%	18,82%	18,82%											
SBFZ-2004	24,13%	24,13%	23,92%	23,92%	23,92%										
SBFZ-2005	28,29%	28,29%	28,05%	28,05%	28,05%	28,05%									
SBFZ-2006	34,37%	34,37%	34,08%	34,08%	34,08%	34,08%	34,08%								

SBFZ-2024													54,52%
Média_SBFZ	38,57%	42,71%	46,68%	50,95%	54,77%	57,73%	61,14%	64,34%	63,90%	62,57%	63,15%	62,57%	62,48%

BCC-O	Janelas (%)															
País_Ano	2000-2012	2001-2013	2002-2014	2003-2015	2004-2016	2005-2017	2006-2018	2007-2019	2008-2020	2009-2021	2010-2022	2011-2023	2012-2024	Média	Des. Padrão	
SBGL-2000	25,99%													45,10%	15,546%	
SBGL-2001	25,76%	25,76%														
SBGL-2002	22,75%	22,75%	22,75%													
SBGL-2003	20,33%	20,33%	20,33%	20,33%												
SBGL-2004	26,07%	26,07%	26,07%	26,07%	26,07%											
SBGL-2005	35,14%	35,14%	35,14%	35,14%	35,14%	35,08%										
SBGL-2006	36,31%	36,31%	36,31%	36,31%	36,31%	36,25%	35,63%									
SBGL-2007	42,26%	42,26%	42,26%	42,26%	42,26%	42,19%	41,47%	40,89%								
SBGL-2008	49,12%	49,12%	49,12%	49,12%	49,12%	49,03%	48,20%	47,52%	47,52%							
SBGL-2009	48,37%	48,37%	48,37%	48,37%	48,37%	48,28%	47,46%	46,79%	46,79%	46,79%						
SBGL-2010	50,45%	50,45%	50,45%	50,45%	50,45%	50,36%	49,50%	48,80%	48,80%	48,80%	48,80%					
SBGL-2011	62,11%	62,11%	62,11%	62,11%	62,11%	62,00%	60,94%	60,09%	60,09%	60,09%	60,09%	60,09%				
SBGL-2012	71,25%	71,25%	71,25%	71,25%	71,25%	71,12%	69,91%	68,93%	68,93%	68,93%	68,93%	68,93%	78,27%			

SBGO-2019									39,80%	39,80%	39,80%	39,80%	39,80%	41,17%
SBGO-2020									16,55%	16,55%	16,55%	16,55%	17,12%	
SBGO-2021									25,86%	25,86%	25,86%	26,60%		
SBGO-2022									38,65%	38,65%	39,76%			
SBGO-2023									43,71%	44,96%				
SBGO-2024									44,50%					
Média_S BGO	18,00%	19,99%	21,97%	24,26%	26,35%	28,49%	30,57%	32,46%	32,55%	33,21%	34,62%	35,87%	37,80%	

BCC-O	Janelas (%)														
País_Ano	2000-2012	2001-2013	2002-2014	2003-2015	2004-2016	2005-2017	2006-2018	2007-2019	2008-2020	2009-2021	2010-2022	2011-2023	2012-2024	Média	Des. Padrão
SBGR-2000	45,38%													78,15%	20,977%
SBGR-2001	42,54%	42,54%													
SBGR-2002	40,28%	40,28%	40,28%												
SBGR-2003	37,30%	37,30%	37,30%	37,30%											
SBGR-2004	42,29%	42,29%	42,29%	42,29%	42,29%										
SBGR-2005	47,89%	47,89%	47,89%	47,89%	47,89%	47,89%									
SBGR-2006	46,72%	46,72%	46,72%	46,72%	46,72%	46,72%	46,72%								
SBGR-2007	53,69%	53,69%	53,69%	53,69%	53,69%	53,69%	53,69%	53,69%							

SBGR-2008	65,38%	65,38%	65,38%	65,38%	65,38%	65,38%	65,38%	65,38%	65,38%				
SBGR-2009	69,49%	69,49%	69,49%	69,49%	69,49%	69,49%	69,49%	69,49%	69,49%	69,49%			
SBGR-2010	86,21%	86,21%	86,21%	86,21%	86,21%	86,21%	86,21%	86,21%	86,21%	86,21%	86,21%		
SBGR-2011	100,00 %	100,00 %	100,00 %	100,00 %	100,00 %	100,00 %	100,00 %	100,00 %	100,00 %	100,00 %	100,00 %	100,00 %	
SBGR-2012	100,00 %	92,35%	92,35%	92,35%	92,35%	92,35%	90,73%	90,05%	90,05%	90,05%	90,05%	90,05%	92,35%
SBGR-2013		100,00 %	100,00 %	100,00 %	100,00 %	100,00 %	98,24%	97,50%	97,50%	97,50%	97,50%	97,50%	100,00 %
SBGR-2014			100,00 %	100,00 %	100,00 %	100,00 %	93,59%	92,39%	92,39%	92,39%	92,39%	92,39%	89,96%
SBGR-2015				97,05%	97,05%	97,05%	90,83%	89,66%	89,66%	89,66%	89,66%	89,66%	87,31%
SBGR-2016					91,18%	91,18%	85,33%	84,24%	84,24%	84,24%	84,24%	84,24%	82,02%
SBGR-2017						94,72%	88,64%	87,51%	87,51%	87,51%	87,51%	87,51%	85,21%
SBGR-2018							100,00 %	98,72%	98,72%	98,72%	98,72%	98,72%	96,13%
SBGR-2019								100,00 %	100,00 %	100,00 %	100,00 %	100,00 %	97,37%
SBGR-2020									48,54%	48,54%	48,54%	48,54%	47,26%
SBGR-2021										59,81%	59,81%	59,81%	58,24%
SBGR-2022											81,41%	81,41%	79,27%
SBGR-2023												96,25%	93,72%
SBGR-2024													100,00 %

Média_S BGR	59,78%	63,39%	67,81%	72,18%	76,33%	80,36%	82,22%	85,76%	85,36%	84,93%	85,85%	86,62%	85,30%
------------------------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------

BCC-O	Janelas (%)														Méd ia	Des. Padrão
País_Ano	2000- 2012	2001- 2013	2002- 2014	2003- 2015	2004- 2016	2005- 2017	2006- 2018	2007- 2019	2008- 2020	2009- 2021	2010- 2022	2011- 2023	2012- 2024			
SBJP- 2000	5,89%													23,4 0%	10,511%	
SBJP- 2001	5,87%	5,87%														
SBJP- 2002	5,82%	5,82%	5,82%													
SBJP- 2003	5,19%	5,19%	5,19%	5,18%												
SBJP- 2004	5,30%	5,30%	5,30%	5,29%	5,29%											
SBJP- 2005	7,72%	7,72%	7,72%	7,71%	7,71%	7,71%										
SBJP- 2006	9,65%	9,65%	9,65%	9,63%	9,63%	9,63%	9,63%									
SBJP- 2007	11,10%	11,10%	11,10%	11,08%	11,08%	11,08%	11,08%	11,08%								
SBJP- 2008	10,57%	10,57%	10,57%	10,55%	10,55%	10,55%	10,55%	10,55%	10,55%							
SBJP- 2009	14,65%	14,65%	14,65%	14,62%	14,62%	14,62%	14,62%	14,62%	14,62%	14,62%						
SBJP- 2010	22,48%	22,48%	22,48%	22,43%	22,43%	22,43%	22,43%	22,43%	22,43%	22,43%	22,43%					
SBJP- 2011	28,30%	28,30%	28,30%	28,24%	28,24%	28,24%	28,24%	28,24%	28,24%	28,24%	28,24%	28,24%				
SBJP- 2012	30,70%	30,70%	30,70%	30,64%	30,64%	30,64%	30,64%	30,64%	30,64%	30,64%	30,64%	30,64%	30,99%			
SBJP- 2013		30,24%	30,24%	30,18%	30,18%	30,18%	30,18%	30,18%	30,18%	30,18%	30,18%	30,18%	30,52%			

SBJP-2014			31,53%	31,46%	31,46%	31,46%	31,46%	31,46%	31,46%	31,46%	31,46%	31,46%	31,83%
SBJP-2015				35,28%	35,28%	35,28%	35,28%	35,28%	35,28%	35,28%	35,28%	35,28%	35,69%
SBJP-2016					33,53%	33,53%	33,53%	33,53%	33,53%	33,53%	33,53%	33,53%	33,92%
SBJP-2017						33,72%	33,72%	33,72%	33,72%	33,72%	33,72%	33,72%	34,11%
SBJP-2018							34,62%	34,62%	34,62%	34,62%	34,62%	34,62%	35,02%
SBJP-2019								32,15%	32,15%	32,15%	32,15%	32,15%	32,52%
SBJP-2020									17,06%	17,06%	17,06%	17,06%	17,28%
SBJP-2021										24,38%	24,38%	24,38%	24,69%
SBJP-2022											29,61%	29,61%	29,99%
SBJP-2023												33,17%	33,59%
SBJP-2024													34,59%
Média_SBJP	12,56%	14,43%	16,40%	18,64%	20,82%	23,00%	25,07%	26,81%	27,27%	28,33%	29,48%	30,31%	31,13%

BCC-O	Janelas (%)														
País_Ano	2000-2012	2001-2013	2002-2014	2003-2015	2004-2016	2005-2017	2006-2018	2007-2019	2008-2020	2009-2021	2010-2022	2011-2023	2012-2024	Méd ia	Des. Padrão
SBKP-2000	11,80%													67,83%	32,699%
SBKP-2001	13,61%	13,61%													
SBKP-2002	14,23%	14,23%	14,23%												

SBKP-2003	14,66%	14,66%	14,66%	14,66%									
SBKP-2004	15,95%	15,95%	15,95%	15,95%	15,95%								
SBKP-2005	20,70%	20,70%	20,70%	20,70%	20,70%	20,70%							
SBKP-2006	20,42%	20,42%	20,42%	20,42%	20,42%	20,42%	20,42%						
SBKP-2007	24,30%	24,30%	24,30%	24,30%	24,30%	24,30%	24,30%	24,30%					
SBKP-2008	22,23%	22,23%	22,23%	22,23%	22,23%	22,23%	22,23%	22,23%	22,23%				
SBKP-2009	38,18%	38,18%	38,18%	38,18%	38,18%	38,18%	38,18%	38,18%	38,18%	38,18%			
SBKP-2010	72,68%	72,68%	72,68%	72,68%	72,68%	72,68%	72,68%	72,68%	72,68%	72,68%	72,68%		
SBKP-2011	100,00 %	100,00 %	100,00 %	100,00 %	100,00 %	100,00 %	100,00 %	100,00 %	100,00 %	100,00 %	100,00 %	100,00 %	
SBKP-2012	98,06%	93,93%	90,82%	90,82%	90,82%	90,82%	90,82%	90,65%	90,65%	86,29%	86,29%	86,29%	86,29%
SBKP-2013		100,00 %	96,69%	96,69%	96,69%	96,69%	96,69%	96,50%	96,50%	91,86%	91,86%	91,86%	91,86%
SBKP-2014			100,00 %	100,00 %	100,00 %	100,00 %	100,00 %	99,81%	99,81%	95,01%	95,01%	95,01%	95,01%
SBKP-2015				100,00 %	100,00 %	100,00 %	100,00 %	95,28%	95,28%	84,16%	84,16%	84,16%	84,16%
SBKP-2016					88,53%	88,53%	88,53%	84,35%	84,35%	74,51%	74,51%	74,51%	74,51%
SBKP-2017						89,81%	89,81%	85,57%	85,57%	75,58%	75,58%	75,58%	75,58%
SBKP-2018							95,06%	90,57%	90,57%	80,00%	80,00%	80,00%	80,00%
SBKP-2019								100,00 %	100,00 %	88,33%	88,33%	88,33%	88,33%

SBKP-2020										76,60%	67,66%	67,66%	67,66%	67,66%
SBKP-2021											100,00%	100,00%	100,00%	100,00%
SBKP-2022												100,00%	99,88%	99,88%
SBKP-2023													100,00%	100,00%
SBKP-2024														95,93%
Média_S BKP	35,91%	42,38%	48,53%	55,12%	60,81%	66,49%	72,21%	76,93%	80,95%	81,10%	85,85%	87,94%	87,63%	

BCC-O	Janelas (%)														
País_Ano	2000-2012	2001-2013	2002-2014	2003-2015	2004-2016	2005-2017	2006-2018	2007-2019	2008-2020	2009-2021	2010-2022	2011-2023	2012-2024	Média	Des. Padrão
SBLO-2000	11,45%													21,45%	7,282%
SBLO-2001	10,96%	10,96%													
SBLO-2002	10,45%	10,45%	10,45%												
SBLO-2003	8,21%	8,21%	8,21%	8,19%											
SBLO-2004	12,09%	12,09%	12,09%	12,06%	12,06%										
SBLO-2005	14,19%	14,19%	14,19%	14,15%	14,15%	14,15%									
SBLO-2006	14,38%	14,38%	14,38%	14,34%	14,34%	14,34%	14,34%								
SBLO-2007	13,95%	13,95%	13,95%	13,92%	13,92%	13,92%	13,92%	13,92%							
SBLO-2008	14,80%	14,80%	14,80%	14,76%	14,76%	14,76%	14,76%	14,76%	14,76%						

SBLO-2009	17,10%	17,10%	17,10%	17,06%	17,06%	17,06%	17,06%	17,06%	17,06%	17,06%			
SBLO-2010	18,82%	18,82%	18,82%	18,77%	18,77%	18,77%	18,77%	18,77%	18,77%	18,77%	18,77%		
SBLO-2011	26,66%	26,66%	26,66%	26,59%	26,59%	26,59%	26,59%	26,59%	26,59%	26,59%	26,59%	26,59%	
SBLO-2012	30,56%	30,56%	30,56%	30,47%	30,47%	30,47%	30,47%	30,47%	30,47%	30,47%	30,47%	30,47%	30,49%
SBLO-2013		29,34%	29,34%	29,26%	29,26%	29,26%	29,26%	29,26%	29,26%	29,26%	29,26%	29,26%	29,28%
SBLO-2014			30,37%	30,29%	30,29%	30,29%	30,29%	30,29%	30,29%	30,29%	30,29%	30,29%	30,30%
SBLO-2015				28,83%	28,83%	28,83%	28,83%	28,83%	28,83%	28,83%	28,83%	28,83%	28,85%
SBLO-2016					23,71%	23,71%	23,71%	23,71%	23,71%	23,71%	23,71%	23,71%	23,72%
SBLO-2017						22,72%	22,72%	22,72%	22,72%	22,72%	22,72%	22,72%	22,73%
SBLO-2018							27,68%	27,68%	27,68%	27,68%	27,68%	27,68%	27,69%
SBLO-2019								28,17%	28,17%	28,17%	28,17%	28,17%	28,18%
SBLO-2020									8,71%	8,71%	8,71%	8,71%	8,72%
SBLO-2021										12,24%	12,24%	12,24%	12,25%
SBLO-2022											19,46%	19,46%	19,47%
SBLO-2023												20,22%	20,23%
SBLO-2024													22,03%
Média_S BLO	15,66%	17,04%	18,53%	19,90%	21,09%	21,91%	22,95%	24,02%	23,62%	23,42%	23,61%	23,72%	23,38%

BCC-O	Janelas (%)														
País_Ano	2000-2012	2001-2013	2002-2014	2003-2015	2004-2016	2005-2017	2006-2018	2007-2019	2008-2020	2009-2021	2010-2022	2011-2023	2012-2024	Méd ia	Des. Padrão
SBMO-2000	6,99%													21,14%	8,575%
SBMO-2001	7,22%	7,22%													
SBMO-2002	7,04%	7,04%	6,98%												
SBMO-2003	6,10%	6,10%	6,05%	6,05%											
SBMO-2004	7,41%	7,41%	7,35%	7,34%	7,34%										
SBMO-2005	8,10%	8,10%	8,09%	8,08%	8,08%	8,08%									
SBMO-2006	9,44%	9,44%	9,42%	9,42%	9,42%	9,42%	9,42%								
SBMO-2007	10,61%	10,61%	10,59%	10,58%	10,58%	10,58%	10,58%	10,58%							
SBMO-2008	12,40%	12,40%	12,37%	12,36%	12,36%	12,36%	12,36%	12,36%	12,36%						
SBMO-2009	15,30%	15,30%	15,27%	15,26%	15,26%	15,26%	15,26%	15,26%	15,26%	15,26%					
SBMO-2010	19,20%	19,20%	19,16%	19,15%	19,15%	19,15%	19,15%	19,15%	19,15%	19,15%	19,15%				
SBMO-2011	22,83%	22,83%	22,79%	22,77%	22,77%	22,77%	22,77%	22,77%	22,77%	22,77%	22,77%	22,77%			
SBMO-2012	25,38%	25,38%	25,33%	25,31%	25,31%	25,31%	25,31%	25,31%	25,31%	25,31%	25,31%	25,31%	26,23%		
SBMO-2013		28,16%	28,10%	28,08%	28,08%	28,08%	28,08%	28,08%	28,08%	28,08%	28,08%	28,08%	29,10%		
SBMO-2014			27,08%	27,06%	27,06%	27,06%	27,06%	27,06%	27,06%	27,06%	27,06%	27,06%	28,04%		

SBNF-2004	82,84%	95,01%	100,00%	100,00%	100,00%								
SBNF-2005	18,54%	18,62%	18,65%	18,61%	18,61%	22,25%							
SBNF-2006	16,57%	16,64%	16,67%	16,63%	16,63%	19,89%	19,89%						
SBNF-2007	13,78%	13,85%	13,87%	13,84%	13,84%	16,55%	16,55%	16,48%					
SBNF-2008	14,72%	14,79%	14,81%	14,78%	14,78%	17,67%	17,67%	17,59%	17,59%				
SBNF-2009	23,36%	23,47%	23,51%	23,46%	23,46%	28,04%	28,04%	27,92%	27,92%	27,92%			
SBNF-2010	31,88%	32,03%	32,09%	32,01%	32,01%	38,27%	38,27%	38,11%	38,11%	38,11%	38,11%		
SBNF-2011	43,89%	44,10%	44,17%	44,06%	44,06%	52,68%	52,68%	52,46%	52,46%	52,46%	52,46%	52,46%	
SBNF-2012	29,36%	29,36%	29,05%	29,02%	29,02%	29,02%	29,02%	29,02%	29,02%	29,02%	29,02%	29,02%	63,83%
SBNF-2013		28,52%	28,23%	28,19%	28,19%	28,19%	28,19%	28,19%	28,19%	28,19%	28,19%	28,19%	62,01%
SBNF-2014			32,23%	32,19%	32,19%	32,19%	32,19%	32,19%	32,19%	32,19%	32,19%	32,19%	70,82%
SBNF-2015				34,43%	34,43%	34,43%	34,43%	34,43%	34,43%	34,43%	34,43%	34,43%	75,72%
SBNF-2016					34,39%	34,39%	34,39%	34,39%	34,39%	34,39%	34,39%	34,39%	75,64%
SBNF-2017						36,91%	36,91%	36,91%	36,91%	36,91%	36,91%	36,91%	81,18%
SBNF-2018								45,16%	45,16%	45,16%	45,16%	45,16%	99,33%
SBNF-2019									45,46%	45,46%	45,46%	45,46%	100,00%
SBNF-2020										21,24%	21,24%	21,24%	46,73%

SBNF-2021											33,64%	33,64%	33,64%	62,66%
SBNF-2022											46,84%	46,84%	87,24%	
SBNF-2023												53,69%	100,00%	
SBNF-2024													96,78%	
Média_SBNF	46,48%	44,57%	40,37%	35,74%	32,43%	30,04%	31,80%	33,72%	34,08%	35,32%	36,77%	37,97%	78,61%	

BCC-O	Janelas (%)														
País_Ano	2000-2012	2001-2013	2002-2014	2003-2015	2004-2016	2005-2017	2006-2018	2007-2019	2008-2020	2009-2021	2010-2022	2011-2023	2012-2024	Média	Des. Padrão
SBPA-2000	32,33%													73,90%	23,907%
SBPA-2001	35,94%	35,94%													
SBPA-2002	36,21%	36,21%	35,79%												
SBPA-2003	32,16%	32,16%	31,78%	31,78%											
SBPA-2004	36,70%	36,70%	36,27%	36,27%	36,27%										
SBPA-2005	41,29%	41,29%	40,81%	40,81%	40,81%	40,81%									
SBPA-2006	42,74%	42,74%	42,24%	42,24%	42,24%	42,24%	42,24%								
SBPA-2007	45,36%	45,36%	44,83%	44,83%	44,83%	44,83%	44,83%	44,83%							
SBPA-2008	57,90%	57,90%	57,23%	57,23%	57,23%	57,23%	57,23%	57,23%	57,23%						
SBPA-2009	67,61%	67,61%	66,82%	66,82%	66,82%	66,82%	66,82%	66,82%	66,82%	66,82%					

SBPA-2010	78,33%	78,33%	77,44%	77,44%	77,44%	77,44%	77,44%	77,44%	77,44%	77,44%	77,44%		
SBPA-2011	93,12%	93,12%	92,05%	92,05%	92,05%	92,05%	92,05%	92,05%	92,05%	92,05%	92,05%	92,05%	
SBPA-2012	97,71%	97,71%	96,60%	96,60%	96,60%	96,60%	96,60%	96,60%	96,60%	96,60%	96,60%	96,60%	96,60%
SBPA-2013		95,24%	94,15%	94,15%	94,15%	94,15%	94,15%	94,15%	94,15%	94,15%	94,15%	94,15%	94,15%
SBPA-2014			99,28%	99,28%	99,28%	99,28%	99,28%	99,28%	99,28%	99,28%	99,28%	99,28%	99,28%
SBPA-2015				98,04%	98,04%	98,04%	98,04%	98,04%	98,04%	98,04%	98,04%	98,04%	98,04%
SBPA-2016					88,97%	88,97%	88,97%	88,97%	88,97%	88,97%	88,97%	88,97%	88,97%
SBPA-2017						92,23%	92,23%	92,23%	92,23%	92,23%	92,23%	92,23%	92,23%
SBPA-2018							95,68%	95,32%	95,32%	92,62%	92,62%	92,62%	92,62%
SBPA-2019								94,71%	94,71%	89,43%	86,40%	86,36%	86,36%
SBPA-2020									38,50%	36,35%	35,12%	35,10%	35,10%
SBPA-2021										52,51%	50,73%	50,71%	50,71%
SBPA-2022											58,30%	58,30%	58,30%
SBPA-2023												66,12%	66,12%
SBPA-2024													30,32%
Média_S BPA	53,65%	58,48%	62,72%	67,50%	71,90%	76,21%	80,43%	84,44%	83,95%	82,81%	81,69%	80,81%	76,06%

BCC-O**Janelas (%)**

País_Ano	2000-2012	2001-2013	2002-2014	2003-2015	2004-2016	2005-2017	2006-2018	2007-2019	2008-2020	2009-2021	2010-2022	2011-2023	2012-2024	Média	Des. Padrão
SBPS-2000	2,77%													11,59%	5,424%
SBPS-2001	2,38%	2,38%													
SBPS-2002	2,77%	2,77%	2,71%												
SBPS-2003	3,35%	3,35%	3,28%	3,27%											
SBPS-2004	4,39%	4,39%	4,29%	4,29%	4,29%										
SBPS-2005	4,70%	4,70%	4,60%	4,59%	4,59%	4,59%									
SBPS-2006	4,94%	4,94%	4,83%	4,82%	4,82%	4,82%	4,82%								
SBPS-2007	5,13%	5,13%	5,01%	5,00%	5,00%	5,00%	5,00%	5,00%							
SBPS-2008	6,04%	6,04%	5,90%	5,89%	5,89%	5,89%	5,89%	5,89%	5,89%						
SBPS-2009	6,99%	6,99%	6,83%	6,82%	6,82%	6,82%	6,82%	6,81%	6,81%	6,76%					
SBPS-2010	8,85%	8,85%	8,66%	8,64%	8,64%	8,64%	8,64%	8,63%	8,63%	8,57%	8,51%				
SBPS-2011	13,30%	13,30%	13,01%	12,98%	12,98%	12,98%	12,98%	12,97%	12,97%	12,87%	12,79%	12,79%			
SBPS-2012	14,28%	14,28%	13,97%	13,94%	13,94%	13,94%	13,94%	13,93%	13,93%	13,82%	13,74%	13,74%	13,74%		
SBPS-2013		15,14%	14,81%	14,78%	14,78%	14,78%	14,78%	14,76%	14,76%	14,65%	14,56%	14,56%	14,56%		
SBPS-2014			17,18%	17,15%	17,15%	17,15%	17,15%	17,13%	17,13%	17,01%	16,90%	16,90%	16,90%		
SBPS-2015				14,59%	14,59%	14,59%	14,59%	14,57%	14,57%	14,46%	14,37%	14,37%	14,37%		

SBRF-2005	30,93%	30,93%	30,92%	30,92%	30,92%	30,92%							
SBRF-2006	34,31%	34,31%	34,30%	34,30%	34,30%	34,30%	34,30%						
SBRF-2007	36,36%	36,36%	36,35%	36,35%	36,35%	36,35%	36,35%	36,35%					
SBRF-2008	42,45%	42,45%	42,44%	42,44%	42,44%	42,44%	42,44%	42,44%	42,44%				
SBRF-2009	48,98%	48,98%	48,98%	48,98%	48,98%	48,98%	48,98%	48,98%	48,98%	48,98%			
SBRF-2010	58,19%	58,19%	58,18%	58,18%	58,18%	58,18%	58,18%	58,18%	58,18%	58,18%	58,18%		
SBRF-2011	64,36%	64,36%	64,35%	64,35%	64,35%	64,35%	64,35%	64,35%	64,35%	64,35%	64,35%	64,35%	
SBRF-2012	67,44%	67,44%	67,42%	67,42%	67,42%	67,42%	67,42%	67,42%	67,42%	67,42%	67,42%	67,42%	67,91%
SBRF-2013		68,32%	68,30%	68,30%	68,30%	68,30%	68,30%	68,30%	68,30%	68,30%	68,30%	68,30%	68,79%
SBRF-2014			69,87%	69,87%	69,87%	69,87%	69,87%	69,87%	69,87%	69,87%	69,87%	69,87%	70,37%
SBRF-2015				70,00%	70,00%	70,00%	70,00%	70,00%	70,00%	70,00%	70,00%	70,00%	70,50%
SBRF-2016					68,05%	68,05%	68,05%	68,05%	68,05%	68,05%	68,05%	68,05%	68,54%
SBRF-2017						74,97%	74,97%	74,97%	74,97%	74,97%	74,97%	74,97%	75,50%
SBRF-2018							85,43%	85,43%	85,43%	85,43%	85,43%	85,43%	86,04%
SBRF-2019								82,44%	82,44%	82,00%	82,00%	82,00%	82,00%
SBRF-2020									44,74%	44,50%	44,50%	44,50%	44,50%
SBRF-2021										70,59%	70,59%	70,59%	70,59%

SBRF-2022												80,54%	80,54%	80,54%
SBRF-2023													85,63%	85,63%
SBRF-2024														92,60%
Média_SBRF	45.07%	47.20%	49.13%	50.88%	52.83%	56.47%	60.67%	64.37%	65.01%	67.13%	69.55%	71.67%	74.12%	

BCC-O	Janelas (%)														
País_Ano	2000-2012	2001-2013	2002-2014	2003-2015	2004-2016	2005-2017	2006-2018	2007-2019	2008-2020	2009-2021	2010-2022	2011-2023	2012-2024	Média	Des. Padrão
SBRJ-2000	42,05%													55,89%	16,799%
SBRJ-2001	41,57%	41,57%													
SBRJ-2002	43,66%	43,66%	43,66%												
SBRJ-2003	44,51%	44,51%	44,51%	44,53%											
SBRJ-2004	41,00%	41,00%	41,00%	41,02%	42,12%										
SBRJ-2005	31,44%	31,44%	31,44%	31,46%	32,30%	32,30%									
SBRJ-2006	31,57%	31,57%	31,57%	31,58%	32,43%	32,43%	32,43%								
SBRJ-2007	28,00%	28,00%	28,00%	28,01%	28,76%	28,76%	28,76%	28,75%							
SBRJ-2008	26,55%	26,55%	26,44%	26,44%	26,44%	26,44%	26,44%	26,39%	26,39%						
SBRJ-2009	39,64%	39,64%	39,47%	39,47%	39,47%	39,47%	39,47%	39,39%	39,39%	39,39%					
SBRJ-2010	58,72%	58,72%	58,47%	58,47%	58,47%	58,47%	58,47%	58,35%	58,35%	58,35%	58,35%				

SBRJ-2011	65,64%	65,64%	65,35%	65,35%	65,35%	65,35%	65,35%	65,23%	65,23%	65,23%	65,23%	65,23%	
SBRJ-2012	68,64%	68,64%	68,33%	68,33%	68,33%	68,33%	68,33%	68,20%	68,20%	68,20%	68,20%	68,20%	68,75%
SBRJ-2013		68,51%	68,21%	68,21%	68,21%	68,21%	68,21%	68,07%	68,07%	68,07%	68,07%	68,07%	68,62%
SBRJ-2014			74,34%	74,34%	74,34%	74,34%	74,34%	74,19%	74,19%	74,19%	74,19%	74,19%	74,79%
SBRJ-2015				72,51%	72,51%	72,51%	72,51%	72,37%	72,37%	72,37%	72,37%	72,37%	72,95%
SBRJ-2016					67,07%	67,07%	67,07%	66,94%	66,94%	66,94%	66,94%	66,94%	67,48%
SBRJ-2017						67,63%	67,63%	67,49%	67,49%	67,49%	67,49%	67,49%	68,04%
SBRJ-2018							68,66%	68,52%	68,52%	68,52%	68,52%	68,52%	69,08%
SBRJ-2019								67,42%	67,42%	67,42%	67,42%	67,42%	67,97%
SBRJ-2020									36,08%	36,08%	36,08%	36,08%	36,37%
SBRJ-2021										50,19%	50,19%	50,19%	50,59%
SBRJ-2022											75,06%	75,06%	75,66%
SBRJ-2023												85,21%	85,90%
SBRJ-2024													45,81%
Média_SBRJ	43,31%	45,34%	47,75%	49,98%	51,98%	53,95%	56,74%	59,33%	59,90%	61,73%	64,47%	66,54%	65,54%

BCC-O	Janelas (%)														
País_Ano	2000-2012	2001-2013	2002-2014	2003-2015	2004-2016	2005-2017	2006-2018	2007-2019	2008-2020	2009-2021	2010-2022	2011-2023	2012-2024	Méd ia	Des. Padrão

SBSL-2006	38,83%	38,83%	38,83%	38,83%	38,83%	38,83%	38,83%						
SBSL-2007	48,69%	48,69%	48,69%	48,69%	48,69%	48,69%	48,69%	48,69%					
SBSL-2008	47,64%	47,64%	47,64%	47,64%	47,64%	47,64%	47,64%	47,64%	47,64%				
SBSL-2009	52,87%	52,87%	52,87%	52,87%	52,87%	52,87%	52,87%	52,87%	52,87%	52,87%			
SBSL-2010	75,20%	75,20%	75,20%	75,20%	75,20%	75,20%	75,20%	75,20%	75,20%	75,20%	75,20%		
SBSL-2011	100,00 %	100,00 %	100,00 %	100,00 %	100,00 %	100,00 %	100,00 %	100,00 %	100,00 %	100,00 %	100,00 %	100,00 %	
SBSL-2012	16,97%	16,97%	16,97%	17,05%	22,32%	22,32%	22,32%	22,27%	22,27%	22,27%	22,27%	22,27%	22,38%
SBSL-2013		15,09%	15,09%	15,17%	19,86%	19,86%	19,86%	19,81%	19,81%	19,81%	19,81%	19,81%	19,91%
SBSL-2014			15,46%	15,54%	20,34%	20,34%	20,34%	20,29%	20,29%	20,29%	20,29%	20,29%	20,39%
SBSL-2015				14,51%	19,00%	19,00%	19,00%	18,95%	18,95%	18,95%	18,95%	18,95%	19,04%
SBSL-2016					17,20%	17,20%	17,20%	17,16%	17,16%	17,16%	17,16%	17,16%	17,24%
SBSL-2017						17,70%	17,70%	17,66%	17,66%	17,66%	17,66%	17,66%	17,74%
SBSL-2018							17,92%	17,88%	17,88%	17,88%	17,88%	17,88%	17,96%
SBSL-2019								17,96%	17,96%	17,96%	17,96%	17,96%	18,04%
SBSL-2020									8,63%	8,63%	8,63%	8,63%	8,67%
SBSL-2021										12,04%	12,04%	12,04%	12,10%
SBSL-2022											15,88%	15,88%	15,95%

SBSL-2023												17,32%	17,40%
SBSL-2024													17,94%
Média_SBSL	40,75%	40,20%	39,57%	38,99%	40,18%	39,18%	38,27%	36,65%	33,56%	30,83%	27,98%	23,53%	17,29%

BCC-O	Janelas (%)																
País_Ano	2000-2012	2001-2013	2002-2014	2003-2015	2004-2016	2005-2017	2006-2018	2007-2019	2008-2020	2009-2021	2010-2022	2011-2023	2012-2024	Média	Des. Padrão		
SBSP-2000	86,09%													87,60%	15,549%		
SBSP-2001	96,64%	96,64%															
SBSP-2002	100,00%	100,00%	100,00%														
SBSP-2003	99,48%	99,48%	99,48%	100,00%													
SBSP-2004	73,02%	73,02%	73,02%	73,02%	73,02%												
SBSP-2005	87,54%	87,54%	87,54%	87,54%	87,54%	87,54%											
SBSP-2006	93,70%	93,70%	93,70%	93,70%	93,70%	93,70%	93,70%										
SBSP-2007	73,84%	73,84%	73,84%	73,84%	73,84%	73,84%	73,84%	73,84%									
SBSP-2008	77,84%	77,84%	77,84%	77,84%	77,84%	77,84%	77,84%	77,84%	77,84%								
SBSP-2009	78,25%	78,25%	78,25%	78,25%	78,25%	78,25%	78,25%	78,25%	78,25%	78,25%							
SBSP-2010	90,22%	90,22%	90,22%	90,22%	90,22%	90,22%	90,22%	90,22%	90,22%	90,22%	90,22%						
SBSP-2011	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%					

SBSV-2001	18,93%	18,93%											
SBSV-2002	19,46%	19,46%	19,46%										
SBSV-2003	14,60%	14,60%	14,60%	14,60%									
SBSV-2004	17,39%	17,39%	17,39%	17,39%	17,39%								
SBSV-2005	20,03%	20,03%	20,03%	20,03%	20,03%	19,99%							
SBSV-2006	24,72%	24,72%	24,72%	24,72%	24,72%	24,67%	24,18%						
SBSV-2007	25,24%	25,24%	25,24%	25,24%	25,24%	25,19%	24,69%	24,29%					
SBSV-2008	27,52%	27,52%	27,52%	27,52%	27,52%	27,46%	26,92%	26,48%	26,48%				
SBSV-2009	32,68%	32,68%	32,68%	32,68%	32,68%	32,61%	31,97%	31,45%	31,45%	31,45%			
SBSV-2010	39,34%	39,34%	39,34%	39,34%	39,34%	39,25%	38,48%	37,85%	37,85%	37,85%	37,85%		
SBSV-2011	44,34%	44,34%	44,34%	44,34%	44,34%	44,25%	43,37%	42,66%	42,66%	42,66%	42,66%	42,66%	
SBSV-2012	45,87%	45,87%	45,87%	45,87%	45,87%	45,77%	44,87%	44,14%	44,14%	44,14%	44,14%	44,14%	44,20%
SBSV-2013		43,01%	43,01%	43,01%	43,01%	42,92%	42,07%	41,39%	41,39%	41,39%	41,39%	41,39%	41,44%
SBSV-2014			42,04%	42,04%	42,04%	41,92%	40,86%	40,01%	40,01%	40,01%	40,01%	40,01%	40,85%
SBSV-2015				40,38%	40,38%	40,27%	39,25%	38,44%	38,44%	38,44%	38,44%	38,44%	39,24%
SBSV-2016					33,30%	33,21%	32,37%	31,70%	31,70%	31,70%	31,70%	31,70%	32,36%
SBSV-2017						33,44%	32,59%	31,91%	31,91%	31,91%	31,91%	31,91%	31,94%

SBSV-2018							33,87%	33,17%	33,17%	33,17%	33,17%	33,17%	33,20%
SBSV-2019								30,97%	30,97%	30,97%	30,97%	30,97%	31,00%
SBSV-2020									14,00%	14,00%	14,00%	14,00%	14,49%
SBSV-2021										20,89%	20,89%	20,89%	21,62%
SBSV-2022											26,72%	26,72%	27,18%
SBSV-2023												29,03%	29,53%
SBSV-2024													30,69%
Média_SBSV	26,69%	28,70%	30,48%	32,09%	33,53%	34,69%	35,04%	34,96%	34,17%	33,74%	33,37%	32,69%	32,13%

BCC-O	Janelas (%)													Média	Des. Padrão
País_Ano	2000-2012	2001-2013	2002-2014	2003-2015	2004-2016	2005-2017	2006-2018	2007-2019	2008-2020	2009-2021	2010-2022	2011-2023	2012-2024		
SBTE-2000	10,87%													31,22%	12,554%
SBTE-2001	10,64%	10,44%													
SBTE-2002	9,64%	9,46%	9,46%												
SBTE-2003	7,23%	7,09%	7,09%	7,05%											
SBTE-2004	8,95%	8,78%	8,78%	8,74%	8,74%										
SBTE-2005	11,14%	10,93%	10,93%	10,88%	10,88%	10,88%									
SBTE-2006	14,33%	14,06%	14,06%	13,98%	13,98%	13,98%	13,98%								

SBTE-2007	18,76%	18,41%	18,41%	18,32%	18,32%	18,32%	18,32%	18,21%					
SBTE-2008	18,15%	17,81%	17,81%	17,72%	17,72%	17,72%	17,72%	17,61%	17,61%				
SBTE-2009	22,25%	21,83%	21,83%	21,72%	21,72%	21,72%	21,72%	21,59%	21,59%	21,59%			
SBTE-2010	31,08%	30,49%	30,49%	30,34%	30,34%	30,34%	30,34%	30,15%	30,15%	30,15%	30,15%		
SBTE-2011	41,85%	41,07%	41,07%	40,86%	40,86%	40,86%	40,86%	40,60%	40,60%	40,60%	40,60%	40,60%	
SBTE-2012	40,24%	39,48%	39,48%	39,28%	39,28%	39,28%	39,28%	39,04%	39,04%	39,04%	39,04%	39,04%	39,04%
SBTE-2013		41,12%	41,12%	40,91%	40,91%	40,91%	40,91%	40,65%	40,65%	40,65%	40,65%	40,65%	40,65%
SBTE-2014			43,31%	43,09%	43,09%	43,09%	43,09%	42,82%	42,82%	42,82%	42,82%	42,82%	42,82%
SBTE-2015				45,37%	45,37%	45,37%	45,37%	45,09%	45,09%	45,09%	45,09%	45,09%	45,09%
SBTE-2016					40,73%	40,73%	40,73%	40,48%	40,48%	40,48%	40,48%	40,48%	40,48%
SBTE-2017						40,53%	40,53%	40,28%	40,28%	40,28%	40,28%	40,28%	40,28%
SBTE-2018							41,39%	41,14%	41,14%	41,14%	41,14%	41,14%	41,14%
SBTE-2019								44,00%	44,00%	44,00%	44,00%	44,00%	44,00%
SBTE-2020									21,01%	21,01%	21,01%	21,01%	21,01%
SBTE-2021										31,77%	31,77%	31,77%	31,77%
SBTE-2022											36,50%	36,50%	36,50%
SBTE-2023												40,97%	40,97%

SBTE-2024													41,85%
Média_S BTE	18,86%	20,84%	23,37%	26,02%	28,61%	31,06%	33,40%	35,51%	35,73%	36,82%	37,97%	38,80%	38,89%

BCC-O	Janelas (%)															
País_Ano	2000-2012	2001-2013	2002-2014	2003-2015	2004-2016	2005-2017	2006-2018	2007-2019	2008-2020	2009-2021	2010-2022	2011-2023	2012-2024	Média	Des. Padrão	
SBUL-2000	33,44%														68,54%	26,228%
SBUL-2001	31,48%	28,07%														
SBUL-2002	30,81%	27,47%	27,47%													
SBUL-2003	24,33%	21,70%	21,70%	21,34%												
SBUL-2004	33,88%	30,21%	30,21%	29,71%	29,71%											
SBUL-2005	57,52%	51,28%	51,28%	50,44%	50,44%	50,44%										
SBUL-2006	48,77%	43,49%	43,49%	42,77%	42,77%	42,77%	42,77%									
SBUL-2007	44,51%	39,68%	39,68%	39,03%	39,03%	39,03%	39,03%	37,70%								
SBUL-2008	55,23%	49,25%	49,25%	48,44%	48,44%	48,44%	48,44%	46,79%	46,79%							
SBUL-2009	63,34%	56,47%	56,47%	55,55%	55,55%	55,55%	55,55%	53,66%	53,66%	53,66%						
SBUL-2010	71,53%	63,78%	63,78%	62,74%	62,74%	62,74%	62,74%	60,60%	60,60%	60,60%	60,60%					
SBUL-2011	88,15%	78,60%	78,60%	77,30%	77,30%	77,30%	77,30%	74,67%	74,67%	74,67%	74,67%	74,67%				
SBUL-2012	100,00 %	89,17%	89,17%	87,70%	87,70%	87,70%	87,70%	84,71%	84,71%	84,71%	84,71%	84,71%	84,71%			

SBVT-2002	35,63%	35,63%	35,63%										
SBVT-2003	32,26%	32,26%	32,26%	32,18%									
SBVT-2004	33,82%	33,82%	33,82%	33,73%	33,73%								
SBVT-2005	43,05%	43,05%	43,05%	42,94%	42,94%	42,94%							
SBVT-2006	45,50%	45,50%	45,50%	45,38%	45,38%	45,38%	45,38%						
SBVT-2007	47,17%	47,17%	47,17%	47,04%	47,04%	47,04%	47,04%	47,04%					
SBVT-2008	54,52%	54,52%	54,52%	54,38%	54,38%	54,38%	54,38%	54,38%	54,38%				
SBVT-2009	64,87%	64,87%	64,87%	64,70%	64,70%	64,70%	64,70%	64,70%	64,70%	64,70%			
SBVT-2010	71,15%	71,15%	71,15%	70,96%	70,96%	70,96%	70,96%	70,96%	70,96%	70,96%	70,96%		
SBVT-2011	87,46%	87,46%	87,46%	87,23%	87,23%	87,23%	87,23%	87,23%	87,23%	87,23%	87,23%	87,23%	
SBVT-2012	100,00%	100,00%	100,00%	99,73%	99,73%	99,73%	99,73%	99,73%	99,73%	99,73%	99,73%	99,73%	99,73%
SBVT-2013		96,15%	96,15%	95,89%	95,89%	95,89%	95,89%	95,89%	95,89%	95,89%	95,89%	95,89%	95,89%
SBVT-2014			96,98%	96,72%	96,72%	96,72%	96,72%	96,72%	96,72%	96,72%	96,72%	96,72%	96,72%
SBVT-2015				100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%
SBVT-2016					90,08%	90,08%	90,08%	90,08%	90,08%	90,08%	90,08%	90,08%	90,08%
SBVT-2017						88,68%	88,68%	88,68%	88,68%	88,68%	88,68%	88,68%	88,68%
SBVT-2018							17,85%	17,77%	17,77%	17,77%	17,77%	17,77%	17,84%

SBVT-2019									18,66%	18,66%	18,66%	18,66%	18,66%	18,70%
SBVT-2020									8,19%	8,19%	8,19%	8,19%	8,21%	
SBVT-2021									11,46%	11,46%	11,46%	11,46%	11,48%	
SBVT-2022									12,01%	12,01%	12,01%	12,01%	11,94%	
SBVT-2023									14,12%	14,12%	14,12%	14,12%	14,04%	
SBVT-2024									14,27%	14,27%	14,27%	14,27%	14,27%	
Média_S BVT	51,48%	56,87%	62,20%	66,99%	71,44%	75,67%	73,74%	71,68%	68,69%	65,39%	61,34%	56,97%	51,35%	