

PLANO AEROVIÁRIO NACIONAL

RELATÓRIO DE NOTAS METODOLÓGICAS E
ATIVIDADES DE APOIO AO PAN

VERSÃO PRELIMINAR



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA (UFSC)
LABORATÓRIO DE TRANSPORTES E LOGÍSTICA (LABTRANS)
MINISTÉRIO DE PORTOS E AEROPORTOS (MPOR)

**APOIO TÉCNICO NO PLANEJAMENTO
DO SETOR DE AVIAÇÃO CIVIL**

**NOTAS METODOLÓGICAS E ATIVIDADES
DE APOIO NO PLANO AEROVIÁRIO NACIONAL (PAN)**

HISTÓRICO DE VERSÕES

Data	Versão	Descrição	Autor
08/12/2021	1.0	Entrega da primeira versão do relatório referente às notas metodológicas nas atividades de apoio ao PAN 2022	LabTrans/UFSC
04/11/2022	1.1	Entrega da versão 1.1 do relatório referente às notas metodológicas e às atividades de apoio ao PAN 2022	LabTrans/UFSC
21/03/2023	Preliminar PAN 1.1	Entrega de versão preliminar do relatório referente às notas metodológicas e às atividades de apoio ao PAN 2022 para compor os apêndices do documento do PAN	LabTrans/UFSC

SUMÁRIO

Introdução	9
1. Atualização do escopo dos aeródromos para o PAN	11
2. Atualização das UTPs para o PAN	13
2.1. Sobre a criação das UTPs no PAN 2018	13
2.1.1. Municípios sem UTP.....	14
2.2. Considerações para atualização das UTPs.....	16
2.3. Nomeação e atualização da sede da UTP.....	18
3. Modelos de demanda para o PAN	19
3.1. Demanda doméstica de passageiros.....	19
3.1.1. Dados de entrada	21
3.1.2. Definição do modelo de demanda total.....	22
3.1.3. Cenários de projeção	25
3.1.4. Resultado da demanda total de passageiros.....	28
3.1.5. Distribuição da demanda total por UTP	29
3.1.6. Alocação da demanda por aeroporto.....	32
3.1.7. Estimação dos passageiros potenciais não atendidos pelo modo aéreo	41
3.1.8. Estimação das escalas e conexões	42
3.1.9. Resultado da demanda alocada	43
3.2. Demanda internacional de passageiros	46
3.2.1. Definição do modelo da demanda internacional.....	46
3.2.2. Resultado da demanda internacional.....	48
3.2.3. Identificação da demanda potencial internacional.....	49
3.2.4. Distribuição da demanda internacional por UTP	50
3.3. Projeção da movimentação de aeronaves.....	53
3.3.1. Aplicação do modelo VAR na movimentação doméstica	56
3.3.2. Aplicação do modelo VAR na movimentação internacional.....	66
3.3.3. Resultados agregados.....	70

3.4.	Movimentação de cargas	71
3.4.1.	Carga doméstica	72
3.4.2.	Carga internacional	77
4.	Classificação de aeródromos por faixa de infraestrutura aeroportuária.....	83
4.1.	Caracterização das faixas quanto ao movimento anual de passageiros	85
4.2.	Definição dos componentes aeroportuários integrantes da classificação.....	87
4.3.	Caracterização da infraestrutura aeroportuária das faixas.....	87
4.3.1.	Escolha das aeronaves críticas representativas.....	87
4.3.2.	Certificação aeroportuária	88
4.3.3.	Código de Referência do Aeródromo (CRA)	89
4.3.4.	Definição do tipo de operação de voo.....	90
4.3.5.	Passageiro Hora-Pico (PHP).....	90
4.3.6.	Estimação da área bruta do TPS	91
4.3.7.	Características geométricas da PPD	93
4.3.8.	Características geométricas da faixa de pista e da faixa preparada.....	95
4.3.9.	Características geométricas da RESA	96
4.3.10.	Definição dos tipos de pavimento e valor numérico do PCN	97
4.3.11.	Características geométricas do pátio de aeronaves	98
4.3.12.	Definição do tipo de pistas de táxi adotado	101
4.3.13.	Características geométricas da pista de táxi	101
4.3.14.	Características do SESCINC.....	103
4.3.15.	Área e número de vagas do estacionamento de veículos.....	104
4.4.	Síntese das principais características das faixas de infraestrutura aeroportuária do PAN	105
4.5.	Elaboração dos desenhos das infraestruturas aeroportuárias do PAN	108
4.5.1.	Premissas adotadas na elaboração dos desenhos das infraestruturas aeroportuárias do PAN.....	108
4.6.	Elaboração dos desenhos de TPS da Faixa AvG até a Faixa 5 do PAN.....	109
4.6.1.	Premissas adotadas na elaboração dos leiautes do DINV.....	110
4.6.2.	Premissas adotadas na elaboração dos desenhos de TPS do PAN	110

5. Infraestrutura aeronáutica civil nas faixas de evolução da infraestrutura aeroportuária	113
5.1. Análise de infraestrutura aeronáutica por característica da classe do aeródromo	113
5.2. Identificação de necessidades de investimentos em infraestrutura aeronáutica	115
5.3. Proposta de infraestrutura aeronáutica nas faixas de evolução da infraestrutura aeroportuária.....	117
5.4. Definição da SAC/MPOR.....	119
6. Definição das estimativas de investimentos da infraestrutura aeroportuária do PAN .	121
6.1. Base de dados da infraestrutura atual.....	121
6.2. Premissas para as estimativas de investimentos.....	123
6.3. Ferramenta de simulação	124
7. Parâmetros de porte operacional por faixa do PAN	125
7.1. Principais parâmetros de porte operacional.....	125
7.1.1. Área do TPS	125
7.1.2. Nível de operação.....	126
7.1.3. Mix de aeronaves	127
7.1.4. Horário de abertura e de fechamento.....	130
7.1.5. Classificação tarifária.....	131
7.1.6. Proporção das receitas comerciais em relação às receitas totais	132
7.1.7. Proporção de gastos com serviços de utilidade pública e de manutenção em relação ao custo operacional	132
8. Definição das estimativas de custos mínimos e receitas aeroportuárias do PAN	135
8.1. Premissas para as estimativas de custos mínimos e de receitas aeroportuárias.....	135
8.2. Ferramenta de simulação	136
9. Custo do ruído aeronáutico para a Análise Custo-Benefício (ACB)	139
9.1. Estimativa do custo do ruído aeronáutico para a população	139
9.1.1. Estimativa da população afetada	141
9.1.2. Interpolação dos resultados.....	144
9.1.3. Monetização do ruído aeronáutico.....	145
9.2. Avaliação da redução do ruído pela evolução tecnológica da frota de aeronaves.....	146

9.2.1.	Análise de dados da European Union Aviation Safety Agency (EASA)	147
9.2.2.	Análise de dados do Registro Aeronáutico Brasileiro (RAB)	149
9.2.3.	Análise com os microdados estatísticos do transporte aéreo	150
9.3.	Análise Custo-Benefício (ACB)	150
9.4.	Contextualização da ACB	151
9.4.1.	ACB completa e ACB preliminar	152
9.4.2.	Indicadores de viabilidade socioeconômica.....	152
9.4.3.	Transformação em preços sociais	153
9.5.	Metodologia da ACB no PAN.....	157
9.5.1.	Definição dos cenários	158
9.5.2.	Alocação da demanda nos aeródromos e nas rotas.....	164
9.5.3.	Cálculo dos custos e benefícios	165
9.5.4.	Cálculo do Δ VSPL, IBC e TRE.....	181
9.5.5.	Análise de risco	182
9.6.	Resultados preliminares.....	185
9.6.1.	Δ VSPL-isolado	185
9.6.2.	Cenários alternativos	187
9.6.3.	Análise de risco	189
9.6.4.	Hierarquização de projetos através da análise do Valor Presente Líquido (VPL)	194
Considerações finais		197
Referências		199
Lista de abreviaturas e siglas.....		207
Lista de figuras		213
Lista de gráficos.....		215
Lista de quadros		217
Lista de tabelas.....		219
Apêndices e anexos		223
Apêndice 1 – Aeródromos com PEZR disponível.....		225
Apêndice 2 (Digital) – Parâmetros por faixa de porte operacional		231

Apêndice 3 – Tabelas de parâmetros e custos da ACB.....	233
Apêndice 4 – Lista de aeródromos do cenário base.....	237
Apêndice 5 (Digital) – Resultados e aeródromos dos cenários alternativos	243
Apêndice 6 – Modelo de distribuição da demanda nas rotas	245
Apêndice 7 – Cálculo do CASK para o custo de operação de transporte do Lado Ar	259
Apêndice 8 – Cálculo do modo de transporte K para o custo de operação de transporte	263
Apêndice 9 – Cálculo da distância e tempo médio de deslocamento não aéreo	267
Apêndice 10 – Cálculo da probabilidade de acidentes no transporte terrestre.....	271
Apêndice 11 – Cálculo da probabilidade de acidentes no transporte aéreo	275
Apêndice 12 – Desenhos dos modelos de infraestrutura aeroportuária das faixas do PAN	279
Apêndice 13 – Desenhos dos modelos de TPS da faixa AVG até a Faixa 5 do PAN	293

INTRODUÇÃO

A Secretaria Nacional de Aviação Civil do Ministério da Infraestrutura (SAC/MInfra), atual Secretaria Nacional de Aviação Civil do Ministério de Portos e Aeroportos (SAC/MPOR), está desenvolvendo, em cooperação com o Laboratório de Transportes e Logística da Universidade Federal de Santa Catarina (LabTrans/UFSC), estudos e pesquisas para apoio ao planejamento do setor aeroportuário brasileiro.

Em complemento às atividades previstas no escopo definido para a Fase 1, relativo ao desenvolvimento de metodologia, de ferramenta e de relatórios de acompanhamento de indicadores do Plano Aeroviário Nacional (PAN), este relatório visa apresentar as metodologias abarcadas nas atividades de apoio ao desenvolvimento do PAN 2022.

Nesta atividade, foram atualizadas as bases de dados dos aeroportos do escopo do PAN 2022 e as Unidades Territoriais de Planejamento (UTPs), bem como foi desenvolvida a metodologia a ser aplicada, de modo a auxiliar a nova projeção de demanda da SAC, divulgada no PAN 2018. A atualização da projeção de demanda abarca as projeções de movimentação de passageiros, de aeronaves e de cargas. Outras bases de dados foram levantadas para apoio ao cálculo de outros indicadores, como cenários de evolução da infraestrutura aeroportuária. Assim, os procedimentos metodológicos aplicados na execução dessas atividades encontram-se no presente documento.

Este relatório se divide nos seguintes capítulos: “Atualização do escopo dos aeródromos para o PAN”; “Atualização das UTPs para o PAN”; “Modelos de demanda para o PAN”; “Classificação de aeródromos por faixa de infraestrutura aeroportuária”; “Infraestrutura aeronáutica civil nas faixas de evolução da infraestrutura aeroportuária”; “Definição das estimativas de investimentos da infraestrutura aeroportuária do PAN”; “Parâmetros de porte operacional por faixa do PAN”; “Definição das estimativas de custos mínimos e das receitas aeroportuárias do PAN”; “Custo do ruído aeronáutico para a Análise Custo-Benefício (ACB)”; e “Análise Custo-Benefício”. Para concluir, são apresentadas as “Considerações finais”, levando-se em consideração todas as atividades de apoio à SAC/MPOR na elaboração do PAN.

1. ATUALIZAÇÃO DO ESCOPO DOS AERÓDROMOS PARA O PAN

Esta seção apresenta os procedimentos metodológicos utilizados na atualização do escopo dos aeródromos para o PAN 2022. A metodologia para atualização é baseada na continuidade do escopo apresentado no PAN 2018, em que se utilizaram bases de dados dos aeródromos cadastrados na Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC), assim como dos Planos Aeroviários Estaduais (PAEs). A atualização do escopo de aeródromos contemplou todo o território brasileiro como área de estudo. Apresentam-se, a seguir, as etapas efetuadas para análise e atualização das UTPs.

Neste primeiro momento, consideraram-se as seguintes etapas de atualização:

- Listas dos aeródromos homologados e registrados pela ANAC, segregados pelo tipo de uso
- Aeródromos do PAN 2018
- Aeródromos listados nos PAEs.

A análise levantou um total de 941 aeródromos a serem considerados no escopo do PAN 2022.

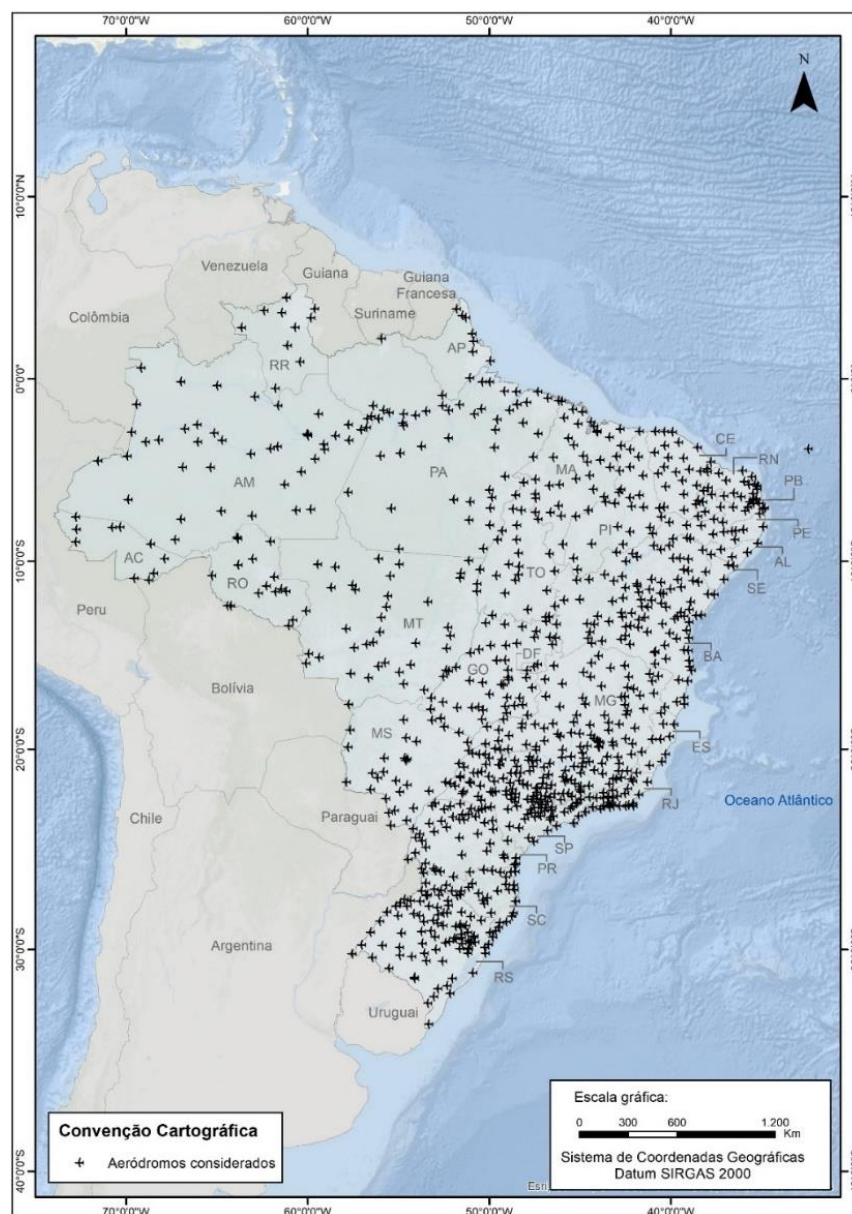
As características de cada aeródromo para formar a base principal do PAN 2022 contemplam:

- Chave única: trata-se da chave do aeródromo para fins de utilização na base principal e em outras bases. A chave é composta pelo código da International Aviation Civil Organization (ICAO) e pelo código do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) do município onde o aeródromo está localizado.
- Código ICAO: é o código internacional que nomeia o aeródromo na rede mundial de aeródromos.
- Código de Identificação do Aeródromo (CIAD): trata-se de um identificador único de aeródromos definido pela ANAC e é utilizado pela agência e pelo Comando da Aeronáutica (COMAER) como referência nos processos de sua competência.
- Nome do aeródromo: nome oficial do aeródromo.
- Município: onde está localizado o aeródromo.
- Código IBGE do município: código-chave dos municípios brasileiros gerado pelo instituto.
- Unidade Federativa (UF): estado onde está situado o aeródromo.
- UTP: unidade de concentração urbana que pode caracterizar-se como polo indutor de viagens.
- Sede da UTP: é o município sede, escolhido por meio de critérios pré-selecionados. Salienta-se que o nome da sede da UTP é o próprio nome da unidade, sendo o principal indutor da demanda.
- Aeródromo principal da UTP: é considerado como principal o aeródromo que se destaca na UTP por um histórico de concentração de demanda de viagens e/ou por possuir a maior infraestrutura aeroportuária na UTP.

- Tipo de aeródromo: corresponde ao tipo de aeródromo identificado, dividindo-se entre público, privado, militar, em estudo¹ e irregular².
- Latitude: corresponde à latitude do ponto de referência do aeródromo.
- Longitude: corresponde à longitude do ponto de referência do aeródromo.

O escopo de aeródromos se distribui por todo o território brasileiro, de acordo com o mapa de localização apresentado na Figura 1.

Figura 1 – Distribuição dos aeródromos do PAN 2022 pelo território brasileiro



Elaboração: LabTrans/UFSC (2021)

¹ Aeródromos não existentes, porém com estudos para provável implantação.

² Aeródromos que não possuíam cadastro ativo na ANAC ou no ROTAER.

2. ATUALIZAÇÃO DAS UTPS PARA O PAN

Esta seção apresenta as metodologias desenvolvidas para atualização das UTPs para o PAN 2022. A metodologia para atualização é baseada na análise metodológica apresentada no PAN 2018, no qual se utilizaram bases de dados dos arranjos populacionais (IBGE, 2015), áreas de influência dos aeroportos pela pesquisa da Empresa de Planejamento e Logística (EPL) (BRASIL, 2018) e Regiões Turísticas e Amazônia Legal (BRASIL, 2018). A atualização das UTPs tomou por princípio considerar todo o território brasileiro como área de estudo, incluindo também a revalidação das aglomerações urbanas pelo estudo das Regiões de Influência das Cidades (REGIC) (IBGE, 2018b).

Apresentam-se, a seguir, as etapas efetuadas para análise e atualização das UTPs.

Nesse primeiro momento, consideraram-se duas etapas de atualização:

- Agregação dos municípios fora da UTP para uma UTP vizinha
- Atualização dos nomes das UTPs e das sedes.

Ao final, foram levantadas e atualizadas 771 UTPs.

2.1. Sobre a criação das UTPs no PAN 2018

O Plano Aeroviário Nacional é um instrumento de planejamento e acompanhamento estratégico do setor aéreo brasileiro e tem como base a integração entre os modos de transporte visando um transporte mais eficiente. No documento, foram apresentadas simulações de diversos cenários de desenvolvimento de infraestrutura aeroportuária considerando-se sempre uma rede de transporte rodoviária, ferroviária e hidroviária, que alimenta as demandas dos aeroportos. Além disso, a análise apresentada é sistêmica, ou seja, a aplicação da premissa de que cada elemento componente do sistema de transporte aéreo está relacionado aos demais.

Vale destacar que o atendimento de um aeroporto não está limitado a um município, mas sim a um conjunto de cidades próximas e até mesmo afastadas. Nesse sentido, buscou-se criar zonas homogêneas para os aeroportos, específicas para o estudo do setor, denominadas de UTPs.

O trabalho para a definição das UTPs, que são as regiões onde se concentram as populações e, conseqüentemente, a maior parte da demanda por transporte aéreo, iniciou-se com o estudo das áreas de captação dos aeroportos brasileiros. Foram feitas avaliações das áreas resultantes da

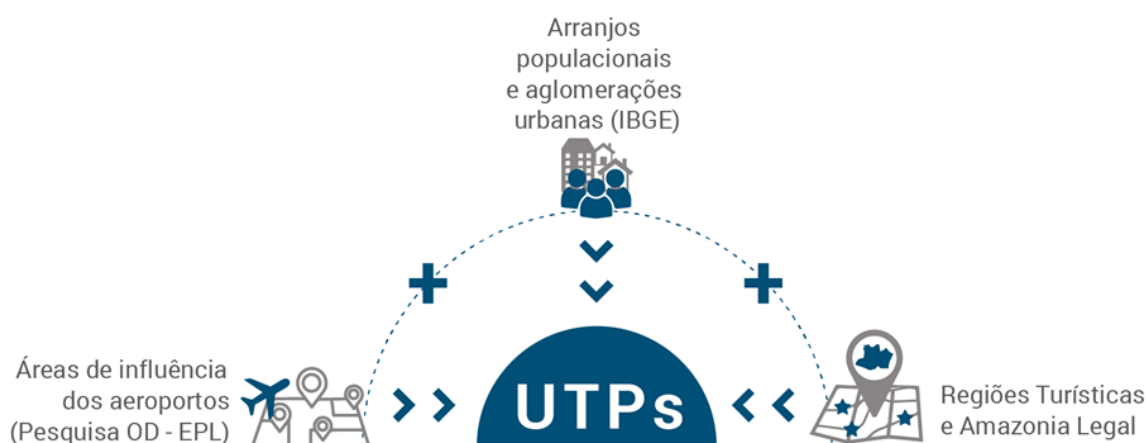
Pesquisa Origem/Destino (O/D), em ambiente de Sistema de Informações Geográficas (SIG), que permitiu identificar que, em média, 84% da demanda dos aeroportos está localizada nas aglomerações urbanas imediatamente próximas às infraestruturas aeroportuárias instaladas (BRASIL, 2018).

Utilizaram-se como base, também, as informações da publicação do IBGE (2016), intitulada *Arranjos populacionais e concentrações urbanas no Brasil*, como ponto de partida para determinação das UTPs (BRASIL, 2018).

Algumas complementações nos arranjos populacionais e aglomerações urbanas foram realizadas com o objetivo de gerar as UTPs que contemplassem todas as regiões relevantes para o transporte interurbano. Foram delimitadas UTPs para municípios que fazem parte de regiões turísticas, segundo o Programa de Regionalização do Turismo (BRASIL, 2016), e áreas estratégicas para a garantia de acessibilidade à população, como municípios da Amazônia Legal (BRASIL, 2018).

A Figura 2 apresenta o esquema de formação das bases de dados para as UTPs.

Figura 2 – Esquema de formação das bases de dados para as UTPs



Fonte: *Plano Aeroviário Nacional 2018-2038* (BRASIL, 2018). Elaboração: LabTrans/UFSC (2021)

2.1.1. Municípios sem UTP

Os municípios não contemplados em nenhuma UTP foram considerados no planejamento do setor, porém, dentro de um cenário de 20 anos, não há planejamento de municípios sede de aeroportos para essas regiões em razão de a demanda potencial proveniente deles ser baixa (BRASIL, 2018).

Conforme apresentado na Tabela 1, ao analisar a hierarquia regional dos municípios que não estão incluídos nas UTPs, foram identificados 725 centros locais que têm população predominantemente inferior a 10 mil habitantes (mediana de 8.133 habitantes), e cujas centralidade e atuação não extrapolam os limites do seu município, servindo apenas aos seus habitantes (IBGE, 2016).

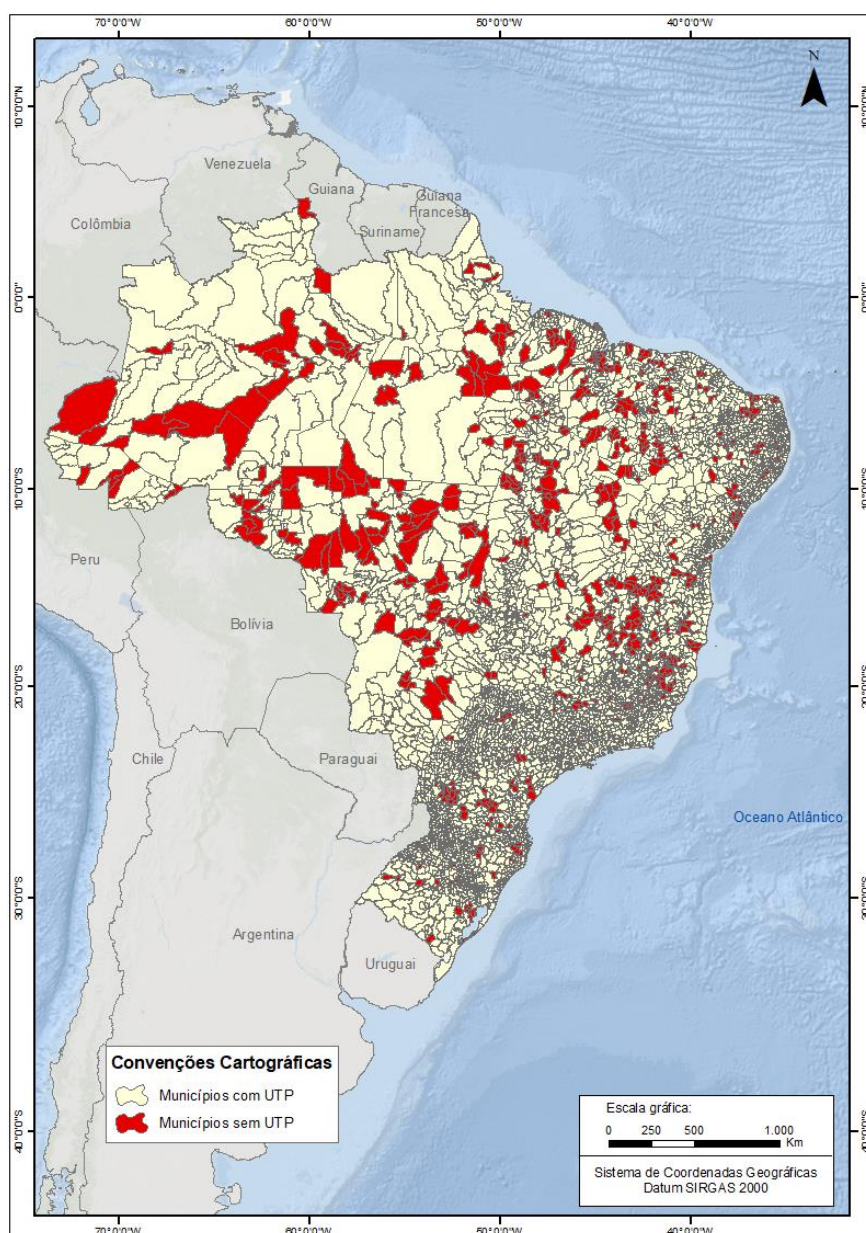
Tabela 1 – Classificação dos municípios por hierarquia nos arranjos populacionais

Hierarquia regional	Municípios
Centro Local	725
Centro de Zona B	26
Centro de Zona A	7
Centro Sub-regional B	1

Fonte: IBGE (2016). Elaboração: LabTrans/UFSC (2021)

Além disso, conforme o mapa da Figura 3, os municípios foram distribuídos ao longo de todo o território nacional.

Figura 3 – Mapa dos municípios brasileiros pertencentes e não pertencentes a uma UTP



Fonte: Brasil (2018). Elaboração: LabTrans/UFSC (2018)

2.2. Considerações para atualização das UTPs

Em complemento à definição dada em 2.1, as UTPs podem ser consideradas como Zonas de Tráfego Internas dos modelos clássicos de transporte, que podem ser definidas como:

- Áreas de estudo divididas em zonas, visando o agrupamento dos dados, de modo a fazê-los manuseáveis, fáceis de analisar e adequados para as etapas posteriores (BRUTON, 1979).
- Sub-regiões, chamadas de zonas de tráfego, com características semelhantes, podendo obedecer a alguma divisão censitária ou administrativa para facilitar a obtenção de informações socioeconômicas (CAMPOS, 2013).

Consequentemente, o zoneamento da área de estudo deve ser apoiado em áreas de características socioeconômicas homogêneas. Essa regra foi respeitada na criação das UTPs, conforme apontado anteriormente. De maneira adicional, foram consideradas ainda as características do modo de transporte analisado, conforme apresentado em 2.1.

Portanto, a consideração de todo o território brasileiro como a Área de Estudo dos instrumentos de planejamento deve se dar mediante a inclusão dos municípios não pertencentes às UTPs já existentes. Essa estratégia permite afirmar que o PAN trata de 100% do território brasileiro, apesar de estes últimos municípios incorporados terem baixa representatividade em termos de demanda.

Tendo em vista que as UTPs foram construídas respeitando-se a homogeneidade das características socioeconômicas, não é necessário alterá-las. No entanto, recomenda-se que os municípios não contemplados na versão do PAN 2018 sejam incluídos em UTPs já existentes, considerando critérios de homogeneidade para essa criação/inclusão.

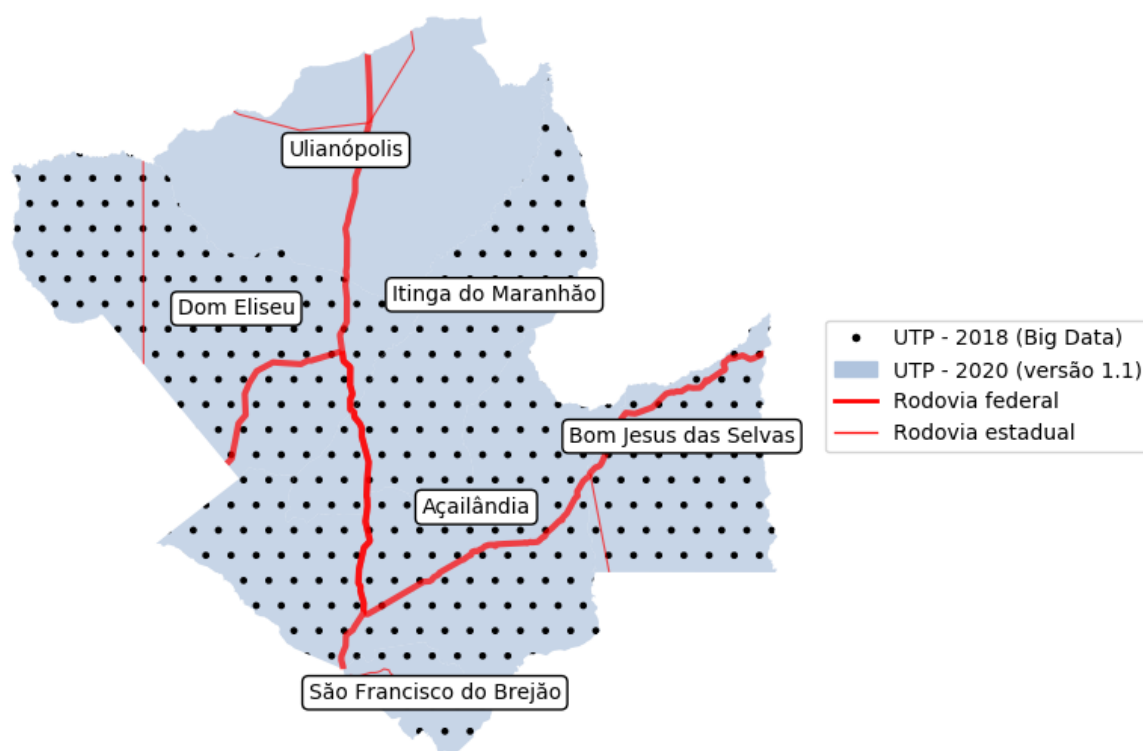
Dessa forma, alguns estudos e bases de dados já elaborados podem auxiliar nessa etapa. Um desses estudos é o REGIC, elaborado em 2015 e atualizado em 2018 pelo IBGE. Essa pesquisa define a hierarquia dos centros urbanos brasileiros e delimita as regiões de influência a eles associados. É nesse estudo em que se identificam, por exemplo, as metrópoles e capitais regionais brasileiras e qual o alcance espacial da sua influência. A identificação da hierarquia urbana e das áreas de influência é realizada por meio da classificação dos centros urbanos que possuem determinados equipamentos e serviços e que atraem populações de outras localidades. A oferta diferenciada de bens e serviços entre as cidades faz com que populações desloquem-se a centros urbanos bem equipados para adquirirem serviços de saúde e educação ou procurarem um aeroporto, por exemplo. Vale destacar que o estudo cobre todos os municípios que atualmente não pertencem a nenhuma UTP.

A partir desse estudo, é possível identificar, para cada município não contemplado em UTPs, a sua região de influência atual, o que facilita a inclusão desse município, considerando o critério de homogeneidade.

Além disso, outro fator determinante na escolha da UTP são as ligações rodoviárias/hidroviárias de cada município. Nesse sentido, utilizaram-se camadas geográficas das rodovias federais e estaduais e camada hidroviária, principalmente na região amazônica. A Figura 4 apresenta, como exemplo, a inclusão do município de Ulianópolis à UTP de número 2, utilizando-se o critério de proximidade e ligação por rodovia federal.

Figura 4 – Inclusão do município de Ulianópolis à UTP 2

UTP 2 - Dom Eliseu



Elaboração: LabTrans/UFSC (2018)

Nesse sentido, a proposta para inclusão dos municípios em UTPs consiste em:

- Avaliar os arranjos populacionais conforme os critérios do REGIC. A partir disso, é possível identificar os arranjos populacionais de cada município.
- Utilizar critérios de proximidade e presença de ligação por modo rodoviário e aquaviário, avaliados por meio de camadas geográficas oficiais.

2.3. Nomeação e atualização da sede da UTP

Para continuidade da atualização das UTPs do PAN, é necessário rever as sedes e os nomes de algumas dessas unidades. Na atualização, a principal premissa é que a sede da UTP reflita o principal ponto de origem ou destino de viagens daquela UTP, ou seja, que corresponda ao local onde há concentração de demanda. Essa definição é baseada no conceito de “Centroide de Zona de Tráfego”, dos modelos clássicos de transporte.

Assim, foram aplicadas algumas regras de negócio para essa atividade, como simplificado a seguir:

- A.** O nome da UTP é igual ao da sede.
- B.** A sede de cada UTP é definida aplicando-se os seguintes critérios, na respectiva ordem:
 - trata-se de uma capital de estado;
 - é o município com maior *ranking* REGIC 2018; ou
 - é o município com maior valor obtido da multiplicação do Produto Interno Bruto (PIB) pela população.

Em suma, desvincula-se a sede da UTP dos aeroportos nela situados. Admite-se, portanto, que não necessariamente o aeroporto mais importante da UTP esteja na sua sede. Esta, como citado anteriormente, é o principal ponto de origem ou destino de viagens geradas por aquela UTP.

Na continuidade da atualização da nomeação da sede e do nome da UTP, por solicitação da SAC/MPOR, foram modificados três resultados de sedes advindos da nova metodologia aqui apresentada. As três sedes e as justificativas das alterações são apresentadas a seguir:

- 1.** UTP 93:
 - Alterar a sede para Valença (BA).
 - Justificativa: já opera voos regulares.
- 2.** UTP 7:
 - Alterar a sede para Conde.
 - Justificativa: investimento e potencial turístico.
- 3.** UTP 263
 - Alterar a sede para Sousa.
 - Justificativa: município classificado como Regional B no PAN 2018.

3. MODELOS DE DEMANDA PARA O PAN

Nesta seção são apresentados os procedimentos metodológicos desenvolvidos nos modelos de demanda do PAN. Os principais resultados dos modelos são as projeções dos aeródromos para os próximos 30 anos (2023-2052). São apresentados os modelos e os resultados das projeções da movimentação de passageiros, de aeronaves e de cargas.

Para a demanda doméstica de passageiros, projetou-se a movimentação de passageiros desagregada por UTPs, esta foi posteriormente alocada nos aeródromos levando em consideração variáveis que traduzem a competitividade entre eles. Assim, de acordo com o grupo de aeródromos selecionados em determinada rede, haverá um cenário de competição diferente entre esses aeródromos e, conseqüentemente, um resultado de alocação distinto. Os resultados da alocação são insumos diretos da ACB apresentada no capítulo 9.3.

No caso da demanda internacional de passageiros, projetou-se a demanda dos aeroportos que já operam esse tipo de tráfego. Além disso, analisou-se a demanda por UTP, considerando que passageiros com destinos internacionais nem sempre embarcam diretamente no aeroporto que oferta viagens internacionais.

Relativo à projeção de demanda da movimentação de aeronaves, o método utilizado consistiu na conversão dos valores projetados de demanda de passageiros para movimentos de aeronaves. Dessa forma, considera-se que a movimentação de aeronaves possui relação direta com a demanda de passageiros. Foram aplicados modelos de vetores autorregressivo (VAR, do inglês – *Vector AutoRegressive*) para as projeções do *mix* e do *load factor* para cada faixa de aeródromo e separadamente para movimentações comerciais de naturezas doméstica e internacional.

Por fim, na projeção de cargas, foram estimados três modelos estatísticos econométricos distintos, para carga doméstica, carga de importação e carga de exportação. Os resultados apresentam os volumes de carga movimentados em cada par O/D, podendo ser agregados por aeroporto e por cenário.

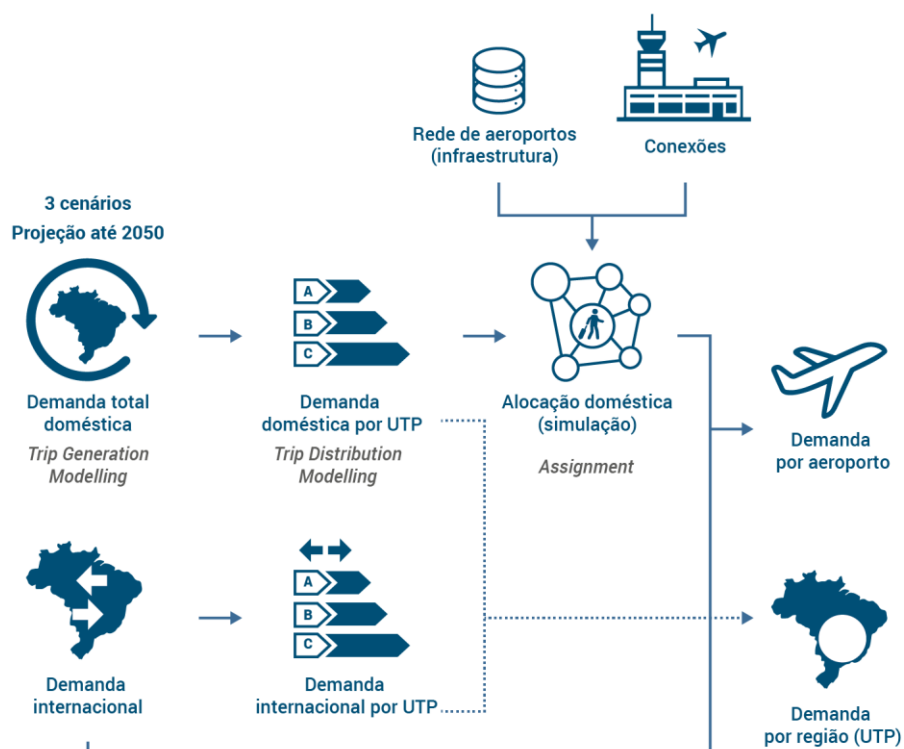
3.1. Demanda doméstica de passageiros

A Figura 5 apresenta o fluxo metodológico geral de aplicação dos modelos para a projeção e simulação da demanda doméstica. A metodologia aplicada foi baseada no modelo clássico de transportes denominado Modelo 4 Etapas, utilizado amplamente em variados modos de transporte e áreas de estudos, desde o contexto urbano até o contexto regional. Dessa forma, o modelo desenvolvido permite simular a inclusão e a exclusão de aeródromos, realocando a demanda nos aeródromos disponíveis.

Com exceção da etapa de Divisão Modal³ (em inglês – *Modal Split*), as outras três etapas do Modelo 4 Etapas estão presentes, sendo elas:

- Demanda total doméstica (geração de viagens): objetiva relacionar a demanda histórica, disponibilizada pela ANAC por aeroporto, com variáveis explicativas permitindo a projeção da demanda para o futuro. O resultado é a demanda futura total para três cenários distintos – referência, transformador e pessimista.
- Demanda doméstica por UTP (distribuição de viagens): nessa etapa são utilizadas as informações de área de influência dos aeroportos disponibilizada pela Matriz O/D de telefonia para distribuir a demanda para o território (dividido em UTPs). Essa etapa possui como resultado a demanda projetada por UTP de passageiros de embarque (viagens produzidas) e desembarque (viagens atraídas).
- Alocação doméstica – simulação (alocação): objetiva alocar a demanda vinculada às UTPs aos aeroportos contidos em um cenário de infraestrutura predefinido. Essa etapa gera a demanda projetada de embarque, desembarque e conexões por aeroporto.

Figura 5 – Fluxo geral de aplicação dos modelos da projeção de demanda do PAN

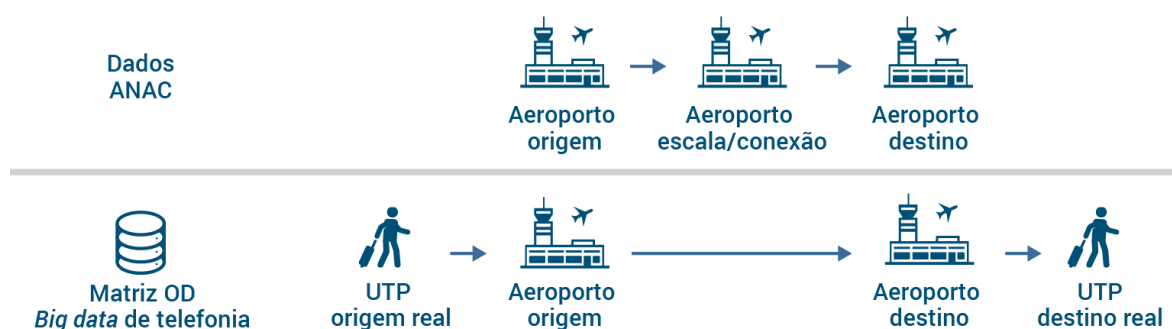


Elaboração: LabTrans/UFSC (2021)

Vale destacar que a Matriz O/D do Big Data de telefonia tornou possível aplicar as etapas de distribuição e alocação pois trouxe a informação da real origem e destino do passageiro, conforme apresentado na Figura 6. Com essa informação, foi possível identificar a real área de influência dos aeroportos identificados na Matriz O/D e estimar os modelos para as etapas mencionadas.

³ A metodologia desenvolvida se aplica somente à demanda do modo aéreo. Não são aplicados modelos para a divisão modal.

Figura 6 – Diferença entre a base de dados da ANAC e a Matriz O/D do Big Data de telefonia



Elaboração: LabTrans/UFSC (2021)

3.1.1. Dados de entrada

Como dados de entrada para os modelos, foram utilizados aqueles disponibilizados pela SAC/MPOR, além de outras bases oficiais, sendo estas e seus objetivos:

- **Série histórica dos microdados estatísticos da ANAC (2021d):** cálculo de variáveis de oferta, demanda e conexões.
- **Série histórica dos microdados de tarifas da ANAC (2017):** tarifa dos voos para o cálculo do *Yield* das rotas e do *Yield* médio ponderado do aeroporto.
- **Lista de UTPs e suas sedes:** dados disponibilizados pela SAC/MPOR e atualizados conforme detalhado no capítulo 2.
- **Matriz O/D de passageiros de 2017, obtida do Big Data de telefonia móvel:** dados disponibilizados pela SAC/MPOR no sistema Hórus (BRASIL, 2020b) e atualizados a partir da nova configuração das UTPs. Obtém-se o número de viagens entre os pares O/D e a área de influência dos aeroportos.
- **Matriz tempo de deslocamento não aéreo entre os municípios brasileiros e as sedes das UTPs:** dados disponibilizados pela SAC/MPOR e atualizados com dados provenientes do Sistema Georreferenciado do Hórus Desktop.
- **Série histórica do PIB municipal (IBGE, 2018a):** provenientes do IBGE.
- **Projeção de PIB:** disponibilizada pela SAC/MPOR, estimada pelo Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (Ipea) conforme definido no Decreto nº 10.531, de 26 de outubro de 2020 (BRASIL, 2020c).
- **REGIC 2018 (IBGE, 2018b):** hierarquia dos centros urbanos brasileiros e delimitação das regiões de influência a eles associados.
- **Categorização turística (BRASIL, 2019b):** Categorização dos Municípios das Regiões Turísticas do Mapa do Turismo Brasileiro.

3.1.2. Definição do modelo de demanda total

De modo a projetar a demanda total de passageiros domésticos, utilizaram-se modelos econométricos de painel de dados. Esse tipo de regressão com dados em painel é capaz de combinar séries temporais com dados de cortes transversais (*cross section*). Dentre as principais vantagens do uso de dados em painel, destacam-se aumento do tamanho da amostra, menor colinearidade entre variáveis, maior grau de liberdade e variabilidade (BALTAGI, 2005). Ademais, essa forma de utilização de dados pode detectar com maior precisão efeitos que não poderiam ser avaliados da mesma maneira em um modelo com cortes transversais puro ou em uma série temporal pura, além de serem mais adequados para estudar a dinâmica da mudança e permitirem estudar modelos de comportamento mais complicados (BALTAGI, 2005; GUJARATI; PORTER, 2011).

Além disso, uma vez que as séries históricas disponíveis para a análise então compreendidas entre os anos 2000 e 2021, isto é, um período não muito grande para esse tipo de previsão, o uso do modelo em painel é mais vantajoso do que a simples utilização de somente a série agregada. Os dados em painel podem garantir uma melhor robustez no resultado do modelo. À vista disso, na estimação da demanda interna de passageiros, por exemplo, tem-se o número de observação multiplicado pelo número de aeródromos. Apesar de esse ponto ser um fator decisivo para a escolha do uso de painel de dados, esse tipo de modelo foi o que melhor se sobressaiu após testes e levando em consideração estudos semelhantes de escala nacional (DE PAULA *et al.*, 2019).

A partir de conversas com representantes do setor, viabilizadas com o auxílio da SAC/ MPOR, foram selecionadas seis variáveis para testes, a saber:

- Variável defasada de movimentação de passageiros ($Pass_{i,j,t-1}$): tem como objetivo capturar a tendência e a inércia do fluxo de passageiros. Possui como premissa que a movimentação de passageiros do ano anterior influencia na movimentação do ano posterior. Espera-se para essa variável um coeficiente positivo. Para o cálculo da variável, utilizam-se os microdados da base de dados estatísticos do transporte aéreo da ANAC (2021a). Esses dados são disponibilizados em etapas combinadas, em que podem ser identificados os pares geográficos de origem e de destino, onde ocorreu o embarque e o desembarque do passageiro, desconsiderando a existência de aeródromos intermediários atendidos por determinado voo. Há dados disponíveis a partir do ano de 2000 ao ano de 2021.
- Produto Interno Bruto ($PIB_{i,t}$ e $PIB_{j,t}$): variável de uso clássico nos modelos de demanda, busca captar a elasticidade-renda do número de passageiros na região de influência do aeroporto de origem e de destino. Uma vez que quanto maior a renda, mais passageiros estariam dispostos a viajar, espera-se um coeficiente positivo na movimentação de passageiros. Como *proxy* da região de influência do aeroporto, consideram-se as UTPs que fazem parte da área de influência observada, limitando-se a 95% dos passageiros daquele aeroporto. Os dados históricos do PIB municipal são provenientes do IBGE (2018a). A periodicidade dos dados disponíveis na plataforma compreende os anos de 2002 a 2018.

- Distância entre os aeródromos (Dist): possui a finalidade de captar o efeito gravitacional, tendo em vista que, em geral, quanto maior a distância da viagem, maior a probabilidade de os passageiros preferirem o uso do transporte aéreo. Dessa forma, espera-se para essa variável um coeficiente negativo.
- *Yield*: busca captar a elasticidade-preço da demanda de passageiros. Os dados acerca das tarifas são oriundos da base de dados de Tarifa de Transporte Aéreo de Passageiros Domésticos da ANAC (2017). O período dos dados abrange os anos de 2000 a 2021. O cálculo da variável $Yield_{i,j,t}$ utiliza os dados das tarifas, do número de assentos vendidos e da distância entre o aeroporto de origem e destino conforme a Equação (1). Espera-se para essa variável um coeficiente negativo, considerando-se que quanto menor o preço da passagem, maior a atratividade daquele par O/D.

$$Yield_{i,j,t} = \frac{\sum Tarifa_{i,j,t}}{\sum Assentos_{i,j,t} / Dist_{i,j}} \quad (1)$$

- Preço do combustível: tem como finalidade captar o efeito do combustível sobre o número de passageiros. Interpreta-se que quanto menor o preço do combustível, menor deve ser o custo dos voos, o que aumenta a quantidade de viagens. Em se tratando do preço dos combustíveis, os dados são provenientes da U.S. Energy Information Administration (EIA, 2021), a qual disponibiliza os dados anuais do Querosene de Aviação (QAV) em dólares. Ao se converter os valores do combustível para a moeda nacional, pode-se também capturar os efeitos da oscilação no câmbio no preço do combustível no mercado nacional.
- Vocação turística da região: por último, a vocação turística é uma variável qualitativa, cujo objetivo é observar o efeito da vocação da região do aeroporto na movimentação de passageiros. Para essa variável, utilizam-se dados das categorizações dos municípios em que os aeródromos estão estabelecidos, provenientes do Mapa do Turismo Brasileiro, elaborado pelo Ministério do Turismo (BRASIL, 2019b). O ministério classifica os municípios brasileiros com relação à vocação turística em categorias de A, B, C, D e E, em que na Categoria A estão os melhores municípios no que diz respeito ao desempenho da economia do turismo, e na E os com o menor desempenho. Para efeitos do modelo, adota-se o valor 1 para aeródromos dentro de regiões de Categoria A.

Com o objetivo de seleção, foram estimados diferentes modelos com distintas combinações das variáveis selecionadas. Como indicador de qualidade dos modelos, utilizou-se o R²-Ajustado. Esse indicador é ajustado pelos graus de liberdade (isto é, o indicador é corrigido considerando o número de observações e parâmetros estimados). O valor aumenta somente se o novo termo melhorar o modelo mais do que seria esperado pelo acaso (GUJARATI; PORTER, 2011). Dessa forma, quanto maior o valor do indicador, mais o resultado dado pelo modelo se aproxima dos valores observados. A Tabela 2 apresenta os modelos testados e seus respectivos R²-Ajustado.

Tabela 2 – Modelos testados e R2-Ajustado

Variáveis	R ² -Ajustado
$Pass_{i,j,t-1}, PIB_{i,t} * PIB_{j,t}, Yield_{i,j,t}, Turismo_j * PIB_{i,t}$	0,889324
$Pass_{i,j,t-1}, PIB_{i,t}, PIB_{j,t}, Yield_{i,j,t}, Turismo_j * PIB_{i,t}$	0,889305
$Pass_{i,j,t-1}, PIB_{i,t}$	0,888045
$Pass_{i,j,t-1}, PIB_{j,t}$	0,887989
$Pass_{i,j,t-1}, Yield_{i,j,t}$	0,876494
$Pass_{i,j,t-1}, PIB_{i,t} * PIB_{j,t}$	0,866177
$Pass_{i,j,t-1}, PIB_{i,t}, PIB_{j,t}$	0,866051

Elaboração: LabTrans/UFSC (2021)

Durante os testes, descartaram-se duas variáveis, do Preço do Combustível e da Distância entre Aeródromos. A primeira devido à alta correlação com o *Yield*, a segunda pela preferência a um modelo de efeitos fixos⁴, confirmado também pelo Teste de Hausmann (BALTAGI, 2005).

Finalmente, o modelo desenvolvido para a estimação da demanda total de passageiros doméstico busca determinar a demanda total anualizada (t), com um modelo por aeroporto de origem (i), para aeroporto de destino (j), conforme disposto na Equação (2).

$$Pass_{i,j,t} = \alpha_{1,i,j} + \alpha_2 Pass_{i,j,t-1} + \alpha_2 PIB_{i,t} * PIB_{j,t} + \alpha_3 Yield_{i,j,t} + \alpha_4 Turismo_j * PIB_{i,t} + \varepsilon_{i,j,t} \quad (2)$$

Onde:

$Pass_{i,j,t}$ = número de passageiros transportados do aeroporto *i* ao aeroporto *j*, no ano *t*

$\alpha_{1,i,j}$ = constante estimada para cada uma das combinações de aeroportos de origem (*i*) e destino (*j*), de maneira a capturar a escala de cada fluxo – Efeito Fixo

$Pass_{i,j,t-1}$ = número de passageiros transportados do aeroporto *i* ao aeroporto *j* no ano anterior (t-1)

$PIB_{i,t}$ = PIB da área de influência do aeroporto de origem (*i*)

$PIB_{j,t}$ = PIB da área de influência do aeroporto de destino (*j*)

$Yield_{i,j,t}$ = tarifa média por quilômetro do aeroporto *i* ao aeroporto *j*

$Turismo_j$ = vocação turística da região do aeroporto de destino

$\alpha_2, \alpha_3, \alpha_4$ = coeficientes das respectivas variáveis explicativas

ε_j = componente do erro.

⁴ No modelo de efeito fixo, o intercepto é invariante no tempo e assume que as diferenças não observadas dos dados podem ser capturadas pelas diferenças no termo independente.

3.1.3. Cenários de projeção

Para gerar as curvas de projeção para cada par O/D (i,j) (Equação (2)), são necessárias projeções das variáveis dependentes, ou seja, as projeções das variáveis $PIB_{i,t}$, $PIB_{j,t}$ e $Yield_{i,j,t}$.

Com relação ao PIB, o Decreto nº 10.531, de 26 de outubro de 2020 (BRASIL, 2020c), institui a Estratégia Federal de Desenvolvimento para o Brasil no período de 2020 a 2031. O anexo do decreto define dois cenários de projeções de PIB para balizar metas na Estratégia Federal de Desenvolvimento para o Brasil:

No cenário de referência, mais básico, não haveria muitos avanços na adoção de reformas microeconômicas com grandes impactos sobre a produtividade, apenas com melhorias marginais. O crescimento potencial nesse cenário, após o período de recuperação baseado em ocupação da elevada capacidade ociosa atualmente disponível, seria baixo e cadente, devido ao fim do bônus demográfico. A taxa de investimento aumentaria um pouco em relação à atual, que está baixa em função da recente recessão enfrentada pelo País, mantendo-se, em média, no período entre 2021 e 2031, em 17,5% (dezessete inteiros e cinco décimos por cento) do PIB, dos quais 1,8% (um inteiro e oito décimos por cento) para infraestrutura. A produtividade, já descontado o efeito advindo do aumento da escolaridade e do capital humano, cresceria à mesma média do período de 1970 a 2019, isto é, 0,3% a.a. (três décimos por cento ao ano) após o período de recuperação cíclica – crescimento médio da produtividade no período de 2021 a 2031 (tendo 2020 como ano-base) seria de 0,5% a.a. (cinco décimos por cento ao ano). Esse fato não deixa de ser um avanço, visto que, em relação à média no período de 1980 a 2016, a produtividade manteve-se estagnada. Um ponto importante que diferencia esse período passado de produtividade estagnada em relação ao período projetado na EFD 2020-2031 é o equilíbrio das contas públicas (hipótese básica dos dois cenários projetados), que ajudaria a minimizar as chances de novas crises, como as muitas que ocorreram no período de 1980 a 2016 e que certamente prejudicaram a produtividade da economia brasileira.

[...]

O segundo cenário, o cenário transformador, considera que, além das reformas requeridas para o equilíbrio fiscal de longo prazo, também haveria um conjunto mais amplo de reformas, as quais incentivariam o aumento da produtividade geral da economia, na ordem de 1% a.a. (um por cento ao ano, em média) e da taxa de investimento, que aumentaria para 19,5% (dezenove inteiros e cinco décimo por cento) do PIB na média de 2021 a 2031, dos quais 2,9% (dois inteiros e nove décimos por cento) para infraestrutura, e o avanço mais intenso da escolaridade, o que permitiria, por conseguinte, avanço do capital humano e da taxa de participação da população em idade ativa. Esse cenário ilustra para a sociedade o potencial de melhora qualitativa e substancial da economia caso se opte por um processo de reformas estruturais mais profundas (BRASIL, 2020c, p. 3).

A Tabela 3 apresenta as taxas de crescimento dos cenários definidos no decreto.

Tabela 3 – Cenários macroeconômicos da Estratégia Federal de Desenvolvimento para o Brasil (2021 a 2031, tendo 2020 como ano-base)

Cenários	PIB		PIB <i>per capita</i>	
	Crescimento anual médio de 2021 a 2031 (% a.a.)	Crescimento acumulado entre o ano-base (2020) e 2031 (%)	Crescimento anual médio de 2021 a 2031 (% a.a.)	Crescimento acumulado entre o ano-base (2020) e 2031 (%)
Cenário de referência (com reformas macrofiscais)	2,2	27,0	1,6	19,1
Cenário transformador (com reformas amplas e avanço da escolaridade)	3,5	46,4	2,9	37,2

Fonte: Brasil (2020c). Elaboração: LabTrans/UFSC (2021)

Para projetar cada ano separadamente, foram disponibilizados pelo Ipea os valores anuais de projeção dos cenários do decreto. A Tabela 4 evidencia o crescimento anual médio do PIB brasileiro, calculado a partir dos dados disponibilizados pelo Ipea.

Tabela 4 – Crescimento anual médio do PIB

Período	Referência	Transformador
2020-2025	2,6%	4,1%
2025-2030	1,9%	3,1%
2030-2035	1,3%	2,6%
2035-2040	1,2%	2,5%
2040-2045	1,1%	2,3%
2045-2052	0,8%	2,0%

Fonte: Dados disponibilizados pelo Ipea. Elaboração: LabTrans/UFSC (2021)

Além dos dois cenários de PIB definidos pelo decreto (BRASIL, 2020), estabeleceu-se um terceiro cenário, chamado de pessimista. Este apresenta o PIB com um desvio padrão negativo em relação ao cenário referência.

No que diz respeito ao $Yield_{i,j,t}$, a Equação (3) demonstra o modelo de projeção desenvolvido para essa variável. Como estrutura do modelo, utilizou-se painel de dados. Como variáveis dependentes, empregou-se a própria variável dependente defasada ($Yield_{i,j,t-1}$) e o número de empresas ($NE_{i,j,t}$) de cada par O/D. Foram aplicados dados dos anos de 2011 até 2021, totalizando 7.093 observações. O modelo apresentou R^2 - ajustado de 0,87.

$$Yield_{i,j,t} = \alpha_{1,i,j} + \alpha_2 Yield_{i,j,t-1} + \alpha_3 NE_{i,j,t} + \varepsilon_{i,j,t} \quad (3)$$

Onde:

$Yield_{i,j,t}$ = tarifa média por quilômetro do aeroporto i ao aeroporto j , no tempo t . Calculada conforme a Equação (1)

$\alpha_{1,i,j}$ = constante estimada para cada uma das combinações de aeroportos de origem (i) e destino (j) de maneira a capturar a escala de cada fluxo – Efeito Fixo

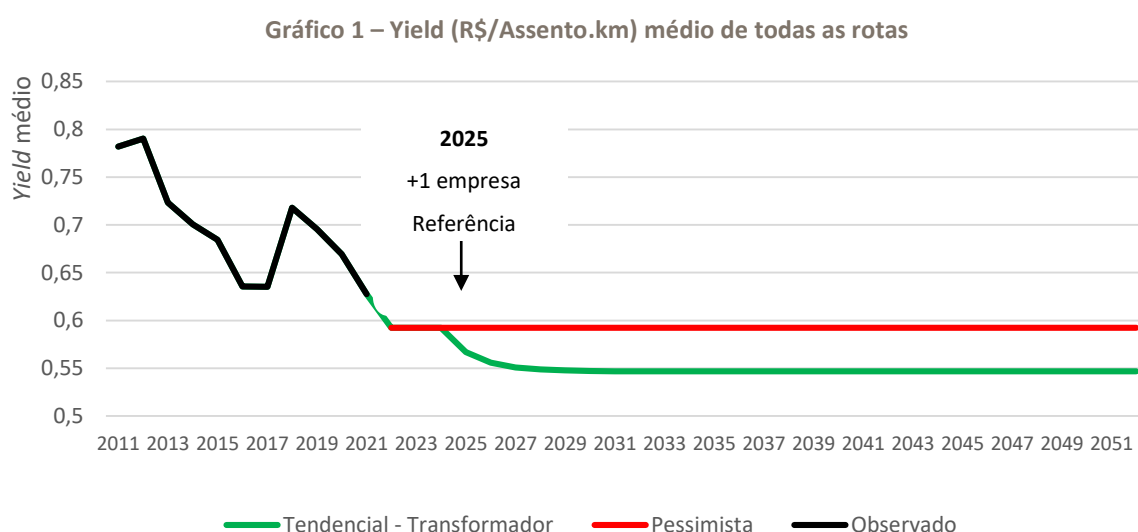
$Yield_{i,j,t-1}$ = tarifa média por quilômetro do aeroporto i ao aeroporto j , no tempo $t-1$. Calculada conforme a Equação (1)

$NE_{i,j,t}$ = número de empresas operando na rota do aeroporto i ao aeroporto j , no tempo t

α_2, α_3 = coeficientes das respectivas variáveis explicativas

$\varepsilon_{i,j,t}$ = componente do erro.

Para a projeção dos cenários, definiu-se que no cenário referência e transformador haveria um impacto no *Yield* causado pela entrada de uma nova empresa no cenário nacional em 2025. Por outro lado, no cenário pessimista o número de empresas continuaria constante até o último ano de projeção. O Gráfico 1 apresenta o *Yield* médio de todas as rotas, no entanto destaca-se que a projeção é feita rota a rota para uso no modelo de projeção definido pela Equação (2).



Elaboração: LabTrans/UFSC (2021)

Finalmente, considerou-se que não há variação em relação ao tempo para variável Turismo_j. Ou seja, um município considerado turístico continuará sendo turístico no futuro, sendo o contrário também verdadeiro.

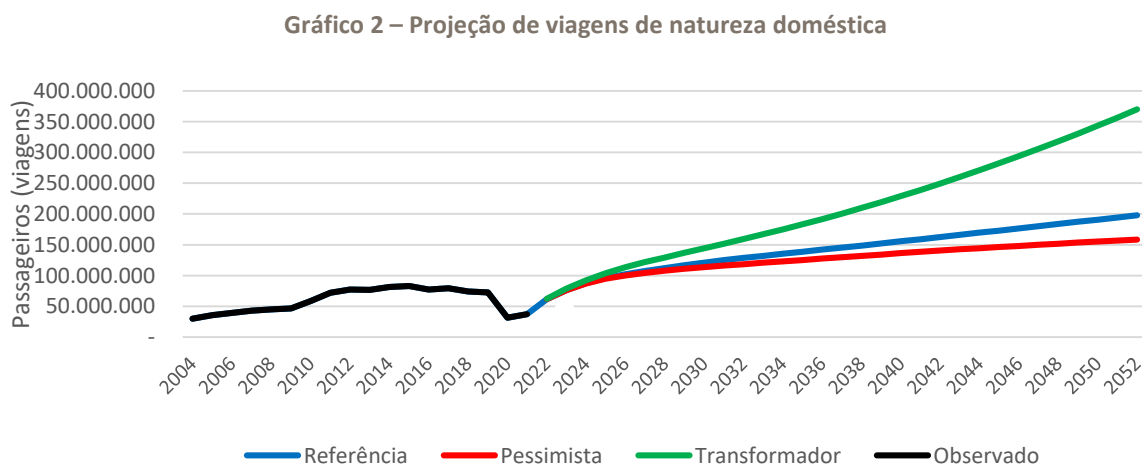
Em síntese, os três cenários de projeção possuem as seguintes características:

- Referência: utiliza como projeção de PIB o valor de crescimento anual médio de 2,2% a.a. até 2031, conforme definido pelo Decreto nº 10.531 (BRASIL, 2020c). O *Yield* é projetado pelo modelo da Equação (3) e é impactado pelo aumento do número de empresas aéreas a partir de 2025.
- Transformador: apresenta valor de crescimento anual médio do PIB de 3,5% a.a. até 2031, conforme definido pelo Decreto nº 10.531 (BRASIL, 2020c). O *Yield* é projetado pelo modelo da Equação (3) e é impactado pelo aumento do número de empresas aéreas a partir de 2025.
- Pessimista: apresenta o PIB com um desvio padrão negativo em relação ao cenário Referência. O número de empresas aéreas permanece constante, ou seja, não há efeito no *Yield*.

A partir das variáveis projetadas, segundo especificações dos cenários, é possível calcular as projeções para cada par O/D (i,j) de acordo com o modelo definido na Equação (2). A partir disso, é possível agregar cada par i, j, obtendo-se a movimentação projetada de embarque e desembarque de cada aeroporto para os três cenários mencionados. Esse resultado será distribuído geograficamente para cada UTP na próxima etapa do modelo (vide 3.1.5).

3.1.4. Resultado da demanda total de passageiros

O Gráfico 2 indica o valor observado e os valores projetados, a partir do modelo da Equação (2), para os três cenários até 2052. Vale lembrar que o resultado da projeção da demanda total de passageiros refere-se ao número de viagens, ou seja, são desconsiderados os valores duplicados dos passageiros que realizaram conexão.



Elaboração: LabTrans/UFSC (2021)

A Tabela 5 apresenta o crescimento médio anual das viagens de natureza doméstica nos períodos informados. Destaca-se que as taxas apresentam valores decrescentes com o tempo. Taxas maiores são observadas até o ano de 2025, no entanto nota-se que essas taxas são aplicadas em valores menores devido à queda da demanda observada durante os anos da pandemia.

Tabela 5 – Crescimento médio anual das viagens de natureza doméstica

Período	Referência	Transformador	Pessimista
2020-2025	27,00%	29,12%	26,67%
2025-2030	4,64%	6,70%	3,63%
2030-2035	2,74%	4,87%	1,97%
2035-2040	2,33%	4,56%	1,70%
2040-2045	2,16%	4,29%	1,43%
2045-2052	1,92%	3,93%	1,14%

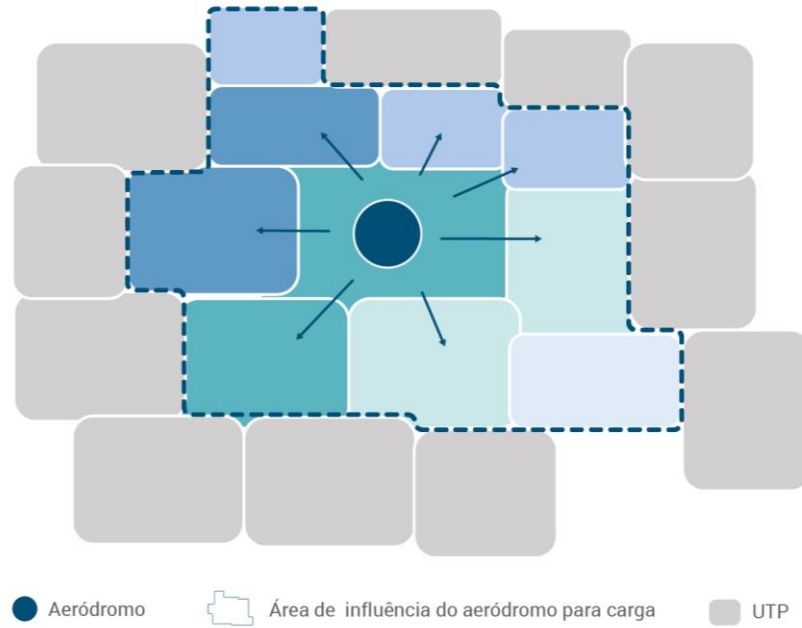
Elaboração: LabTrans/UFSC (2021)

3.1.5. Distribuição da demanda total por UTP

O objetivo da etapa de distribuição da demanda é distribuir as viagens que estão vinculadas a cada aeródromo para o território. Ou seja, distribuir as viagens às suas reais origens e destinos, desvinculando-as da infraestrutura. Essa etapa é importante para permitir a posterior simulação da demanda de novos aeródromos que atualmente não existem ou estão desativados.

A Figura 7 apresenta o conceito do modelo utilizado. A partir da Matriz O/D de telefonia móvel, é possível obter a área de influência de cada aeródromo, incluindo a informação do número de viagens de cada UTP. Com essa informação, estimou-se um modelo de corte transversal para cada aeródromo (i) observado na Matriz O/D, conforme a Equação (4). A variável dependente do modelo é a informação da quantidade de passageiros que embarcaram ou desembarcaram no aeródromo ($Pass_{i,j}$). Como variáveis independentes, utilizaram o PIB de cada UTP (PIB_j) e o tempo de deslocamento entre o aeroporto e a UTP ($Dist_{i,j}$). Esse modelo foi estimado tanto para os fluxos de embarque como desembarque, totalizando mais de 220 modelos de distribuição.

Figura 7 – Conceito do modelo de distribuição da demanda para as UTPs da área de influência



Elaboração: LabTrans/UFSC (2021)

$$Pass_{i,j} = \alpha_1 + \alpha_2 PIB_j + \alpha_3 Dist_{i,j} + \varepsilon_{i,j} \quad (4)$$

Onde:

$Pass_{i,j}$ = passageiros da UTP (j) que embarcaram ou desembarcaram no aeroporto (i)

PIB_j = PIB de cada UTP (j) que faz parte da área de influência do aeroporto (i)

$Dist_{i,j}$ = tempo entre o aeroporto (i) e a UTP (j)

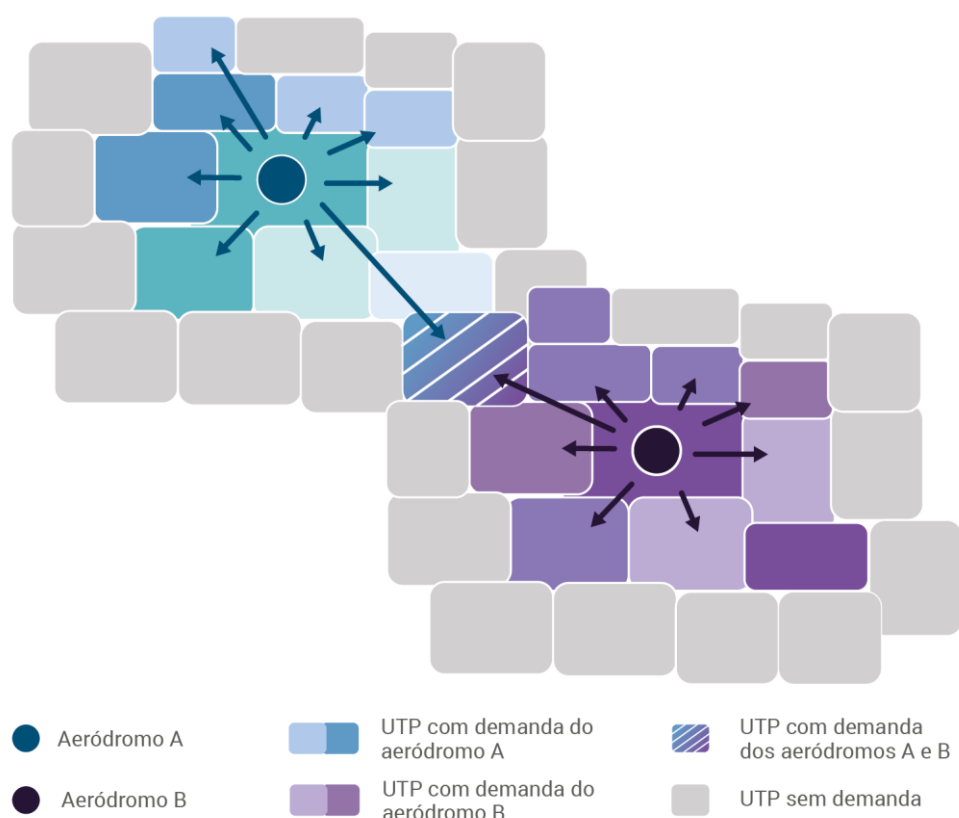
$\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$ = coeficientes das respectivas variáveis explicativas

$\varepsilon_{i,j}$ = componente do erro.

A partir do modelo estimado, calcula-se $Pass_{i,j}$ para cada UTP da área de influência do aeródromo, levando em consideração também a variação projetada de PIB_j . Dessa forma, é possível calcular a porcentagem referente a cada UTP. Essa porcentagem é utilizada para distribuir a demanda total de cada aeródromo, calculada conforme modelo de demanda total da Equação (2).

A Figura 8 apresenta um exemplo de UTP que está na área de influência de dois ou mais aeródromos. Nesses casos, a demanda da UTP é a soma da demanda distribuída dos aeródromos que influenciam a região. No exemplo da Figura 8, a projeção de demanda da UTP destacada é a soma da demanda obtida pelo modelo de distribuição do Aeródromo A e do Aeródromo B.

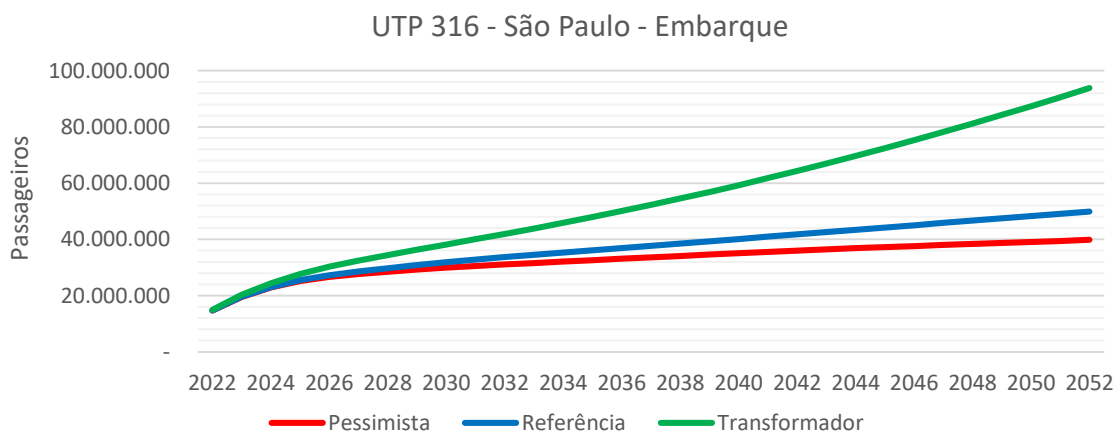
Figura 8 – Exemplo de UTP que está na área de influência de dois ou mais aeródromos



Elaboração: LabTrans/UFSC (2021)

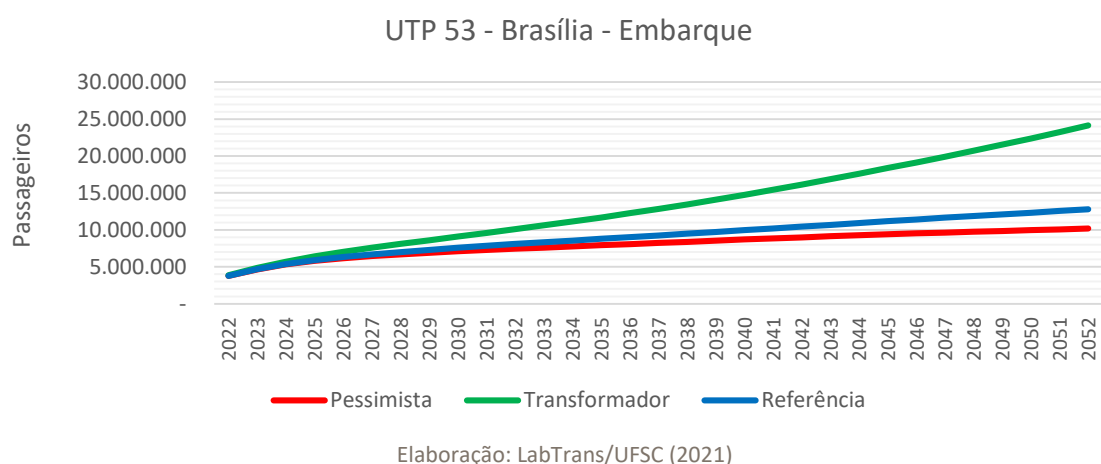
Após a distribuição da demanda de cada aeródromo, somam-se as demandas de cada UTP. Por fim, como resultado dessa etapa, são geradas curvas de projeção de embarque e desembarque para cada UTP. Como exemplo, o Gráfico 3 e o Gráfico 4 apresentam os resultados de embarques das UTPs de São Paulo e Brasília, respectivamente.

Gráfico 3 – Projeção de demanda da UTP de São Paulo – Embarque



Elaboração: LabTrans/UFSC (2021)

Gráfico 4 – Projeção de demanda da UTP de Brasília – Embarque

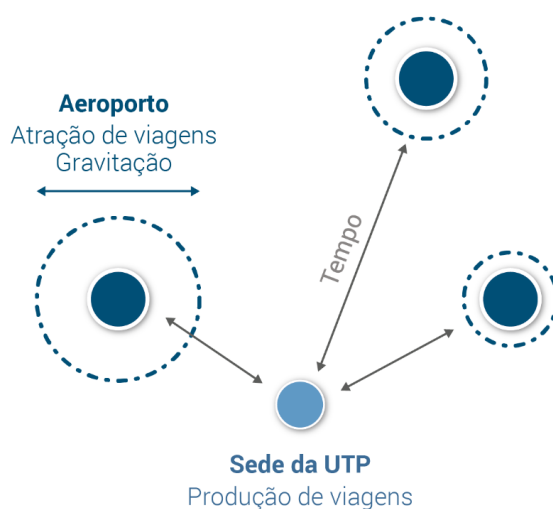


3.1.6. Alocação da demanda por aeroporto

A etapa de alocação da demanda refere-se à simulação da captação da demanda para um grupo predeterminado de aeroportos. Transfere-se, portanto, a demanda vinculada ao território (UTPs) para os aeródromos do grupo definido. Dessa forma, busca-se modelar o comportamento dos passageiros na escolha do aeroporto a ser utilizado. Essa etapa só pode ser realizada após as etapas de Projeção Total (*vide* 3.1.4) e Distribuição da Demanda por UTP (*vide* 3.1.5) e resulta na demanda doméstica de embarque, desembarque e conexões por aeródromo.

A Figura 9 apresenta a exemplificação do modelo implementado. De forma geral, cada aeródromo possui um fator gravitacional de atração definido por variáveis de oferta, tarifa, entre outras. Aqueles aeroportos que possuem maior fator gravitacional tendem a atrair maior quantidade de demanda produzida das UTPs que os cercam.

Figura 9 – Exemplificação do modelo adaptado de distribuição gravitacional



Elaboração: LabTrans/UFSC (2021)

De forma simplificada, a Equação (5), baseada em Casey (1955 *apud* ORTÚZAR; WILLUMSEN 2011), demonstra a equação geral para o cálculo das viagens entre a UTP i e o Aeródromo j , ou seja, o cálculo dos passageiros da UTP i que embarcaram ou desembarcaram no aeroporto j .

$$V_{ij} = k \cdot \frac{P_i \cdot E_j}{d_{ij}^\beta} \quad (5)$$

Onde:

V_{ij} = viagens entre a UTP i e o Aeródromo j

P_i = número de viagens produzidas na UTP i

E_j = fator gravitacional de atração do Aeródromo j , conforme a Equação (6)

d_{ij} = tempo de viagem (multimodal) entre a UTP i e o Aeródromo j

β = constante a ser definida na calibração

k = constante a ser definida na calibração.

Por sua vez, o fator gravitacional de atração do Aeródromo (E_i) é definido pela Equação (6). Destaca-se que a escolha dos componentes do fator gravitacional foi feita a partir de conversas com o setor, viabilizadas com o auxílio da SAC/MPOR.

$$E_j = \alpha_1 \cdot Y_j + \alpha_2 \cdot NA_j + \alpha_3 \cdot NV_j + \alpha_4 \cdot NE_j + \alpha_5 \cdot ND_j + \alpha_6 \cdot CT_j \quad (6)$$

Onde:

E_j = fator gravitacional de atração do Aeródromo j

Y_j = *Yield* do Aeródromo j (variável normalizada)

NA_j = oferta/número de assentos do Aeródromo j (variável normalizada)

NV_j = oferta/número de voos do Aeródromo j (variável normalizada)

NE_j = número de empresas do Aeródromo j (variável normalizada)

ND_j = número de destinos único do Aeródromo j (variável normalizada)

CT_j = Categorização turística do município do Aeródromo j

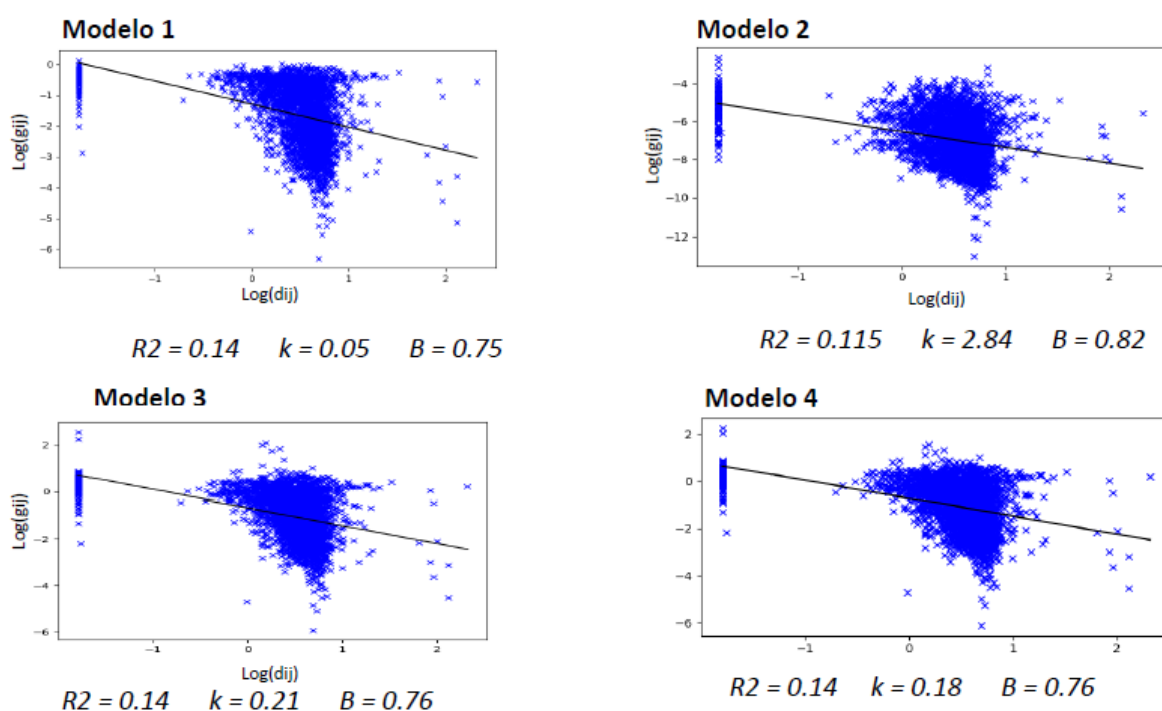
$\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4, \alpha_5, \alpha_6$ = constantes a serem definidas na calibração.

As constantes $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4, \alpha_5, \alpha_6$ representam o peso de cada uma das variáveis no fator gravitacional do aeroporto e são definidas na calibração do modelo.

3.1.6.1. Calibração do modelo de alocação

Vários testes foram realizados na etapa de concepção e calibração do modelo. Iniciou-se com tentativas de implementar um modelo único para todo o território nacional, ou seja, utilizando os dados empilhados de todas as UTPs em um único modelo. Nesta etapa foram testadas diferentes variáveis para composição do fator gravitacional de atração do Aeródromo (Ei). Observa-se, na Figura 10, que o ajuste da reta não foi satisfatório nas primeiras tentativas, atingindo valores baixos de R^2 e sem apresentar uma tendência bem definida.

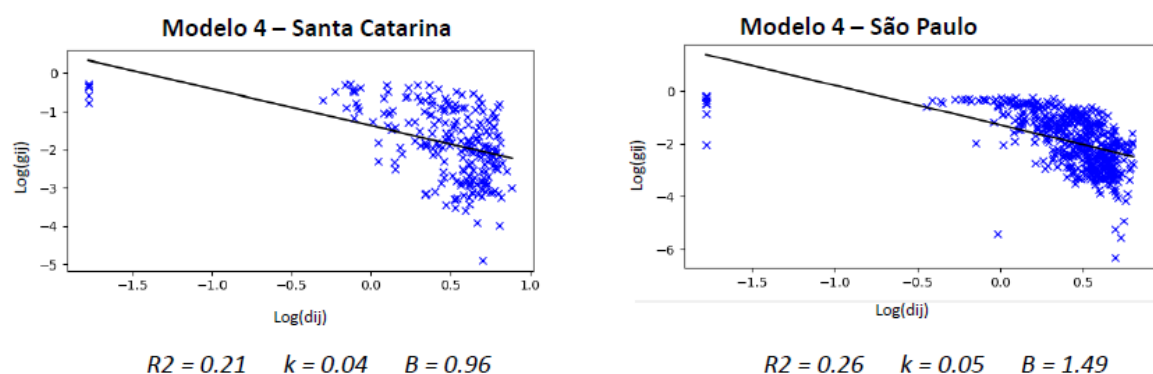
Figura 10 – Gráficos das tentativas de calibração de um modelo único nacional



Elaboração: LabTrans/UFSC (2021)

Outros testes foram realizados a partir da calibração de modelos distintos para cada UF. Os resultados melhoraram, mas ainda apresentavam um R^2 baixo, como pode ser observado na Figura 11.

Figura 11 – Gráficos das tentativas de calibração segregando as UFs



Elaboração: LabTrans/UFSC (2021)

Após reuniões técnicas entre a SAC/MPOR e o LabTrans/UFSC, foram definidas as variáveis contidas no fator gravitacional de atração do aeródromo (E_i), conforme a Equação (6), e a construção de um modelo para cada classe REGIC (IBGE, 2018b) das sedes das UTPs, calibrados separadamente. A Tabela 6 apresenta a classe REGIC, a quantidade de UTPs e a % da demanda total de cada classe.

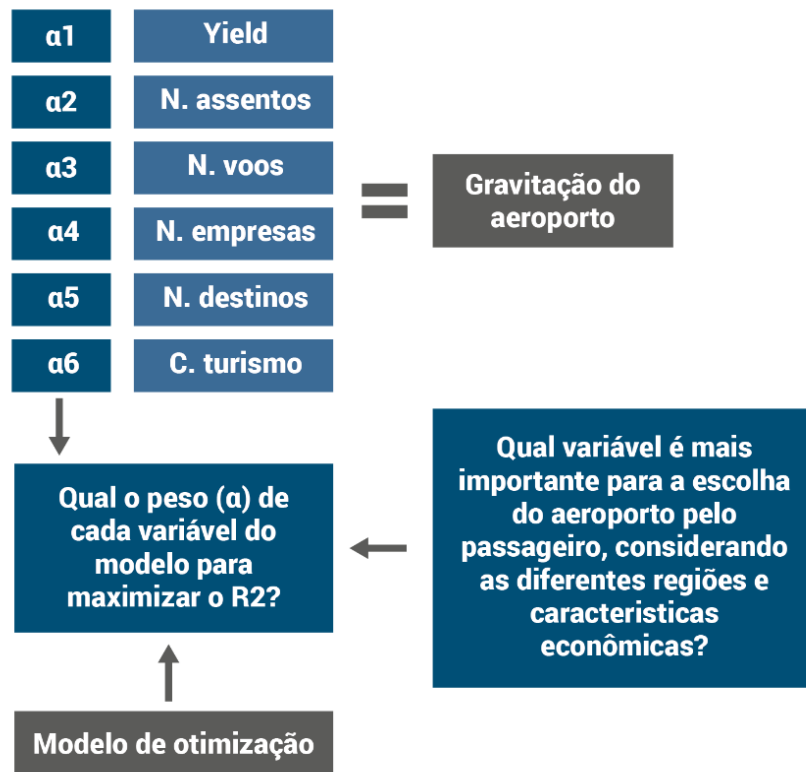
Tabela 6 – Classe REGIC, a quantidade de UTPs e a % da demanda total de cada classe

REGIC	Quantidade de UTPs	% da demanda total
Metrópole Nacional	3	48,92%
Metrópole	11	28,99%
Capital Regional A	9	6,81%
Capital Regional B	24	5,07%
Capital Regional C	62	4,87%
Centro Sub-Regional A	85	2,05%
Centro Sub-Regional B	165	1,47%
Centro de Zona A	66	0,18%
Centro de Zona B	64	0,10%
Centro Local	256	1,54%

Elaboração: LabTrans/UFSC (2021)

Para a definição dos pesos das variáveis que compõem os fatores gravitacionais dos aeroportos – *vide* Equação (6) –, foi implementado um Algoritmo Genético (AG) com o objetivo de maximizar o ajuste da reta da regressão linear de calibração (Figura 12). Ou seja, buscar responder quais variáveis possuem o maior impacto na escolha do aeródromo pelo passageiro.

Figura 12 – Processo de calibração do modelo



Elaboração: LabTrans/UFSC (2021)

O AG é um algoritmo de busca probabilística inteligente, amplamente utilizado em problemas de otimização. Os indivíduos (lista de soluções) são representados por cromossomos (lista de variáveis) e competem por recursos e possibilidade de reprodução. Aqueles que tiverem mais sucesso (maior valor de *Fitness*) nas competições terão maior probabilidade de reprodução do que aqueles de menor *performance*. Assim, os genes (variáveis) dos indivíduos avaliados como bons se propagam através das populações, de modo que possam ser aperfeiçoados e gerar proles cada vez mais adequadas (GOLDBARG; LUNA, 2005).

No problema de calibração do modelo, o objetivo é maximizar o ajuste da reta da regressão linear de calibração, ou seja, encontrar o maior R^2 que indique um bom ajuste para o modelo. Define-se, portanto, para o AG implementado:

- População = lista de cromossomos (lista de possíveis soluções).
- Cromossomo = $[\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4, \alpha_5, \alpha_6]$ da Equação (6) (lista das constantes a serem definidas).
- *Fitness* = R^2 ajustado da regressão linear de calibração (valor a ser maximizado).
- *Operadores genéticos* = foram utilizadas a reprodução e a mutação simples (GOLDBARG; LUNA, 2005).

Para a obtenção da função *Fitness*, é necessário aplicar logaritmos na Equação (5), transformada na Equação (7), resultando assim na Equação (8).

$$G_{ij} = \frac{V_{ij}}{P_i \cdot E_j} = \frac{k}{d_{ij}^\beta} \quad (7)$$

$$\log(G_{ij}) = \log(k) - \beta \cdot \log(d_{ij}) \quad (8)$$

A partir da Equação (8), é possível aplicar a regressão linear para obter as constantes k e β e o *Fitness* (R^2). Com a posse de todas as variáveis, pode-se montar as equações, só restando definir os valores de $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4, \alpha_5$ e α_6 . Por meio da aplicação do AG, a calibração foi realizada utilizando-se dados do ano de 2017, ano-base da Matriz O/D de passageiros do Big Data de telefonia móvel.

A Tabela 7 expõe os valores estimados de k e β e o R^2 para cada grupo REGIC. Nota-se que o modelo se ajustou bem, principalmente nos grupos com maior participação na demanda total (Metrópole, Metrópole Nacional e Capital Regional A).

Tabela 7 – Resultado de k e β e R^2 de cada grupo REGIC

Grupo REGIC	% da demanda total	R^2	k	beta
Metrópole	28,99%	0,83	1,30E-06	1,173
Metrópole Nacional	48,92%	0,77	2,70E-07	1,333
Capital Regional A	6,81%	0,77	1,90E-05	0,943
Capital Regional B	5,07%	0,54	3,50E-05	0,969
Capital Regional C	4,87%	0,47	1,00E-04	0,928
Centro Sub-Regional A	2,05%	0,27	8,40E-05	1,018
Centro Sub-Regional B	1,47%	0,23	1,50E-04	1,124
Centro de Zona A	0,18%	0,15	2,00E-04	1,15
Centro de Zona B	0,10%	0,1	2,70E-04	0,749
Centro Local	1,54%	0,07	2,30E-04	0,56

Elaboração: LabTrans/UFSC (2021)

Por sua vez, a Tabela 8 apresenta os resultados dos valores dos pesos $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4, \alpha_5$ e α_6 , que compõem a variável gravitacional E_j , conforme a Equação (6).

Tabela 8 – Resultado dos valores de $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4, \alpha_5$ e α_6 de cada grupo REGIC

Grupo REGIC	$\alpha_1 (Y_j)$	$\alpha_2 (NA_j)$	$\alpha_3 (NV_j)$	$\alpha_4 (NE_j)$	$\alpha_5 (ND_j)$	$\alpha_6 (CT_j)$
Metrópole	0,305	0,108	0,122	0,23	0,03	0,206
Metrópole Nacional	0,373	0,058	0,03	0,035	0,067	0,436
Capital Regional A	0,092	0,342	0,244	0,034	0,285	0,004

Grupo REGIC	$\alpha_1 (Y_j)$	$\alpha_2 (NA_j)$	$\alpha_3 (NV_j)$	$\alpha_4 (NE_j)$	$\alpha_5 (ND_j)$	$\alpha_6 (CT_j)$
Capital Regional B	0,082	0,45	0,059	0,021	0,359	0,029
Capital Regional C	0,039	0,124	0,218	0,03	0,579	0,011
Centro Sub-Regional A	0,01	0,105	0,139	0,348	0,319	0,08
Centro Sub-Regional B	0,026	0,102	0,132	0,34	0,316	0,084
Centro de Zona A	0,018	0,323	0,015	0,024	0,303	0,317
Centro de Zona B	0,041	0,174	0,189	0,243	0,047	0,305
Centro Local	0	0,317	0,072	0,345	0,163	0,102

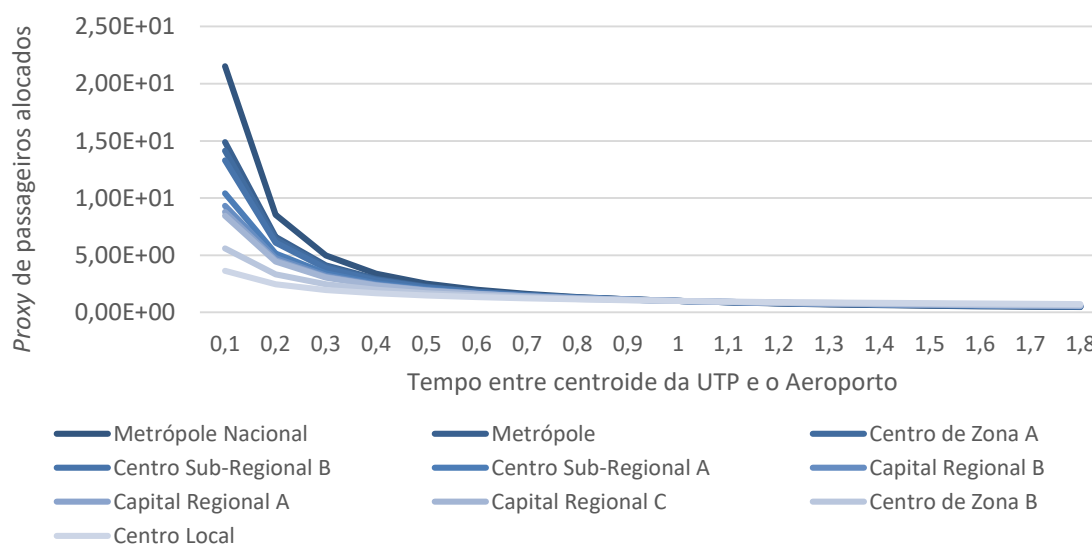
Elaboração: LabTrans/UFSC (2021)

É possível observar que o peso α_1 (que multiplica a variável de $Y_j - Yield$) tem valor representativo apenas em Metrópole, Metrópole Nacional, Capital Regional A e Capital Regional B. Esse resultado indica, portanto, que apenas em UTPs desse grupo o passageiro tem a possibilidade de escolher o aeroporto a ser utilizado levando em consideração o valor da passagem aérea.

Por outro lado, nos grupos abaixo de capital Regional B, o peso α_1 possui baixo valor, enquanto os pesos α_2 , α_3 , α_4 , α_5 têm valores representativos. O resultado indica que o passageiro escolhe o aeroporto pela existência de oferta de serviço, provavelmente sem a possibilidade de escolher aeroportos com passagens mais atrativas.

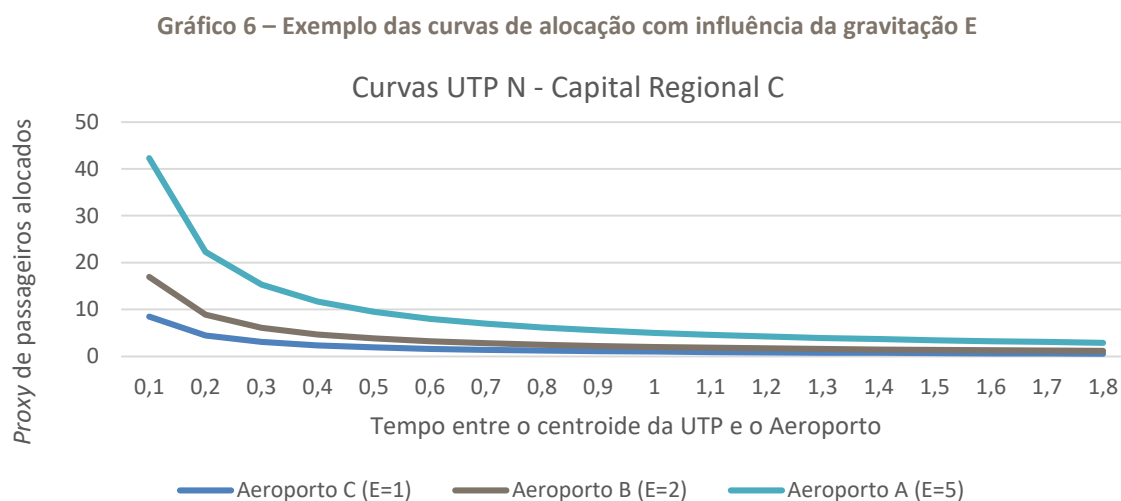
A partir da Equação (5) e das constantes calibradas,   possível construir as curvas gerais de alocação da demanda apresentadas no Gráfico 5. Cada grupo REGIC possui a sua curva de alocação, quanto mais inclinada, maior a concentração de demanda nos aeroportos localizados próximos aos centroides das UTPs. Esse efeito na curva é dado pela constante β .

Gráfico 5 – Curvas gerais de alocação da demanda nos aeroportos



Elaboração: LabTrans/UFSC (2021)

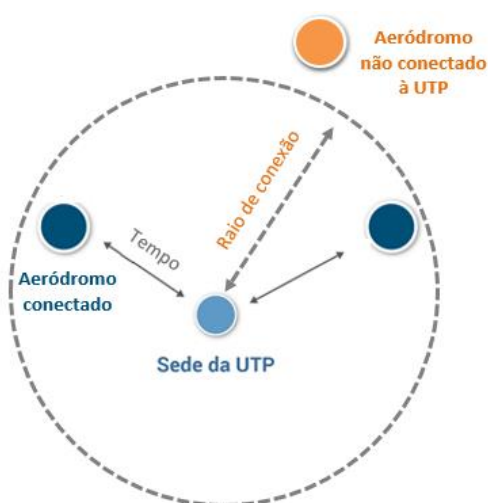
As curvas são também influenciadas pela gravitação E_j do aeroporto, que, por sua vez, recebe o efeito da constante k , que varia conforme cada grupo REGIC. O Gráfico 6 evidencia o exemplo de três curvas para três aeroportos, com gravitações distintas, que fazem parte da rede de alocação de uma UTP do tipo Capital Regional C.



3.1.6.2. Definição do raio limite de conexão

Como já apresentado, os centroides (ou sedes de UTPs) concentram a demanda que no modelo de alocação é transferida para os aeródromos de uma rede. Para definir quais aeródromos podem receber demanda de quais UTPs, são utilizados elementos chamados de conectores. Os conectores só existem quando a distância entre UTP-Aeródromo é menor que um determinado raio de conexão. A Figura 13 ilustra a aplicação do raio limite de conexões

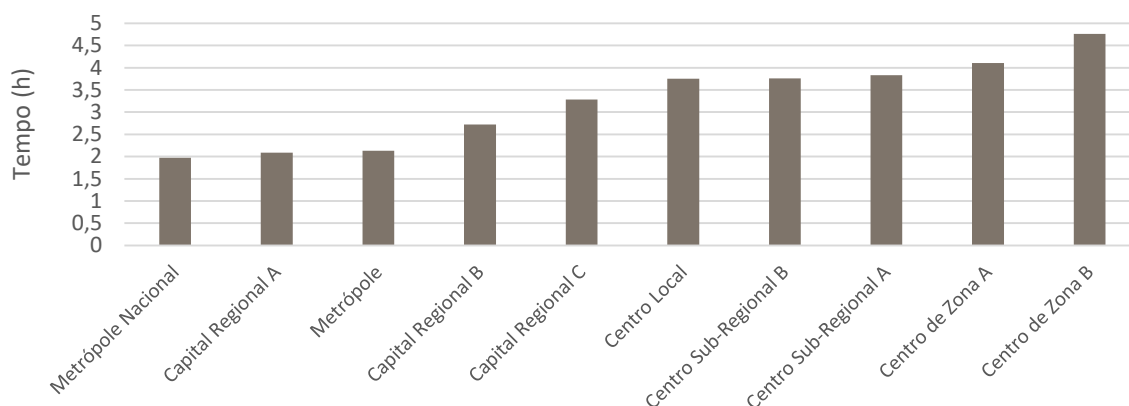
Figura 13 – Exemplificação do raio limite de conexão UTP-Aeródromos



Elaboração: LabTrans/UFSC (2021)

Os raios de conexão foram delimitados para cada classe REGIC das UTPs e são apresentados no Gráfico 7. Eles foram definidos a partir dos valores médios de tempo ponderados pelo número de passageiros observados da Matriz O/D de telefonia.

Gráfico 7 – Raio limite de conexão de cada classe REGIC

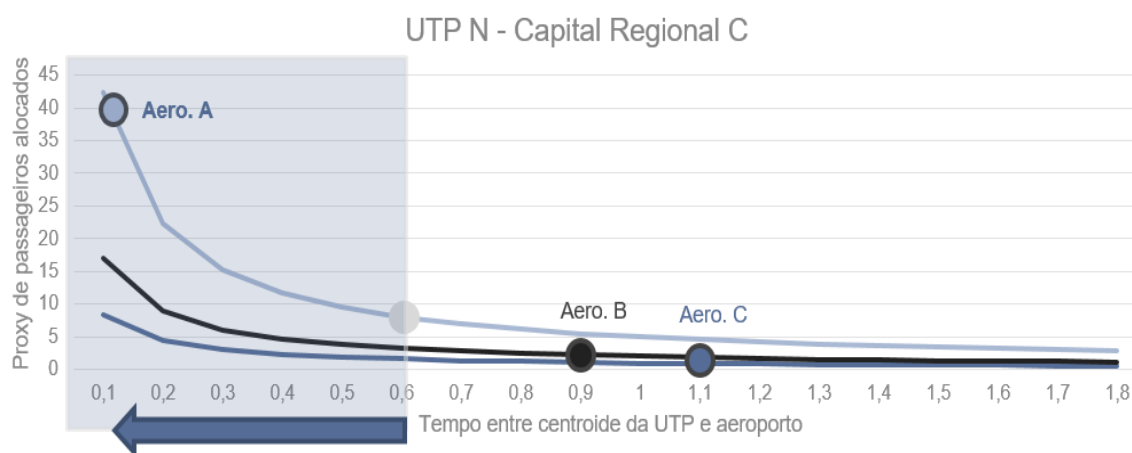


Elaboração: LabTrans/UFSC (2021)

3.1.6.3. Principal aeroporto da UTP

Conforme solicitação da SAC/MPOR, pode-se apontar se algum aeródromo da rede possui a função de principal aeródromo da UTP. A função de principal aeródromo da UTP indica ao modelo a proximidade do principal aeroporto em relação ao centroide da demanda, conforme exemplo do Gráfico 8. Assim, aumenta-se a importância relativa desse aeroporto em relação aos demais aeroportos ligados ao centroide da UTP.

Gráfico 8 – Exemplo do efeito de atribuição do principal aeroporto da UTP



Elaboração: LabTrans/UFSC (2021)

3.1.7. Estimação dos passageiros potenciais não atendidos pelo modo aéreo

Intuitivamente, quanto mais longe os passageiros estão de um aeródromo, menos provável que eles utilizem o modo aéreo e acabem se deslocando por outro modo de transporte. Modelou-se esse comportamento a partir dos dados observados na Matriz O/D de telefonia. A Matriz O/D permite calcular a participação do modo aéreo no total de deslocamentos de cada UTP e relacionar o valor com a distância até o aeródromo mais próximo. Com base nessa relação, estimou-se um modelo *cross section* (vide Equação (9)) para cada região do País.

$$\log(PAereo_i) = \beta_1 * \log(Tempo_i) + \beta_2 * \log(Mov_i) + \varepsilon_j \quad (9)$$

Onde:

$i = \text{UTP } i$

$PAereo_i$ = participação do modo aéreo no total de deslocamento da UTP i

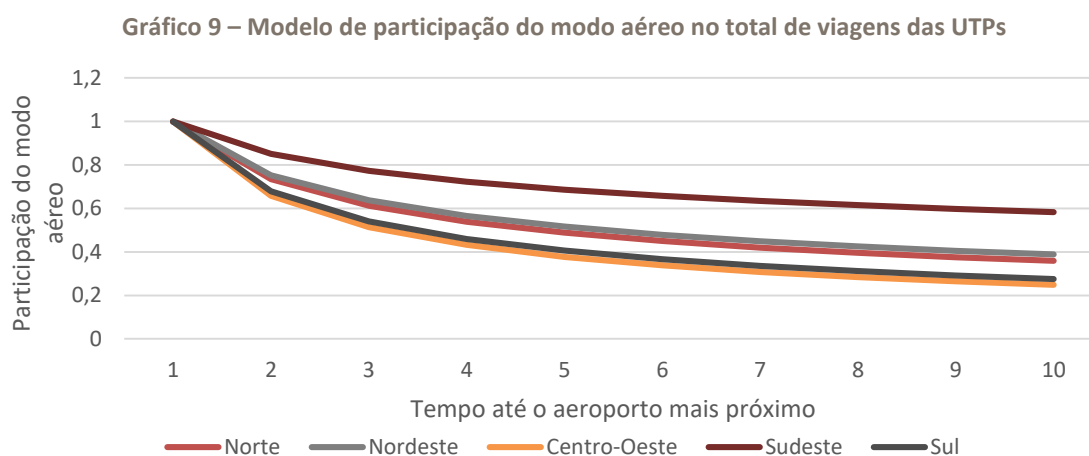
$Tempo_i$ = tempo médio entre os deslocamentos da UTP i até os aeródromos (ponderado pelo número de passageiros entre cada par UTPi-aeródromo)

Mov_i = movimentação média anual dos aeródromos (ponderada pelo número de passageiros de cada par UTPi-aeródromo)

β_1, β_2 = coeficientes das respectivas variáveis explicativas

ε_j = componente do erro.

O Gráfico 9 apresenta de forma visual o resultado do modelo de participação do modo aéreo no total de viagens das regiões brasileiras. Nota-se que quanto maior o tempo entre a centroeide da UTP e o aeródromo mais próximo, menor a participação do modo aéreo nas viagens da UTP.



Elaboração: LabTrans/UFSC (2022)

O modelo do Gráfico 9 é aplicado antes do processo de alocação e após a definição da rede de aeródromos para dividir a demanda das UTPs entre passageiros potenciais atendidos e não atendidos pelo modo aéreo.

3.1.8. Estimação das escalas e conexões

O modelo de alocação desconsidera a realização de conexões, ou seja, são levados em conta somente embarques e desembarques reais. No entanto, essa informação deve ser considerada quando se avalia o total movimentado nos aeroportos. Para estimar essa informação, utilizou-se um modelo VAR com dados em painel (conhecido como *PanelVAR*). A Equação (10) apresenta a especificação do modelo utilizado. Adotou-se como variável independente a própria variável dependente com uma defasagem temporal. O objetivo é, portanto, capturar a tendência e a inércia no percentual das escalas e conexões e projetá-lo em um horizonte de tempo predefinido.

$$\text{Conexões}_{i,t} = \alpha_{1i} + \alpha_2 \text{Conexões}_{i,t-1} + \varepsilon_{i,j} \quad (10)$$

Onde:

$\text{Conexões}_{i,t}$ = percentual de escalas e conexões do aeroporto i no ano t

$\alpha_{1,i}$ = constante estimada para cada aeroporto

$\text{Conexões}_{i,t-1}$ = percentual de escalas e conexões do aeroporto i , no ano anterior ($t-1$)

α_2 = coeficientes das respectivas variáveis explicativas

ε_{ij} = componente do erro.

Os valores históricos de conexões foram obtidos dos microdados estatísticos da ANAC (2021d). A consulta utilizou a informação do Código de Transporte (Cotran), que disponibiliza o tipo de desembarque realizado pelo passageiro, informando sobre a realização ou não de conexões. Ele pode assumir os seguintes valores: “Desembarque” e “Trânsito Doméstico”. Este último significa que o passageiro desembarcou no aeródromo de destino para um reembarque (ANAC, 2021b).

O percentual estimado de escalas e conexões, conforme a Equação (10), é adicionado aos passageiros alocados, resultando no total movimentado em cada aeroporto, conforme a Equação (11).

$$\text{MovimentacaoTotal}_{i,t} = \text{PassageirosAlocados}_{i,t}(1 + \text{Conexões}_{i,t}) \quad (11)$$

Onde:

$\text{MovimentaçãoTotal}_{i,t}$ = movimentação total (embarque + desembarque + conexões) do aeroporto i no ano t

$\text{PassageirosAlocados}_{i,t}$ = passageiros alocados (embarque + desembarque) do aeroporto i no ano t

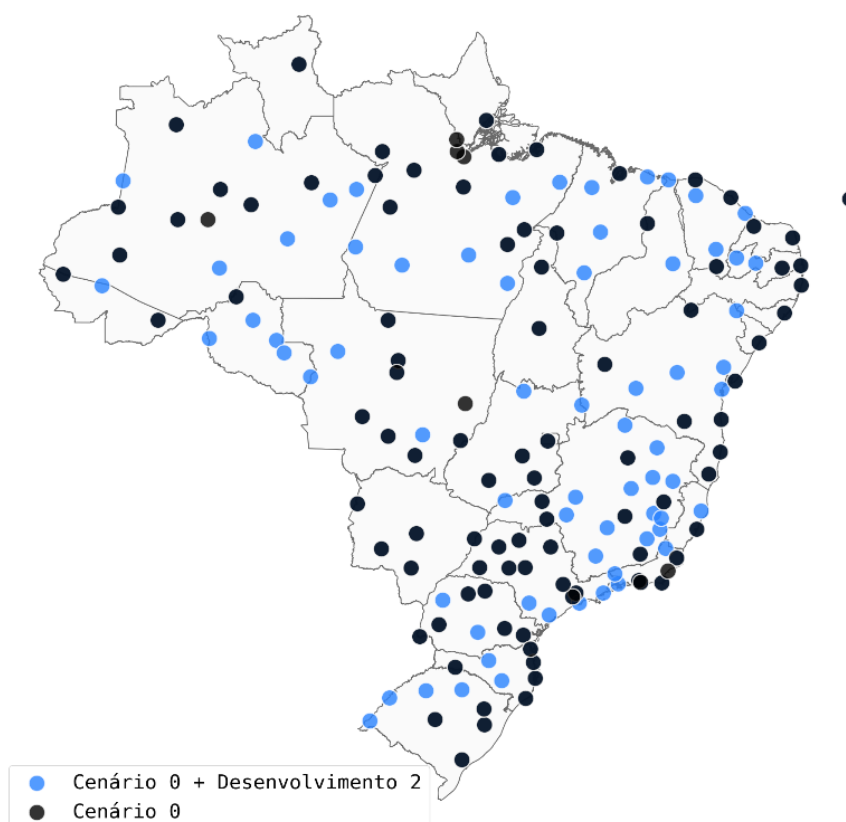
$\text{Conexões}_{i,t}$ = percentual de escalas e conexões do aeroporto i no ano t .

3.1.9. Resultado da demanda alocada

Para alocar as demandas, inicialmente distribuídas nas UTPs (*vide* 3.1.5), é necessário definir um conjunto de aeroportos. No exemplo aplicado, foram definidos dois cenários de infraestrutura:

- Cenário 0: grupo de 101 aeródromos que atualmente operam aviação comercial.
- Cenário de Desenvolvimento 2 (D2): grupo de 163 aeródromos, estão incluídos aeroportos que atualmente não operam aviação comercial e aeroportos planejados.

Figura 14 – Distribuição dos aeroportos dos cenários de infraestrutura

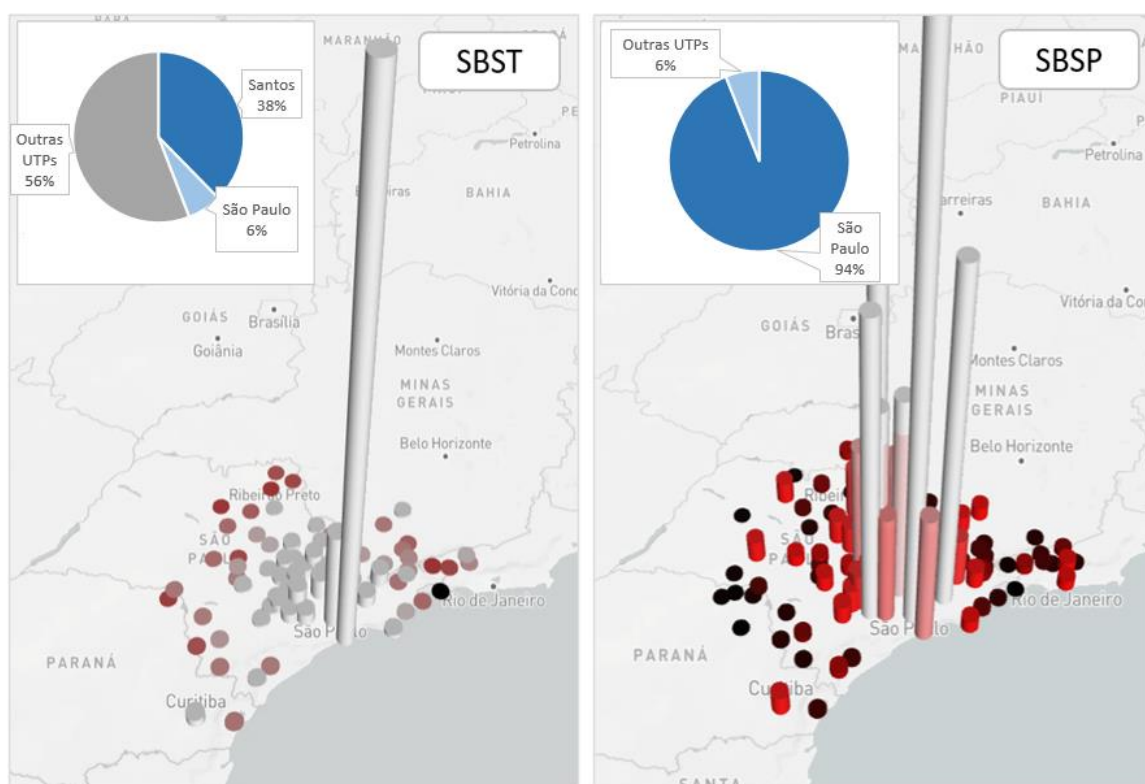


Elaboração: LabTrans/UFSC (2021)

A etapa de alocação permite calcular de uma só vez a demanda alocada de todos os aeroportos de cada cenário. Porém, para ilustrar um exemplo de análise, será apresentado o resultado da introdução de um aeroporto na cidade de Santos, contido no Cenário D2.

A Figura 15 mostra as áreas de influência simuladas do novo Aeroporto de Santos (SBST) e do Aeroporto de São Paulo Congonhas (SBSP) no Cenário D2. O número de passageiros alocado no Aeroporto de SBST é de cerca de 374 mil passageiros no ano de 2023, em que 38% da demanda é proveniente da UTP de Santos, 6% da UTP de São Paulo e os outros 56% de outras UTPs. Para o aeródromo de SBSP, o número de passageiros previsto é de cerca de 27 milhões, a maior parte da demanda com origem na UTP de São Paulo e 6% em outras UTPs.

Figura 15 – Área de influência simulada de SBST e SBSP – Cenário D2



Elaboração: LabTrans/UFSC (2021)

O Gráfico 10 apresenta a demanda projetada do aeródromo SBST, enquanto que o Gráfico 11 expõe a demanda observada e projetada do aeródromo SBSP. Ambos os resultados são obtidos no Cenário D2 e expressam as curvas de embarque, desembarque e conexão.

Gráfico 10 – Demanda projetada do Aeroporto SBST – Cenário D2

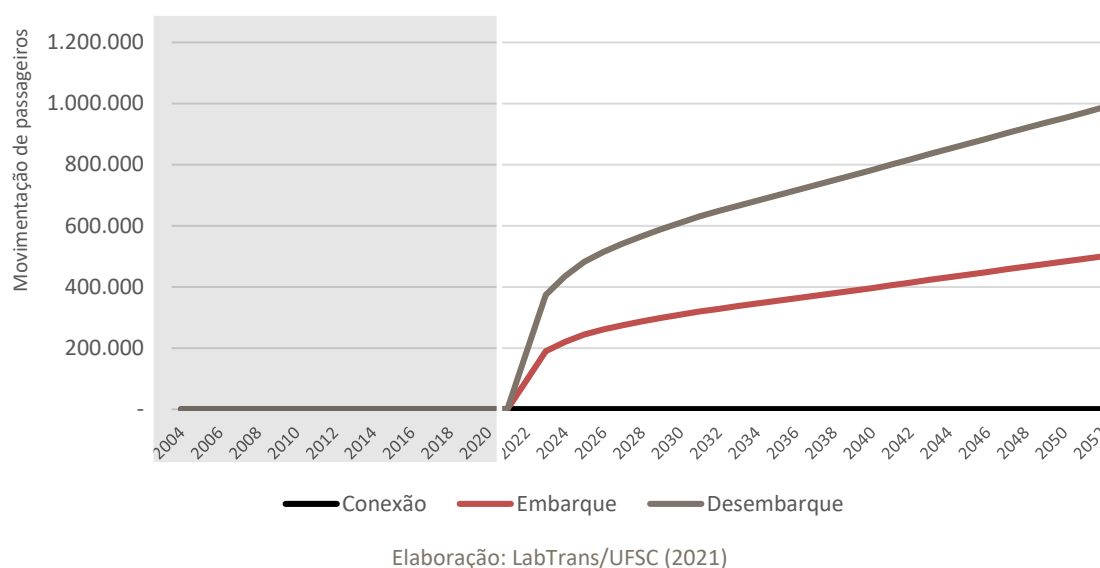
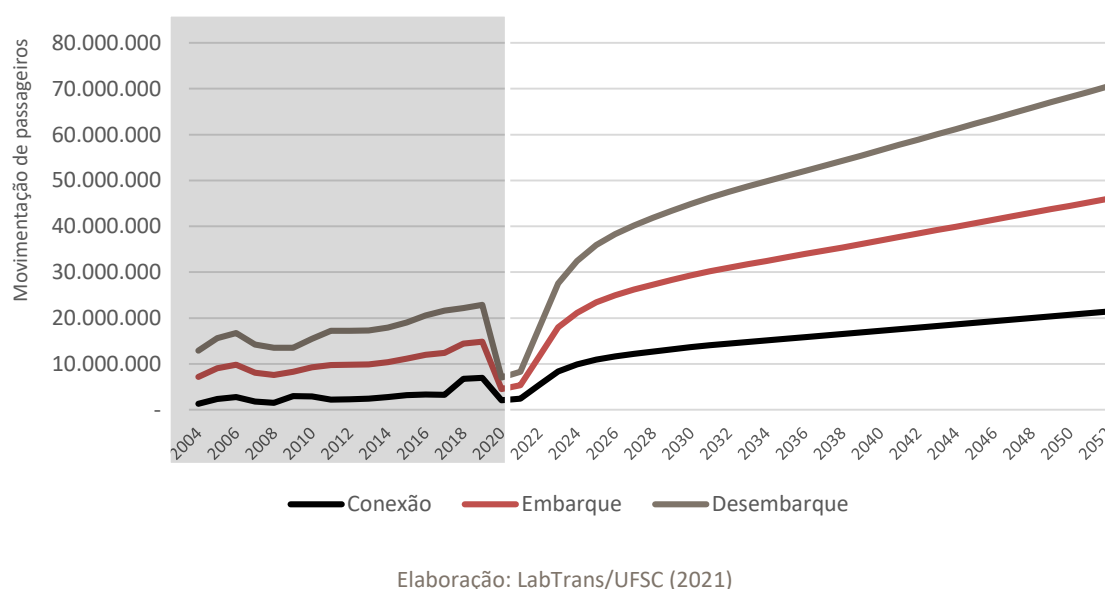
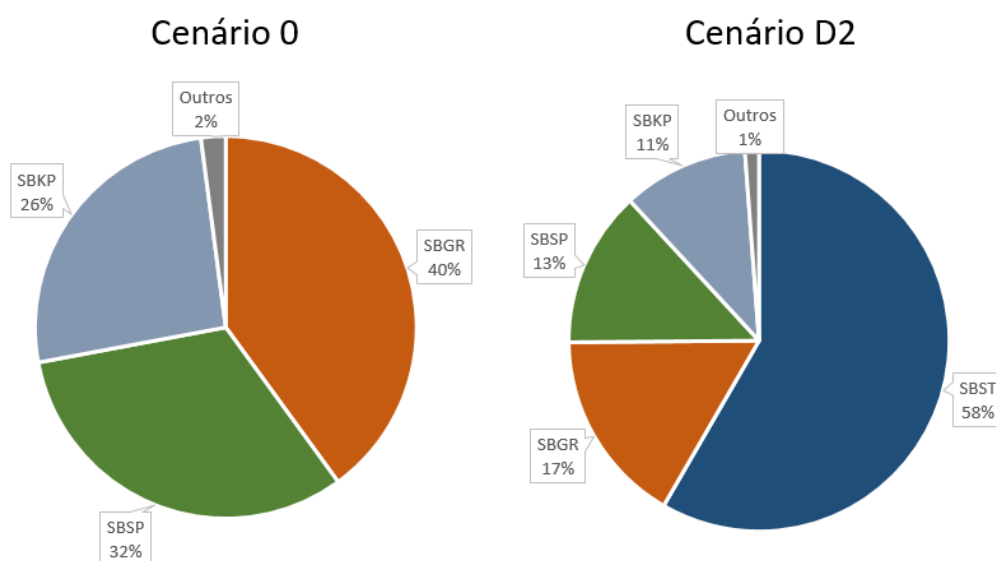


Gráfico 11 – Demanda projetada do Aeroporto SBSP – Cenário D2



Para fins comparativos, o Gráfico 12 mostra os resultados da alocação de demanda da UTP de Santos no Cenário 0 e no Cenário D2. No Cenário 0, sem SBST, a demanda da UTP de Santos é alocada nos aeródromos de Guarulhos (SBGR) (40%), Congonhas (SBSP) (32%), Campinas (SBKP) (26%) e em outros aeroportos (2%). Já no Cenário D2, o aeródromo de SBST captura 58% da demanda da UTP em 2023. O restante é alocado nos aeródromos de SBGR (17%), SBSP (13%), SBKP (11%) e em outros aeroportos (1%).

Gráfico 12 – Demanda alocada da UTP de Santos no Cenário 0 (sem SBST) e no Cenário D2 (com SBST)



Elaboração: LabTrans/UFSC (2021)

Portanto, os resultados demonstram o impacto esperado de novos aeroportos na malha existente. Observa-se que qualquer inclusão de um novo aeródromo impacta os demais aeroportos da região no cenário simulado. Destaca-se também que o exemplo não considera eventuais restrições da infraestrutura do SBST para absorver a demanda de aeroportos maiores ou de maior tráfego.

3.2. Demanda internacional de passageiros

A projeção da demanda internacional de passageiros é separada em três etapas:

- Definição do modelo e projeção da demanda internacional
- Identificação da demanda potencial internacional
- Distribuição da demanda projetada nas UTPs, considerando o aeroporto da real origem do passageiro internacional.

3.2.1. Definição do modelo da demanda internacional

Assim como na projeção da demanda doméstica, utilizaram-se para a demanda internacional modelos econométricos de painel de dados. Esse tipo de regressão com dados em painel é capaz de combinar séries temporais com dados de cortes transversais (*cross section*) (BALTAGI, 2005). Assim, o modelo desenvolvido para a estimação da demanda total de passageiros internacionais busca determinar a demanda anualizada (t), por aeroporto de origem (i) para aeroporto de destino (j), conforme disposto na Equação (12).

$$Pass_{i,j,t}^k = \alpha_{1i,j} + \alpha_2 Pass_{i,j,t-1}^k + \alpha_3 PIB_{i,t} + \alpha_4 PIB_{j,t} + \alpha_5 Yield_{i,j,t} + \varepsilon_{i,j,t} \quad (12)$$

Onde:

$Pass_{i,j,t}^k$ = número de passageiros transportados, no sentido k , do aeroporto i ao aeroporto j , no ano t

$\alpha_{1i,j}$ = constante estimada para cada uma das combinações de aeroportos de origem (i) e destino (j), de maneira a capturar a escala de cada fluxo

$Pass_{i,j,t-1}$ = número de passageiros transportados no sentido k do aeroporto i ao aeroporto j no ano anterior ($t-1$)

$PIB_{i,t}$ = PIB do país onde se localiza o aeroporto de origem (i)

$PIB_{j,t}$ = PIB do país onde se localiza o aeroporto de destino (j)

$Yield_{i,j,t}$ = estimacão da tarifa média por quilômetro do aeroporto i ao aeroporto j .

$\alpha_2, \alpha_3, \alpha_4, \alpha_5$ = coeficientes das respectivas variáveis explicativas

$\varepsilon_{i,j,t}$ = componente do erro.

No que concerne aos propósitos das variáveis independentes, $Pass_{i,j,t-1}$ tem como objetivo capturar a tendência e a inércia do fluxo de passageiros internacionais. As variáveis $PIB_{i,t}$ e $PIB_{j,t}$ possuem como caráter captar a elasticidade-renda do número de passageiros nos países do aeroporto de origem e de destino, visto que quanto maior a renda, mais passageiros estariam dispostos a viajar.

Por sua vez, os dados acerca das tarifas são oriundos da base de dados de Tarifa de Transporte Aéreo de Passageiros da ANAC (2017). O período dos dados abrange os anos de 2000 a 2021. O cálculo da variável $Yield_{i,j,t}$ utiliza os dados das tarifas, do número de assentos vendidos e da distância entre o aeroporto de origem e o de destino, conforme a Equação (13).

$$Yield_{i,j,t} = \frac{\sum Tarifa_{i,j,t}}{\sum Assentos_{i,j,t} / Dist_{i,j,t}} \quad (13)$$

Onde:

$Yield_{i,j,t}$ = preço médio do aeroporto i ao aeroporto j , no ano t

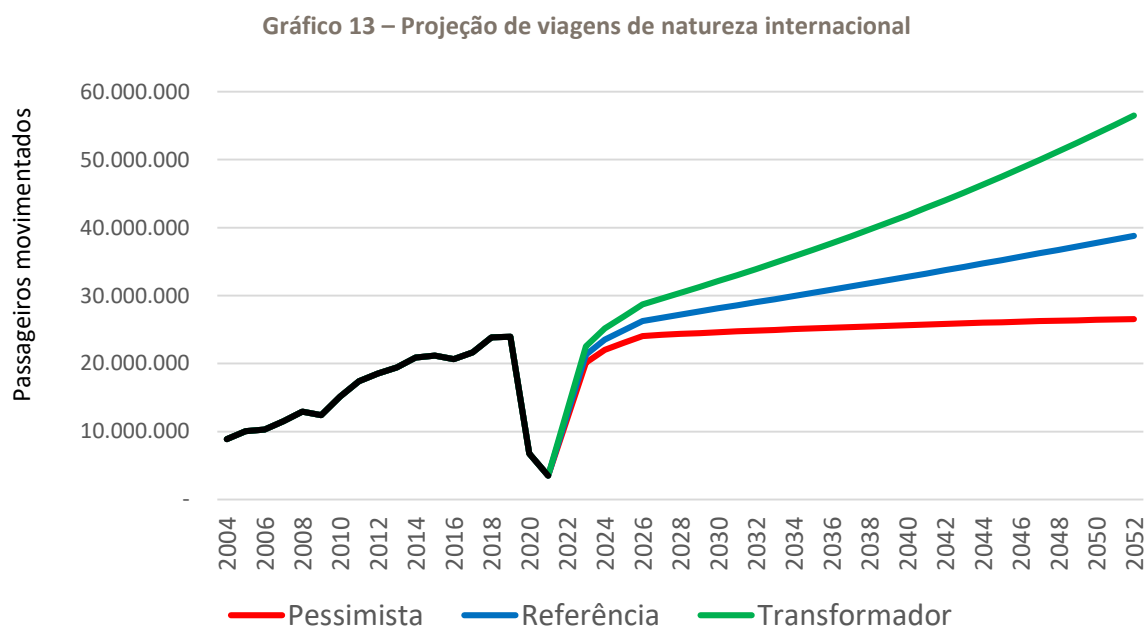
$Tarifa_{i,j,t}$ = tarifa do trecho $i-j$, no ano t

$Quantidade\ de\ assentos_{i,j,t}$ = quantidade de assentos do trecho $i-j$, no ano t

$Dist_{i,j}$ = distância do aeroporto i ao aeroporto j .

3.2.2. Resultado da demanda internacional

O Gráfico 13 apresenta o valor observado e os valores projetados, a partir do modelo da Equação (12), para os três cenários até 2052.



Elaboração: LabTrans/UFSC (2021)

A Tabela 9 exibe o crescimento médio anual da movimentação de passageiros de natureza internacional nos períodos informados. Assim como na demanda doméstica, destaca-se que as taxas apresentam valores decrescentes com o tempo. Taxas maiores são observadas até o ano de 2025, no entanto nota-se que são aplicadas em valores menores devido à queda da demanda observada durante os anos da pandemia.

Tabela 9 – Crescimento médio anual da movimentação de passageiros de natureza internacional

Período	Referência	Transformador	Pessimista
2020-2025	44,03%	46,53%	41,60%
2025-2030	2,25%	3,38%	1,12%
2030-2035	1,58%	2,71%	0,45%
2035-2040	1,51%	2,64%	0,38%
2040-2045	1,45%	2,58%	0,33%
2045-2052	1,38%	2,51%	0,26%

Elaboração: LabTrans/UFSC (2021)

3.2.3. Identificação da demanda potencial internacional

Considerando-se que passageiros com destinos internacionais nem sempre embarcam diretamente no aeroporto que oferta viagens internacionais, usualmente há uma conexão doméstica que precede o embarque internacional. Por exemplo, uma viagem de São Paulo para Londres pode ter início em uma conexão doméstica com origem no Aeroporto de Goiânia (Figura 16). Essa identificação do real aeroporto de origem das viagens internacionais pode ser feita por meio da informação do Código de Transporte (*cd_cotran*), disponível nos microdados da ANAC (2021d).

Figura 16 – Exemplo de viagem internacional



Elaboração: LabTrans/UFSC (2021)

Conforme ANAC (2021b), o *cd_cotran* é utilizado para informar o tipo de desembarque realizado pelo objeto de transporte, notificando sobre a realização ou não de conexões. Ele pode assumir os seguintes valores:

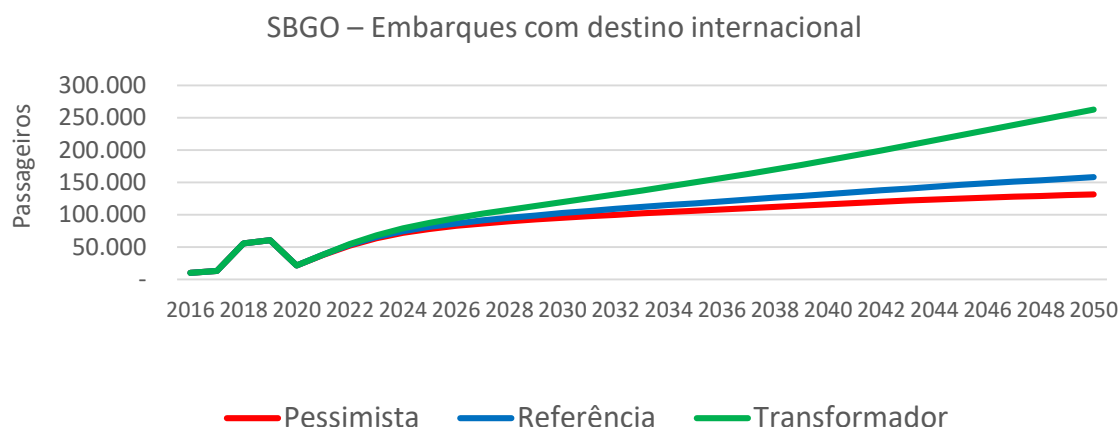
- N – Desembarque: o objeto foi desembarcado no aeródromo de destino em questão e não fez conexão, ou seja, não foi embarcado em outro voo pertencente ao mesmo contrato de transporte.
- D – Trânsito Doméstico: o objeto foi desembarcado no aeródromo de destino em questão para um reembarque que faça parte do mesmo contrato de transporte, em um voo que possua tipo de linha C ou N.

- I – Trânsito Internacional: o objeto foi desembarcado no aeródromo de destino em questão para um reembarque que faça parte do mesmo contrato de transporte, em um voo que possua tipo de linha G ou I.

Dessa forma, identificando passageiros com o código I, é possível verificar o real aeroporto de embarque destes. Ou seja, é possível identificar a demanda internacional em aeroportos que originalmente não possuem voos internacionais. A partir dessa consulta, puderam ser identificados 104 aeródromos com passageiros internacionais.

Após a identificação dos aeródromos e a consulta da série histórica de passageiros internacionais de cada aeródromo, procedeu-se com a projeção da demanda de cada um deles. O modelo utilizado é o mesmo da Etapa 1 (*vide* 3.2.1). Como exemplo, o Gráfico 14 apresenta o resultado da projeção de embarques internacionais do Aeroporto Internacional de Goiânia (SBGO).

Gráfico 14 – Exemplo da projeção de embarques internacionais de SBGO



Elaboração: LabTrans/UFSC (2021)

3.2.4. Distribuição da demanda internacional por UTP

Assim como para a demanda doméstica, objetiva-se na etapa de distribuição da demanda internacional dividir as viagens que estão vinculadas a cada aeroporto para o território (representado pelas UTPs). Ou seja, distribuir as viagens às suas reais origens e destinos, desvinculando-as da infraestrutura.

Para estimar a distribuição da demanda internacional, utilizou-se um modelo de corte transversal para cada aeroporto identificado na etapa anterior (*vide* 2.4.2). Além dos aeroportos projetados na Etapa 1 (*vide* 3.2.1), a Equação (14) descreve o modelo de distribuição da demanda internacional estimada dos aeroportos para as UTPs.

$$\%PI_{i,j} = \frac{Pass_{i,j}}{\sum_{j=1}^n Pass_{i,j}} \quad (14)$$

$$\ln(Pass_{i,j}) = \alpha_1 + \alpha_2 \ln(Pop_j) + \alpha_3 \ln(Raio^2_{i,j}) + \alpha_4 Tur_A_j \\ + \alpha_5 Tur_B_j + \alpha_6 D_1_i + \alpha_7 D_2_i + \alpha_8 D_3_i + \varepsilon_{i,j}$$

Onde:

$\%PI_{i,j}$ = porcentagem de passageiros internacionais do aeroporto i que têm origem na UTP j

n = número de UTPs na área de influência do aeroporto i

$Pass_{i,j}$ = número de passageiros com origem na UTP j que embarcaram no aeroporto i

α_1 = termo constante

Pop_j = população da UTP j com renda igual ou superior a cinco salários mínimos

$Raio^2_{i,j}$ = quadrado da distância entre o aeroporto i até a sede da UTP j

Tur_A_j e Tur_B_j = variáveis binárias que indicam se a sede de cada UTP j está em região turística, respectivamente, assumem valor 1 em municípios classificadas como A ou B (BRASIL, 2019b)

D_1_i , D_2_i e D_3_i = variáveis binárias que indicam o porte do aeroporto i , em ordem decrescente

α_2 , α_3 , α_4 , α_5 , α_6 , α_7 e α_8 = coeficientes das respectivas variáveis explicativas

ε_{ij} = componente do erro.

Tradicionalmente, a renda é uma variável significativa para a explicação da demanda, e, para o caso das viagens internacionais, optou-se por utilizar somente a parte da população com renda superior a cinco salários mínimos (Pop_j), ou seja, um *proxy* de alta renda (GALLET; DOUCOULIAGOS, 2014; CHI; BAEK, 2013). Outro fator decisivo para a organização das UTPs e a respectiva alocação de demanda é a distância ou o tempo necessário para o deslocamento de cada aeroporto (i) para a sede da UTP (j), expresso pela variável $Raio_{i,j}^2$ (TEIXEIRA; DERUDDER, 2021).

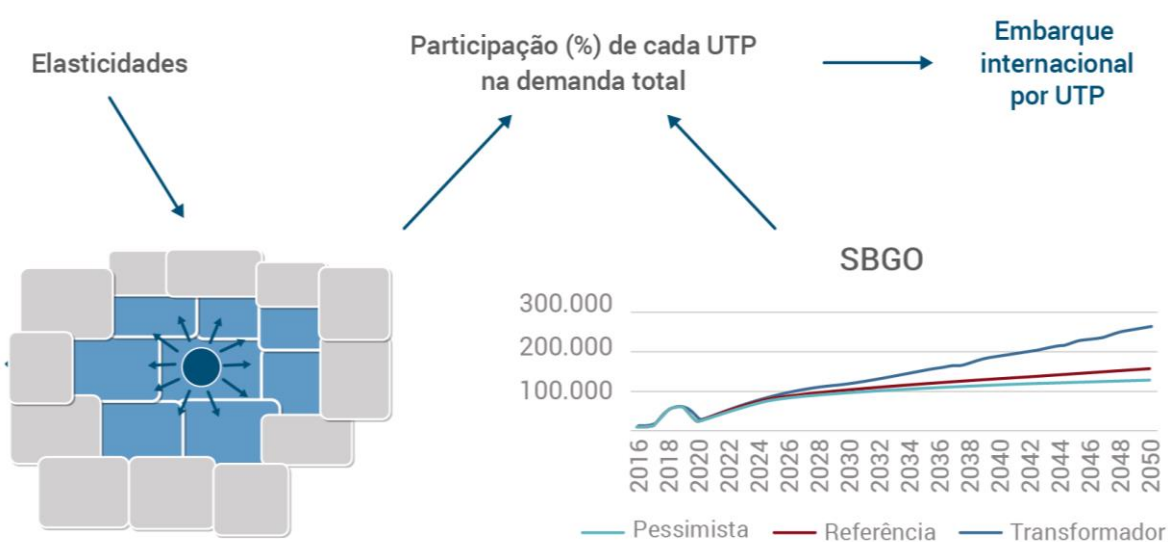
No que se refere à variável de turismo (Tur_A_j e Tur_B_j), a literatura (JORGE-CALDERÓN, 1997; JANG; BAI; HONG; O'LEARY, 2003; LIM; MIN; MCALEER, 2008) aponta a condição turística de uma cidade ou região como fator determinante para a incorporação de oferta e demanda por voos internacionais. A *dummy* de turismo foi montada a partir dos dados de Categorização Turística (BRASIL, 2019b) que estabelece cinco categorias de turismo que vão de A (município muito turístico) a E (município não turístico). As UTPs com sede em municípios de classificação turística A receberam valor 1 para a variável Tur_A_j ; em caso de classificação B, receberam o valor de 1 na variável Tur_B_j . As demais classificações não foram estatisticamente significantes, assim os municípios de classificação C, D ou E receberam valor 0 em ambas as variáveis.

Em relação às variáveis de porte de aeroporto, a literatura (LIESHOUT, 2012) indica o tamanho do aeroporto como função importante de captação de passageiros internacionais, por isso se utilizaram outras três variáveis *dummy* que representaram, em ordem crescente, o tamanho dos aeroportos brasileiros em relação ao movimento de passageiros internacionais, na qual 0 em todas as categorias indica aeroportos menores/regionais.

A calibração do modelo foi realizada com os dados por aeroporto e a área de influência (conjunto de UTPs que geram demanda para o aeroporto) replicada dos dados de demanda doméstica, assim foi necessário adaptar as variáveis para estimar os parâmetros do modelo. Para a variável dependente, $Pass_{i,j}$, foi utilizado número total de passageiros internacionais que embarcaram em cada aeroporto (i). No caso da variável $Raio_{i,j}^2$, o valor foi considerado como a distância necessária para englobar uma população de 2 milhões de habitantes, partindo do centro do aeroporto (i). Por último, a variável Pop_j , que expressa a alta renda, foi montada a partir do somatório da população com renda *per capita* igual ou superior a cinco salários mínimos, de cada área de influência.

A partir das elasticidades estimadas com o modelo da Equação (14), foi possível calcular a participação de cada UTP na demanda total do aeroporto. A partir dessa %, distribuíram-se os embarques internacionais para cada UTP da área de influência (Figura 17).

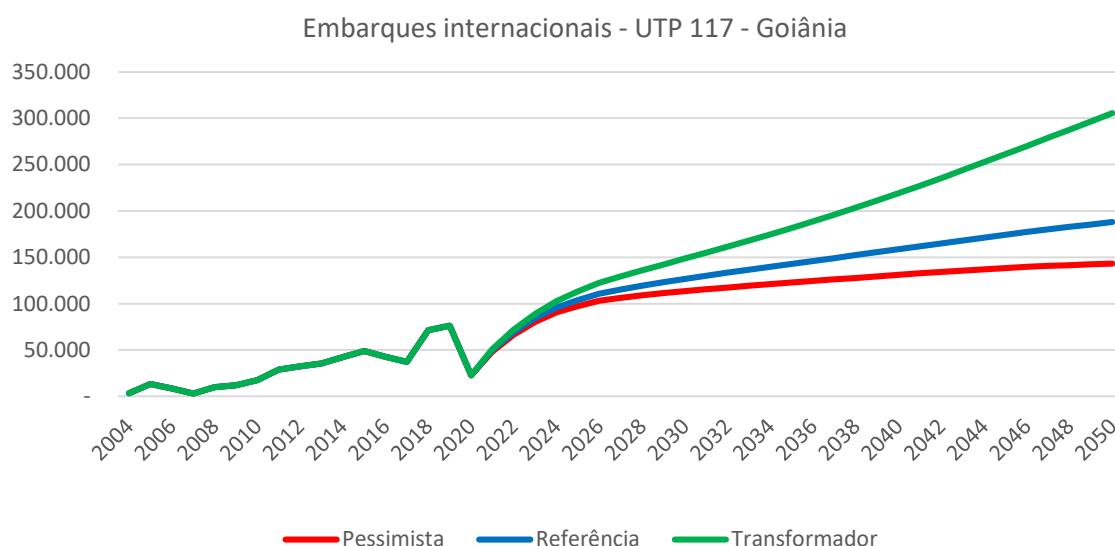
Figura 17 – Fluxo de distribuição dos embarques internacionais



Elaboração: LabTrans/UFSC (2021)

Como exemplificação do resultados, o Gráfico 15 apresenta a projeção de embarques internacionais da UTP 117 – Goiânia.

Gráfico 15 – Exemplo da projeção de embarques internacionais da UTP 117



Elaboração: LabTrans/UFSC (2021)

3.3. Projeção da movimentação de aeronaves

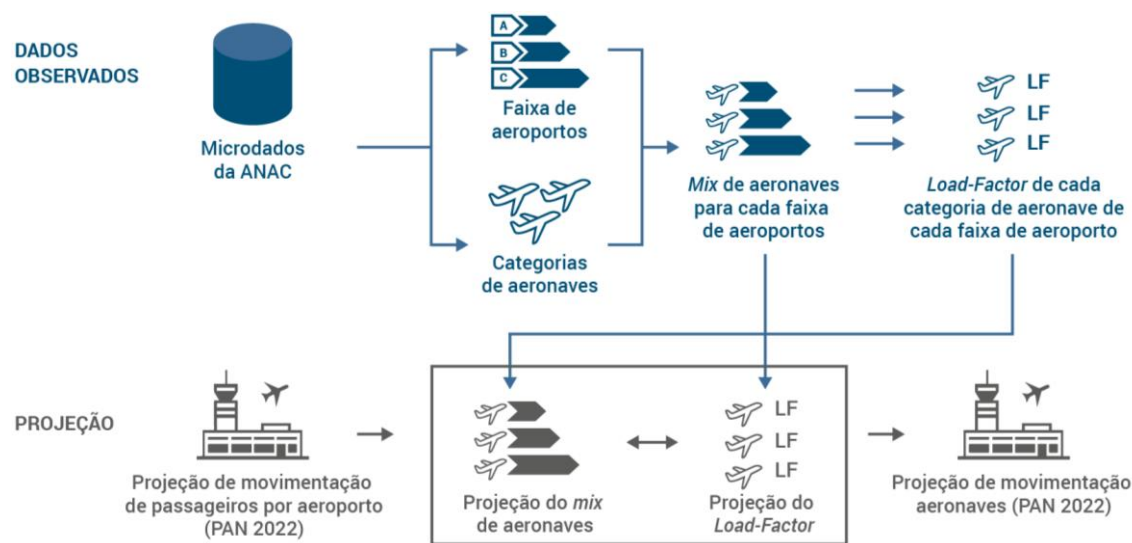
A metodologia da projeção da movimentação de aeronaves consiste em uma conversão dos valores de demanda (calculados conforme modelos de 3.1 e 3.2) para movimentos de aeronaves. Assim, considera-se que a movimentação de aeronaves possui relação direta com a demanda de passageiros. Vale ressaltar também que a atual projeção inclui apenas a demanda de aviação comercial, sem contemplar a projeção de aeronaves da aviação geral e militar.

Três conceitos são importantes para o entendimento do cálculo da movimentação de aeronaves, são eles:

- **Faixa de infraestrutura:** grupo de aeroportos, dentro de um intervalo de demanda anual de passageiros, que possuem características similares quanto à infraestrutura aeroportuária, conforme definido no capítulo 3.
- **Mix de aeronaves:** porcentagem relativa de operações realizadas por cada categoria de aeronaves.
- **Load factor:** indica o quanto da capacidade oferecida por aeronave foi efetivamente comercializada. Normalmente é calculado a partir da divisão do indicador de demanda Passageiros-Quilômetros Transportados (RPK, do inglês – *Revenue Passenger Kilometer*) pelo indicador de oferta Assentos-Quilômetros Ofertados (ASK, do inglês – *Available Seat-Kilometers*).

A Figura 18 apresenta as etapas realizadas para o cálculo da movimentação de aeronaves. Como principal fonte, utilizou-se a base dos microdados da ANAC (2021d). A partir da base bruta, consultou-se, para cada faixa de infraestrutura, o *mix* de aeronaves e o respectivo *load factor* de cada categoria de aeronave. Após isso, projetou-se o *mix* de cada faixa e o *load factor* de cada aeronave. Por fim, dividiu-se a demanda de cada aeroporto pela quantidade de assentos de cada categoria de aeronave contida no *mix*, obtendo-se a movimentação de aeronaves necessárias para atender à demanda projetada.

Figura 18 – Etapas da metodologia de projeção de movimentação de aeronaves



Elaboração: LabTrans/UFSC (2021)

Para as projeções do *mix* e do *load factor*, utilizaram-se modelos de vetores autorregressivos (VAR, do inglês – *Vector AutoRegressive*). Os modelos VAR são modelos dinâmicos, nos quais todas as variáveis são tratadas como endógenas. Eles são particularmente úteis e eficientes na previsão do comportamento futuro de séries temporais inter-relacionadas, dado que tomam em consideração a existência de relações de interdependência entre as variáveis. A fórmula geral dos modelos VAR é dada pela Equação (15) (STOCK; WATSON, 2004).

$$\Delta Y_t = a_0 + a_1 \Delta Y_{t-1} + \dots + a_p \Delta Y_{t-p} + \varepsilon_t \quad (15)$$

Onde:

ΔY_t = variável dependente

ΔY_{t-1} = variável dependente defasada

α_1, α_p = coeficientes das respectivas variáveis explicativas

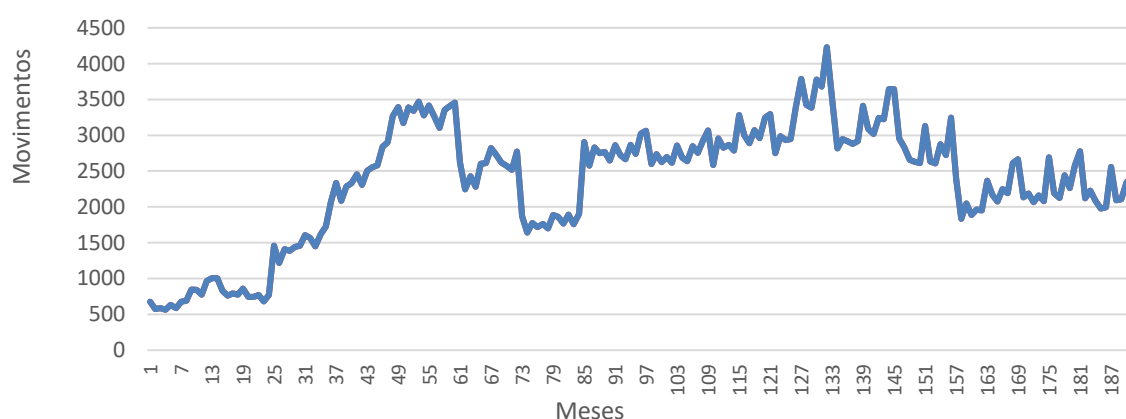
ε_{ij} = componente do erro.

A Equação (15) apresenta a fórmula geral, contendo somente uma variável (Y). No entanto, é possível estimar modelos com mais de uma variável, em que todas elas são projetadas de forma endógena. Nos modelos de projeção do *mix* e do *load factor*, as seguintes variáveis foram utilizadas:

- Variação no *mix* de cada classe de aeronave
- Variação do *load factor* para cada classe de aeronave
- Variação de viagens *per capita*.

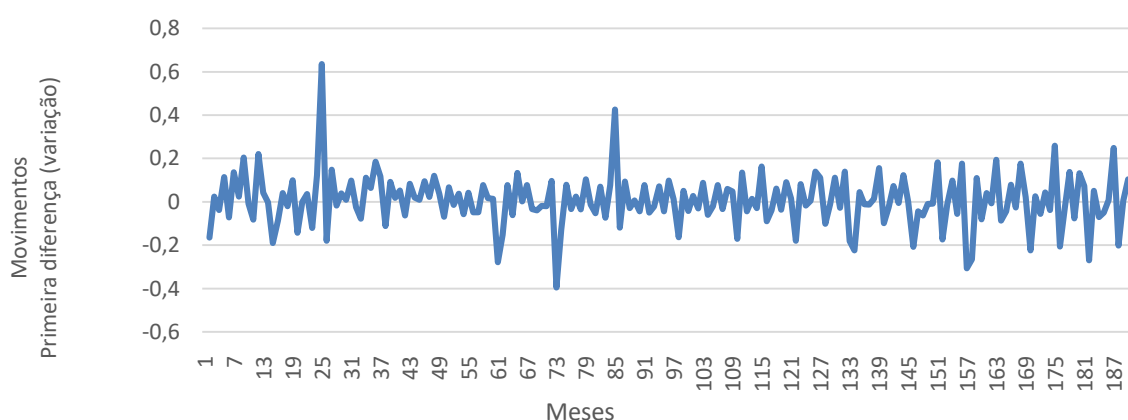
Ressalta-se que os modelos VAR utilizam séries estacionárias, ou seja, séries que se desenvolvem aleatoriamente no tempo, em torno de uma média constante. Dessa forma, utilizou-se a primeira diferença de cada variável, ou seja, a variação em relação ao período temporal anterior. Como variação temporal do modelo, utilizou-se o período mensal. O Gráfico 16 apresenta um exemplo de uma série não estacionária, já o Gráfico 17 expõe a mesma série em sua primeira diferença.

Gráfico 16 – Total de movimentos de aeronaves de Categoria 6 nos aeroportos de Faixa 6



Fonte: ANAC (2021d). Elaboração: LabTrans/UFSC (2021)

Gráfico 17 – Primeira diferença do total de movimentos de aeronaves de Categoria 6 nos aeroportos de Faixa 6



Fonte: ANAC (2021d). Elaboração: LabTrans/UFSC (2021)

Foram realizados dois testes de aplicação do modelo VAR separadamente, por aeroporto e por faixa de infraestrutura. Os modelos VAR estimados separadamente por aeroporto apresentaram, em muitos casos, resultados de projeção explosivos. Esse comportamento pode ser explicado pelo comportamento da variável de entrada, que apresentava, em algumas observações, grande variação entre t e $t-1$, onde t é o mês. Assim, optou-se por utilizar um modelo para cada faixa de aeroporto, que gerou variáveis mais estáveis. Dessa forma, foram gerados dez modelos diferentes para a demanda doméstica e três modelos diferentes considerando a demanda internacional. Por último, para cada modelo, foram testados os números de defasagens. Considerando que a série temporal é mensal, iniciou-se com 12 defasagens para captar possíveis sazonalidades mensais. Além disso, foram utilizados somente dados das categorias de aeronaves mais significativas no *mix*.

Finalmente, de posse de todos os dados de entrada e das projeções de *mix* e *load factor*, é possível calcular a projeção da movimentação de aeronaves, conforme a Equação (16).

$$Mov_{ikt} = \frac{Mix_{ijt} \cdot Pass_{kt}}{LF_{ijt} \cdot NA_i} \quad k \in C, j \quad (16)$$

Onde:

Mov_{ikt} = movimentação das aeronaves de categoria i , no aeroporto k , no tempo t

Mix_{ijt} = participação da aeronave de categoria i , no *mix* dos aeroportos de faixa j , no tempo t

$Pass_{kt}$ = passageiros do aeroporto k , no tempo t (conforme projeção de demanda de passageiros)

LF_{ijt} = *load factor* da aeronave de categoria i , nos aeroportos de faixa j , no tempo t

NA_i = número de assentos padrão da aeronave de categoria i .

3.3.1. Aplicação do modelo VAR na movimentação doméstica

A Tabela 10 apresenta a classificação das faixas de infraestrutura utilizadas para o filtro dos dados empregados nos modelos VAR das movimentações de natureza doméstica.

Tabela 10 – Classificação das faixas de aeroportos por demanda anual doméstica de passageiros (PAX)

Faixa	PAX anual	
	Limite inferior	Limite superior
1	2.000	30.000
2	30.001	50.000
3	50.001	200.000
4	200.001	500.000

Faixa	PAX anual	
	Limite inferior	Limite superior
5	500.001	1.000.000
6	1.000.001	2.000.000
7	2.000.001	5.000.000
8	5.000.001	10.000.000
9	10.000.001	15.000.000
10	15.000.001	-

Elaboração: LabTrans/UFSC (2021)

Por sua vez, a Tabela 11 evidencia a classificação das categorias de aeronaves por intervalo de assentos ofertados. São apresentados os limites inferior e superior de cada classe de aeronave, assim como a capacidade de assentos considerados no modelo.

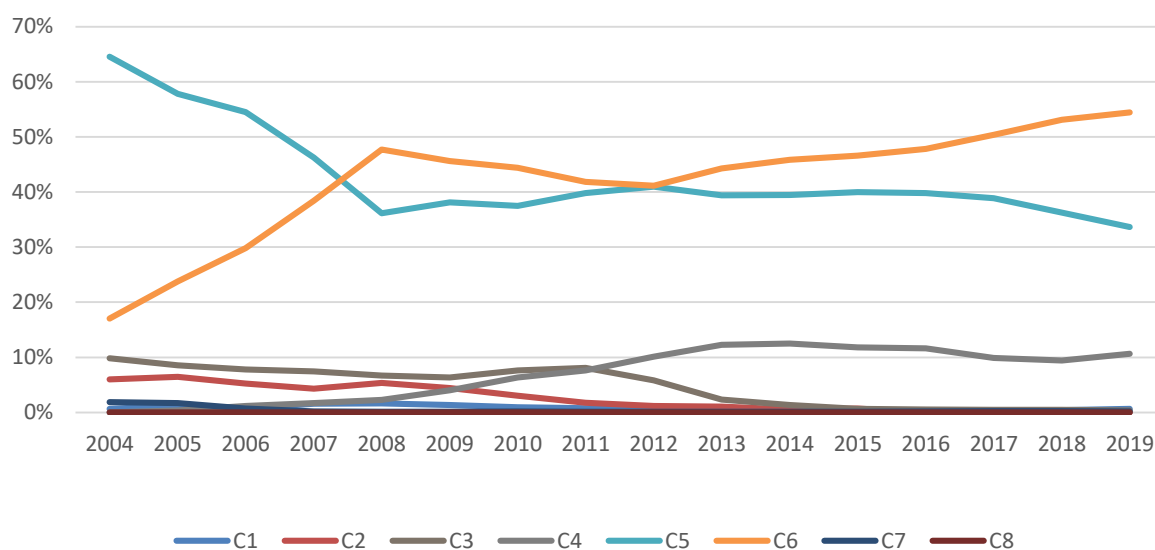
Tabela 11 – Categoria de aeronaves por intervalo de assentos ofertados

Categoria	Exemplos de aeronaves	Número de assentos		Assentos considerados
		Limite inferior	Limite superior	
1	Cessna 208 Caravan (1B – B1) Embraer EMB 110 (2B – B1)	1	18	15
2	Embraer EMB 120 (3B – B1) LET L-410 (2B – B2)	19	30	25
3	ATR 42 (2C – C1) Bombardier CRJ-200 (3B – B2) Embraer E145 (3B – B2)	31	50	45
4	ATR 72 (3C – C1) Bombardier CRJ-900 (4C – C1) Embraer E175 (3C – C1)	51	90	70
5	Airbus A319 (3C – C2) Boeing 737-700 (3C – C2) Embraer E195-E2 (3C – C2)	91	150	120
6	Airbus A321 (4C – C2) Boeing 737-800 (3C ou 4C – C2)	151	220	190
7	Airbus A330-900 (4E – E1) Boeing 747-800 (4F – F1) Boeing 787-800 (4E – E1)	221	450	300

Elaboração: LabTrans/UFSC (2021)

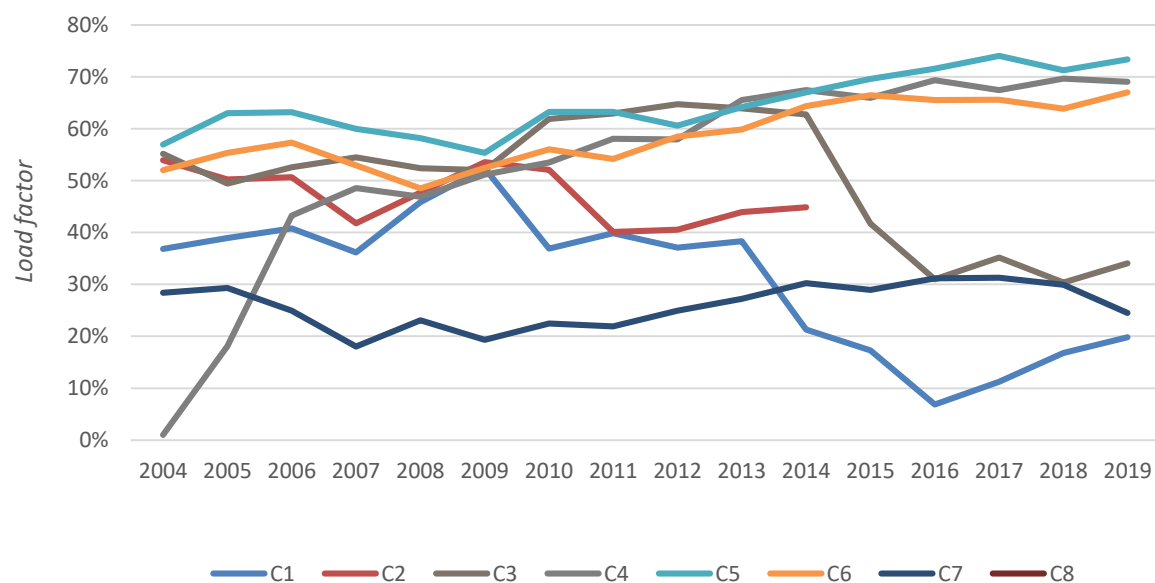
A partir das informações contidas na Tabela 10 e na Tabela 11, consultaram-se os microdados da ANAC para obter o *mix* de aeronaves de cada faixa e o *load factor* de cada categoria de aeronave. Como exemplo, o Gráfico 18 expõe o *mix* de aeronaves observado no período de 2004 a 2019 para os aeródromos contidos na Faixa 6. Por sua vez, o Gráfico 19 apresenta, como exemplo, a variação do *load factor* entre os anos de 2004 e 2019, para as categorias de aeronaves com valores representativos na Faixa 6.

Gráfico 18 – Mix de aeronaves observado do cenário doméstico para aeroportos Faixa 6 (2004-2019)



Fonte: ANAC (2021d). Elaboração: LabTrans/UFSC (2021)

Gráfico 19 – Load factor das aeronaves do cenário doméstico para aeroportos Faixa 6 (2009-2019)



Fonte: ANAC (2021d). Elaboração: LabTrans/UFSC (2021)

Por sua vez, a Tabela 12 exibe o *mix* médio dos anos entre 2017 e 2019 para cada faixa definida na Tabela 10. É possível notar claramente a diferença de *mix* entre as faixas, são observadas mais participações de aeronaves maiores conforme aumento das faixas.

Tabela 12 – Mix médio dos anos entre 2017 e 2019 para movimentos domésticos

Categoria de aeronaves por intervalo de assentos								
Faixa	1	2	3	4	5	6	7	8
Faixa 1	9,80%	0,00%	18,80%	55,80%	13,50%	2,00%	0,00%	0,00%
Faixa 2	9,40%	0,00%	3,10%	76,00%	11,50%	0,00%	0,00%	0,00%
Faixa 3	0,50%	0,00%	5,80%	54,70%	31,60%	7,50%	0,00%	0,00%
Faixa 4	0,00%	0,00%	0,70%	24,50%	41,10%	33,60%	0,00%	0,00%
Faixa 5	0,00%	0,00%	0,00%	33,60%	35,70%	30,60%	0,00%	0,00%
Faixa 6	0,00%	0,00%	0,00%	10,90%	32,30%	56,80%	0,00%	0,00%
Faixa 7	0,10%	0,00%	1,30%	6,30%	35,30%	56,70%	0,30%	0,00%
Faixa 8	0,10%	0,00%	0,00%	10,60%	45,80%	43,40%	0,20%	0,00%
Faixa 9	0,00%	0,00%	0,00%	5,30%	28,90%	65,20%	0,60%	0,00%
Faixa 10	0,00%	0,00%	0,00%	1,40%	29,20%	69,00%	0,30%	0,00%

Fonte: ANAC (2021d). Elaboração: LabTrans/UFSC (2021)

Já a Tabela 13 apresenta o *load factor* médio dos anos entre 2017 e 2019 para cada faixa definida na Tabela 10 e categoria de aeronave da Tabela 12.

Tabela 13 – Load factor dos anos entre 2017 e 2019 para movimentos domésticos

Categoria de aeronaves por intervalo de assentos								
Faixa	1	2	3	4	5	6	7	8
Faixa 1	37%	-	60%	68%	77%	71%	-	-
Faixa 2	32%	-	66%	74%	67%	-	-	-
Faixa 3	25%	-	77%	76%	76%	69%	-	-
Faixa 4	-	-	53%	73%	79%	78%	-	-
Faixa 5	-	-	4%	76%	81%	77%	-	-
Faixa 6	-	-	3%	79%	84%	82%	-	-
Faixa 7	10%	-	71%	76%	82%	83%	84%	-
Faixa 8	18%	-	6%	76%	81%	81%	79%	-
Faixa 9	-	-	4%	60%	83%	81%	63%	-
Faixa 10	-	-	3%	63%	82%	81%	77%	-

Fonte: ANAC (2021d). Elaboração: LabTrans/UFSC (2021)

A Tabela 14 apresenta as especificações utilizadas nos modelos VAR considerando a demanda doméstica. Com exceção das faixas 3 e 6, todos os modelos foram estimados com 12 defasagens, que é o valor ideal, levando em conta que o período temporal dos modelos é mensal.

Tabela 14 – Especificações do modelo VAR considerando a demanda doméstica

Faixa	Categorias de aeronaves utilizadas no modelo VAR	Número de defasagens (meses)
1	1, 3, 4 e 5	12
2	1, 3, 4 e 5	12
3	3, 4, 5 e 6	14
4	4, 5 e 6	12
5	4, 5 e 6	12
6	4, 5 e 6	14
7	4, 5 e 6	12
8	4, 5 e 6	12
9	4, 5 e 6	12
10	4, 5 e 6	12

Elaboração: LabTrans/UFSC (2021)

Após a consulta, o tratamento dos dados e as estimações dos modelos, procedeu-se com a projeção das variáveis. Da Tabela 15 à Tabela 24, apresentam-se os resultados projetados de *mix* e *load factor*, em intervalos de cinco anos de todas as faixas consideradas.

Tabela 15 – Resultado da projeção do mix de aeronaves e do load factor da Faixa 1

Mix – Faixa 1								
Categoria de aeronaves por intervalo de assentos								
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8
2025	10,1%	0,0%	8,4%	59,6%	19,3%	0,0%	0,0%	0,0%
2030	9,8%	0,0%	6,9%	62,3%	18,4%	0,0%	0,0%	0,0%
2035	9,4%	0,0%	5,6%	64,8%	17,5%	0,0%	0,0%	0,0%
2040	9,1%	0,0%	4,6%	67,1%	16,6%	0,0%	0,0%	0,0%
2045	8,7%	0,0%	3,7%	69,3%	15,7%	0,0%	0,0%	0,0%
2050	8,3%	0,0%	3,0%	71,3%	14,8%	0,0%	0,0%	0,0%
Load factor – Faixa 1								
Categoria de aeronaves por intervalo de assentos								
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8
2025	62,0%	-	59,7%	82,0%	61,5%	-	-	-
2030	66,7%	-	63,8%	86,2%	66,1%	-	-	-
2035	71,7%	-	68,3%	88,4%	71,6%	-	-	-
2040	76,9%	-	73,1%	89,5%	77,6%	-	-	-
2045	82,5%	-	78,3%	90,0%	84,0%	-	-	-
2050	88,5%	-	83,8%	90,6%	91,0%	-	-	-

Elaboração: LabTrans/UFSC (2021)

Tabela 16 – Resultado da projeção do mix de aeronaves e do load factor da Faixa 2

Mix – Faixa 2								
Categoria de aeronaves por intervalo de assentos								
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8
2025	7,8%	0,0%	2,6%	86,0%	2,3%	0,0%	0,0%	0,0%
2030	8,5%	0,0%	1,1%	87,7%	1,4%	0,0%	0,0%	0,0%
2035	9,1%	0,0%	0,5%	88,3%	0,9%	0,0%	0,0%	0,0%
2040	9,7%	0,0%	0,2%	88,3%	0,5%	0,0%	0,0%	0,0%
2045	10,3%	0,0%	0,1%	88,0%	0,3%	0,0%	0,0%	0,0%
2050	11,0%	0,0%	0,0%	87,5%	0,2%	0,0%	0,0%	0,0%

Load factor – Faixa 2								
Categoria de aeronaves por intervalo de assentos								
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8
2025	62,1%	-	75,6%	76,4%	75,2%	-	-	-
2030	65,7%	-	79,6%	79,2%	78,5%	-	-	-
2035	68,2%	-	82,1%	81,6%	80,9%	-	-	-
2040	69,8%	-	83,7%	83,6%	82,7%	-	-	-
2045	70,9%	-	84,8%	85,2%	84,0%	-	-	-
2050	71,4%	-	85,3%	86,2%	84,8%	-	-	-

Elaboração: LabTrans/UFSC (2021)

Tabela 17 – Resultado da projeção do mix de aeronaves e do load factor da Faixa 3

Mix – Faixa 3								
Categoria de aeronaves por intervalo de assentos								
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8
2025	0,8%	0,0%	2,1%	55,4%	29,7%	11,7%	0,0%	0,0%
2030	0,8%	0,0%	1,0%	55,8%	30,0%	12,2%	0,0%	0,0%
2035	0,8%	0,0%	0,5%	55,5%	30,1%	12,8%	0,0%	0,0%
2040	0,8%	0,0%	0,2%	55,1%	30,2%	13,4%	0,0%	0,0%
2045	0,8%	0,0%	0,1%	54,6%	30,2%	14,0%	0,0%	0,0%
2050	0,8%	0,0%	0,1%	54,0%	30,2%	14,7%	0,0%	0,0%

Load factor – Faixa 3								
Categoria de aeronaves por intervalo de assentos								
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8
2025	50,5%	-	70,3%	79,2%	79,2%	73,8%	-	-
2030	57,7%	-	74,2%	81,2%	81,2%	74,7%	-	-
2035	61,2%	-	78,4%	83,0%	83,0%	75,3%	-	-
2040	63,0%	-	82,9%	84,4%	84,4%	76,1%	-	-
2045	63,8%	-	86,6%	85,6%	85,6%	76,9%	-	-
2050	64,7%	-	86,6%	86,3%	86,3%	77,6%	-	-

Elaboração: LabTrans/UFSC (2021)

Tabela 18 – Resultado da projeção do mix de aeronaves e do load factor da Faixa 4

Mix – Faixa 4								
Categoria de aeronaves por intervalo de assentos								
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8
2025	0,1%	0,0%	0,4%	39,0%	37,3%	23,2%	0,0%	0,0%
2030	0,1%	0,0%	0,4%	37,5%	37,2%	24,8%	0,0%	0,0%
2035	0,1%	0,0%	0,4%	36,3%	37,0%	26,1%	0,0%	0,0%
2040	0,1%	0,0%	0,4%	35,3%	36,7%	27,5%	0,0%	0,0%
2045	0,1%	0,0%	0,4%	34,4%	36,3%	28,7%	0,0%	0,0%
2050	0,1%	0,0%	0,4%	33,6%	35,9%	30,0%	0,0%	0,0%
Load factor – Faixa 4								
Categoria de aeronaves por intervalo de assentos								
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8
2025	35,3%	-	63,8%	79,2%	83,3%	73,8%	-	-
2030	44,8%	-	68,1%	84,6%	85,8%	74,7%	-	-
2035	52,7%	-	71,0%	87,9%	87,3%	75,3%	-	-
2040	58,7%	-	72,9%	87,9%	88,3%	76,1%	-	-
2045	63,0%	-	74,1%	88,0%	89,0%	76,9%	-	-
2050	65,1%	-	76,3%	88,0%	90,2%	77,6%	-	-

Elaboração: LabTrans/UFSC (2021)

Tabela 19 – Resultado da projeção do mix de aeronaves e do load factor da Faixa 5

Mix – Faixa 5								
Categoria de aeronaves por intervalo de assentos								
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8
2025	0,0%	0,0%	0,0%	40,1%	21,0%	38,7%	0,0%	0,0%
2030	0,0%	0,0%	0,0%	40,4%	18,1%	41,3%	0,0%	0,0%
2035	0,0%	0,0%	0,0%	40,4%	15,5%	43,8%	0,0%	0,0%
2040	0,0%	0,0%	0,0%	40,3%	13,3%	46,2%	0,0%	0,0%
2045	0,0%	0,0%	0,0%	39,9%	11,3%	48,6%	0,0%	0,0%
2050	0,0%	0,0%	0,0%	39,4%	9,6%	50,8%	0,0%	0,0%
Load factor – Faixa 5								
Categoria de aeronaves por intervalo de assentos								
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8
2025	-	-	-	75,6%	80,5%	86,8%	-	-
2030	-	-	-	78,3%	83,2%	88,8%	-	-
2035	-	-	-	81,3%	86,1%	90,1%	-	-
2040	-	-	-	84,4%	89,0%	90,9%	-	-
2045	-	-	-	87,6%	92,1%	91,5%	-	-
2050	-	-	-	91,0%	95,3%	92,5%	-	-

Elaboração: LabTrans/UFSC (2021)

Tabela 20 – Resultado da projeção do mix de aeronaves e do load factor da Faixa 6

Mix – Faixa 6								
Categoria de aeronaves por intervalo de assentos								
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8
2025	0,0%	0,0%	0,0%	15,0%	22,3%	62,5%	0,0%	0,0%
2030	0,0%	0,0%	0,0%	16,1%	19,0%	64,7%	0,0%	0,0%
2035	0,0%	0,0%	0,0%	17,2%	16,1%	66,5%	0,0%	0,0%
2040	0,0%	0,0%	0,0%	18,3%	13,6%	67,9%	0,0%	0,0%
2045	0,0%	0,0%	0,0%	19,4%	11,4%	69,0%	0,0%	0,0%
2050	0,0%	0,0%	0,0%	20,5%	9,5%	69,8%	0,0%	0,0%
Load factor – Faixa 6								
Categoria de aeronaves por intervalo de assentos								
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8
2025	-	-	-	83,4%	85,2%	87,3%	-	-
2030	-	-	-	85,7%	87,2%	89,5%	-	-
2035	-	-	-	87,2%	88,4%	90,8%	-	-
2040	-	-	-	88,1%	89,2%	91,7%	-	-
2045	-	-	-	88,7%	89,7%	92,3%	-	-
2050	-	-	-	89,1%	90,1%	92,7%	-	-

Elaboração: LabTrans/UFSC (2021)

Tabela 21 – Resultado da projeção do mix de aeronaves e do load factor da Faixa 7

Mix – Faixa 7								
Categoria de aeronaves por intervalo de assentos								
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8
2025	0,4%	0,0%	1,2%	4,2%	27,4%	66,5%	0,0%	0,0%
2030	0,4%	0,0%	1,2%	4,1%	23,7%	70,3%	0,0%	0,0%
2035	0,4%	0,0%	1,2%	3,9%	20,3%	73,8%	0,0%	0,0%
2040	0,4%	0,0%	1,2%	3,7%	17,3%	77,1%	0,0%	0,0%
2045	0,4%	0,0%	1,2%	3,5%	14,6%	79,9%	0,0%	0,0%
2050	0,4%	0,0%	1,2%	3,3%	12,3%	82,5%	0,0%	0,0%
Load factor – Faixa 7								
Categoria de aeronaves por intervalo de assentos								
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8
2025	49,7%	-	75,2%	77,1%	86,9%	86,0%	-	-
2030	60,9%	-	77,2%	80,2%	88,3%	87,0%	-	-
2035	66,5%	-	78,6%	82,6%	89,3%	87,6%	-	-
2040	69,3%	-	79,6%	84,4%	89,9%	88,0%	-	-
2045	70,7%	-	80,4%	85,7%	90,3%	88,3%	-	-
2050	71,2%	-	80,8%	86,5%	91,0%	88,8%	-	-

Elaboração: LabTrans/UFSC (2021)

Tabela 22 – Resultado da projeção do mix de aeronaves e do load factor da Faixa 8

Mix – Faixa 8								
Categoria de aeronaves por intervalo de assentos								
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8
2025	0,2%	0,0%	0,0%	7,0%	39,4%	53,3%	0,0%	0,0%
2030	0,2%	0,0%	0,0%	7,4%	37,8%	54,4%	0,0%	0,0%
2035	0,2%	0,0%	0,0%	7,9%	36,3%	55,5%	0,0%	0,0%
2040	0,2%	0,0%	0,0%	8,4%	34,7%	56,5%	0,0%	0,0%
2045	0,2%	0,0%	0,0%	9,0%	33,2%	57,5%	0,0%	0,0%
2050	0,2%	0,0%	0,0%	9,5%	31,7%	58,5%	0,0%	0,0%
Load factor – Faixa 8								
Categoria de aeronaves por intervalo de assentos								
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8
2025	49,70%	-	-	81,6%	81,3%	82,5%	-	-
2030	60,90%	-	-	84,5%	82,3%	83,1%	-	-
2035	66,50%	-	-	86,6%	82,9%	83,4%	-	-
2040	69,30%	-	-	88,2%	83,4%	83,7%	-	-
2045	70,70%	-	-	89,4%	83,8%	83,8%	-	-
2050	71,20%	-	-	90,2%	84,8%	84,4%	-	-

Elaboração: LabTrans/UFSC (2021)

Tabela 23 – Resultado da projeção do mix de aeronaves e do load factor da Faixa 9

Mix – Faixa 9								
Categoria de aeronaves por intervalo de assentos								
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8
2025	0,0%	0,0%	0,0%	7,4%	23,6%	70,3%	0,0%	0,0%
2030	0,0%	0,0%	0,0%	4,0%	23,1%	76,7%	0,0%	0,0%
2035	0,0%	0,0%	0,0%	2,1%	21,8%	81,7%	0,0%	0,0%
2040	0,0%	0,0%	0,0%	1,1%	20,1%	85,9%	0,0%	0,0%
2045	0,0%	0,0%	0,0%	0,5%	18,2%	86,3%	0,0%	0,0%
2050	0,0%	0,0%	0,0%	0,3%	16,4%	86,6%	0,0%	0,0%
Load factor – Faixa 9								
Categoria de aeronaves por intervalo de assentos								
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8
2025	-	-	-	71,9%	86,8%	86,7%	-	-
2030	-	-	-	76,3%	88,9%	89,0%	-	-
2035	-	-	-	79,0%	90,2%	90,4%	-	-
2040	-	-	-	80,7%	91,1%	91,4%	-	-
2045	-	-	-	81,8%	91,6%	92,0%	-	-
2050	-	-	-	82,4%	92,6%	93,1%	-	-

Elaboração: LabTrans/UFSC (2021)

Tabela 24 – Resultado da projeção do mix de aeronaves e do load factor da Faixa 10

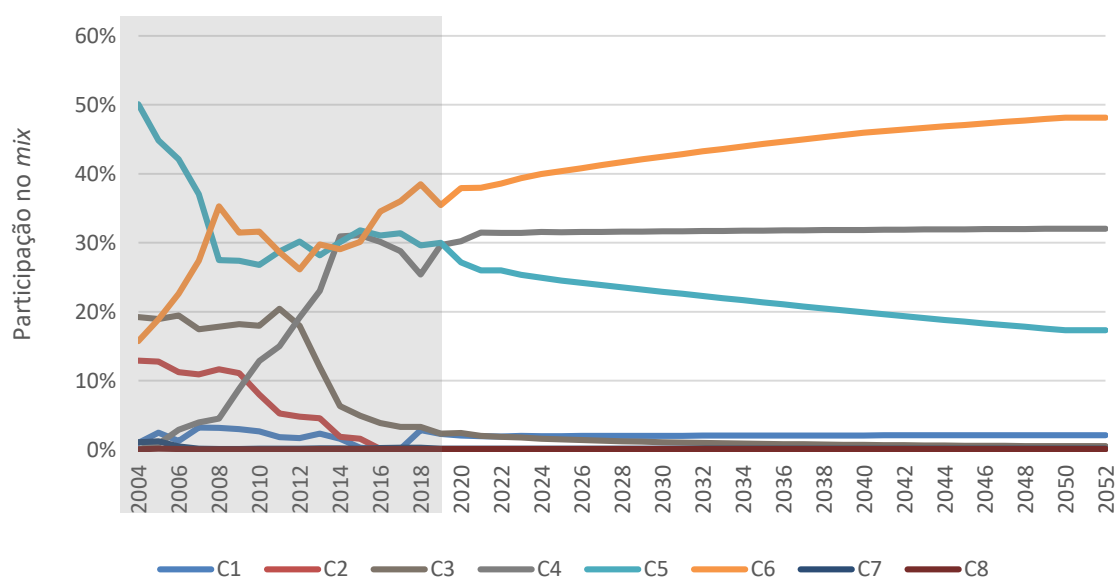
Mix – Faixa 10								
Categoria de aeronaves por intervalo de assentos								
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8
2025	-	0,0%	0,0%	1,2%	22,8%	75,6%	0,3%	0,0%
2030	-	0,0%	0,0%	1,1%	20,3%	78,2%	0,3%	0,0%
2035	-	0,0%	0,0%	1,0%	18,0%	80,5%	0,3%	0,0%
2040	-	0,0%	0,0%	1,0%	16,1%	82,5%	0,3%	0,0%
2045	-	0,0%	0,0%	0,9%	14,3%	84,3%	0,3%	0,0%
2050	-	0,0%	0,0%	0,9%	12,6%	86,1%	0,3%	0,0%

Load factor – Faixa 10								
Categoria de aeronaves por intervalo de assentos								
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8
2025	-	-	-	68,7%	86,7%	87,3%	-	-
2030	-	-	-	70,2%	88,4%	89,0%	-	-
2035	-	-	-	71,6%	89,2%	89,9%	-	-
2040	-	-	-	72,9%	89,6%	90,3%	-	-
2045	-	-	-	74,4%	89,8%	90,5%	-	-
2050	-	-	-	75,8%	90,0%	90,7%	-	-

Elaboração: LabTrans/UFSC (2021)

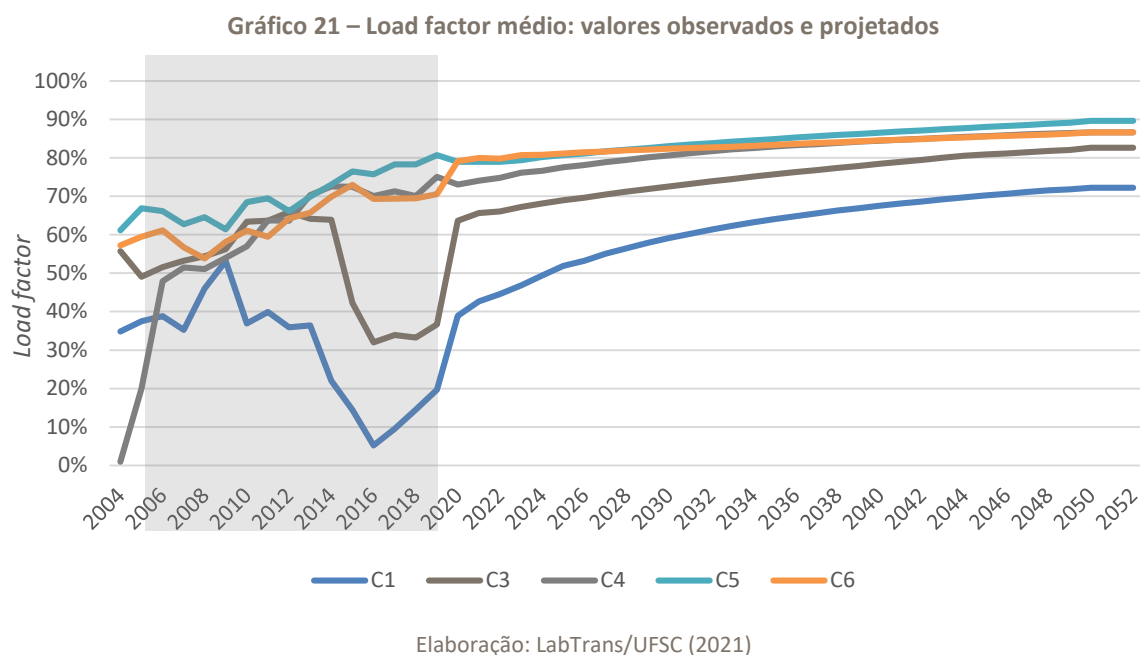
O Gráfico 20 demonstra os valores médios observados e projetados dos *mixes* de aeronaves, considerando todas as faixas. É possível observar uma tendência de troca de aeronaves de Categoria 5 por aeronaves de Categoria 6, enquanto que as aeronaves de Categoria 4 permanecem praticamente com a mesma participação no *mix* médio doméstico.

Gráfico 20 – Mix de aeronaves médio de todas as faixas: valores observados e projetados



Elaboração: LabTrans/UFSC (2021)

Com relação ao *load factor*, o Gráfico 21 apresenta os valores médios das categorias 1, 3, 4, 5 e 6. Nota-se o claro crescimento do *load factor* médio de cada categoria ao longo do tempo.



3.3.2. Aplicação do modelo VAR na movimentação internacional

A Tabela 25 apresenta a classificação das faixas de infraestrutura utilizada para o filtro dos dados utilizados nos modelos VAR das movimentação de natureza internacional.

Tabela 25 – Classificação das faixas de aeroportos por demanda anual internacional de passageiros (PAX)

Faixa	PAX anual	
	Limite inferior	Limite superior
1	0	90.000
2	90.000	4.000.000
3	4.000.000	-

Elaboração: LabTrans/UFSC (2021)

Com relação à classificação das categorias de aeronaves por intervalo de assentos ofertados, utilizou-se a mesma classificação de aeronaves da projeção doméstica, apresentada na Tabela 11.

A partir das informações contidas na Tabela 25 e na Tabela 11, consultaram-se os microdados da ANAC para obter o *mix* de aeronaves de cada faixa e o *load factor* de cada categoria de aeronave. A Tabela 26 apresenta o *mix* médio dos anos entre 2017 e 2019 para cada faixa definida na Tabela 25. Já a Tabela 27 apresenta o *load factor* médio dos anos entre 2017 e 2019 para cada faixa definida na Tabela 25 e categoria de aeronave da Tabela 11.

Tabela 26 – Mix médio dos anos entre 2017 e 2019 para movimentação internacional

Categoria de aeronaves por intervalo de assentos								
FAIXA	1	2	3	4	5	6	7	8
Faixa 1	0,00%	0,00%	15,45%	0,00%	30,96%	41,77%	11,77%	0,00%
Faixa 2	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	18,84%	45,25%	35,91%	0,00%
Faixa 3	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	2,87%	45,79%	50,40%	0,85%

Fonte: ANAC (2021d). Elaboração: LabTrans/UFSC (2021)

Tabela 27 – Load factor dos anos entre 2017 e 2019 para movimentação internacional

Categoria de aeronaves por intervalo de assentos								
FAIXA	1	2	3	4	5	6	7	8
Faixa 1	0%	0%	70%	0%	74%	75%	74%	0%
Faixa 2	0%	0%	0%	0%	77%	78%	77%	0%
Faixa 3	0%	0%	0%	0%	79%	81%	81%	73%

Fonte: ANAC (2021d). Elaboração: LabTrans/UFSC (2021)

Por sua vez, a Tabela 28 evidencia as especificações utilizadas nos modelos VAR considerando a demanda internacional.

Tabela 28 – Especificações do modelo VAR considerando a demanda internacional

Faixa	Categorias consideradas	Defasagens
1	5, 6 e 7	14
2	5, 6 e 7	12
3	5, 6 e 7	13

Elaboração: LabTrans/UFSC (2021)

Após a consulta, o tratamento dos dados e as estimações dos modelos, procedeu-se com a projeção das variáveis. A Tabela 29, a Tabela 30 e a Tabela 31 apresentam os resultados projetados de *mix* e *load factor* em intervalos de cinco anos de todas as faixas consideradas.

Tabela 29 – Resultado da projeção do mix de aeronaves e do load factor da Faixa 1 – internacional

Mix – Faixa 1 – internacional								
Categoria de aeronaves por intervalo de assentos								
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8
2025	0,00%	0,00%	14,65%	0,00%	12,79%	55,09%	13,63%	0,00%
2030	0,00%	0,00%	14,65%	0,00%	10,39%	57,28%	13,83%	0,00%
2035	0,00%	0,00%	14,65%	0,00%	8,45%	59,08%	13,98%	0,00%
2040	0,00%	0,00%	14,65%	0,00%	6,85%	60,60%	14,05%	0,00%
2045	0,00%	0,00%	14,65%	0,00%	5,53%	61,90%	14,07%	0,00%
2050	0,00%	0,00%	14,65%	0,00%	4,45%	63,01%	14,04%	0,00%

Load factor – Faixa 1 – internacional								
Categoria de aeronaves por intervalo de assentos								
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8
2025	-	-	75%	-	75%	77%	75%	-
2030	-	-	76%	-	76%	78%	76%	-
2035	-	-	77%	-	78%	80%	77%	-
2040	-	-	79%	-	79%	81%	79%	-
2045	-	-	80%	-	81%	83%	80%	-
2050	-	-	82%	-	83%	85%	82%	-

Elaboração: LabTrans/UFSC (2021)

Tabela 30 – Resultado da projeção do mix de aeronaves e do load factor da Faixa 2 – internacional

Mix – Faixa 2 – internacional								
Categoria de aeronaves por intervalo de assentos								
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8
2025	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	15,33%	51,05%	32,67%	0,00%
2030	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	14,58%	50,54%	33,93%	0,00%
2035	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	13,84%	50,16%	35,05%	0,00%
2040	0,14%	0,00%	0,00%	0,00%	13,13%	49,74%	36,18%	0,00%
2045	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	12,44%	49,30%	37,31%	0,00%
2050	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	11,79%	48,82%	38,45%	0,00%

Load factor – Faixa 2 – internacional								
Categoria de aeronaves por intervalo de assentos								
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8
2025	-	-	-	-	75%	77%	75%	-
2030	-	-	-	-	76%	78%	76%	-
2035	-	-	-	-	78%	80%	77%	-
2040	-	-	-	-	79%	81%	79%	-
2045	-	-	-	-	81%	83%	80%	-
2050	-	-	-	-	83%	85%	82%	-

Elaboração: LabTrans/UFSC (2021)

Tabela 31 – Resultado da projeção do mix de aeronaves e do load factor da Faixa 3 – internacional

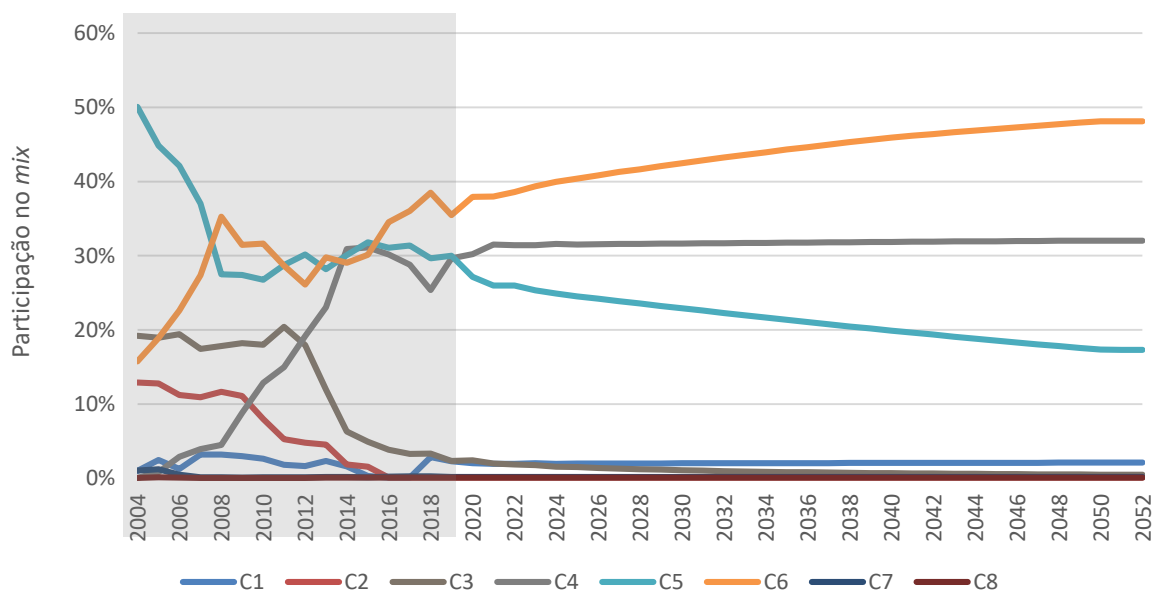
Mix – Faixa 3 – internacional								
Categoria de aeronaves por intervalo de assentos								
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8
2025	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	2,71%	42,83%	53,52%	0,75%
2030	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	2,15%	42,59%	54,32%	0,75%
2035	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	1,68%	42,46%	54,91%	0,75%
2040	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	1,32%	42,22%	55,52%	0,75%
2045	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	1,03%	41,97%	56,06%	0,75%
2050	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,81%	41,68%	56,57%	0,75%

Load factor – Faixa 3 – internacional								
Categoria de aeronaves por intervalo de assentos								
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8
2025	-	-	-	-	75%	74%	72%	75%
2030	-	-	-	-	78%	77%	75%	76%
2035	-	-	-	-	81%	80%	78%	77%
2040	-	-	-	-	85%	84%	81%	79%
2045	-	-	-	-	88%	87%	84%	80%
2050	-	-	-	-	92%	91%	88%	82%

Elaboração: LabTrans/UFSC (2021)

O Gráfico 22 apresenta os valores médios observados e projetados dos *mixes* de aeronaves, considerando todas as faixas. É possível observar uma tendência de troca de aeronaves de Categoria 5 por aeronaves de Categoria 7, enquanto que as aeronaves de Categoria 6 permanecem praticamente com a mesma participação no *mix* médio brasileiro para viagens internacionais.

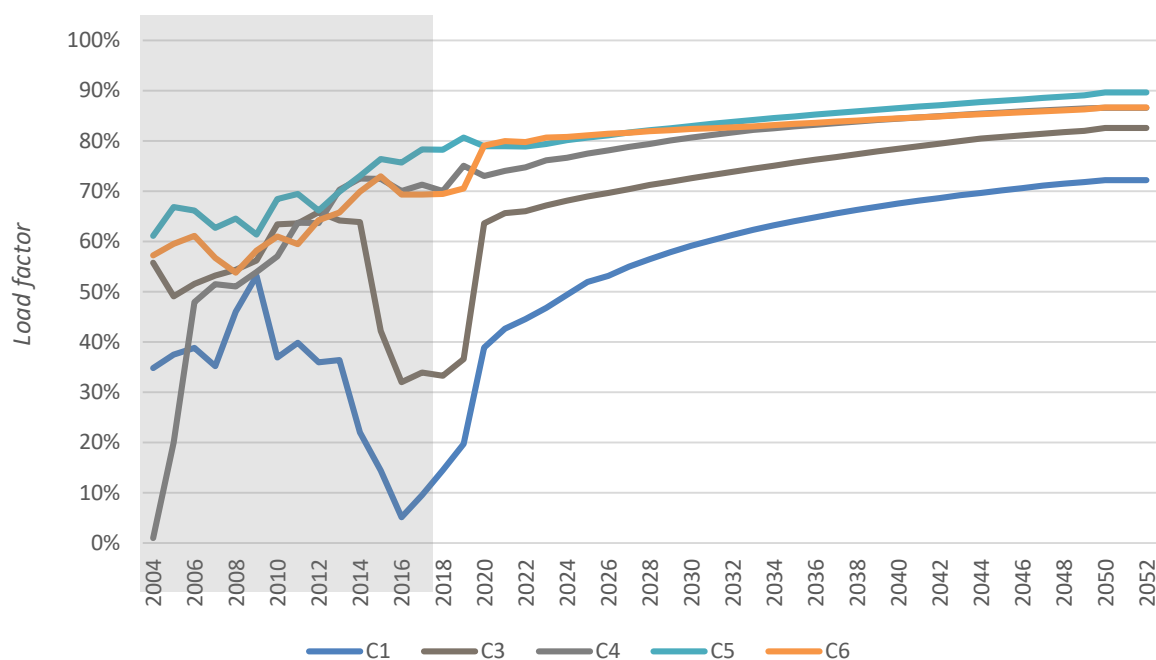
Gráfico 22 – Mix de aeronaves médio de todas as faixas – valores observados e projetados – internacional



Elaboração: LabTrans/UFSC (2021)

Com relação ao *load factor*, o Gráfico 23 expõe os valores médios das categorias 1, 3, 4, 5 e 6. Nota-se o crescimento do *load factor* de cada categoria ao longo do tempo.

Gráfico 23 – Load factor médio – valores observados e projetados – internacional

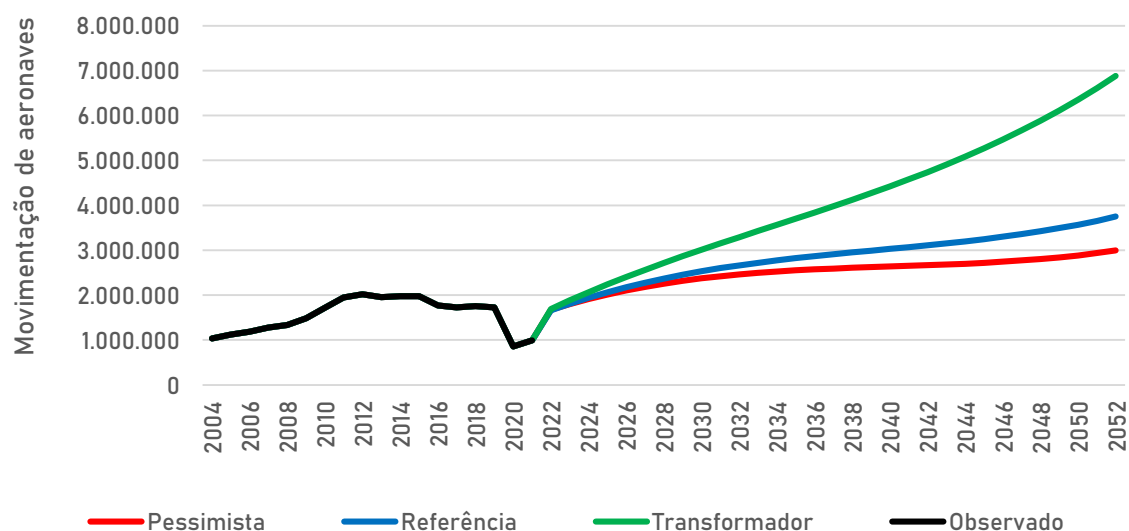


Elaboração: LabTrans/UFSC (2021)

3.3.3. Resultados agregados

Como resultado agregado da aplicação da Equação (16), o Gráfico 24 exibe o resultado agregado de movimentação de aeronaves, incluindo a movimentação doméstica e internacional. Já a Tabela 32 evidencia o crescimento médio anual da movimentação de aeronaves comerciais nos períodos informados.

Gráfico 24 – Resultado agregado de movimentação de aeronaves



Elaboração: LabTrans/UFSC (2021)

Tabela 32 – Crescimento médio anual da movimentação de aeronaves comerciais

Período	Referência	Transformador	Pessimista
2020-2025	20,39%	22,52%	19,78%
2025-2030	4,14%	6,08%	3,31%
2030-2035	2,18%	4,21%	1,44%
2035-2040	1,42%	3,60%	0,66%
2040-2045	1,39%	3,57%	0,61%

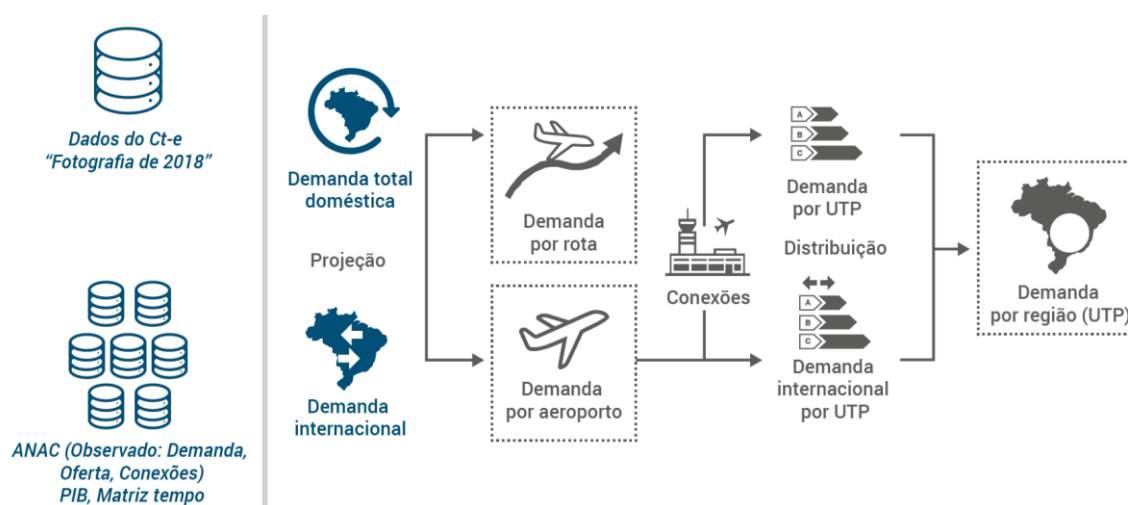
Elaboração: LabTrans/UFSC (2021)

3.4. Movimentação de cargas

Esta seção apresenta os procedimentos metodológicos para a projeção da movimentação de carga aérea para os próximos 30 anos (2022-2052). O modelo de projeção de cargas (Figura 19) segue metodologia semelhante à de projeção de passageiros, com exceção da não utilização da etapa de alocação, sendo composto de duas etapas:

- **Projeção da demanda de carga:** objetiva relacionar a demanda histórica, disponibilizada pela ANAC por aeroporto, com variáveis explicativas, permitindo a projeção da demanda para o futuro. O resultado é a demanda futura de carga para três cenários distintos – referência, transformador e pessimista. Como resultado do uso de modelos com dados em painel, é possível obter as projeções por rota e por aeroporto. Diferentemente do modelo de passageiros, não são desconsiderados os volumes de carga em trânsito nessa etapa.
- **Distribuição da demanda de carga por UTP:** nessa etapa pretende-se utilizar as informações de área de influência dos aeroportos disponibilizadas pela Matriz O/D do Conhecimento de Transporte eletrônico (CT-e) para distribuir a demanda para o território (UTPs). Essa etapa possui como resultado a demanda projetada de carga por UTP. Além disso, pretende-se segregar a demanda por tipo de carga, conforme informações contidas na Matriz O/D CT-e. Somente nessa etapa será feito o tratamento para descontar as cargas de conexão de cada aeródromo.

Figura 19 – Fluxo geral de aplicação dos modelos da projeção da demanda de carga



Elaboração: LabTrans/UFSC (2021)

As seções seguintes apresentam separadamente os modelos de projeção da movimentação de carga aérea doméstica e carga área internacional, com modelos distintos para importação e exportação.

3.4.1. Carga doméstica

No sentido de projetar a demanda de carga doméstica, é utilizado o método econométrico de dados em painel. Conforme mencionado nas seções anteriores, esse tipo de regressão combina as técnicas de dados em corte transversal e de séries temporais, aumentando, assim, consideravelmente o número de observações disponíveis (GUJARATI; PORTER, 2011). Além disso, por conta das variáveis utilizadas no modelo, as séries históricas observadas compreendem os anos de 2000 a 2021, sendo um período pouco extenso para realização de inferências quando considerados os volumes de forma agregada. Assim, a utilização de um painel de dados com os volumes desagregados pelos aeroportos de origem e de destino traz robustez para a análise.

O modelo escolhido utiliza efeitos fixos para cada par de origem/destino, sendo determinado com base no Teste de Hausmann. No modelo de efeito fixo, o intercepto não varia ao longo do tempo, em que as diferenças não observadas dos dados capturadas pelas diferenças no termo independente.

Finalmente, o modelo desenvolvido para a estimação da demanda total de cargas doméstica busca determinar a demanda total anualizada (t), com um modelo por aeroporto de origem (i) para aeroporto de destino (j), conforme disposto na Equação (17).

$$Carga_{i,j,t} = \alpha_{1,i,j} + \alpha_2 Carga_{i,j,t-1} + \alpha_3 PIB_{i,t} * PIB_{j,t} + \varepsilon_{i,j,t} \quad (17)$$

Onde:

$Carga_{i,j,t}$ = volume de cargas transportadas do aeroporto i ao aeroporto j , no ano t

$\alpha_{1,i,j}$ = constante estimada para cada uma das combinações de aeroportos de origem (i) e destino (j) de maneira a capturar a escala de cada fluxo

$Carga_{i,j,t-1}$ = volume de cargas transportadas do aeroporto de origem (i) ao aeroporto de destino (j) no ano anterior ($t-1$)

$PIB_{i,t}$ = PIB da área de influência do aeroporto de origem (i)

$PIB_{j,t}$ = PIB da área de influência do aeroporto de destino (j)

α_2, α_3 = coeficientes das respectivas variáveis explicativas

ε_{ij} = componente do erro.

No que concerne aos propósitos das variáveis independentes, $Carga_{i,j,t-1}$ tem a finalidade de captar a tendência e a inércia do fluxo de cargas. Já as variáveis $PIB_{i,t}$ e $PIB_{j,t}$ captam a elasticidade-renda do volume de cargas na região de influência dos aeroportos de origem e de destino, e quanto maior a renda, maior a circulação de mercadorias.

Sobre as fontes de dados das variáveis do modelo, os dados do volume de cargas movimentado dos pares de aeroportos de origem/destino foram obtidos da base de dados estatísticos do transporte aéreo da ANAC (2021d), somando-se carga paga, carga grátis e carga postal. Os dados da ANAC estão disponíveis para o período de 2000 a 2021. Já os dados de PIB são provenientes do IBGE (2018a), agregados posteriormente por UTPs. Cada aeroporto, de origem e de destino, tem como variável de PIB a soma dos PIBs das UTPs responsáveis por pelo menos 95% da movimentação de carga do referido aeroporto. Essa área de influência é obtida da Matriz O/D proveniente dos dados do CT-e, conforme apresentado no Produto 4.8, da cooperação entre LabTrans/UFSC e SAC/MPOR disponível no portal Hórus (BRASIL, 2020a).

Com relação aos cenários de projeção, para gerar as curvas de projeção para cada par O/D (i,j) (vide Equação (17)), são necessárias projeções das variáveis dependentes, ou seja, as projeções das variáveis $PIB_{i,t}$ e $PIB_{j,t}$. Assim como na projeção da demanda de passageiros, foram utilizadas as projeções de PIB do Decreto nº 10.531, de 26 de outubro de 2020 (BRASIL, 2020c). Para projetar cada ano separadamente, foram disponibilizados pelo Ipea os valores anuais de projeção dos cenários do decreto. A Tabela 33 apresenta o crescimento anual médio do PIB brasileiro, calculado a partir dos dados disponibilizados pelo Ipea.

Tabela 33 – Crescimento anual médio do PIB

Período	Referência	Transformador
2020-2025	2,6%	4,1%
2025-2030	1,9%	3,1%
2030-2035	1,3%	2,6%
2035-2040	1,2%	2,5%
2040-2045	1,1%	2,3%
2045-2052	0,8%	2,0%

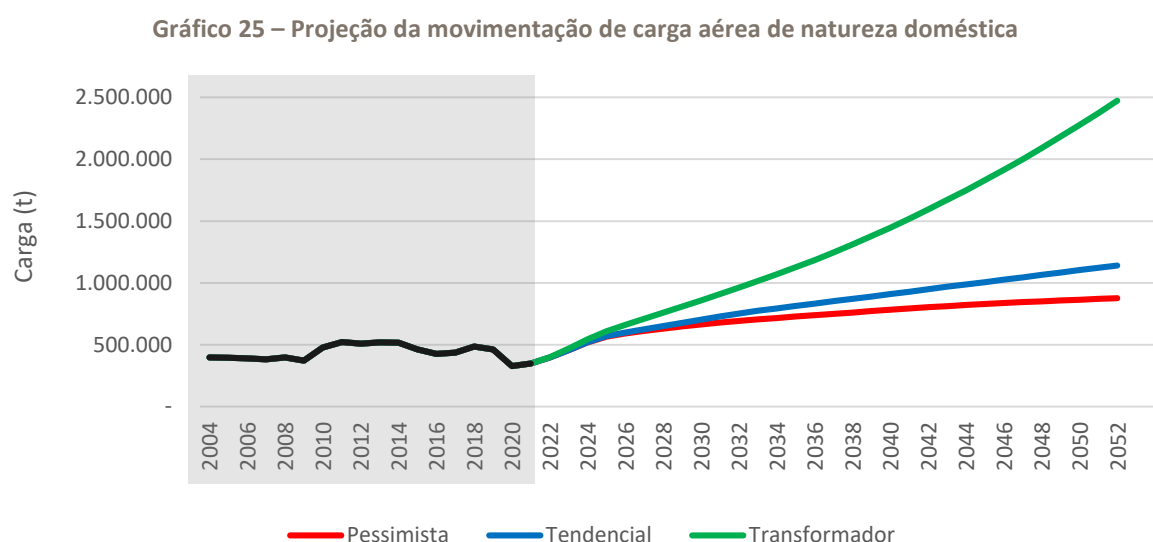
Fonte: Dados disponibilizados pelo Ipea. Elaboração: LabTrans/UFSC (2021)

Além dos dois cenários de PIB definidos pelo decreto (BRASIL, 2020c), definiu-se um terceiro cenário, chamado de pessimista. Este apresenta o PIB com um desvio padrão negativo em relação ao cenário referência. Assim, os três cenários de projeção possuem as seguintes características:

- Referência: utiliza como projeção de PIB o valor de crescimento anual médio de 2,2% a.a. até 2031, conforme definido pelo Decreto nº 10.531.
- Transformador: apresenta valor de crescimento anual médio do PIB de 3,5% a.a. até 2031, conforme definido pelo Decreto nº 10.531.
- Pessimista: apresenta o PIB com um desvio padrão negativo em relação ao cenário referência.

3.4.1.1. Resultados da demanda doméstica de carga

O Gráfico 25 apresenta o valor observado e os valores projetados (a partir do modelo da Equação (17)) da movimentação de carga doméstica para os três cenários até 2052. Vale destacar que o resultado mostra a soma de todos os pares domésticos projetados e observados, visto que o mesmo par O/D apresenta embarque em um aeroporto e desembarque em outro. Não são desconsiderados nesta etapa os valores das cargas em trânsito.



Elaboração: LabTrans/UFSC (2021)

Por sua vez, a Tabela 34 apresenta o crescimento médio anual da movimentação de carga aérea doméstica nos períodos informados. Destaca-se que as taxas apresentam valores decrescentes com o tempo. Taxas maiores são observadas até o ano de 2025, no entanto nota-se que essas taxas são aplicadas em valores menores devido à queda da demanda observada durante o período da pandemia. As taxas são menores também se comparadas ao crescimento do número de passageiros no período (Tabela 5), pois o volume de carga aérea não caiu tanto quando comparado com o volume de passageiros no período crítico da pandemia.

Tabela 34 – Crescimento médio anual da movimentação de carga aérea doméstica

Período	Referência	Transformador	Pessimista
2020-2025	12,47%	13,96%	12,31%
2025-2030	4,22%	7,11%	3,21%
2030-2035	2,96%	5,55%	1,83%
2035-2040	2,25%	5,12%	1,46%
2040-2045	2,06%	4,83%	1,18%
2045-2052	1,79%	4,40%	0,79%

Elaboração: LabTrans/UFSC (2021)

3.4.1.2. Distribuição da demanda de carga doméstica por UTP

Assim como no modelo de passageiros (*vide* 3.1.5), o objetivo da etapa de distribuição é justamente distribuir o volume de carga às suas reais origens e destinos, desvinculando-as da infraestrutura, obtendo-se assim a demanda de carga de cada UTP. Destaca-se que essa etapa está em andamento, e no momento estão sendo realizados a obtenção e o tratamento dos dados, bem como testes das variáveis nos modelos de distribuição.

Com relação ao modelo em desenvolvimento, a partir da Matriz O/D do CT-e, é possível obter a área de influência de cada aeródromo para carga doméstica, incluindo a informação do volume de carga que tem origem ou destino em cada UTP. Com essa informação, é possível estimar modelos de corte transversal para cada aeródromo i observado na matriz, conforme a Equação (18). A variável dependente do modelo é a informação da quantidade de carga, do tipo de carga k , embarcada ou desembarcada no aeródromo ($Carga_{i,j,k}$) com origem ou destino na UTP j . Podem ser utilizadas como variáveis independentes: a característica produtiva de cada UTP ($PROD_j$) e o tempo de deslocamento entre o aeroporto e a UTP ($Dist_{i,j}$).

$$Carga_{i,j,k} = \alpha_1 + \alpha_2 PROD_j + \alpha_3 Dist_{i,j} + \varepsilon_{i,j} \quad (18)$$

Onde:

$Carga_{i,j,k}$ = carga da UTP j , do tipo k , embarcada ou desembarcada no aeroporto i , informação obtida da Matriz O/D do CT-e

$PROD_j$ = característica produtiva de cada UTP j que faz parte da área de influência do aeroporto i

$Dist_{i,j}$ = tempo de deslocamento entre o aeroporto i e a UTP j

α_2, α_3 = coeficientes das respectivas variáveis explicativas

$\varepsilon_{i,j}$ = componente do erro.

Para a variável PROD_j, atualmente estão sendo realizados testes de utilização da informação do número de estabelecimento industriais, conforme subsetores do IBGE, dados obtidos do sistema de Cadastro Geral de Empregados e Desempregados (CAGED) (BRASIL, [2021]). A Tabela 35 apresenta um exemplo de uma possível tabela de-para com a relação de cada subsetor do IBGE com o tipo de carga. Atualmente, está sendo realizado esse tipo de tratamento e consolidação dos dados, bem como testes de significância das variáveis.

Tabela 35 – Exemplo de tabela de-para com a relação de cada subsetor do IBGE com o tipo de carga

IBGE Subsetor	Tipo de carga
Indústria Metalúrgica	Industrializados
Indústria Mecânica	Industrializados
Madeira e Mobiliário	Industrializados
Indústria do Papel, Papelão, Editorial e Gráfica	Perigosas
Indústria Química	Perigosas
Indústria Têxtil	Industrializados
Indústria Têxtil	Perigosas
Alimentos e Bebidas	Alimentos
Construção Civil	Industrializados
Comércio Varejista	Industrializados
Comércio Varejista	Carga postal
Comércio Atacadista	Alimentos
Comércio Atacadista	Industrializados
Instituição Financeira	Postal
Transporte e Comunicações	Industrializados
Aloj. Comunic.	Alimentos
Aloj. Comunic.	Postal
Médicos Odontológicos Vet.	Medicamentos
Médicos Odontológicos Vet.	Perigosas
Ensino	Postal
Administração Pública	Postal
Agricultura	Alimentos
Agricultura	Industrializados
Elétrico e Comunic.	Industrializados
Material de Transporte	Industrializados
Borracha, Fumo, Couros	Industrializados
Indústria Calçados	Industrializados

Elaboração: LabTrans/UFSC (2021)

Para aplicação do modelo de distribuição, é importante descontar o valor de carga em trânsito de cada aeroporto. Os valores históricos de conexão de carga serão obtidos dos microdados estatísticos da ANAC. É possível consultar a informação do Cotran, que informa o tipo de desembarque realizado pelo passageiro, comunicando sobre a realização ou não de conexões. O código pode assumir os seguintes valores “Desembarque” e “Trânsito Doméstico”, visto que este último significa que a carga desembarcou no aeródromo de destino para um reembarque em outro voo (ANAC, 2021d).

3.4.2. Carga internacional

Assim como na projeção da demanda doméstica, na demanda internacional de carga (exportação e importação) também foram utilizados modelos econométricos de dados em painel. Esse método de regressão combina séries temporais com dados de corte transversal (*cross section*), aumentando, assim, consideravelmente o número de observações disponíveis.

3.4.2.1. Exportação

O modelo desenvolvido para a avaliação da demanda total de carga internacional no fluxo de exportação busca estimar a demanda total anualizada (t), conforme disposto na Equação (19).

$$Carga_{i,j,t} = \alpha_{1,i,j} + \alpha_2 Carga_{i,j,t-1} + \alpha_3 PIB_{j,t} + \varepsilon_{i,j,t} \quad (19)$$

Onde:

$Carga_{i,j,t}$ = volume de cargas transportadas do aeroporto i ao aeroporto j , no ano t

$\alpha_{1,i,j}$ = constante estimada para cada uma das combinações de aeroportos de origem (i) e destino (j), de maneira a capturar a escala de cada fluxo

$Carga_{i,j,t-1}$ = volume de cargas transportadas do aeroporto de origem (i) ao aeroporto de destino (j) no ano anterior ($t-1$)

$PIB_{j,t}$ = PIB do país de destino (j)

α_2, α_3 = coeficientes das respectivas variáveis explicativas

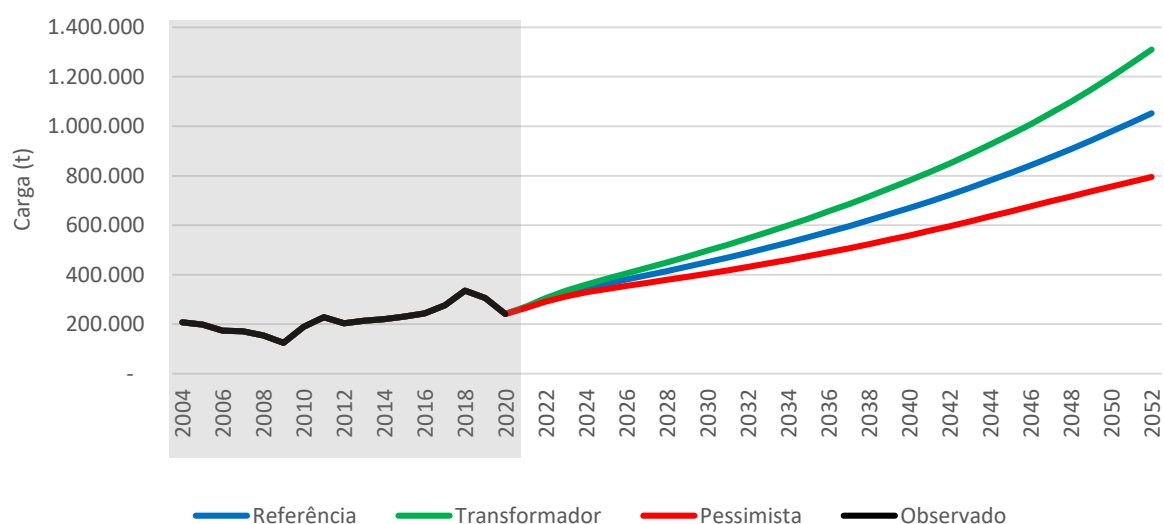
$\varepsilon_{i,j,t}$ = componente do erro.

Referente à utilização das variáveis explicativas, $Carga_{i,j,t-1}$ tem a finalidade de captar a tendência e a inércia do fluxo de cargas. Já a variável de $PIB_{j,t}$ apreende a elasticidade-renda do volume de cargas no aeroporto de destino.

Sobre as fontes de dados das variáveis do modelo, aqueles acerca dos pares de aeroportos de origem/destino e do volume de cargas movimentadas foram obtidos da base de dados estatísticos do transporte aéreo da ANAC (2021a), estando disponíveis para o período de 2000 a 2021. Os dados de PIB e câmbio dos países de destino são provenientes do The Economist Intelligence Unit ([2016]), visto que os valores observados vão até 2018 e, após isso, são projetados. Assim, no sentido de adequar os valores de curto prazo do PIB, foi aplicada a variação de 2019 a 2026 da série do Fundo Monetário Internacional (FMI) (IMF, c2021), captando, desse modo, a queda do produto causada pela pandemia da covid-19 e a recuperação esperada para os próximos anos.

Como resultados do modelo (*vide* Equação (19)), o Gráfico 26 apresenta os valores da demanda de carga aérea internacional (em toneladas) no fluxo de exportação para o período de 2021 a 2052, em que foram consideradas as rotas (origem e destino) que representavam 95% do total do volume de carga em 2019.

Gráfico 26 – Projeção da movimentação de carga aérea internacional – exportação



Elaboração: LabTrans/UFSC (2021)

A Tabela 36 evidencia o crescimento médio anual da demanda de carga internacional no fluxo de exportações nos períodos informados. Destaca-se que as taxas apresentam valores decrescentes com o tempo nos três cenários. Taxas maiores são observadas até o ano de 2025, no entanto nota-se que são aplicadas em valores menores devido à queda da demanda observada durante os anos da pandemia da covid-19.

Tabela 36 – Crescimento médio anual da movimentação de carga aérea internacional – exportação

Período	Referência	Transformador	Pessimista
2020-2025	8,55%	9,75%	7,29%
2025-2030	4,40%	5,29%	3,36%
2030-2035	4,11%	4,77%	3,27%
2035-2040	3,97%	4,47%	3,31%
2040-2045	3,89%	4,33%	3,24%
2045-2052	3,81%	4,46%	2,80%

Elaboração: LabTrans/UFSC (2021)

3.4.2.2. Importação

O modelo desenvolvido para a estimação da demanda total de carga internacional no fluxo de importação busca determinar a demanda total anualizada (t), com um modelo por aeroporto de origem (i) e para aeroporto de destino (j), conforme disposto na Equação (20).

$$Carga_{i,j,t} = \alpha_{1,i,j} + \alpha_2 Carga_{i,j,t-1} + \alpha_3 PIB_{j,t} + \alpha_4 Cambio_{i,t} + \varepsilon_{i,j,t} \quad (20)$$

Onde:

$Carga_{i,j,t}$ = volume de cargas transportadas do aeroporto i ao aeroporto j , no ano t

$\alpha_{1,i,j}$ = uma constante estimada para cada uma das combinações de aeroportos de origem (i) e destino (j) de maneira a capturar a escala de cada fluxo

$Carga_{i,j,t-1}$ = volume de cargas transportadas do aeroporto de origem (i) ao aeroporto de destino (j) no ano anterior (t-1)

$PIB_{j,t}$ = PIB da UTP de destino (j)

$Cambio_{i,t}$ = taxa de câmbio do país de origem (i)

$\alpha_2, \alpha_3, \alpha_4$ = coeficientes das respectivas variáveis explicativas

$\varepsilon_{i,j,t}$ = componente do erro.

No que concerne aos propósitos das variáveis independentes, $Carga_{i,j,t-1}$ tem a finalidade de captar a tendência e a inércia do fluxo de cargas que as outras variáveis não conseguem capturar. Já a variável de $PIB_{j,t}$ capta a elasticidade-renda do volume de cargas na UTP de destino.

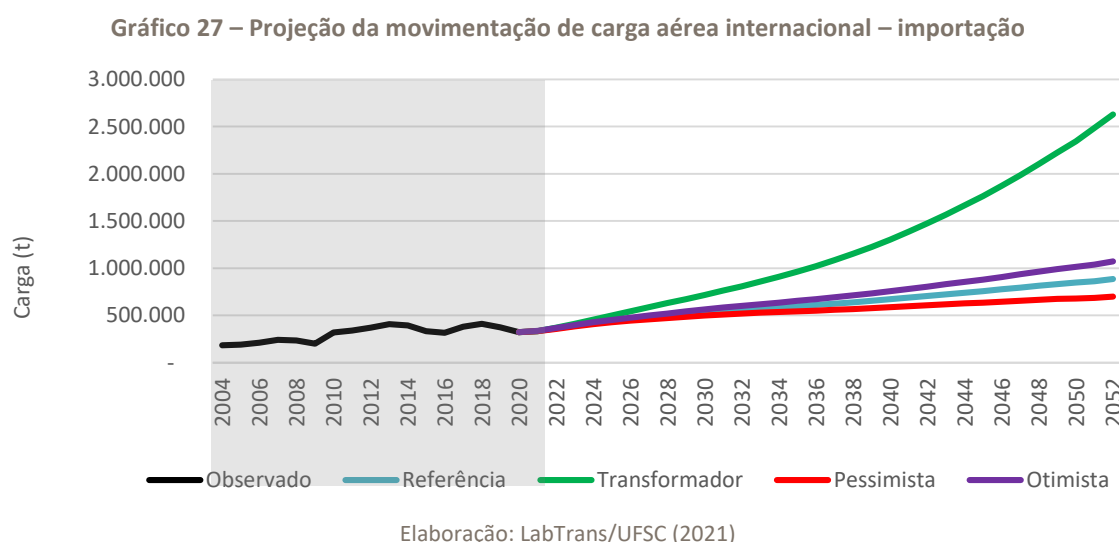
Os dados das rotas (aeroportos de origem e de destino) e o volume de cargas movimentadas foram obtidos da base de dados estatísticos do transporte aéreo da ANAC (2021a), disponíveis para o período de 2000 a 2020. No painel de dados foi considerado o período de 2004 a 2020. Já os dados de PIB são provenientes do IBGE (2018a), agregados posteriormente por UTPs. Cada aeroporto, de origem e de destino, tem como variável de PIB considerada a soma dos PIBs das UTPs responsáveis por pelo menos 95% da movimentação de carga do referido aeroporto. Essa área de influência é obtida da Matriz O/D, adquirida dos dados do CT-e, conforme apresentado no Produto 4.8, da cooperação entre LabTrans/UFSC e SAC/MPOR disponível no portal Hórus (BRASIL, 2020a).

Com relação aos cenários de projeção, para gerar as curvas de projeção para cada par O/D (i,j), a partir da Equação (20), são necessários os valores projetados da variável $PIB_{j,t}$. Assim, foram utilizadas as projeções de PIB do Decreto nº 10.531, de 26 de outubro de 2020 (BRASIL, 2020c). Para projetar cada ano separadamente, foram disponibilizados pelo Ipea os valores anuais de projeção dos cenários do referido decreto. Além dos dois cenários de PIB estabelecidos pelo decreto (BRASIL, 2020c), definiram-se mais dois cenários:

- Pessimista: apresenta o PIB com um desvio padrão negativo em relação ao cenário referência.
- Otimista: apresenta o PIB com um desvio padrão positivo em relação ao cenário referência.

O cenário otimista foi necessário neste caso, pela elevada elasticidade-renda encontrada no modelo, que quando aplicada ao cenário transformador resulta em volumes de movimentação pouco realistas no longo prazo, sobretudo a partir de 2035.

Como resultados do modelo, conforme a Equação (20), o Gráfico 27 apresenta os valores observados e projetados de movimentação de carga aérea internacional do fluxo de importação para os quatro cenários considerados.



A Tabela 37 expõe o crescimento médio anual da demanda de carga internacional no fluxo de Importações nos períodos informados. Destaca-se que, com o tempo, as taxas apresentam valores decrescentes nos quatro cenários considerados. Taxas maiores são observadas até o ano de 2025, no entanto nota-se que, assim como para as exportações, essas taxas são aplicadas em valores menores devido à queda da demanda observada durante os anos da pandemia da covid-19.

Tabela 37 – Crescimento médio anual da movimentação de carga aérea internacional – importação

Período	Referência	Transformador	Pessimista	Otimista
2020-2025	6,80%	9,65%	6,16%	7,42%
2025-2030	3,80%	7,45%	3,13%	4,42%
2030-2035	2,37%	6,06%	1,66%	2,99%
2035-2040	2,31%	6,23%	1,54%	2,94%
2040-2045	2,47%	6,24%	1,63%	3,10%
2045-2052	2,21%	5,84%	1,30%	2,83%

Elaboração: LabTrans/UFSC (2021)

4. CLASSIFICAÇÃO DE AERÓDROMOS POR FAIXA DE INFRAESTRUTURA AEROPORTUÁRIA

Este item objetiva apresentar os principais critérios para definição da classificação de aeródromos por faixa de infraestrutura aeroportuária, considerando um escopo de 941 aeródromos brasileiros. Em virtude de uma vasta rede aeroportuária, com peculiaridades inerentes a grupos de aeroportos, entendeu-se a necessidade de realizar uma classificação, categorizada por faixas, com o agrupamento dos aeródromos, realizada de acordo com a movimentação anual de passageiros.

Cada uma das faixas apresenta um pacote de infraestrutura aeroportuária compatível com o processamento de passageiros e aeronaves de seu intervalo, considerando o planejamento dos principais componentes do Lado Ar e do Lado Terra.

Para este relatório, são sinônimos para faixas de infraestrutura aeroportuária os seguintes termos: **faixas de evolução da infraestrutura, faixas de infraestrutura e faixas do PAN.**

Os componentes aeroportuários considerados na classificação são:

- Pista de pouso e decolagem (PPD)
- Área de Segurança de Fim de Pista (RESA, do inglês – *Runway End Safety Area*)
- Faixa de pista
- Pista de táxi (PTR)
- Pátio de aeronaves
- Terminal de passageiros (TPS)
- Serviço de Prevenção e Combate a Incêndio em Aeródromos Civis (SESCINC)
- Estacionamento de veículos.

A classificação aborda, ao todo, 33 parâmetros diferentes. Alguns deles possuem caráter informativo, os quais não impactam diretamente o investimento dos componentes aeroportuários, porém subsidiaram o dimensionamento da infraestrutura dos componentes de cada uma das faixas. Os parâmetros considerados na classificação são os seguintes:

Movimentação anual de passageiros (mínimo)

- Movimentação anual de passageiros (máximo)
- Aeronaves representativas

- Certificação do aeródromo
- Faixa de assentos representativa
- Código de Referência do Aeródromo (CRA)
- Tipo de operação
- Passageiro Hora-Pico (PHP)
- TPS – Área (m²)
- PPD – Comprimento básico e 35% Fator de correção (m)
- PPD – Largura (m)
- PPD – Acostamento (m)
- Distância entre o eixo da PPD e o eixo da PTR (m)
- Faixa de pista – Comprimento (m)
- Faixa de pista – Largura (m)
- Faixa Preparada – Largura (–)
- RESA – Comprimento (–)
- RESA – Largura (m)
- *Pavement Classification Number* (PCN) pavimento (flexível)
- PCN pavimento (rígido)
- Pátio de aeronaves – nº de posições de estacionamento e letra de código da aeronave
- Pátio de aeronaves – nº de posições de contingenciamento e letra de código da aeronave
- Pátio de aeronaves – Área (m²)
- Pátio aeronaves – Comprimento (m)
- Pátio aeronaves – Largura (m)
- Tipo de pista de táxi (saída rápida, ortogonal, paralela parcial, paralela total)
- PTR – Área (m²)
- PTR – Largura (m)
- PTR – Acostamento (m)
- SESCINC – Área da edificação (m²)
- SESCINC – Carro contraincêndio de aeródromo (CCI)
- Estacionamento de veículos – Número de vagas
- Estacionamento de veículos – Área (m²).

4.1. Caracterização das faixas quanto ao movimento anual de passageiros

A fim de definir cenários de investimentos coerentes com a demanda de passageiros e aeronaves projetadas para os aeródromos, foi elaborada uma classificação para auxiliar a definição da infraestrutura aeroportuária necessária ao atendimento de determinadas faixas de movimentação anual de passageiros. A classificação baseia-se em dez faixas, com o incremento de uma faixa destinada à aviação geral, de forma a abranger o sistema aeroportuário brasileiro.

Foram levadas em consideração, na etapa inicial, a classificação de aeródromos descrita no Regulamento Brasileiro de Aviação Civil (RBAC) nº 153 (ANAC, 2021e), a classificação de aeródromos quanto ao porte adotada pela ANAC (2007) e a classificação adotada pelo Consórcio Grupo de Consultores em Aeroportos (GCA) nos Estudos de Viabilidade Técnica, Econômica e Ambiental (EVTEAs) na sexta rodada de concessões aeroportuárias. As classificações podem ser visualizadas na Tabela 38, na Tabela 39 e na Tabela 40, respectivamente.

Tabela 38 – Classificação do aeródromo conforme o número de passageiros processados

Classificação	Movimentação anual de passageiros	Tipo de voo
Classe I-A	Inferior a 200.000 passageiros	Não processa voo regular
Classe I-B	Inferior a 200.000 passageiros	Processa voo regular
Classe II	Número de passageiros processados igual ou superior a 200.000 e inferior a 1.000.000	–
Classe III	Número de passageiros processados igual ou superior a 1.000.000 e inferior a 5.000.000	–
Classe IV	Número de passageiros processados igual ou superior a 5.000.000	–

Fonte: ANAC (2021e). Elaboração: LabTrans/UFSC (2022)

Tabela 39 – Classificação quanto ao porte do aeroporto

Classificação	Classe	Movimentação anual de passageiros
Pequeno	PP1	Inferior a 100.000 passageiros
	PP2	Número de passageiros processados igual ou superior a 100.000 e inferior a 400.000
	PP3	Número de passageiros processados igual ou superior a 400.000 e inferior a 1.000.000
Médio	MP	Número de passageiros processados igual ou superior a 1.000.000 e inferior a 3.000.000
Grande	GP	Número de passageiros processados igual ou superior a 3.000.000 e inferior a 8.000.000
Extra Grande	EP	Acima de 8.000.000

Fonte: ANAC (2007). Elaboração: LabTrans/UFSC (2022)

Tabela 40 – Classificação do aeródromo quanto ao número anual de passageiros

Classificação	Classe	Movimentação anual de passageiros
Pequeno	PP1	Inferior a 150.000 passageiros
	PP2	Número de passageiros processados igual ou superior a 150.000 e inferior a 500.000
	PP3	Número de passageiros processados igual ou superior a 500.000 e inferior a 1.000.000
Médio	MP	Número de passageiros processados igual ou superior a 1.000.000 e inferior a 5.000.000
Grande	GP	Número de passageiros processados igual ou superior a 5.000.000 e inferior a 10.000.000
Extra Grande	EP	Acima de 10.000.000

Fonte: Infraero (*apud* GCA, 2020). Elaboração: LabTrans/UFSC (2022)

Ao identificar, com base nas movimentações de passageiros dos aeroportos em operação e nas projeções de passageiros, que as classificações supramencionadas possuem intervalos de demanda anual de passageiros bem espaçados, sobretudo nos aeroportos de classes inferiores, foram subdivididas as classes para melhor caracterização destes. Ademais, também se considerou o *Capital Expenditure* (CAPEX) para elaboração da infraestrutura dos aeroportos, de forma a não os onerar, e também para que o intervalo entre os anos de investimento não fique demasiadamente distante.

Dessa forma, a classificação totaliza 11 faixas, sendo uma para a aviação geral (AvG), Faixa AvG, e dez faixas para a aviação comercial, Faixa 1 até Faixa 10. A classificação final das faixas pode ser visualizada na Tabela 41.

Tabela 41 – Classificação das faixas de infraestrutura do PAN quanto ao movimento anual de passageiros

Faixa	Movimentação anual de passageiros
Faixa AvG	Inferior ou igual a 2.000
Faixa 1	Superior a 2.000 e inferior ou igual a 30.000
Faixa 2	Superior a 30.000 e inferior ou igual a 50.000
Faixa 3	Superior a 50.000 e inferior ou igual a 200.000
Faixa 4	Superior a 200.000 e inferior ou igual a 500.000
Faixa 5	Superior a 500.000 e inferior ou igual a 1.000.000
Faixa 6	Superior a 1.000.000 e inferior ou igual a 2.000.000
Faixa 7	Superior a 2.000.000 e inferior ou igual a 5.000.000
Faixa 8	Superior a 5.000.000 e inferior ou igual a 10.000.000
Faixa 9	Superior a 10.000.000 e inferior ou igual a 15.000.000
Faixa 10	Superior a 15.000.000 e inferior ou igual a 20.000.000

Elaboração: LabTrans/UFSC (2022)

4.2. Definição dos componentes aeroportuários integrantes da classificação

Com o intuito de definir as ações e os investimentos para atender à demanda de passageiros prevista para cada faixa, é fundamental identificar o desenvolvimento dos principais componentes que compõem o sítio aeroportuário. Para tal, foram considerados os principais componentes do Lado Ar e Lado Terra, exceto navegação aérea e terminal de cargas (TECA), a saber:

- PPD
- RESA
- Faixa de pista
- PTR
- Pátio de aeronaves
- TPS
- SESCINC
- Estacionamento de veículos.

4.3. Caracterização da infraestrutura aeroportuária das faixas

Este item tem por objetivo descrever os preceitos e métodos envolvidos para o desenvolvimento da infraestrutura aeroportuária de cada uma das faixas do PAN. Em relação ao dimensionamento, foram consideradas como referência as normas e as regulações nacionais e internacionais.

4.3.1. Escolha das aeronaves críticas representativas

O desenvolvimento das necessidades de um aeroporto parte, primordialmente, da escolha de uma aeronave crítica compatível com as suas operações futuras, tanto para o processamento de passageiros quanto para o processamento de aeronaves. Ademais, a aeronave crítica é um dos principais parâmetros para o desenvolvimento da infraestrutura aeroportuária do Lado Ar, visto que seu impacto influencia significativamente o investimento total do aeroporto.

A escolha da aeronave crítica representativa de cada uma das faixas foi definida conforme a movimentação de aeronaves comerciais dos aeroportos brasileiros, através dos dados estatísticos da ANAC (2021d). A partir dos dados brutos, foi analisado o *mix* de aeronaves dos aeroportos, por categoria de aeronave, por intervalo de assentos ofertados e por faixa do PAN, e identificadas as aeronaves representativas de cada faixa nos últimos três anos pré-pandemia da covid-19 (2017, 2018 e 2019).

As aeronaves críticas representativas de cada faixa do PAN podem ser visualizadas na Tabela 42.

Tabela 42 – Aeronave(s) crítica(s) representativa(s) por faixa do PAN

Faixa	Aeronaves críticas representativas
Faixa AvG	Cessna 208B Grand Caravan EX
Faixa 1	ATR 72-600
Faixa 2	ATR 72-600
Faixa 3	EMB-195 E2 / A320neo / B738
Faixa 4	B738 MAX / A320
Faixa 5	B738 MAX / A320
Faixa 6	A321
Faixa 7	A330-300
Faixa 8	A330-900
Faixa 9	A350-900
Faixa 10	B777-300ER

Elaboração: LabTrans/UFSC (2022)

4.3.2. Certificação aeroportuária

Segundo a ANAC (2019), a certificação operacional de aeroportos é o instrumento regulatório pelo qual se atesta que as operações no aeródromo são realizadas conforme os regulamentos prescritos pela própria agência e que foram feitas análises de riscos, nos casos em que determinados requisitos não sejam cumpridos, que demonstram um nível aceitável de segurança operacional.

O parâmetro de certificação aeroportuária no PAN destaca o tipo de certificação operacional pretendida, baseada no CRA, para cada uma das faixas, com base na aeronave representativa. Para os casos das faixas 1 e 2, considerou-se o *Minimum Infrastructure List* (MMIL)⁵.

A certificação aeroportuária pretendida de cada faixa do PAN pode ser visualizada na Tabela 43.

⁵ O MMIL é uma lista de infraestrutura mínima requerida para os aeródromos se enquadrarem em um nível de segurança operacional aceitável, em cumprimento com os requisitos de operação e Segurança contra Atos de Interferência Ilícita (AVSEC, do inglês – *Aviation Security*), regulados pelo RBAC nº 153 e pelo RBAC nº 107, respectivamente. O conceito do MMIL foi introduzido entre conversas com a equipe da ANAC e da SAC/MPOR, e, em 22 de setembro de 2022, a agência publicou a Portaria nº 9.249/SIA (ANAC, 2022c), em que estabelece esses elementos mínimos de infraestrutura e de segurança operacional para entrar em vigor em 8 de outubro de 2022.

Tabela 43 – Certificação operacional por faixa do PAN

Faixa	Certificação operacional
Faixa AvG	-
Faixa 1	MMIL
Faixa 2	MMIL
Faixa 3	3C ou ATR72-MMIL
Faixa 4	4C ou 3C-MMIL
Faixa 5	4C
Faixa 6	4C
Faixa 7	4E
Faixa 8	4E
Faixa 9	4E
Faixa 10	4E

Elaboração: LabTrans/UFSC (2022)

4.3.3. Código de Referência do Aeródromo (CRA)

Segunda a ANAC (2021f), o CRA tem como intuito inter-relacionar as diversas especificações sobre as características dos aeródromos, de modo a fornecer uma série de facilidades adequadas às aeronaves que irão operar no aeródromo.

Para as faixas do PAN, considerou-se o CRA de acordo com a aeronave crítica representativa de cada faixa. A Tabela 44 apresenta os códigos levados em conta em cada faixa.

Tabela 44 – Código de referência por faixa do PAN

Faixa	Tipo de operação
Faixa AvG	1B
Faixa 1	3C
Faixa 2	3C
Faixa 3	3C
Faixa 4	4C
Faixa 5	4C
Faixa 6	4C
Faixa 7	4E
Faixa 8	4E
Faixa 9	4E
Faixa 10	4E

Elaboração: LabTrans/UFSC (2022)

4.3.4. Definição do tipo de operação de voo

Os tipos de operação de voo em aeródromo distinguem-se em dois casos: operação visual, para os voos que são realizados de acordo com as regras de voo visual (VFR, do inglês – *Visual Flight Rules*), e operação por instrumentos, nos casos em que os voos são realizados de acordo com as regras de voo por instrumentos (IFR, do inglês – *Instrument Flight Rules*). Nas operações de instrumentos, este divide-se em IFR de não precisão (IFR NPA) e IFR de precisão (IFR PA).

Em relação ao dimensionamento da infraestrutura aeroportuária, o tipo de operação impacta as características geométricas da faixa de pista e da RESA, mais especificamente na largura de ambas.

O tipo de operação da pista para cada uma das faixas de infraestrutura foi definido de acordo com a operação dos aeródromos brasileiros descritos no *Manual Auxiliar de Rotas Aéreas* (ROTAER) e com as diretrizes da SAC/MPOR. A Tabela 45 apresenta o tipo de operação considerado para cada uma das faixas do PAN.

Tabela 45 – Tipo de operação de voo por faixa do PAN

Faixa	Tipo de operação
Faixa AvG	VFR
Faixa 1	VFR
Faixa 2	IFR NPA
Faixa 3	IFR NPA
Faixa 4	IFR NPA
Faixa 5	IFR NPA
Faixa 6	IFR NPA
Faixa 7	IFR PA
Faixa 8	IFR PA
Faixa 9	IFR PA
Faixa 10	IFR PA

Elaboração: LabTrans/UFSC (2022)

4.3.5. Passageiro Hora-Pico (PHP)

O PHP é um fator indutor no dimensionamento do TPS e na avaliação do nível de serviço prestado aos passageiros, o qual indica a necessidade ou não de modernização, ampliação ou construção de novas instalações.

A estimação do número de PHP simultâneo para cada uma das faixas de infraestrutura foi realizada de acordo com as seguintes referências:

- Índice de concentração de passageiros para os aeroportos brasileiros da ANAC (2007).
- Curva de correlação entre o movimento anual de passageiros e o PHP, elaborada pelo Departamento de Aviação Civil (DAC) (MEDEIROS, 2004).
- Projeção de PHP dos aeroportos das rodadas de concessões aeroportuárias.
- PHP informado no anuário estatístico operacional dos aeroportos da Empresa Brasileira de Infraestrutura Aeroportuária (Infraero).

Para a faixa 1 até a faixa 5, considerou-se o maior valor obtido pelo método da ANAC (2007), que consiste na aplicação de fatores de conversão da movimentação anual para passageiros na hora-pico e o número de assentos ofertados pela aeronave crítica associada à faixa de infraestrutura. Para a faixa 6 até a faixa 10, a estimativa de PHP foi obtida de acordo com o método do DAC e conforme as diretrizes da SAC/MPOR para averiguar o valor de PHP informado no anuário estatístico da Infraero e nas projeções de PHP de rodadas de concessões aeroportuárias.

A Tabela 46 apresenta os valores de PHP considerados em cada faixa do PAN.

Tabela 46 – PHP simultâneo considerado por faixa do PAN

Faixa	Tipo de operação
Faixa AvG	60
Faixa 1	100
Faixa 2	100
Faixa 3	350
Faixa 4	350
Faixa 5	650
Faixa 6	975
Faixa 7	1.500-1.750
Faixa 8	2.500-2.750
Faixa 9	3.400-3.600
Faixa 10	4.200-4.500

Elaboração: LabTrans/UFSC (2022)

4.3.6. Estimação da área bruta do TPS

Em relação à área necessária para o TPS para cada faixa do PAN, a estimativa concentrou-se na capacidade estática do componente, de forma a determinar a área bruta necessária da edificação para atender à demanda prevista. O dimensionamento das necessidades do TPS foi realizado com base no conceito de níveis de serviços preconizados no *Airport Development Reference Manual* (ADRM) (IATA, 2016), classificados conforme o Quadro 1.

Quadro 1 – Conceitos dos níveis de serviço da IATA

Nível de serviço	Áreas	Tempo
Superdimensionado	Em excesso ou ociosas	Recursos em excesso
Ótimo	Espaço suficiente para as funções necessárias em ambiente confortável	Tempos de espera e processamento aceitáveis
Subdimensionado	Instalações lotadas e desconfortáveis	Tempos de espera e processamento inadmissíveis

Elaboração: LabTrans/UFSC (2022)

Nas faixas 6 até 10, o dimensionamento das necessidades do componente foi realizado com base no nível de serviço ótimo, utilizando-se a formulação analítica para o cálculo das áreas operacionais descritas na nona (IATA, 2004) e na décima edição (IATA, 2016) do ADRM. Além disso, consideraram-se acréscimos específicos para previsão das áreas comerciais e administrativas do TPS.

Da Faixa 0 até a Faixa 5, o TPS foi dimensionado conforme diretrizes do Departamento de Investimentos em Aeroportos Regionais (DINV) e o Departamento de Planejamento e Gestão (DPG) da SAC/MPOR. Os cálculos consideraram as necessidades das áreas operacionais, comerciais e administrativas, adotando-se, para o planejamento do TPS, o nível de serviço ótimo, tanto em termos de qualidade de atendimento ao usuário quanto para estimativa do montante de investimentos necessários à implantação.

As áreas operacionais foram dimensionadas conforme a formulação analítica descrita no ADRM da nona edição (IATA, 2004) e da décima edição (IATA, 2016), considerando os seguintes componentes do processamento de passageiros do TPS:

- Saguão de embarque
- *Check-in* e despacho de bagagens
- Inspeção/vistoria de segurança – raio X
- Sala de embarque (contato e remoto)
- Saguão de desembarque
- Sala de desembarque e restituição de bagagens.

Além disso, foram considerados como referência os valores preconizados pelo ADRM décima edição (IATA, 2016) para os parâmetros mínimos de dimensionamento.

Para as áreas comerciais e administrativas do TPS, dimensionaram-se conforme os seguintes critérios:

- A quantidade de sanitários foi dimensionada de acordo com a equação de Garcez para obtenção do número de bacias sanitárias, lavatórios e mictórios (MEDEIROS, 2004).
- Áreas administrativas segundo as diretrizes do DINV para escolha das atividades administrativas de cada faixa, utilizando os valores de área das atividades conforme a Infraero.
- Áreas comerciais conforme diretrizes do DINV para área mínima para varejo e comércio.

Com o dimensionamento, foi computada a soma das áreas operacionais, comerciais e administrativas calculadas, apresentando um valor global de área da edificação do TPS.

A Tabela 47 apresenta os valores de área bruta do TPS considerada em cada faixa do PAN.

Tabela 47 – Área bruta do TPS considerada por faixa do PAN

Faixa	Tipo de operação
Faixa AvG	577
Faixa 1	865
Faixa 2	865
Faixa 3	2.281
Faixa 4	2.281
Faixa 5	3.591
Faixa 6	14.700-17.600
Faixa 7	33.000-38.500
Faixa 8	52.500-58.000
Faixa 9	68.000-72.000
Faixa 10	81.000-87.000

Elaboração: LabTrans/UFSC (2022)

4.3.7. Características geométricas da PPD

Relativos às características geométricas da PPD das faixas do PAN, foram analisados os seguintes parâmetros:

- Comprimento
- Largura
- Acostamento.

O dimensionamento da PPD deu-se alinhado à aeronave crítica representativa de cada faixa de infraestrutura, considerando o comprimento básico de pista ⁶ da aeronave, em conformidade com os manuais para planejamento aeroportuário editados pelos fabricantes de aeronaves. Os resultados são apresentados em intervalos de valores. O intervalo inferior corresponde ao comprimento básico de pista publicado, sem fatores de correção, enquanto que o intervalo superior corresponde ao comprimento básico de pista acrescido em 35%, para considerar as correções relativas à temperatura de referência e à altitude do aeródromo. Destacam-se as seguintes particularidades de algumas faixas:

- No caso da Faixa 3, considerou-se o comprimento de pista-limite para as aeronaves que se enquadram no número de código 3 do CRA. A fabricante Boeing apresenta, no manual de planejamento da aeronave B737-800, características específicas para a aeronave se enquadrar no código 3C para peso máximo de decolagem (PMD), certificado abaixo de 75.200 kg.
- Na Faixa 9, considerou-se o mesmo valor de comprimento de pista da Faixa 8, em virtude de o comprimento básico de pista da aeronave crítica da Faixa 9 ser menor que a faixa anterior.

Em relação à largura e ao acostamento da PPD, o dimensionamento é feito de acordo com as especificações do RBAC nº 154, Emenda 07 (ANAC, 2021f). A largura da PPD está relacionada com a largura exterior entre as rodas do trem de pouso principal (OMGWS) da aeronave crítica e o número do CRA, ao passo que o acostamento relaciona-se com a letra do CRA e OMGWS, como mostrado na Tabela 48 e na Tabela 49, respectivamente.

Tabela 48 – Largura da PPD associada à OMGWS, em metros

Número do código	Largura exterior entre as rodas do trem de pouso principal (OMGWS)			
	Menor que 4,5 m	Maior ou igual a 4,5 m e menor que 6 m	Maior ou igual a 6 m e menor que 9 m	Maior ou igual a 9 m e menor que 15 m
1	18 m	18 m	23 m	-
2	23 m	23 m	30 m	-
3	30 m	30 m	30 m	45 m
4	-	-	45 m	45 m

Fonte: ANAC (2021f). Elaboração: LabTrans/UFSC (2022)

⁶ O comprimento básico de pista, segundo a ANAC (2021f), é o mínimo de pista necessário para a decolagem com peso máximo de decolagem certificado, ao nível do mar, em condições atmosféricas normais, ar parado e declividade nula de pista.

Tabela 49 – Largura total da PPD, com acostamento, em metros

Letra do Código	Largura exterior entre as rodas do trem de pouso principal (OMGWS)	
	Maior ou igual a 9 m e menor que 15 m e aeronaves com dois ou três motores	Maior ou igual a 9 m e menor que 15 m e aeronaves com quatro ou mais motores
D	60 m	60 m
E	60 m	60 m
F	60 m	75 m

Fonte: ANAC (2021f). Elaboração: LabTrans/UFSC (2022)

As principais características geométricas da PPD consideradas para cada faixa do PAN estão reunidas na Tabela 50.

Tabela 50 – Comprimento, largura e acostamento da PPD por faixa do PAN, em metros

	Comprimento (m)	Largura (m)	Acostamento (m)
Faixa AvG	1.000-1.350	18	0
Faixa 1	1.280-1.730	30	0
Faixa 2	1.280-1.730	30	0
Faixa 3	1.799-2.420	45*	0
Faixa 4	2.150-2.900	45	0
Faixa 5	2.150-2.900	45	0
Faixa 6	2.350-3.170	45	0
Faixa 7	2.776-3.745	45	15
Faixa 8	2.920-3.940	45	15
Faixa 9	2.920-3.940	45	15
Faixa 10	3.120-4.210	45	15

Nota: não obstante as aeronaves consideradas na Faixa 3, de código 3C, necessitem de no mínimo 30 m de largura, considerou-se a largura de 45 m, referente à condição de código mais restritivo das aeronaves da faixa CRA 4C, para fins de segurança operacional.

Elaboração: LabTrans/UFSC (2022)

4.3.8. Características geométricas da faixa de pista e da faixa preparada

As características geométricas da faixa de pista e da faixa preparada para cada uma das faixas de infraestrutura do PAN são definidas com base nos requisitos do RBAC nº 154 (ANAC, 2021f), de acordo com o CRA e o tipo de operação da pista.

Em relação ao comprimento da faixa de pista para cada faixa do PAN, em virtude de o comprimento da PPD possuir um valor inferior e um superior, considerou-se o mesmo caso para o componente.

Tabela 51 – Comprimento e largura da faixa de pista por faixa do PAN

Faixa	Comprimento (m)	Largura (m)
Faixa AvG	1.060-1.410	60
Faixa 1	1.400-1.850	150

Faixa	Comprimento (m)	Largura (m)
Faixa 2	1.400-1.850	150
Faixa 3	1.919-2.540	150
Faixa 4	2.270-3.020	280
Faixa 5	2.270-3.020	280
Faixa 6	2.470-3.290	280
Faixa 7	2.896-3.865	280
Faixa 8	3.040-4.060	280
Faixa 9	3.040-4.060	280
Faixa 10	3.240-4.330	280

Elaboração: LabTrans/UFSC (2022)

Tabela 52 – Largura da faixa preparada por faixa do PAN

Faixa	Largura (m)
Faixa AvG	60
Faixa 1	150
Faixa 2	150
Faixa 3	150
Faixa 4	150
Faixa 5	150
Faixa 6	150
Faixa 7	150
Faixa 8	150
Faixa 9	150
Faixa 10	150

Elaboração: LabTrans/UFSC (2022)

4.3.9. Características geométricas da RESA

As características geométricas da RESA para cada uma das faixas de infraestrutura são definidas com base nos requisitos do RBAC nº 154 (ANAC, 2021f), de acordo com o CRA e o tipo de operação de voo da pista.

Para tal, foram consideradas as hipóteses descritas nos parágrafos relativos à RESA no regulamento, em concordância com as diretrizes da SAC/MPOR, que estabelece:

(4) Nas hipóteses descritas nos parágrafos 154.601(a)(3) a 154.601(a)(5), a ANAC poderá estabelecer que a RESA seja parcial ou integralmente adequada às seguintes dimensões:

(i) comprimento igual ou superior a 30 m e largura igual ou superior à largura da faixa de pista preparada na cabeceira a que está associada, para pistas para operação visual com código de referência de aeródromo 1 ou 2;

- (ii) comprimento igual ou superior a 120 m e largura igual ou superior à largura da faixa de pista preparada na cabeceira a que está associada, para pistas para operação por instrumento com código de referência de aeródromo 1 ou 2;
- (iii) comprimento igual ou superior a 240 m e largura igual ou superior à largura da faixa de pista preparada na cabeceira a que está associada, para pistas com código de referência de aeródromo 3 ou 4. (ANAC, 2021f, p. 30).

As características geométricas das RESAs consideradas no PAN podem ser visualizadas na Tabela 53.

Tabela 53 – Comprimento e largura das RESA por faixa do PAN

Faixa	Comprimento (m)	Largura (m)
Faixa AvG	60	30
Faixa 1	240	150
Faixa 2	240	150
Faixa 3	240	150
Faixa 4	240	150
Faixa 5	240	150
Faixa 6	240	150
Faixa 7	240	150
Faixa 8	240	150
Faixa 9	240	150
Faixa 10	240	150

Elaboração: LabTrans/UFSC (2022)

4.3.10. Definição dos tipos de pavimento e valor numérico do PCN

Na classificação da infraestrutura aeroportuária do PAN, também foram consideradas as características relativas à área de movimento de aeronaves: tipo de pavimento e PCN associado. O tipo de pavimento refere-se à condição da sua camada de revestimento, podendo ser flexível, quando composto por revestimento asfáltico, ou rígido, quando constituído por placas de concreto-cimento. Quanto ao PCN, o valor numérico refere-se a um número representativo da capacidade de suporte do pavimento para a operação de determinada aeronave.

O número do PCN é acompanhado, ainda, por um conjunto de quatro letras, que expressam:

- O tipo de pavimento adotado (F ou R)
- A categoria de resistência do subleito (A, B, C, ou D)
- A categoria de pressão máxima permitida nos pneus da aeronave (W, X, Y ou Z)
- O método de determinação do PCN (T ou U).

No que tange aos fatores expressos pelas letras do PCN, a premissa adotada para todas as faixas de infraestrutura do PAN foram:

- Categoria do subleito: B (resistência média)
- Pressão máxima dos pneus: X (pressão alta, limitada a 1,75 MPa)
- Método de determinação: U (análise com base no ACN⁷ da aeronave).

Na verificação do ACN das aeronaves, considerou-se aquela com o maior ACN em cada Faixa do PAN e o respectivo PMD certificado.

Os valores numéricos de PCN para os pavimentos flexível e rígido levados em conta no PAN podem ser visualizados na Tabela 54.

Tabela 54 – Valor numérico do PCN dos pavimentos flexível e rígido por faixa do PAN

Faixa	PCN – Pavimento flexível	PCN – Pavimento rígido
Faixa AvG	11	10
Faixa 1	14	12
Faixa 2	14	12
Faixa 3	42	49
Faixa 4	45	51
Faixa 5	45	51
Faixa 6	56	64
Faixa 7	62	68
Faixa 8	68	69
Faixa 9	70	71
Faixa 10	71	85

Elaboração: LabTrans/UFSC (2022)

4.3.11. Características geométricas do pátio de aeronaves

Em se tratando do pátio de aeronaves, considerou-se como infraestrutura mínima necessária aquela que atende de maneira satisfatória à demanda de PHP. As características geométricas dos pátios de aeronaves, comprimento e profundidade (largura), para cada faixa do PAN, foram determinadas de forma a respeitar critérios de segurança. Assim, levaram-se em conta os seguintes requisitos:

- Distância mínima entre aeronaves (estacionadas e em movimento)
- Distância mínima entre aeronave estacionada e objetos
- Distância mínima entre aeronaves e o eixo da *taxilane* (pista de táxi de pátio)

⁷ Do inglês – *Aircraft Classification Number*.

- Tipo de saída das aeronaves das posições de estacionamento (se por meios próprios ou através de *pushback*)
- Raios de giro requeridos pelas aeronaves de cada faixa, nos casos de saída da aeronave por meios próprios.

Os distanciamentos supracitados se dão de acordo com o RBAC nº 154 (ANAC, 2021f), enquanto as informações dos raios de giro são extraídas dos manuais dos fabricantes das aeronaves.

As principais premissas adotadas no pátio de aeronaves da aviação comercial foram as seguintes:

- O pátio para as aeronaves críticas representativas Cessna 208 Grand Caravan e ATR 72-600, Faixa 1 até Faixa 3, foi dimensionado considerando a saída das aeronaves por meios próprios. Para as demais faixas, levou-se em conta a operação de saída por *pushback*.
- As posições de contingenciamento no pátio foram consideradas conforme diretrizes da SAC/MPOR.
- O dimensionamento da quantidade de posições de estacionamento considerou o PHP da faixa do PAN, bem como aeroportos brasileiros como referência, para atender satisfatoriamente à demanda.
- O pátio retangular considerado com a configuração de TPS linear.

Conforme diretrizes da SAC/MPOR, nas faixas do PAN foi tida como uma área destinada à aviação geral. A área mínima levada em conta em cada faixa da classificação baseou-se no *benchmark* nos aeroportos brasileiros que operam voos regulares comerciais e que possuem pátios específicos para a aviação geral, sem ter em vista os hangares.

A quantidade de posições de estacionamento, tanto de contato quanto de contingência, as principais características do pátio de aeronaves de aviação comercial e as áreas de cada um dos pátios – de aviação comercial, de aviação geral e do total – estão sintetizadas na Tabela 55, na Tabela 56 e na Tabela 57, respectivamente.

Tabela 55 – Quantidade de posições de contato e contingência de pátio de aeronaves por faixa do PAN

Faixa	Posições de contato	Posições de contingência
Faixa AvG	4x1B	1xB
Faixa 1	4x1B;1x3C	-
Faixa 2	2x3C	1x3C
Faixa 3	2x3C	1x3C
Faixa 4	4x4C	1x4C
Faixa 5	5x4C	1x4C
Faixa 6	8x4C	2x4C
Faixa 7	13x4C;1x4E	2x4C;1x4E

Faixa	Posições de contato	Posições de contingência
Faixa 8	19x4C;1x4E	2x4C;1x4E
Faixa 9	25x4C;2x4E	2x4C;1x4E
Faixa 10	30x4C;2x4E	2x4C;1x4E

Nota: número inicial refere-se à quantidade de posições, enquanto o número e a letra após “x” designam o CRA. O “;” separa os casos com diferentes códigos. Portanto, como exemplo, a leitura correta de “4 x 1B” é quatro aeronaves de código 1B.

Elaboração: LabTrans/UFSC (2022)

Tabela 56 – Características geométricas do pátio de aeronaves por faixa do PAN

Faixa	Comprimento (m)	Profundidade (m)	Área (m²)
Faixa AvG	116	44	5.110
Faixa 1	208	78	16.225
Faixa 2	208	78	16.225
Faixa 3	208	87,5	18.200
Faixa 4	318	87,5	27.782
Faixa 5	378	87,5	33.075
Faixa 6	560	87,5	49.000
Faixa 7	887,5	144	127.800
Faixa 8	1.202	144	173.075
Faixa 9	1.312,5	144	189.000
Faixa 10	1.513,8	144	218.000

Elaboração: LabTrans/UFSC (2022)

Tabela 57 – Área do pátio de aeronaves por faixa do PAN

Faixa	Área total (m²)	Área do pátio de aviação comercial (m²)	Área do pátio de aviação geral (m²)
Faixa AvG	5.110	5.110	0
Faixa 1	16.225	10.375	5.850
Faixa 2	16.225	10.375	5.850
Faixa 3	18.200	11.650	6.562
Faixa 4	27.782	17.720	10.062
Faixa 5	33.075	21.265	11.810
Faixa 6	49.000	35.440	13.560
Faixa 7	127.800	109.369	18.270
Faixa 8	173.075	154.800	18.270
Faixa 9	189.000	189.000	0
Faixa 10	218.000	218.000	0

Elaboração: LabTrans/UFSC (2023)

4.3.12. Definição do tipo de pistas de táxi adotado

Para a definição do tipo de pistas de táxi adotado, considerou-se uma infraestrutura compatível com as operações aeroportuárias dos aeroportos brasileiros, mas também que atenda, de maneira satisfatória, à demanda de passageiros e de aeronaves para cada faixa do PAN. Além disso, foram consideradas as diretrizes do DINV/SAC/MPOR para os aeroportos regionais de até 1 milhão de passageiros.

Os três tipos de pistas de táxi considerados no PAN são os seguintes:

- Sistema de pistas com duas pistas de táxi ortogonais
- Sistema de pistas com uma pista de táxi paralela parcial e duas ortogonais
- Sistema de pistas com uma pista de táxi paralela total, três ortogonais e duas de saída rápida.

Os tipos de pistas de táxi consideradas para cada faixa do PAN estão sintetizados na Tabela 58.

Tabela 58 – Tipos de pistas de táxi adotados por faixa do PAN

Faixa	Comprimento (m)
Faixa AvG	Ortogonal – 2 pistas
Faixa 1	Ortogonal – 2 pistas
Faixa 2	Ortogonal – 2 pistas
Faixa 3	Ortogonal – 2 pistas
Faixa 4	Paralela parcial
Faixa 5	Paralela parcial
Faixa 6	Paralela parcial
Faixa 7	Paralela total
Faixa 8	Paralela total
Faixa 9	Paralela total
Faixa 10	Paralela total

Elaboração: LabTrans/UFSC (2022)

4.3.13. Características geométricas da pista de táxi

Em relação à área total das pistas de táxi, as características geométricas, o comprimento, a largura e o acostamento, para cada faixa do PAN, foram determinados de forma a respeitar critérios de segurança preconizados no RBAC nº 154, Emenda 07 (ANAC, 2021f). Assim, levaram-se em consideração os seguintes requisitos:

- Distância mínima entre eixo da PPD e eixo da PTR, no caso de haver somente pista de táxi ortogonal
- Distância de separação entre o eixo de uma PTR e o eixo de uma PPD
- Largura mínima de trechos retilíneos de PTR associada à OMGWS
- Acostamento de PTR.

A largura da PTR está relacionada com a largura exterior entre as rodas do trem de pouso principal (OMGWS) da aeronave crítica, enquanto o acostamento relaciona-se com a letra do CRA e a OMGWS, evidenciados na Tabela 59 e na Tabela 60, respectivamente.

Tabela 59 – Largura mínima da PTR para trechos retilíneos associada à OMGWS

Largura de PTR	Menor que 4,5 m	Maior ou igual a 4,5 m e menor que 6 m	Maior ou igual a 6 m e menor que 9 m	Maior ou igual a 9 m e menor que 15 m
	7,5 m	10,5 m	15 m	23 m

Fonte: ANAC (2021f). Elaboração: LabTrans/UFSC (2022)

Tabela 60 – Largura total da PTR para trechos retilíneos, com acostamento

Código CRA	Largura total
C	25 m
D	34 m
E	38 m
F	44 m

Fonte: ANAC (2021f). Elaboração: LabTrans/UFSC (2022)

O dimensionamento da área total das pistas de táxi levou em consideração o tipo de pista adotado para cada uma das faixas do PAN, *vide* 4.3.12. A Tabela 61 apresenta as características geométricas da PTR adotadas para cada faixa do PAN.

Tabela 61 – Características geométricas da PTR por faixa do PAN

Faixa	Área (m²)	Largura mínima (m)	Acostamento (m)
Faixa AvG	450	7,5	-
Faixa 1	6.500	7,5	17,5
Faixa 2	6.500	7,5	17,5
Faixa 3	6.500	15	10
Faixa 4	26.500	15	10
Faixa 5	28.900	15	10
Faixa 6	31.350	15	10
Faixa 7	140.000	23	15
Faixa 8	145.000	23	15
Faixa 9	145.000	23	15
Faixa 10	155.000	23	15

Elaboração: LabTrans/UFSC (2022)

4.3.14. Características do SESCINC

Relativa à infraestrutura do SESCINC, a estimativa da área total da edificação da Seção Contraincêndio (SCI) e a quantidade mínima de CCI requerida estão atreladas à Categoria Contraincêndio do Aeródromo (CAT). A CAT está relacionada com as aeronaves que operam no aeródromo, suas dimensões e com a classificação do aeroporto, conforme o número anual de passageiros processados (ANAC, 2019b).

Para o PAN foram consideradas, para cada faixa de infraestrutura, a área da edificação da SCI e a quantidade de veículos CCI. Em relação à quantidade mínima de CCI, o RBAC nº 153, Emenda nº 04 (ANAC, 2019b) traz o número mínimo de veículos de acordo com a CAT estabelecida para o aeródromo. Já para a edificação da SCI, o *Manual de Condicionantes* da Infraero (2006) estima os valores de área com base na CAT.

Vale salientar, conforme a RBAC nº 153, Emenda 04 (ANAC, 2019b), que os aeroportos enquadrados na Classe I, com movimentação anual total inferior a 200 mil passageiros, não possuem obrigatoriedade de prover SESCINC. Dessa forma, as instalações do SESCINC não foram consideradas para as Faixas AvG, 1, 2 e 3, que se enquadram nesse critério.

A Tabela 61 apresenta a área da edificação da SCI e a quantidade de veículos CCI adotadas para cada faixa do PAN.

Tabela 62 – Área da SCI e quantidade de CCI adotadas por faixa do PAN

Faixa	Área da SCI (m²)	Quantidade de CCI
Faixa AvG	-	-
Faixa 1	-	-
Faixa 2	-	-
Faixa 3	-	-
Faixa 4	470	2
Faixa 5	470	2
Faixa 6	470	2
Faixa 7	910	3
Faixa 8	910	3
Faixa 9	910	3
Faixa 10	910	3

Elaboração: LabTrans/UFSC (2022)

4.3.15. Área e número de vagas do estacionamento de veículos

Referente ao dimensionamento do número de vagas do estacionamento de veículos, algumas bibliografias trazem índices de dimensionamento relacionados à movimentação anual de passageiros. Alves (2018) cita alguns índices praticados no Brasil, tais como: uma vaga para cada cinco passageiros na hora-pico para o cálculo de vagas para funcionários do aeroporto; 1,5 a duas vagas por passageiro na hora-pico e 0,4 a 0,8 vagas por mil passageiros anuais para o aeroporto como um todo. Segundo o mesmo autor, estudos realizados pelo Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA), em 2011, com base nos dados fornecidos pelo estudo da McKinsey, indicaram que a média de vagas por PHP nos 20 maiores aeroportos brasileiro foi de, aproximadamente, 0,5.

Na literatura internacional, a FAA (do inglês – Federal Aviation Administration), dos Estados Unidos da América, possui um método que correlaciona o número de vagas de um estacionamento com o número de passageiros embarcados anualmente em um aeroporto (FAA, 1980).

Para o cálculo do número de vagas de estacionamento de veículos para as faixas de infraestrutura do PAN, foram consideradas as seguintes fontes:

- FAA
- Estudo do ITA + índice de uma vaga a cada cinco PHP para os funcionários
- Projeção de número de vagas de estacionamento das rodadas de concessões aeroportuárias.

Para a Faixa AvG até a Faixa 5, considerou-se o maior valor apresentado entre os estudos do ITA e da FAA, adotando um valor inferior e um superior para a quantidade de vagas obtidas com aplicação desses estudos em aeroportos da mesma classe. Estabeleceu-se, também, o provimento de vagas para os funcionários do aeroporto. Para as demais faixas, o intervalo calculado foi de acordo com o maior valor entre as projeções de número de vagas dos estacionamentos de veículos dos aeroportos pertencentes às rodadas de concessões aeroportuárias e ao estudo do ITA, com acréscimo de vaga para funcionários.

Em relação ao do estacionamento de veículos, as áreas foram estimadas conforme descrito no *Manual de Condicionantes de Planejamento* (INFRAERO, 2006). Para tal, a premissa adotada para o PAN foi de considerar apenas estacionamento de veículos a céu aberto, com índice de 27 m²/vaga.

A Tabela 62 sintetiza a área e o número de vagas do estacionamento de veículos adotados para as faixas de infraestrutura do PAN.

Tabela 63 – Número de vagas e área do estacionamento de veículos adotados por faixa do PAN

Faixa	Número de vagas	Área (m²)
Faixa AvG	30 – 45	810 – 1.215
Faixa 1	50 – 70	1.350 – 1.890
Faixa 2	50 – 70	1.350 – 1.890
Faixa 3	175 – 245	4.725 – 6.615
Faixa 4	175 – 245	4.725 – 6.615
Faixa 5	325 – 455	8.755 – 12.285
Faixa 6	490 – 685	13.230 – 18.495
Faixa 7	900 – 1.250	24.500 – 34.000
Faixa 8	1.900 – 2.400	51.300 – 65.000
Faixa 9	2.700 – 3.100	73.000 – 83.500
Faixa 10	3.600 – 4.200	97.000 – 113.500

Elaboração: LabTrans/UFSC (2022)

4.4. Síntese das principais características das faixas de infraestrutura aeroportuária do PAN

A Tabela 64 apresenta o resultado final da aplicação dos critérios descritos no item 4.3 para cada faixa de infraestrutura do PAN. Para melhor clareza visual, as faixas estão ordenadas em colunas na tabela e as linhas evidenciam as principais características e os resultados de dimensionamento para os componentes de infraestrutura considerados.

Tabela 64 – Características da infraestrutura aeroportuária considerada nas faixas do PAN

	Faixa AvG	Faixa 1	Faixa 2	Faixa 3	Faixa 4	Faixa 5	Faixa 6	Faixa 7	Faixa 8	Faixa 9	Faixa 10
PAX anual (mínimo)	-	2.001	30.001	50.001	200.001	500.001	1.000.001	2.000.001	5.000.001	10.000.001	15.000.001
PAX anual (máximo)	2000	30.000	50.000	200.000	500.000	1.000.000	2.000.000	5.000.000	10.000.000	15.000.000	20.000.000
Aeronaves representativas	Cessna 208B Grand Caravan EX	ATR 72-600	ATR 72-600	3C (EMB-195 E2/A320neo /B738)	4C (B738 MAX/A320)	4C (B738 MAX/A320)	A321	A330-300	A330-900	A350-900	B777-300ER
Certificação	-	MIL	MIL	3C ou AT72+MIL	4C ou 3C+MIL	4C	4C	4E	4E	4E	4E
Faixa de assentos representativa	9	70	70	130	180	180	220	250	300	330	350
CRA	1B	3C	3C	3C	4C	4C	4C	4E	4E	4E	4E
Tipo de operação	VFR	VFR	IFR NPA	IFR NPA	IFR NPA	IFR NPA	IFR NPA	IFR PA	IFR PA	IFR PA	IFR PA
Passageiros hora-pico	60	100	100	350	350	650	975	1.500-1.750	2.500-2.750	3.400-3.600	4.200-4.500
TPS – área (m²)	577	865	865	2.281	2.281	3.591	14.700-17.600	33.000-38.500	52.500-58.000	68.000-72.000	81.000-87.000
PPD – comprimento básico e 35% fator de correção (m)	1.000-1.350	1.280-1.730	1.280-1.730	1.799-2.420	2.150-2.900	2.150-2.900	2.350-3.170	2.776-3.745	2.920-3.940	2.920-3.940	3.120-4.210
PPD – largura (m)	18	30	30	45	45	45	45	45	45	45	45
PPD – acostamento (m)	0	0	0	0	0	0	0	15	15	15	15
Distância eixo PPD-PTR	42	158	158	158	158	158	158	172,5	172,5	172,5	172,5
Faixa de pista – largura (m)	60	150	150	150	280	280	280	280	280	280	280
Faixa de pista – comprimento (m)	1.060-1.410	1.400-1.850	1.400-1.850	1.919-2.540	2.270-3.020	2.270-3.020	2.470-3.290	2.896-3.865	3.040-4.060	3.040-4.060	3.240-4.330
Faixa preparada – largura (m)	60	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150
RESA – largura (m)	60	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150
RESA – comprimento (m)	30	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240
PCN pavimento (flexível)	11	14	14	42	45	45	56	62	68	70	71

	Faixa AvG	Faixa 1	Faixa 2	Faixa 3	Faixa 4	Faixa 5	Faixa 6	Faixa 7	Faixa 8	Faixa 9	Faixa 10
PCN pavimento (rígido)	10	12	12	49	51	51	64	68	69	71	85
Posições de estacionamento (pátio)	4x1B	4x1B;1x3C	2x3C (ATR 72)	2x3C	4x4C	5x4C	8x4C	13x4C;1x4E	19x4C;1x4E	25x4C;2x4E	30x4C;2x4E
Posições de contingenciamento (pátio)	1xB	-	1x3C (ATR 72)	1x3C	1x4C	1x4C	2x4C	2x4C;1x4E	2x4C;1x4E	2x4C;1x4E	2x4C;1x4E
Pátio de aeronaves – Área total (m²)	5.110	16.225	16.225	18.200	27.782	33.075	49.000	127.800	173.075	189.000	218.000
Pátio de aeronaves – Aviação comercial (m²)	5.110	10.375	10.375	11.640	17.720	21.265	35.440	109.369	154.800	189.000	218.000
Pátio de aeronaves – Aviação geral (m²)	0	5.50	5.850	6.562	10.062	11.810	13.560	18.270	18.270	0	0
Comprimento do pátio de aeronaves (m)	116	208	208	208	318	378	560	887,5	1.202	1312,5	1.513,8
Largura do pátio de aeronaves (m)	44	78	78	87,5	87,5	87,5	87,5	144	144	144	144
Tipo de pista de táxi	Ortogonal (2 pistas)	Ortogonal (2 pistas)	Ortogonal (2 pistas)	Ortogonal (2 pistas)	Paralela parcial	Paralela parcial	Paralela parcial	Paralela total	Paralela total	Paralela total	Paralela total
Área de pista de táxi (m²)	450	6.500	6.500	6.500	26.500	28.900	31.350	140.000	145.000	145.000	155.000
Largura de Pista de Táxi (m)	7,5	7,5	7,5	15	15	15	15	23	23	23	23
Acostamento de pista de táxi (m)	-	17,5	17,5	10	10	10	10	15	15	15	15
SESCINC – área da edificação (m²)	-	470	470	470	470	470	470	910	910	910	910
SESCINC – CCI	-	1	1	2	2	2	2	3	3	3	3
Número de vagas – est. de veículos	30-45	50-70	50-70	175-245	175-245	325-455	490-685	900-1.250	1.900-2.400	2.700-3.100	3.600-4.200
Área – veículo– (m²)	810 - 1.215	1.350 - 1.890	1.350 - 1.890	4.725 - 6.615	4.725 - 6.615	8.755 - 12.285	13.230 - 18.495	24.500- 34.000	51.300- 65.000	73.000- 83.500	97.000- 113.500

Elaboração: LabTrans/UFSC (2023)

4.5. Elaboração dos desenhos das infraestruturas aeroportuárias do PAN

Com a definição das características da infraestrutura aeroportuária para cada faixa do PAN, foram elaborados desenhos das infraestruturas aeroportuárias das faixas. O objetivo principal é ilustrar as principais características consideradas nas infraestruturas, bem como a evolução das infraestruturas, em escala, a medida em que a demanda de passageiros aumenta.

Ao todo, foram elaborados 12 desenhos, sendo um para cada faixa (Faixa AvG até Faixa 10) de infraestrutura e um desenho extra da Faixa AvG, com o seguinte critério:

- Distância de 158 metros entre o eixo da PPD e o eixo da pista de táxi do pátio, correspondente ao valor da faixa posterior, Faixa 1.

4.5.1. Premissas adotadas na elaboração dos desenhos das infraestruturas aeroportuárias do PAN

As informações sobre as características de infraestrutura de cada faixa nos desenhos estão dispostas da seguinte forma:

- As características operacionais das faixas estão apresentadas logo abaixo do título destas, a saber:
 - Valor inferior e valor superior da movimentação anual total de passageiros.
 - CRA da aeronave de projeto.
 - Valor numérico do PCN do pavimento flexível e rígido.
- Os valores referentes às características físicas (área, comprimento e largura) estão apresentadas na figura da infraestrutura, ao lado de seu respectivo componente.
- Em relação à ilustração dos componentes, foram efetuadas as seguintes considerações:
 - A faixa preparada é representada com linhas tracejadas, em cor verde e preenchimento de mesma cor.
 - A faixa de PPD é representada com linhas tracejadas, em cor verde e sem preenchimento.
 - As RESAs são representadas com linha cheia, em cor cinza e sem preenchimento.
 - Os componentes de infraestrutura que possuem pavimento flexível são representados com preenchimento em cor cinza escuro.
 - Os componentes de infraestrutura que possuem pavimento rígido são representados com preenchimento em cor cinza claro.
 - As instalações, como TPS e SCI, são representadas com preenchimento em cor azul.
- Apresentação de legenda conforme as considerações supracitadas da ilustração dos componentes.

Nos desenhos, as ampliações das infraestruturas das faixas foram realizadas a partir do ponto central de cada componente de infraestrutura. Partindo-se da faixa inicial, Faixa AvG, à medida que o aeroporto altera sua faixa, as ampliações, caso necessárias, estão distribuídas para ambos os lados, igualmente, em relação ao centro de cada componente. Por exemplo, se, na transição de uma faixa para outra, houver a necessidade de ampliar o pátio em 200 metros de comprimento, a evolução do pátio no desenho está representada com 100 metros a mais para cada lado em relação à faixa anterior.

A elaboração do desenho extra foi executada para que o pátio de aeronaves e os componentes do lado terra estejam de acordo com os afastamentos mínimos exigidos pelas normas nacionais para as infraestruturas das faixas superiores. Dessa forma, diminui-se as intervenções na infraestrutura para a expansão e, conseqüentemente, os investimentos previstos para ampliação.

Por fim, o arranjo das pistas de táxi, do pátio de aeronaves, do SESCINC e dos componentes do Lado Terra nos desenhos está alinhado com a posição central da PPD, pois essa configuração apresenta o maior resultado de capacidade horária do sistema de pistas.

O Apêndice 12 ilustra os 13 desenhos esquemáticos dos modelos de infraestrutura das faixas do PAN elaborados, com base na aplicação dos critérios e das considerações supracitados.

4.6. Elaboração dos desenhos de TPS da Faixa AvG até a Faixa 5 do PAN

Análogo aos desenhos esquemáticos dos modelos das faixas de infraestrutura do PAN, item 4.5, foram elaborados desenhos esquemáticos dos modelos de TPS, em escala, para a Faixa AvG até a Faixa 5, conforme as atividades descritas em 4.3.6 com apoio do DINV e do DPG.

Os desenhos esquemáticos dos modelos de TPS foram elaborados de acordo com os leiautes para TPS disponibilizados pelo DINV no dia 29 de novembro de 2021, em formato .dwg. Ao todo, o DINV elaborou cinco leiautes, conforme os parâmetros de PHP da antiga versão da classificação de faixas de infraestrutura do PAN, Faixa 1 até Faixa 5, com 60, 100, 220, 350 e 650 PHP. Ademais, foram disponibilizados pelo DINV arquivos, em formato Excel e PowerPoint, com as metodologias e os parâmetros considerados para o cálculo de áreas mínimas dos componentes do TPS, bem como a Nota Técnica nº 01/2022/CGPA (BRASIL, 2022b), com a metodologia das propostas dos leiautes.

4.6.1. Premissas adotadas na elaboração dos leiautes do DINV

Segundo os arquivos disponibilizados pelo DINV, o desenvolvimento dos leiautes propostos se nortearam nos seguintes critérios para a evolução dos TPS:

- Mínimo de intervenção na infraestrutura, evitando ao máximo demolições.
- Possibilitar obras de ampliação do TPS sem interrupção parcial ou total das operações do aeroporto.
- Manter as áreas operacionais mais críticas à operação em sua localização inicial.

A concepção dos leiautes de infraestrutura do DINV foi efetuada com base em módulos, ou seja, em medidas padronizadas para solução estrutural do TPS, sendo empregadas medidas de 15 m x 15 m ou 15 m x 4 m. À medida que há ampliações no TPS, são acrescentados novos módulos para o crescimento de maneira sequencial.

Para os fluxos operacionais, os leiautes apresentam as principais áreas operacionais para o embarque – *check-in*, canal de inspeção de segurança e sala de embarque – no lado direito dos desenhos, ou seja, o fluxo de embarque dos passageiros será realizado no lado direito do TPS. Enquanto isso, as áreas operacionais de desembarque – sala de restituição de bagagens e saguão de desembarque – estão dispostas no lado esquerdo do TPS.

Ao todo, os leiautes contemplam 33 componentes do TPS, considerados pelo DINV com o mínimo para os TPS, sendo eles áreas operacionais críticas, áreas administrativas e áreas comerciais.

4.6.2. Premissas adotadas na elaboração dos desenhos de TPS do PAN

Como mencionado anteriormente, são apresentados 33 componentes do TPS nos leiautes do DINV. No entanto, para evitar poluição visual nos desenhos esquemáticos, os seguintes componentes são apresentados com legenda:

- Saguão de embarque
- Área de *check-in*
- Área de inspeção
- Sala de embarque
- Saguão de desembarque
- Restituição de bagagem
- Espaço Multifuncional Central

- Administração/Operações
- Banheiros
- Praça de manuseio de bagagens desembarcadas
- *Lost Luggage* (L.L)
- Cabine/Balcão de vistoria
- Fila do canal de inspeção
- Sala de Atendimento Especial (SAE)
- Lanches
- Balcão de Vendas, Reservas e Informações (BVRI) e *totens*
- *Back offices*
- Depósito de equipamentos de emergência BVRI
- Sala A.I.S/AFIS
- Fiscais de pátio
- Fila e circulação do *check-in*
- Praça de manuseio de bagagens a embarcar
- *Oversized baggage*
- Fila do canal de inspeção.

Relativo à legenda, procurou-se identificar os componentes mais críticos, como as áreas operacionais e algumas áreas comerciais e administrativas, com um ícone, de forma com que seja um elemento gráfico de grande destaque. Para os demais componentes, optou-se por colocar apenas um número para identificação. Os componentes críticos considerados para identificação com o ícone são:

- Saguão de embarque
- Área de *check-in*
- Área de inspeção
- Sala de embarque
- Saguão de desembarque
- Restituição de bagagem
- Espaço Multifuncional Central
- Administração/Operações
- Banheiros.

Ainda sobre a legenda, informou-se as áreas de cada um dos componentes ao lado do nome, ao invés de dentro do desenho, como efetuado no DINV, para melhor clareza visual.

Como os leiautes do DINV foram elaborados de acordo com os valores de PHP das antigas faixas, os leiautes foram enquadrados nas faixas de infraestrutura atualizadas, conforme os critérios a seguir:

- O leiaute da antiga Faixa 1 enquadra-se na Faixa AvG atualizada.
- O leiaute da antiga Faixa 2 enquadra-se na Faixa 1 e na Faixa 2 atualizada.
- O leiaute da antiga Faixa 4 enquadra-se na Faixa 3 e na Faixa 4 atualizada.
- O leiaute da antiga Faixa 5 enquadra-se na Faixa 5 atualizada.
- Designou-se o nome **Faixa intermediária** para o leiaute da antiga Faixa 3, que se tornou um leiaute não enquadrado nas faixas do PAN, mas serve como subsídio para tomada de decisão para outros projetos.

Por fim, o Apêndice 13 ilustra os cinco desenhos dos modelos de TPS para as faixas do PAN, com base na aplicação dos critérios e nas considerações supracitados.

5. INFRAESTRUTURA AERONÁUTICA CIVIL NAS FAIXAS DE EVOLUÇÃO DA INFRAESTRUTURA AEROPORTUÁRIA

Este item tem por objetivo apresentar os principais critérios da proposta de inclusão da infraestrutura aeronáutica civil nas faixas de evolução da infraestrutura, expostas no capítulo 3, considerando-se o escopo de 941 aeródromos brasileiros com diferentes classificações quanto à função e ao porte. Nessas circunstâncias, entendeu-se a necessidade de realizar o levantamento da infraestrutura atual desses aeródromos, assim como a definição de critérios para ações de investimento ao longo do tempo.

Para efeitos dessa proposta, considerou-se como infraestrutura aeronáutica civil o conjunto de elementos exibidos no Quadro 2.

Quadro 2 – Elementos considerados na infraestrutura aeronáutica civil

Categoria	Elemento	Fonte dos critérios de implantação
Órgão dos serviços de tráfego aéreo	AFIS	ICA nº 63-18
	TWR	
Órgão do serviço de meteorologia aeronáutica	EMS	
Auxílio à navegação aérea	ILS	ICA nº 63-18 e RBAC nº 154
	ALS	
	PAPI	
Auxílios visuais para navegação – Indicadores e dispositivos de sinalização	Indicadores de direção de vento	RBAC nº 154
Auxílios visuais para navegação – Luzes	Farol de aeródromo	
	Luzes de borda de PPD	
	Luzes de cabeceira de pista	

Nota: o ILS (do inglês – *Instrument Landing System*) não tem critérios de aplicação no RBAC nº 154, somente requisitos de instalação do sistema.

Fonte: ANAC (2021e) e DECEA (2021a). Elaboração: LabTrans/UFSC (2021)

O processo de análise da infraestrutura aeronáutica foi dividido em três etapas, descritas nos itens 5.1 a 5.3.

5.1. Análise de infraestrutura aeronáutica por característica da classe do aeródromo

Inicialmente, buscou-se verificar a hipótese de haver uma infraestrutura aeronáutica com característica/comum existente em aeródromos de mesma classe.

Quanto às classificações de aeródromos, no PAN 2018-2038 (BRASIL, 2018), foram estabelecidas as expostas no Quadro 3. Vale destacar que a última não se configura como classificação, mas sim como uma avaliação complementar à classificação por porte.

Quadro 3 – Classificações de aeródromos no PAN 2018-2038

Classificação/avaliação	Propósito	Classe/critério	
Por função e nível de contribuição para os objetivos do setor	Desenvolvimento da infraestrutura aeroportuária	Metropolitano	Primário
			De capital regional
			Complementar
		Regional	Primário (A)
			secundário (B)
			Complementar
Por porte	Desenvolvimento da infraestrutura aeroportuária e da infraestrutura aeronáutica civil	Grande <i>hub</i>	
		Médio <i>hub</i>	
		Pequeno <i>hub</i>	
		Local	
		Latente	
Por critérios de avaliação do grau de exposição dos aeródromos a risco excepcional de segurança	Desenvolvimento da infraestrutura aeronáutica civil	Meteorologia adversa (ou indisponibilidade)	
		Isolamento	
		Alto índice de acidente ou de incidente	
		Regularidade	

Fonte: ANAC (2021f) e DECEA (2021a). Elaboração: LabTrans/UFSC (2021)

Para tanto, utilizaram-se os dados da infraestrutura aeronáutica existente nos aeródromos do escopo, coletados do ROTAER (DECEA, 2021b), através da Interface de Programação de Aplicações (API, do inglês – *Application Programming Interface*), do Serviço de Informação Aeronáutica (AISWEB)⁸. A partir desses dados, calculou-se o percentual de aeródromos, por classe, que apresentam cada um dos elementos expostos na Quadro 2, de modo a verificar em que classes estão presentes de forma majoritária.

Em consideração às classificações preestabelecidas para os aeródromos existentes (Quadro 3) e à classificação nas faixas de evolução de infraestrutura aeroportuária, tal análise foi realizada para as seguintes classificações:

⁸ Segundo o Departamento de Controle do Espaço Aéreo (DECEA, [2021], não paginado), o AISWEB trata-se de “[...] um conjunto de serviços desenvolvidos pelo Departamento de Controle do Espaço Aéreo (DECEA) que tem objetivo a divulgação de Informações Aeronáuticas produzidas pelo Instituto de Cartografia Aeronáutica (ICA), sendo assim a fonte oficial para obtenção desse tipo de informações no Brasil”.

- Por função
- Por porte
- Por porte e por critério de avaliação do grau de exposição dos aeródromos a risco excepcional de segurança
- Por faixa de evolução da infraestrutura aeroportuária.

Os resultados da análise, apresentados à SAC/MPOR em videochamadas, possibilitaram observar que aeródromos em uma mesma classificação podem variar substancialmente em relação à infraestrutura aeronáutica existente, especialmente os classificados quanto ao porte em regionais, que compreendem uma expressiva quantidade de aeródromos e, conseqüentemente, menor homogeneidade.

Isso decorre do fato de que os critérios de implantação dos elementos de infraestrutura aeronáutica civil, de modo geral, são função da movimentação anual de aeronaves e do tipo de operação, e estas não têm relação direta com os critérios das classificações estabelecidas.

Mesmo na classificação por porte, cujos critérios são a movimentação de passageiros e a movimentação de aeronaves (com peso 3 em relação à de passageiros), não foi observada uma infraestrutura aeronáutica com característica evidente por porte.

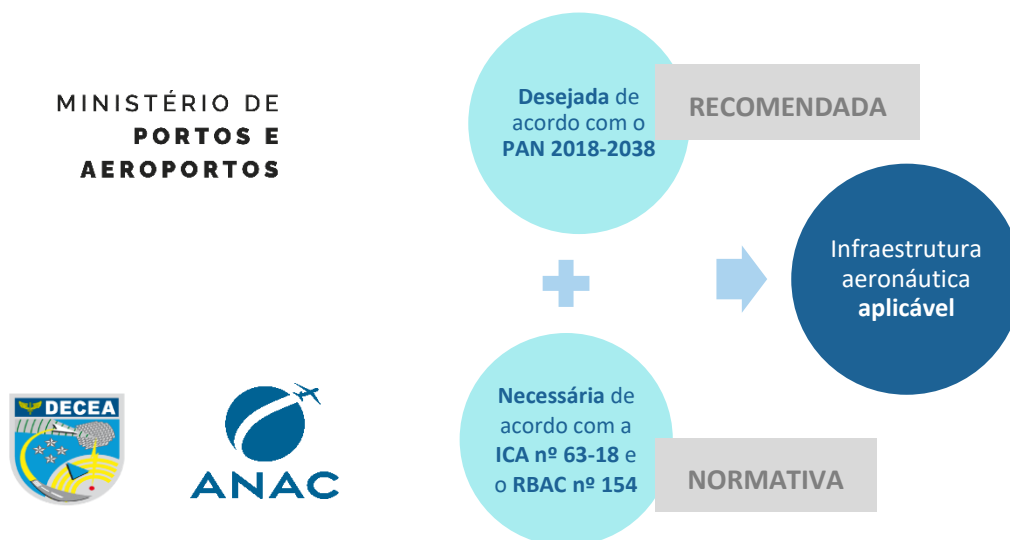
5.2. Identificação de necessidades de investimentos em infraestrutura aeronáutica

Tendo em vista que não foi observada uma infraestrutura aeronáutica característica conforme as classificações dos aeródromos, considerou-se que os dados de entrada para as simulações de investimentos necessários em infraestrutura aeronáutica não seriam função das faixas de evolução da infraestrutura aeroportuária, mas sim das características individuais (de movimentação de aeronaves e de operação) dos aeródromos simulados.

Nessa proposta, seria atribuído um pacote de elementos de infraestrutura aeronáutica para cada aeródromo, para o contexto atual e para o futuro (no curto, médio e longo prazos), tendo como objetivo a adequação às normas estabelecidas pela autoridade de aviação civil e pela autoridade aeronáutica – respectivamente, ANAC e DECEA –, bem como a aplicação da metodologia da SAC/MPOR para desenvolvimento da infraestrutura aeronáutica civil no PAN 2018-2038 (BRASIL, 2018), detalhada na Nota Técnica (NT) nº 57/2019/DPG/SAC (BRASIL, 2019a), que compreende a classificação por porte e a avaliação dos quatro critérios complementares.

Os dados necessários nessa proposta são resultados do Produto 5.6⁹, da Fase 5 da atual cooperação técnica entre a SAC/MPOR e o LabTrans/UFSC, cujo objetivo é propor diretrizes de investimentos em infraestrutura aeronáutica civil, com base na confrontação da infraestrutura aeronáutica **existente** com a **aplicável** (Figura 20).

Figura 20 – Infraestrutura aeronáutica aplicável



Elaboração: LabTrans/UFSC (2021)

Para avaliação dos critérios de implantação estabelecidos na ICA nº 63-18 (DECEA, 2021a), foram utilizados os dados históricos do Banco de Informações de Movimento de Tráfego Aéreo (BIMTRA) referentes aos anos de 2017 a 2019, solicitados ao Centro de Gerenciamento da Navegação Aérea (CGNA) pela SAC/MPOR em atendimento à necessidade do LabTrans/UFSC.

A análise dos dados do BIMTRA possibilitou constatar que há aeródromos com movimentação relevante de aeronaves da aviação comercial, conforme os dados estatísticos da ANAC (2021a), sem dados de movimentos no BIMTRA ou com quantidades de movimentos expressivamente inferiores às da aviação comercial divulgados pela ANAC. Confirmou-se com o CGNA que o BIMTRA registra dados de movimentos observados em aeródromos que tenham órgão ATS (do inglês – *Air Traffic Service*). Assim, a avaliação das necessidades individuais de investimentos não é viável para aeródromos sem órgão ATS. A utilização de somente essa avaliação implicaria, portanto, na exclusão desses aeródromos, que incluem aqueles com movimentação da aviação regular, da política pública da SAC/MPOR, uma vez que os dados do BIMTRA não retratam sua realidade.

⁹ Intitulado *Relatório com proposição de diretrizes de investimentos em infraestrutura aeronáutica civil*, principalmente para os serviços em órgão ATS (TWR e AFIS) para atendimento da demanda no curto, no médio e no longo prazos, observando-se os critérios estabelecidos em regulamentação específica atualmente em vigor – Ano 2.

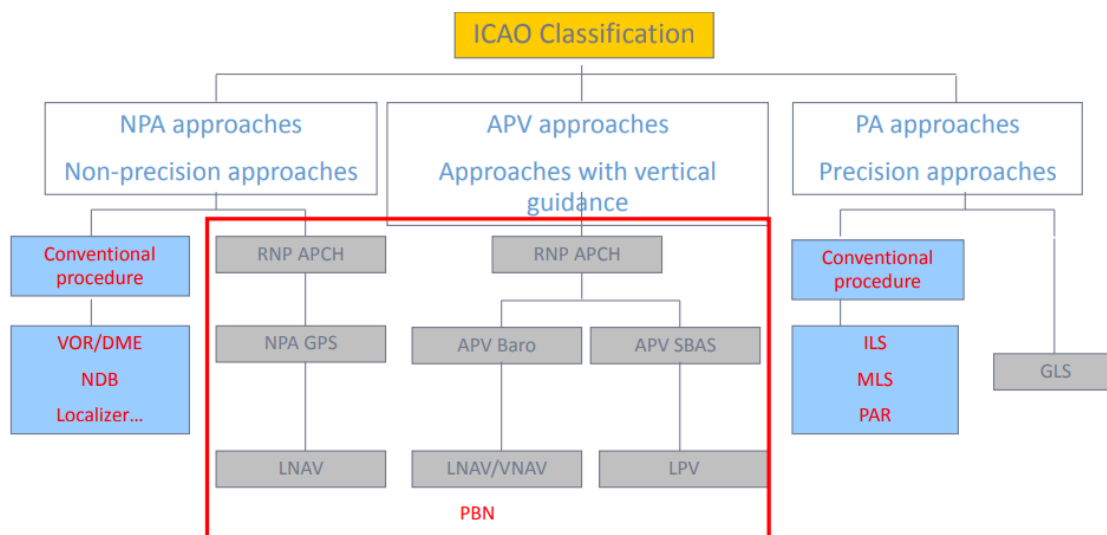
5.3. Proposta de infraestrutura aeronáutica nas faixas de evolução da infraestrutura aeroportuária

Ainda que se possa fazer uma avaliação das necessidades individuais de investimentos, foi elaborada, por solicitação da SAC/MPOR, uma proposta de inclusão da infraestrutura aeronáutica nas faixas de evolução da infraestrutura aeroportuária.

Tal proposta foi definida com base nos resultados da análise descrita em 5.1, bem como na utilização de análise análoga quanto à aplicabilidade dos critérios de implantação dos elementos de infraestrutura aeronáutica, resultado do Produto 5.6.

A Tabela 64 apresenta essa proposta, visto que, com a implementação em andamento da navegação baseada em desempenho (PBN – do inglês – *Performance Based Navigation*), a redução dos mínimos operacionais pode se dar sem a necessidade de um auxílio à navegação aérea primário, mas por meio de procedimentos de aproximação com guia vertical (APV, do inglês – *Approach with Vertical Guidance*), que foram incluídos na proposta da classificação de procedimentos de aproximação por instrumentos (IAP, do inglês – *Instrument Approach Procedures*), conforme exposto na Figura 21.

Figura 21 – Procedimentos por classificação



Fonte: ICAO, DGAC e Airbus (2014).

Tabela 65 – Proposta de infraestrutura aeronáutica nas faixas de evolução

Faixa	Limite inferior	Limite superior	IAP	ILS	ALS	Órgão ATS	PAPI	Biruta iluminada	Farol rotativo	Balizamento noturno	EMS
0	-	2.000	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1	2.001	30.000	NPA ou APV	-	-	-	-	Sim	Sim	Sim	EMS-A3 + ERAA ¹
2	30.001	50.000	NPA ou APV	-	-	-	-	Sim	Sim	Sim	EMS-A3 + ERAA
3	50.001	200.000	NPA ou APV	-	-	-	-	Sim	Sim	Sim	EMS-A3 + ERAA
4	200.001	500.000	NPA ou APV	-	-	-	-	Sim	Sim	Sim	EMS-A3 + ERAA
5	500.001	1.000.000	NPA ou APV	-	-	AFIS	Sim	Sim	Sim	Sim	EMS-3 (ou EMS-2)
6	1.000.001	2.000.000	NPA ou APV	-	-	AFIS	Sim	Sim	Sim	Sim	EMS-3 (ou EMS-2)
7	2.000.001	5.000.000	PA	Sim	Sim	TWR	Sim	Sim	Sim	Sim	EMS-1
8	5.000.001	10.000.000	PA	Sim	Sim	TWR	Sim	Sim	Sim	Sim	EMS-1
9	10.000.001	15.000.000	PA	Sim	Sim	TWR	Sim	Sim	Sim	Sim	EMS-1

Nota: ¹Estação de Radiodifusão Automática de Aeródromo.

Elaboração: LabTrans/UFSC (2021)

5.4. Definição da SAC/MPOR

Como exposto no Produto 5.7¹⁰ da presente cooperação técnica entre a SAC/MPOR e o LabTrans/UFSC, para fins de desenvolvimento da infraestrutura aeronáutica civil no PAN, a secretaria estabeleceu uma nova proposta para classificação dos aeródromos e uma definição da infraestrutura aeronáutica desejada, apresentada ao LabTrans/UFSC em julho de 2022.

Nessa proposta, a fim de se utilizar a classificação dos aeródromos em faixas de evolução da infraestrutura aeroportuária (exposta no capítulo 3), também para o desenvolvimento da infraestrutura aeronáutica, é utilizada como critério de classificação a Unidade Aeronáutica de Aeroporto (UAA), em conjunto com a movimentação anual de passageiros (Tabela 66). A faixa de classificação efetiva é a maior resultante entre a classificação pela movimentação anual de passageiros e pela UAA.

Tabela 66 – Parâmetros de classificação nas faixas de evolução

Faixa de evolução da infraestrutura	Movimentação anual de passageiros		Unidade Aeronáutica de Aeroporto (UAA) ¹	
	Limite inferior	Limite superior	Limite inferior	Limite superior
Faixa 0	0	2.000	0	2.100
Faixa 1	2.001	30.000	2.101	43.000
Faixa 2	30.001	50.000	43.001	60.000
Faixa 3	50.001	200.000	60.001	250.000
Faixa 4	200.001	500.000	250.001	550.000
Faixa 5	500.001	1.000.000	550.001	1.100.000
Faixa 6	1.000.001	2.000.000	1.100.001	2.100.000
Faixa 7	2.000.001	5.000.000	2.100.001	5.400.000
Faixa 8	5.000.001	10.000.000	5.400.001	10.800.000
Faixa 9	10.000.001	15.000.000	10.800.001	15.840.000
Faixa 10	15.000.001	-	15.840.001	-

Nota: ¹UAA = Movimentação de passageiros + 4 x Movimentação de aeronaves.

Fonte: Dados fornecidos pela SAC/MPOR (2022). Elaboração: LabTrans/UFSC (2022)

Por meio dessa classificação, é atribuído um pacote de elementos de infraestrutura aeronáutica por faixa, conforme representa o Quadro 4.

¹⁰ Intitulado Relatório com proposição de diretrizes de investimentos em infraestrutura aeronáutica civil, principalmente para os serviços em órgão ATS (TWR e AFIS) para atendimento da demanda no curto, médio e longo prazos, observando-se os critérios estabelecidos em regulamentação específica atualmente em vigor – Ano 3.

Quadro 4 – Infraestrutura aeronáutica desejada, conforme a faixa de evolução da infraestrutura

Aspecto	Faixa de evolução da infraestrutura ³										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Operação	VFR	VFR	IFR NPA	IFR NPA	IFR NPA	IFR NPA	IFR NPA	IFR PA	IFR PA	IFR PA	IFR PA
IAP	-	-	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Biruta iluminada	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Farol rotativo	GS ¹	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Balizamento noturno	GS	GS	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
PAPI	GS	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
ERAA	GS	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Sistemas para o ATS	-	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Infraestrutura aeroportuária²	-	-	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

Notas: ¹ Grau de segurança, indicando que a necessidade se dará por enquadramento do aeródromo em um ou mais critérios de segurança avaliados.

² Infraestrutura de solo aeroportuária mínima exigida, combinada com soluções para o ATC (do inglês – *Air Traffic Control*) (DECEA).

³ As cores diferenciam os quatro pacotes de elementos de infraestrutura aeronáutica.

Fonte: Dados fornecidos pela SAC/MPOR (2022). Elaboração: LabTrans/UFSC (2022)

6. DEFINIÇÃO DAS ESTIMATIVAS DE INVESTIMENTOS DA INFRAESTRUTURA AEROPORTUÁRIA DO PAN

Este item tem por objetivo apresentar os principais critérios para as estimativas de investimentos das faixas de evolução da infraestrutura aeroportuária, considerando um escopo de 941 aeródromos brasileiros com diferentes classificações quanto à função e ao porte. Nessas circunstâncias, entendeu-se a necessidade de realizar o levantamento da infraestrutura atual desses aeroportos, assim como a definição de critérios para ações de investimento ao longo do tempo, correspondente ao nível de planejamento das ações do PAN.

6.1. Base de dados da infraestrutura atual

Para a definição das ações e dos investimentos para atender à demanda prevista, foi necessário o desenvolvimento de um banco de dados acerca da infraestrutura atual dos aeródromos que constituem o escopo do PAN. Nesse sentido, foi fundamental abordar o desenvolvimento dos principais sistemas que compõem o complexo aeroportuário. Assim, a atividade das estimativas de investimentos para os aeródromos inicia-se com a caracterização atual do aeroporto, evoluindo, posteriormente, para a caracterização da sua configuração necessária no futuro para atender à demanda.

Nesse contexto, o Quadro 5 apresenta as principais informações disponíveis na base de dados da infraestrutura atual dos aeroportos em análise.

Quadro 5 – Informações da base de dados da infraestrutura aeroportuária atual

Base de dados – Coluna 1	Base de dados – Coluna 2
Largura total da PPD principal	Quantidade de veículos CCI
Capacidade de suporte do pavimento da PPD principal	Área do TPS
Quantidade de PPD existente	Área do estacionamento de veículos
Comprimento da PPD	Tipo de estacionamento no aeroporto
Largura total da PPD secundária	UF da localização do aeródromo
Capacidade de suporte do pavimento – PPD secundária	Movimentação anual de passageiros
Comprimento da faixa de pista	Aeronave crítica
Largura da faixa de pista	Tipo de operação do aeroporto
Comprimento da faixa de pista secundária	Verificação se o aeroporto opera voos noturnos
Largura da faixa de pista secundária	Porcentual de passageiros internacionais no aeródromo
Comprimento da RESA relacionada à PPD principal	Código de Referência do Aeródromo
Largura da RESA relacionada à PPD principal	Temperatura de referência do aeródromo
Comprimento da RESA relacionada à PPD secundária	Altitude do aeródromo

Base de dados – Coluna 1	Base de dados – Coluna 2
Largura da RESA relacionada à PPD secundária	Declividade Longitudinal da PPD
Tipo de PTR presente no aeroporto	Aeronave crítica da PPD secundária
Área total pavimentada da PTR	Porcentagem do peso máximo de decolagem
Capacidade de suporte do pavimento da PTR	Capacidade de pista declarada, caso existente
Área do pátio de aeronaves	Movimentação estimada da hora-pico equivalente (EPHs)
Capacidade de suporte do pavimento do pátio de aeronaves	Porcentual de operações em VMC comparado ao total
Área da via de serviço do pátio de aeronaves	Distância entre as possíveis/existentes PPDs

Elaboração: LabTrans/UFSC (2021)

O conhecimento da infraestrutura atual do aeroporto auxilia sobremaneira no planejamento, na medida em que permite a percepção do nível de desempenho das instalações aeroportuárias, considerando-se as respectivas funções a que se destinam no sistema. Destaca-se que o sistema de pistas demanda especial atenção no planejamento, por ser o componente que fornece uma primeira medida da adequação do aeroporto para o atendimento ao tráfego de aeronaves, expressa pela sua capacidade operacional. Assim, para esse componente, destacam-se as seguintes informações: tipos de pistas de táxi, dimensões de comprimento, largura e acostamento, e resistência dos pavimentos. Quanto ao pátio de aeronaves, é de interesse para este estudo o conhecimento de suas dimensões e a resistência do seu pavimento.

O TPS representa o elo entre o Lado Ar e o Lado Terra do aeroporto e é de fundamental importância que suas características físicas estejam adequadas ao processamento dos passageiros dentro de padrões de qualidade de serviço aceitáveis. A informação necessária para esse componente é a sua área total. Por estar associado aos serviços prestados aos passageiros e aos usuários, busca-se, também, conhecer a área disponível para o estacionamento de veículos e a sua configuração, se a céu aberto ou na forma de edifício-garagem.

Em relação ao preenchimento da base de dados, destaca-se que foram utilizadas as seguintes referências:

- Estudos Preliminares (EPs) disponibilizados pela SAC/MPOR
- Estudos de Viabilidade Técnica (EVTS) disponibilizados pela SAC/MPOR
- EVTEAS de rodadas de concessões aeroportuárias
- Planos Diretores Aeroportuários (PDIRs)
- Declaração de capacidade
- ROTAER
- Base de aeródromos civis cadastrados da ANAC (2021c).

Além das fontes supracitadas, foram utilizadas imagens via satélite, por meio da ferramenta Google Earth, para levantamento de informações complementares quanto à infraestrutura atual. Vale salientar que a hierarquização da coleta das informações foi por ordem cronológica, considerando-se os documentos mais recentes dos aeroportos para o preenchimento da base de dados.

6.2. Premissas para as estimativas de investimentos

Confrontando-se a demanda projetada com a capacidade da infraestrutura aeroportuária para um dado horizonte, é possível identificar os déficits existentes e, consequentemente, quantificar os investimentos necessários para adequar a infraestrutura aos Níveis de Serviço desejados. Partindo-se desse pressuposto, as infraestruturas aeroportuárias atuais dos aeródromos foram enquadradas na classificação apresentada no capítulo 4, considerando-se como critério a movimentação anual de passageiros.

As premissas para as estimativas de investimentos na infraestrutura dos aeroportos foram realizadas de acordo com a metodologia utilizada no Produto 2.1¹¹ da Fase 2 da atual cooperação técnica entre a SAC/MPOR e o LabTrans/UFSC. De forma geral, as estimativas foram efetuadas para a fase conceitual e as seguintes técnicas foram utilizadas para a elaboração das estimativas de investimentos:

- Fatores de custo com respaldo em licitações de referência de obras aeroportuárias
- Estimativa paramétrica.

Na primeira, utilizaram-se as bases de dados do Sistema de Custos Referenciais de Obras (SICRO) e do Sistema Nacional de Pesquisa de Custo e Índices da Construção Civil (SINAPI) como as bases referenciais para os custos dos principais serviços considerados na estimativa de custo de cada componente. Além disso, foram consideradas as seguintes famílias de serviços para as estimativas:

- | | |
|-----------------|---------------|
| • Terraplenagem | • Sinalização |
| • Pavimentação | • Drenagem. |

Em relação à estimativa paramétrica, foram utilizados os preços de implantação coletados nas licitações da Infraero e nas rodadas de concessões aeroportuárias. As estimativas de custos do método paramétrico foram regionalizadas para os casos de edificações, enquanto a aquisição de veículos e/ou de equipamentos decorreram de um preço global.

¹¹ Intitulado Metodologia do modelo da estimativa de investimentos detalhado por componente de infraestrutura aeroportuária.

6.3. Ferramenta de simulação

Com base nas premissas apresentadas nas seções anteriores, foi desenvolvida uma ferramenta em formato de planilha Excel, que deu origem ao Produto 2.2¹², da Fase 2 da atual cooperação técnica entre a SAC/MPOR e o LabTrans/UFSC, para simulação de cenários de estimativa de investimentos em infraestrutura aeroportuária. Essa planilha possui como principais dados de entrada a atual infraestrutura dos aeroportos e a demanda anual de passageiros projetada até o horizonte de 2052.

A ferramenta de simulação permite, de forma ágil e interativa, uma avaliação de diferentes cenários de infraestrutura, auxiliando no suporte à tomada de decisões estratégicas e à formulação de políticas de desenvolvimento para o setor. Destaca-se, também, que os parâmetros de investimento e as demais premissas, assim como dados de infraestrutura atual, podem ser constantemente atualizados pelo usuário, permitindo-se, assim, obter resultados mais condizentes com a realidade.

Ao se inserirem as informações da movimentação anual de passageiros processados atualmente no aeroporto e suas projeções, a ferramenta identifica o(s) ano(s) dos gatilhos¹³ de investimentos previstos e, consequentemente, os investimentos necessários para a adequação da infraestrutura aeroportuária, conforme a faixa do PAN em que o aeroporto se encontra.

Salienta-se que o ano do gatilho não corresponde ao ano de início dos investimentos, mas ao ano em que ocorrerá a deterioração da capacidade. Portanto, as ações a serem tomadas pelo Poder Público devem ser realizadas em um momento anterior, oportuno para a execução das intervenções na infraestrutura.

Os resultados obtidos com as simulações são apresentados em uma aba específica da ferramenta, com os valores dos investimentos de cada um dos aeródromos destacados por gatilho e por componente aeroportuário. Ademais, o valor total do investimento previsto para cada estado pode ser visualizado em um mapa coroplético em outra aba da ferramenta.

¹² Intitulado Manual da ferramenta de estimativa de investimentos.

¹³ Para fins deste relatório, o gatilho de investimento significa o evento em que a demanda anual de passageiros projetada implica transição entre faixas do PAN e, consequentemente, a necessidade de se realizar os investimentos na infraestrutura aeroportuária, com o intuito de manter o balanceamento da capacidade da infraestrutura aeroportuária e o Nível de Serviço estabelecido no planejamento das faixas.

7. PARÂMETROS DE PORTE OPERACIONAL POR FAIXA DO PAN

Este item objetiva apresentar os principais critérios estabelecidos para a classificação dos parâmetros de porte operacional por faixa do PAN, considerando-se um escopo de 941 aeródromos brasileiros. De forma semelhante ao apresentado pelo capítulo 4, dada a vasta rede aeroportuária avaliada, realizou-se uma classificação dos parâmetros operacionais categorizada pelas faixas do PAN, agrupando-se os aeródromos de acordo com a movimentação anual de passageiros.

Os parâmetros de porte operacional definidos por faixa do PAN correspondem a um pacote de características de operação compatível com a movimentação de passageiros definida para seu intervalo. Ao todo, são estabelecidos 177 parâmetros por faixa, os quais impactam os custos mínimos de operação e as receitas aeroportuárias.

A delimitação das faixas do PAN pelo movimento anual de passageiros é estabelecida pela Tabela 41, cujas considerações metodológicas quanto aos valores definidos são informadas em 4.1.

7.1. Principais parâmetros de porte operacional

A metodologia utilizada na determinação dos parâmetros de porte operacional estabelecidos é discorrida nas subseções seguintes. Salienta-se que, dado o total de 177 parâmetros considerados, são detalhados somente os parâmetros de maior impacto no resultado dos custos mínimos e das receitas aeroportuárias. Os valores atribuídos a todos parâmetros por faixa são apresentados no Apêndice 2.

7.1.1. Área do TPS

O valor estabelecido para a área do TPS como um parâmetro operacional foi calcado nas áreas atribuídas ao TPS para as faixas de infraestrutura aeroportuária, tratadas em 4.3.6. Dessa forma, adotaram-se até a Faixa 5 os valores de área estabelecidos pelas faixas de infraestrutura aeroportuária, conforme exposto na Tabela 47. Para as faixas superiores à Faixa 5, as quais apresentam um intervalo para a área do TPS, adotou-se o valor médio entre o menor e o maior valor do intervalo. A Tabela 67 exibe os valores considerados para a área do TPS por faixa de porte operacional.

Tabela 67 – Parâmetro de porte operacional por faixa do PAN: área do TPS

Faixa	Área (m²)
Faixa AvG	577
Faixa 1	865
Faixa 2	865
Faixa 3	2.281
Faixa 4	2.281
Faixa 5	3.591
Faixa 6	16.150
Faixa 7	35.750
Faixa 8	55.250
Faixa 9	70.000
Faixa 10	84.000

Elaboração: LabTrans/UFSC (2022)

7.1.2. Nível de operação

O nível de operação é um parâmetro que permite classificar a operação aeroportuária em duas categorias, sendo elas: doméstica ou internacional. Conforme definido em conjunto com a SAC/MPOR, estabeleceu-se que, para as faixas de porte operacional, aeródromos cujo número de movimentação anual de passageiros for superior a 1.000.000 (Faixa 6 ou superior) terão nível de operação internacional. Abaixo desse valor, o nível de operação considerado é doméstico. O nível de operação atribuído para cada faixa de porte operacional do PAN é apresentado pelo Quadro 6.

Quadro 6 – Parâmetro de porte operacional por faixa do PAN: nível de operação

Faixa	Nível de operação
Faixa AvG	Doméstico
Faixa 1	Doméstico
Faixa 2	Doméstico
Faixa 3	Doméstico
Faixa 4	Doméstico
Faixa 5	Doméstico
Faixa 6	Internacional
Faixa 7	Internacional
Faixa 8	Internacional
Faixa 9	Internacional
Faixa 10	Internacional

Elaboração: LabTrans/UFSC (2022)

7.1.3. *Mix* de aeronaves

A determinação do *mix* de aeronaves comerciais para cada faixa operacional teve por base a análise dos microdados da ANAC (2021d), referentes ao número de movimentos por modelo de aeronave para cada aeroporto nos anos de 2017, de 2018 e de 2019.

De posse desse número, agruparam-se os aeródromos com base em sua respectiva faixa do PAN, correlata ao número de movimentos anual de passageiros. Dessa forma, determinou-se a quantidade de movimentos de cada aeronave para cada faixa do PAN. Essa avaliação foi realizada separadamente para aeronaves operando voos domésticos e internacionais.

Os resultados obtidos por faixa foram transformados em percentual, sendo os valores muito próximos a zero removidos, em virtude de serem provindos de baixo número de movimentações. A partir dos percentuais depurados, em parceria com a SAC/MPOR, avaliou-se a consistência dos resultados obtidos. O *mix* de aeronaves doméstico e de aeronaves internacionais por faixa de porte operacional do PAN são apresentados pela Tabela 68 e pela Tabela 69, respectivamente.

Tabela 68 – Parâmetro de porte operacional por faixa do PAN: mix de aeronaves para aviação comercial doméstica

Aeronave	Faixa AvG	Faixa 1	Faixa 2	Faixa 3	Faixa 4	Faixa 5	Faixa 6	Faixa 7	Faixa 8	Faixa 9	Faixa 10
C208B	98,64%	10,13%	9,55%								
ATR-42		19,35%	3,13%	5,81%	0,72%			1,28%			
ATR-72-200	1,36%	57,33%	76,66%	54,98%	24,55%	33,62%	10,88%	6,31%	9,77%	13,76%	1,28%
EMB 190		7,01%	1,94%	1,80%	1,19%	1,98%	2,42%	3,06%	5,35%	3,67%	0,53%
EMB 195		6,18%	6,77%	18,86%	23,54%	16,46%	19,29%	24,36%	24,08%	35,18%	6,00%
A318						2,63%	0,18%	0,07%	1,21%	0,08%	1,38%
B737-700			1,95%	9,48%	12,87%	5,66%	6,23%	5,04%	6,04%	6,17%	9,12%
A319				1,60%	3,61%	9,00%	4,20%	2,95%	8,06%	4,95%	11,02%
A320 Neo					0,99%	0,95%	1,80%	2,99%	4,29%	4,49%	1,15%
A320				2,90%	17,09%	15,54%	23,02%	22,06%	15,20%	12,97%	30,18%
B737-800				4,57%	15,40%	14,11%	26,01%	24,19%	19,81%	16,34%	30,35%
B737-8 MAX					0,04%	0,05%	0,04%	0,13%	0,05%	0,05%	0,09%
A321							5,93%	7,56%	6,14%	2,34%	8,90%

Elaboração: LabTrans/UFSC (2022)

Tabela 69 – Parâmetro de porte operacional por faixa do PAN: mix de aeronaves para aviação comercial internacional

Aeronave	Faixa 6	Faixa 7	Faixa 8	Faixa 9	Faixa 10
CRJ-200	6,53%		2,87%		
ATR-72-200		0,83%	0,84%		
EMB 190	0,78%	9,18%	5,32%		1,01%
EMB 195	29,43%	1,82%	7,85%	3,20%	
B737-700	1,46%	2,76%	3,58%	0,60%	0,82%
A319		17,37%	3,23%	2,08%	0,59%
B737-300		2,92%			
B757-200			3,56%		0,81%
A320 Neo		3,50%	0,88%	7,10%	
A320	0,97%	17,94%	6,60%	18,89%	18,22%
B737-800	60,83%	33,71%	25,55%	29,62%	25,54%
B737-8 MAX			1,07%		
A321				0,52%	5,01%
B767-300		2,10%	7,02%	7,55%	11,27%
B777-200				6,74%	10,45%
B787-8 Dreamliner				2,68%	3,50%
A330-200		7,87%	30,19%	18,32%	8,07%
A330-900			1,44%	2,70%	0,76%
A350-900					2,66%
B777-300					10,00%
B747-800					1,29%

Elaboração: LabTrans/UFSC (2022)

Em relação ao *mix* de aeronaves de aviação geral, a distribuição considerada foi validada em parceria com a SAC/MPOR, tendo-se optado por estabelecer um *mix* único para todas as faixas de porte operacional para a aviação geral doméstica, conforme apresentado pela Tabela 70. Para a aviação geral internacional, considerou-se a distribuição exposta pela Tabela 71.

Tabela 70 – Parâmetro de porte operacional por faixa do PAN: mix de aeronaves para aviação geral doméstica

Aeronave	Percentual considerado para todas as faixas de porte operacional
S-76	10,00%
Seneca	10,00%
AS350	5,00%
Baron 58	5,00%
R44 II	10,00%
EMB-711 Corisco	10,00%
C182 Skylane	10,00%
C172 Skyhawk	10,00%
C152	30,00%

Elaboração: LabTrans/UFSC (2022)

Tabela 71 – Parâmetro de porte operacional por faixa do PAN: mix de aeronaves para aviação geral internacional

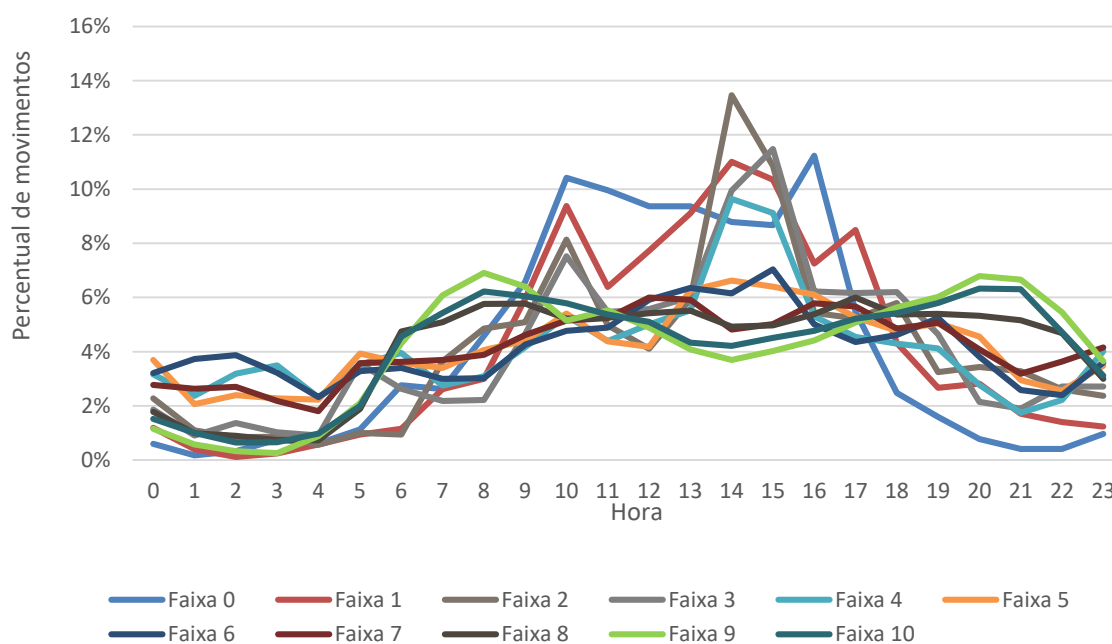
Aeronave	Faixa 6	Faixa 7	Faixa 8	Faixa 9	Faixa 10
C208B Grand Caravan	100%	100%	100%	100%	100%

Elaboração: LabTrans/UFSC (2022)

7.1.4. Horário de abertura e de fechamento

Os horários de funcionamento dos aeródromos foram avaliados, em alinhamento com a SAC/MPOR, a partir da distribuição dos movimentos de aeronaves por hora nos aeroportos brasileiros. Nessa distribuição, observaram-se comportamentos distintos entre as faixas de porte operacional, possibilitando indicar um horário de funcionamento específico para cada faixa observada. O Gráfico 28 apresenta a distribuição de movimentos por hora observada para cada faixa do PAN.

Gráfico 28 – Percentual de movimentos de aeronaves por hora por faixa do PAN



Elaboração: LabTrans/UFSC (2022)

A partir da distribuição apresentada, em discussão com os especialistas da SAC/MPOR e do LabTrans/UFSC, determinou-se o horário de abertura e de fechamento dos aeródromos por faixa de porte operacional, conforme o exposto pelo Quadro 7.

Quadro 7 – Parâmetro de porte operacional por faixa do PAN: horário de abertura e de fechamento

Faixa	Horário de abertura	Horário de fechamento
Faixa AvG	06:00:00	18:00:00
Faixa 1	07:00:00	21:00:00
Faixa 2	06:00:00	23:59:00
Faixa 3	05:00:00	23:59:00
Faixa 4	00:00:01	23:59:00
Faixa 5	00:00:01	23:59:00
Faixa 6	00:00:01	23:59:00
Faixa 7	00:00:01	23:59:00
Faixa 8	00:00:01	23:59:00
Faixa 9	00:00:01	23:59:00
Faixa 10	00:00:01	23:59:00

Elaboração: LabTrans/UFSC (2022)

7.1.5. Classificação tarifária

A classificação tarifária faz referência às tarifas aeroportuárias aplicadas pela Infraero por grupo de aeroportos. As denominações Infraero 1, Infraero 2 e Infraero 3 foram utilizadas pelo LabTrans/UFSC e correspondem aos três conjuntos de aeroportos referentes ao tarifário da Infraero (2022). Dessa forma, avaliaram-se os aeroportos que pertencem a cada grupo, estabelecendo-se, assim, a classificação tarifária por faixa de porte operacional do PAN, alinhada em conjunto com a SAC/MPOR e apresentada pelo Quadro 8 .

Quadro 8 – Parâmetro de porte operacional por faixa do PAN: classificação tarifária

Faixa	Classificação tarifária
Faixa AvG	Infraero 3
Faixa 1	Infraero 3
Faixa 2	Infraero 3
Faixa 3	Infraero 3
Faixa 4	Infraero 2
Faixa 5	Infraero 2
Faixa 6	Infraero 1
Faixa 7	Infraero 1
Faixa 8	Infraero 1
Faixa 9	Infraero 1
Faixa 10	Infraero 1

Elaboração: LabTrans/UFSC (2022)

7.1.6. Proporção das receitas comerciais em relação às receitas totais

Esse parâmetro especifica o percentual de receitas comerciais do aeroporto em relação às receitas totais. A receita total de aeroportos é composta por receitas aeronáuticas, ou seja, receitas de embarque, de pouso e de permanência, e receitas não aeronáuticas (ou receitas comerciais), caracterizadas pelo aluguel e pelo arrendamento de áreas, pela participação nas receitas de concessionários e pelas receitas com publicidade.

A proporção das receitas comerciais em relação às totais foi estabelecida em parceria com a SAC/MPOR. De maneira geral, espera-se que à medida que o número de passageiros anuais aumenta, seja verificada uma participação mais expressiva das receitas comerciais em relação às totais. Embasada nessa perspectiva, a Tabela 72 apresenta a proporção das receitas comerciais em relação às totais por faixa de porte operacional do PAN.

Tabela 72 – Parâmetro de porte operacional por faixa do PAN: proporção das receitas comerciais em relação às totais

Faixa	Proporção das receitas comerciais em relação às totais
Faixa AvG	10%
Faixa 1	15%
Faixa 2	15%
Faixa 3	20%
Faixa 4	20%
Faixa 5	30%
Faixa 6	30%
Faixa 7	35%
Faixa 8	35%
Faixa 9	40%
Faixa 10	45%

Elaboração: LabTrans/UFSC (2022)

7.1.7. Proporção de gastos com serviços de utilidade pública e de manutenção em relação ao custo operacional

Esse parâmetro indica o percentual de gastos com serviços de utilidade pública, aqui tratado como utilidades, e de manutenção em relação ao custo operacional. Os gastos com utilidades correspondem aos dispêndios relacionados aos itens como fornecimento de água, energia elétrica, esgoto e coleta de lixo, ao passo que os gastos de manutenção referem-se às despesas envolvendo peças, manutenção de bens, acessórios e uniformes, por exemplo.

Os valores definidos para a proporção de gastos com utilidades e manutenção, e validados em conjunto com a SAC/MPOR, foram calcados nos dados apresentados pelos Estudos de Viabilidade Técnica, Econômica e Ambiental (EVETAs) referentes à 7ª rodada de concessão de aeroportos de 2022. Por meio dessa avaliação, constatou-se que os gastos com utilidades correspondem a cerca de 15% do custo operacional, ao passo que os gastos com manutenção representam em torno de 5% desse custo. Dessa forma, esses valores foram atribuídos para as faixas de porte operacional do PAN, conforme apresentado pela Tabela 73.

**Tabela 73 – Parâmetro de porte operacional por faixa do PAN:
proporção de gastos com utilidades e manutenção em relação ao custo operacional**

Faixa	Proporção de gastos com utilidades em relação ao custo operacional	Proporção de gastos com manutenção em relação ao custo operacional
Faixa AvG	15%	5%
Faixa 1	15%	5%
Faixa 2	15%	5%
Faixa 3	15%	5%
Faixa 4	15%	5%
Faixa 5	15%	5%
Faixa 6	15%	5%
Faixa 7	15%	5%
Faixa 8	15%	5%
Faixa 9	15%	5%
Faixa 10	15%	5%

Elaboração: LabTrans/UFSC (2022)

8. DEFINIÇÃO DAS ESTIMATIVAS DE CUSTOS MÍNIMOS E RECEITAS AEROPORTUÁRIAS DO PAN

Este item tem por objetivo apresentar os principais critérios para as estimativas de custos mínimos e as receitas aeroportuárias do PAN, considerado o escopo de 941 aeródromos brasileiros com diferentes classificações quanto ao porte operacional. Dada essa configuração, entendeu-se a necessidade de elaboração de uma ferramenta que possibilite a estimação dos custos mínimos e das receitas aeroportuárias dos aeródromos avaliados, calcada nas suas características operacionais e na sua evolução conforme a demanda projetada.

8.1. Premissas para as estimativas de custos mínimos e de receitas aeroportuárias

As estimativas de custos mínimos e de receitas aeroportuárias foram realizadas de acordo com a metodologia utilizada no Simulador de Custos Mínimos e Receitas Aeroportuárias, produto referente à Fase 7 da atual cooperação técnica entre a SAC/MPOR e o LabTrans/UFSC.

Com base no simulador, adequou-se seu funcionamento para viabilizar simulações de rede de aeródromos, de modo a contemplar o escopo de 941 aeródromos definidos. As adequações realizadas possibilitaram a inserção das características operacionais atuais dos aeródromos, bem como a criação de um campo para a inclusão da projeção de demanda avaliada. Dessa forma, a simulação analisa a interação de três componentes, sendo eles:

- Características operacionais atuais
- Características operacionais por faixa do PAN
- Projeção de demanda.

A depender das características operacionais informadas pelo usuário, o simulador verifica se elas estão coerentes com a projeção de demanda solicitada. O componente balizador neste processo é o número de passageiros movimentados anualmente. Com isso, é identificada a faixa do PAN na qual o aeródromo está inserido, e havendo mudança dessa faixa em virtude da projeção de demanda estipulada, as características operacionais são atualizadas, conforme a nova faixa na qual o aeródromo estiver inserido.

O cálculo dos custos mínimos e das receitas aeroportuárias é realizado para cada ano para o respectivo valor de movimentação anual de passageiros informado pela projeção de demanda. Por meio da movimentação de passageiros e dos parâmetros operacionais definidos, calculam-se os custos mínimos e as receitas aeroportuárias.

Os custos mínimos derivam do somatório dos custos com pessoal e dos custos com serviços de utilidade pública e manutenção. A determinação dos custos com o pessoal é resultante do quadro efetivo mínimo estabelecido e do salário atribuído para cada cargo. O efetivo determinado por cargo normatizado é embasado no RBAC nº 153 Emenda nº 04 (ANAC, 2019b), na Resolução ANAC nº 517 (ANAC, 2019d) e na Instrução Suplementar (IS) nº 107-001D (ANAC, 2019a), ao passo que cargos não normatizados possuem seu efetivo estipulado a partir da área do TPS. Os salários atribuídos para cada cargo são fundamentados em valores extraídos do CAGED (BRASIL, 2022d). Por sua vez, os custos com utilidade e manutenção são calculados com base em um percentual sobre o custo total, conforme os parâmetros apresentados em 7.1.7.

Já as receitas aeroportuárias resultam das estimativas das receitas aeronáuticas e não aeronáuticas. A determinação das receitas aeronáuticas é embasada no regime tarifário da Infraero (2022), em conformidade com a Resolução ANAC nº 508 (ANAC, 2019c), ao passo que as receitas não aeronáuticas são estimadas com base em um percentual sobre as receitas totais, conforme o parâmetro exposto em 7.1.6.

8.2. Ferramenta de simulação

A partir das premissas apresentadas, desenvolveu-se uma ferramenta de simulação em formato de planilha Excel, dando origem para a versão em rede do Simulador de Custos Mínimos e Receitas Aeroportuárias. Os dados de entrada para a realização da simulação em rede são as características operacionais atuais dos aeródromos e a demanda anual de passageiros projetada até o horizonte de 2052.

Uma vez inseridos os dados de entrada, o simulador detecta, no decorrer da simulação, as mudanças de faixa do PAN e adequa as características operacionais do aeródromo para a sua nova faixa, conforme a projeção de demanda. Consequentemente, os resultados fornecidos pelo simulador para cada ano da projeção de demanda estão alinhados com a movimentação de passageiros estipulada.

Os resultados obtidos são apresentados em uma aba separada, sendo informado o custo, a receita e o resultado final de cada aeródromo contemplado pela simulação para o horizonte de demanda projetado.

Dessa forma, a ferramenta de simulação permite, de modo ágil e interativo, a avaliação da evolução dos custos mínimos e das receitas operacionais para uma rede de aeródromos. Essa configuração tem o intuito de assessorar o processo de tomada de decisões estratégicas e a formulação de políticas direcionadas ao desenvolvimento do setor. Ademais, os dados referentes às características operacionais atuais dos aeródromos, com os parâmetros estabelecidos por faixa de porte operacional do PAN, podem ser atualizados, possibilitando maior longevidade para a ferramenta e obtenção de resultados mais condizentes com a realidade.

9. CUSTO DO RUÍDO AERONÁUTICO PARA A ANÁLISE CUSTO-BENEFÍCIO (ACB)

Para aplicação da ACB no PAN 2022-2052, detalhada no capítulo 9.3, a SAC/MPOR solicitou apoio técnico do LabTrans/UFSC na realização de análises referentes ao custo do ruído aeronáutico à população, a fim de incorporá-lo aos custos considerados na ACB. Tais análises compreenderam a estimativa do custo de ruído aeronáutico à população e a avaliação da redução do ruído pela evolução tecnológica da frota de aeronaves, descritas em 9.1 e em 9.2, respectivamente.

9.1. Estimativa do custo do ruído aeronáutico para a população

O ruído aeronáutico configura-se como um dos impactos negativos da aviação à sociedade, tendo como consequências para o entorno dos aeródromos prejuízos à saúde e desconforto da população, bem como a desvalorização imobiliária¹⁴. Ele é contemplado no RBAC nº 161 (ANAC, 2021f), que trata dos Planos de Zoneamento de Ruído de Aeródromos (PZR), entre outros mecanismos de gestão da emissão de ruído no entorno dos aeródromos.

Para a consideração do custo do ruído aeronáutico na ACB, compreendeu-se a necessidade de um estudo detalhado para se chegar à monetização desse custo, incipiente em âmbito nacional. No *Handbook on the external costs of transport* (ESSEN *et al.*, 2020), publicado pela Comissão Europeia, foram identificados, para referência, índices desse custo, que estão em função da quantidade de pessoas expostas ao ruído por intervalos definidos de intensidade (em dB DNL, do inglês – *Day-Night Average Sound Level*). Assim, foi necessário realizar uma estimativa da população afetada pelo ruído aeronáutico, para, utilizando-se aqueles índices, calcular o custo total do problema.

Neste estudo, buscou-se estimar a população afetada por meio das curvas de ruído apresentadas nos PEZR dos aeroportos (ANAC, 2021). Optou-se por não se utilizar as curvas de Planos Básicos de Zoneamento de Ruído (PBZR), devido ao fato de que, por representarem curvas de ruído simplificadas, com áreas excessivas, podem resultar em distorção da realidade do problema a ser conhecido.

¹⁴ No entanto, o impacto da desvalorização imobiliária não foi objeto de estudo na ACB.

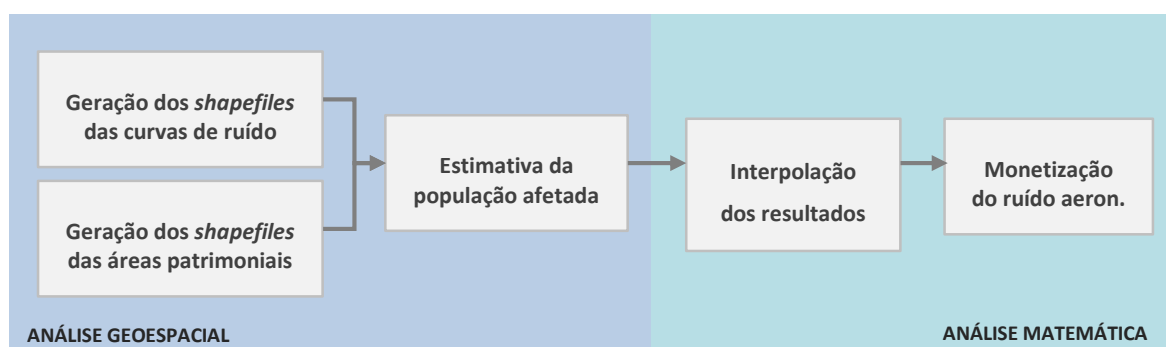
As fontes de PEZR utilizadas foram as seguintes:

- Lista de PZR registrados na ANAC (2022d)
- Arquivos .dwg de PZR elaborados pela Infraero, solicitados pela SAC/MPOR
- Para os aeroportos já concedidos, arquivos .dwg de PZR elaborados pelas concessionárias, solicitados pela SAC/MPOR
- PZR elaborados pelo LabTrans/UFSC na cooperação técnica anterior com a SAC/MPOR¹⁵.

O Apêndice 1 apresenta os aeródromos com PEZR conforme essas fontes, até a data da realização deste estudo, que totalizam 77 aeródromos. Dos 163 aeródromos do Cenário PAN18, 63 (cerca de 39%) dispõem de PEZR, os quais somam uma participação de, aproximadamente, 92% na movimentação anual de passageiros nos aeródromos brasileiros, observada em 2019, anteriormente à pandemia da covid-19.

Na Figura 22, é sintetizado o processo utilizado para monetização do ruído na ACB. A partir dos arquivos dos PEZR disponíveis, foram gerados os *shapefiles* das curvas de ruído e das áreas patrimoniais, dados de entrada da análise geoespacial definida para estimativa da população afetada. Visto que as curvas dos PEZR utilizados têm diferentes anos e horizontes de referência, fez-se uma interpolação com os resultados para se estimar a população afetada nos dois horizontes de interesse da ACB: 2023 e 2052. Vale ressaltar que a solução com aplicação de interpolação dos valores de área atingida e população foi adotada como um recurso preliminar diante dos dados disponíveis no momento. A oportuna elaboração/revisão dos PEZR, com as respectivas demandas e os tipos de frota para os horizontes desejados, traria mais assertividade aos resultados.

Figura 22 – Síntese do processo de análise para monetização do ruído na ACB



Elaboração: LabTrans/UFSC (2022)

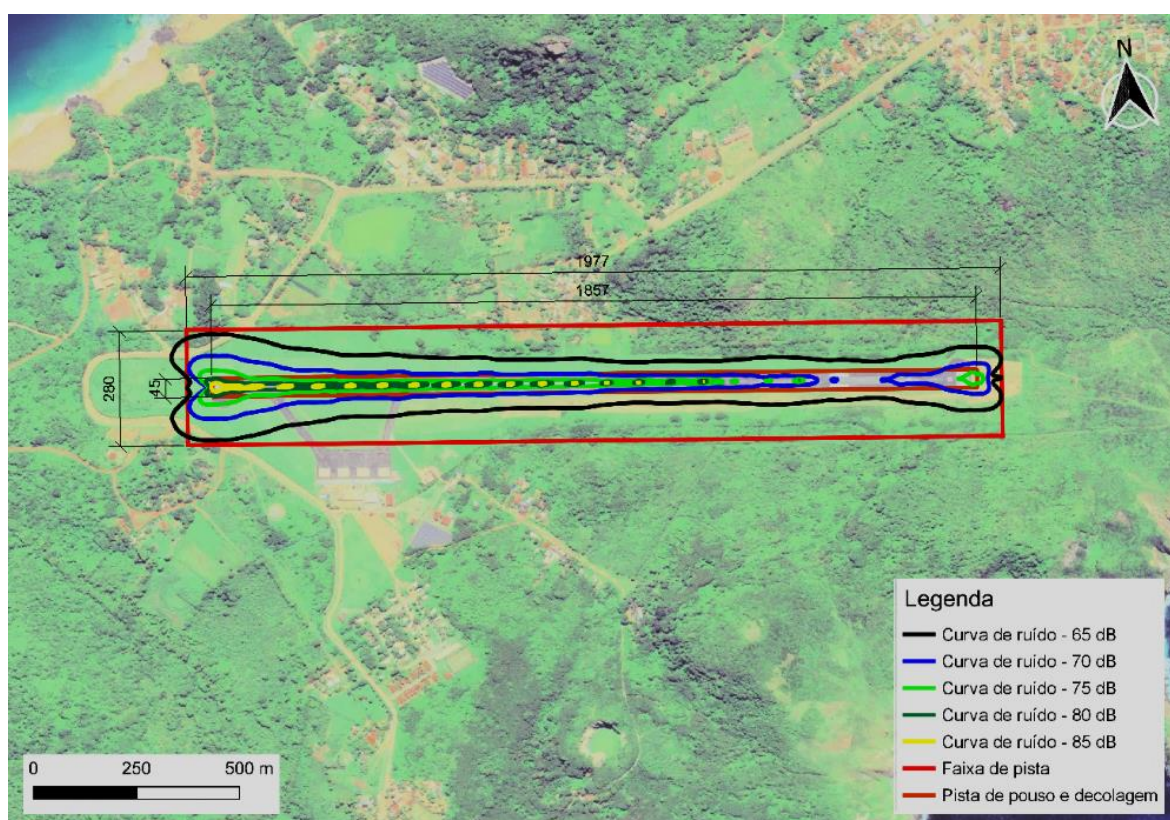
¹⁵ Do Termo de Cooperação para Descentralização de Crédito nº 004/2013, que visou ao projeto “Pesquisas e estudos para apoio técnico à Secretaria de Aviação Civil da Presidência da República – SAC/PR no Planejamento do Setor Aeroportuário Brasileiro”.

9.1.1. Estimativa da população afetada

Na análise geoespacial para estimativa da população afetada, são necessárias as curvas de ruído dos aeródromos. Dos 163 aeródromos do Cenário PAN18, 100 não dispõem de PEZR. Destes, 96 têm projeções de demanda de passageiros para 2052, que os enquadram na Faixa 5 ou inferior naquele horizonte, conforme classificação dos aeródromos por faixas de evolução da infraestrutura aeroportuária (descrita no capítulo 3).

Verificou-se que a projeção de movimentos de aeronaves para esses aeródromos para 2052 está próxima do limiar da média anual de movimentos de aeronaves dos últimos três anos, que define a aplicabilidade de elaboração do PEZR, igual a 7 mil movimentos/ano (ANAC, 2021). Assim, foram geradas, com o software da FAA *Integrated Noise Model* (INM) 7.0d, curvas de ruído estimadas para a Faixa 5, conforme as projeções de movimentação e as características operacionais dos seis aeródromos enquadrados na referida faixa, as quais se inserem quase integralmente na faixa de pista para operação por instrumentos de aeronaves de código número 3 ou 4, conforme o RBAC nº 154 (ANAC, 2021f) (Figura 23).

Figura 23 – Curvas de ruído estimadas para a Faixa 5 (2052)



Elaboração: LabTrans/UFSC (2022)

Considerando-se que a faixa de pista esteja totalmente inserida na poligonal da área patrimonial aeroportuária, definiu-se como premissa que, para os aeródromos enquadrados na Faixa 5 ou em faixa inferior, a população afetada pelo ruído aeronáutico é igual a zero, uma vez que as curvas de ruído não extrapolam a área patrimonial.

Para os demais quatro aeródromos sem PEZR, enquadrados em Faixa 7 ou faixa superior (Quadro 9), foram elaboradas, no INM 7.0d, as curvas de ruído específicas, utilizando-se os dados de entrada (*inputs*) mínimos para elaboração de PEZR estabelecidos no RBAC nº 161 (ANAC, 2021f).

Quadro 9 – Aeródromos do Cenário PAN18 sem PEZR em faixa superior à Faixa 6

ICAO	Município	Classificação (2052)
SBSV	Salvador (BA)	Faixa 10
SBFL	Florianópolis (SC)	Faixa 8
SBMO	Maceió (MO)	Faixa 8
SBJP	João Pessoa (PB)	Faixa 7

Elaboração: LabTrans/UFSC (2022)

Tendo em vista que, na aplicação da ACB, compara-se um custo ou um benefício futuro ao estado atual, deve-se conhecer a população afetada pelo ruído em ambos os cenários. Alguns aeródromos com PEZR registrado na ANAC e/ou enviados pela Infraero não apresentam as curvas de ruído da situação atual. Conforme informado pela Infraero, no processo de aprovação do PEZR desses aeródromos, não foi exigida pela ANAC a sobreposição das curvas de ruído referentes à implantação final com as curvas referentes à situação atual. Este é o caso dos aeroportos: Porto Alegre (SBPA), Fortaleza (SBFZ), Belém (SBBE), Goiânia (SBGO), Campo Grande (SBCG), Aracaju (SBAR), Macapá (SBMQ) e Joinville (SBJV). O PEZR do Aeroporto de Guarulhos, fornecido pela concessionária, também não apresenta as curvas de ruído referentes à situação atual. Assim, para esses casos, foram elaboradas as curvas de ruído específicas referentes à situação atual.

9.1.1.1. Análise geoespacial

A análise em Sistema de Informações Geográficas (SIG), realizada de forma automatizada com *script* de Python utilizando-se a biblioteca *GeoPandas*, consistiu das seguintes etapas:

1. Definição da área passível de ruído à população

A partir da espacialização das áreas (*shapefile*) da curva de ruído de 65dB (a mais externa do PEZR) e da área patrimonial (AP) do aeródromo, subtraiu-se a porção da área da curva de ruído inserida na AP (área patrimonial) (Figura 24). A área remanescente da curva de ruído corresponde à área de interesse para estimativa da população afetada.

2. Cálculo da população afetada por intervalo de nível de exposição ao ruído

Realizando-se a intersecção das áreas entre as curvas de ruído com o *shapefile* dos setores censitários do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2010b), calculou-se a população residente (Figura 25). Para tanto, utilizando-se o dado **V002**¹⁶ (Pessoas Residentes) da planilha *Basico_UF.xls* (IBGE, 2010a) e a área de cada setor censitário, calculou-se a sua densidade populacional, que foi multiplicada pela área do setor contida na **área passível de ruído à população** (resultado da etapa 1).

Figura 24 – Exemplo: área passível de ruído à população



Fonte: Dados fornecidos pela Infraero (2022). Elaboração: LabTrans/UFSC (2022)

Figura 25 – Exemplo: estimativa da população residente na área passível de ruído à população



Fonte: Dados fornecidos pela Infraero (2022). Elaboração: LabTrans/UFSC (2022)

¹⁶ Visto que o dado **V002** é resultado do censo realizado em 2010, ele foi multiplicado pela taxa de crescimento populacional do município, conforme a variação entre a estimativa da população (IBGE, [2021]) em relação à população levantada no Censo 2010.

9.1.2. Interpolação dos resultados

Como pode ser observado no Apêndice 1, os PEZR's utilizados apresentam as curvas de ruído para anos e horizontes de planejamento diferentes, inclusive para a fase de implantação final do PDIR, no caso dos PEZR elaborados pela Infraero. O exercício de planejamento realizado para a fase de implantação final refere-se à configuração do aeródromo numa condição de utilização da sua capacidade máxima operacional, estando a demanda relacionada à disponibilidade de área patrimonial. Por outro lado, o interesse deste estudo é conhecer a população afetada para a situação atual e a população afetada até o último horizonte de planejamento do PAN 2022-2052.

As estimativas de população afetada em 2023 e em 2052, por intervalo de exposição ao ruído (em dB DNL), foram calculadas por interpolação linear utilizando-se os resultados da análise geoespacial, as demandas de aeronaves (movimentos/ano) consideradas nos PEZR's e as demandas (movimentos/ano) projetadas para 2023 e para 2052, conforme a Equação (21) e a Equação (22).

$$PopAfet_{2023} = PopAfet_{Atual} + \frac{Proj_{2023} - Demanda_{Atual}}{Demanda_{Final} - Demanda_{Atual}} \times (PopAfet_{Final} - PopAfet_{Atual}) \quad (21)$$

$$PopAfet_{2052} = PopAfet_{Atual} + \frac{Proj_{2052} - Demanda_{Atual}}{Demanda_{Final} - Demanda_{Atual}} \times (PopAfet_{Final} - PopAfet_{Atual}) \quad (22)$$

Onde:

$PopAfet_{2023}$ Estimativa da população afetada em 2023

$PopAfet_{2052}$ Estimativa da população afetada em 2052

$PopAfet_{Atual}$ Estimativa da população afetada na situação atual do PEZR

$PopAfet_{Final}$ Estimativa da população afetada na situação futura (ou na implantação final) do PEZR

$Proj_{2023}$ Projeção de demanda de aeronaves (mov./ano) para 2023

$Proj_{2052}$ Projeção de demanda de aeronaves (mov./ano) para 2052

$Demanda_{Atual}$ Demanda de aeronaves (mov./ano) considerada na situação atual do PEZR

$Demanda_{Final}$ Demanda de aeronaves (mov./ano) considerada na situação futura (ou na implantação final) do PEZR.

Assim, para efeito deste estudo, haja vista a disponibilidade de curvas de ruído somente para anos de referência adotados nos PEZR's para a situação atual e para a situação futura (ou para a fase de implantação final, no caso dos PEZR's elaborados pela Infraero), considerou-se uma relação linear entre a demanda de aeronaves anual e a população afetada pelo ruído. No entanto, a população afetada está relacionada à área da curva de ruído (que depende de diversos fatores, além da demanda de aeronaves) e ao uso do solo no entorno do aeródromo. Para resultados mais precisos, seriam necessárias as curvas de ruído específicas para as características operacionais observadas em 2023 e projetadas para 2052, procedendo-se para a análise geoespacial descrita em 9.1.1. Para o objetivo deste estudo, tendo em vista os dados disponíveis, o procedimento metodológico adotado foi considerado apropriado.

9.1.3. Monetização do ruído aeronáutico

Para monetização do ruído aeronáutico para a população afetada, utilizou-se como referência o *Handbook on the external costs of transport* (ESSEN *et al.*, 2020), que apresenta uma tabela com índices de custo ambiental do ruído do tráfego aéreo para a população, referentes ao desconforto/incômodo e à saúde, expressos em euros (€) (com cotação de 2016), por decibéis por pessoa por ano (Tabela 74).

Tabela 74 – Tabela 33 do Handbook on the external costs of transport

Table 33 - Environmental price of traffic noise for the EU28 (€₂₀₁₆/dB/person/year)

Lden (db(A))	Road transport			Rail transport			Aviation		
	Annoyance	Health	Total	Annoyance	Health	Total	Annoyance	Health	Total
50-54	14	3	17	14	3	17	34	5	39
55-59	28	3	31	28	4	32	68	6	74
60-64	28	6	34	28	6	34	68	9	77
65-69	54	9	63	54	9	63	129	12	141
70-74	54	13	67	54	13	67	129	16	145
≥ 75	54	18	72	54	18	72	129	21	150

Fonte: Essen *et al.* (2020).

Conforme menciona o referido manual, o valor reflete a perda de bem-estar causada pelo ruído, relacionada aos prejuízos para a saúde e o desconforto. Portanto, não é considerado nesse custo qualquer impacto de uma eventual desvalorização imobiliária.

Buscando-se utilizar esses índices de modo que reflitam a realidade brasileira, o custo do ruído aeronáutico até 2052 foi calculado por meio da Equação (23).

$$\begin{aligned}
 MRASD \text{ (em BRL)} = & \left[Pop_{(65-69)} \times (\text{€}141 \times 2,5 \text{ dB}) + Pop_{(70-74)} \right. \\
 & \times (\text{€}141 \times 5 \text{ dB} + \text{€}145 \times 2,5 \text{ dB}) + Pop_{(75-80)} \\
 & \left. \times (\text{€}141 \times 5 \text{ dB} + \text{€}145 \times 5 \text{ dB} + \text{€}150 \times 2,5 \text{ dB}) \right] \times \text{Inflação UE}_{2016-2021} \\
 & \times \text{Taxa de câmbio} \frac{\text{BRL}}{\text{EUR}} \times \frac{\text{PIB per capita}_{BR}}{\text{PIB per capita}_{UE}} \times 30 \text{ anos}
 \end{aligned} \tag{23}$$

Onde:

MRASD	Monetização do ruído aeronáutico (saúde e desconforto)
$Pop_{(65-69)}$	População afetada pelo ruído aeronáutico de 65 a 69 dB DNL entre 2023 e 2052
$Pop_{(70-74)}$	População afetada pelo ruído aeronáutico de 70 a 74 dB DNL entre 2023 e 2052
$Pop_{(75-80)}$	População afetada pelo ruído aeronáutico de 75 a 80 dB DNL entre 2023 e 2052
$\text{Inflação UE}_{2016-2021}$	EU index tax (annual variation) – Cálculo acumulado (EC, 2022)
$\text{Taxa de câmbio} \frac{\text{BRL}}{\text{EUR}}$	Cotação de 17 de março de 2022, divulgada pelo BCB (2022)
$\frac{\text{PIB per capita}_{BR}}{\text{PIB per capita}_{UE}}$	Índice PIB <i>per capita</i> EU/BR, calculado a partir dos dados do FMI (2021).

9.2. Avaliação da redução do ruído pela evolução tecnológica da frota de aeronaves

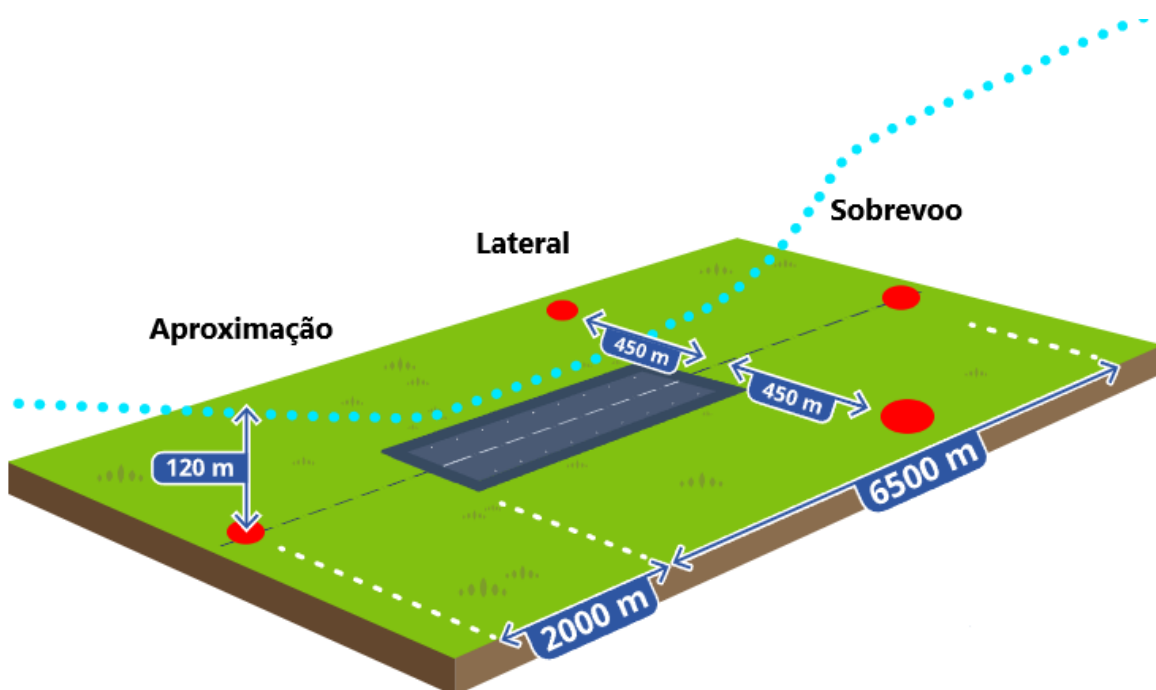
A maioria dos PEZR's utilizados data de mais de cinco anos. Desde então, a frota de aeronaves das empresas aéreas evoluiu consideravelmente no âmbito da tecnologia dos motores, com a incorporação de modelos mais eficientes, tais como o Airbus A320neo e o Boeing 737 MAX 8. Ademais, ao longo dos 30 anos contemplados pelo PAN 2022-2052, espera-se uma transformação da frota com impactos expressivos nos níveis de ruído aeronáuticos, cuja redução, historicamente, tem sido um dos objetivos dos fabricantes de aeronaves, em consonância com o que determina a ICAO sobre o tema.

Dessa forma, buscou-se avaliar o impacto da transformação da frota para eventualmente ser considerada no custo do ruído aeronáutico na ACB. Para tanto, foram realizadas três análises, descritas de 9.2.1 a 9.2.3.

9.2.1. Análise de dados da European Union Aviation Safety Agency (EASA)

A preocupação com relação à emissão de ruído aeronáutico foi expressa em 1971 com a primeira norma ambiental, sendo elaborada pelo conselho da ICAO com o objetivo de limitar os níveis de ruído das novas aeronaves, certificando-as quando enquadradas nos limites designados (ICAO, [2019]). Ao ser lançada, ou após sofrer alguma modificação, cada aeronave deve passar por um teste em que valores de ruído são medidos, como parte do processo de sua certificação. As medições são realizadas em solo, nos pontos de aproximação, lateral e de sobrevoo, representados na Figura 26.

Figura 26 – Pontos de aproximação, lateral e de sobrevoo



Fonte: DGAC (c2022).

Os níveis de ruído estão enquadrados dentro dos chamados capítulos (do inglês – *chapters*), pela ICAO, ou estágios (do inglês – *stages*), pela FAA, de acordo com as atualizações que sofrem ao decorrer dos anos. Essas atualizações entram em vigor com limites de emissão de ruído menores dos que os utilizados anteriormente, obrigando o mercado a investir em medidas e em pesquisas para melhoria dos motores no sentido da redução do ruído, sendo elas tecnológicas ou através de procedimentos de voo.

Tabela 75 – Capítulos ou estágios de níveis de ruído

Capítulo (ICAO)	Estágio (FAA)	Vigência	Observação
2	2	Antes de 1977	Necessário considerar o peso máximo da aeronave para chegar ao limite máximo de ruído.
3	3	A partir de 1977	Necessário considerar além do peso máximo da aeronave, o número de motores que possuía.
4	4	A partir de 2006	Deve possuir aumento cumulativo de rigor de 10 EPNdB ¹⁷ em relação ao Estágio 3.
14	5	A partir de 2017	Deve possuir aumento cumulativo de rigor de 7 EPNdB em relação ao Estágio 4.

Fonte: ICAO ([202-]). Elaboração: LabTrans/UFSC (2022)

Nesse sentido, foi encontrada uma base de dados da EASA de aeronaves certificadas para diferentes períodos, que apresenta, entre outras características, a margem cumulativa em relação ao capítulo 3 e o ano de certificação, conforme a Figura 27.

Figura 27 – Exemplo de dados de aeronaves certificadas da EASA

EASA Record Number	Type Certificate Holder	Airframe Type Designation	Engine Manufacturer	Engine Type Designation	MTOW (Kg)	Cumulative Margin to Ch.3 (EPNdB)	Certification year	ICAO/CAEP IE Aircraft Category	
A4961	Airbus S.A.S.	A300-B4-605R	General Electric	CF6-80C2A5	171700	13	2,564949357	1988	LR2
A6313	Airbus S.A.S.	A310-308	General Electric	CF6-80C2A8	170000	13,8	2,624668592	1991	LR2
A69032	Airbus S.A.S.	A330-201	General Electric	CF6-80E1A2	238000	12,8	2,549445171	2002	LR2
A15151	Airbus S.A.S.	A330-201	General Electric	CF6-80E1A2	238000	13,3	2,587764035	2002	LR2
A70195	Airbus S.A.S.	A330-202	General Electric	CF6-80E1A4	242000	12,1	2,493205453	1998	LR2
A70223	Airbus S.A.S.	A330-202	General Electric	CF6-80E1A4	242000	12,6	2,533696814	1998	LR2
A70114	Airbus S.A.S.	A330-203	General Electric	CF6-80E1A3	242000	11,7	2,459588842	2001	LR2
A70264	Airbus S.A.S.	A330-203	General Electric	CF6-80E1A3	242000	12,2	2,501435952	2001	LR2
A69887	Airbus S.A.S.	A330-223	Pratt & Whitney	PW4168A-1D	242000	13,4	2,595254707	1998	LR2
A69870	Airbus S.A.S.	A330-223	Pratt & Whitney	PW4168A	242000	13,8	2,624668592	1998	LR2
A69934	Airbus S.A.S.	A330-223	Pratt & Whitney	PW4168A	242000	12,9	2,557227311	1998	LR2
A69916	Airbus S.A.S.	A330-242	Rolls Royce	Trent 772B-60	242000	17,9	2,884900712	1999	LR2

Fonte: EASA (c2022).

Nessa base de dados, a EASA incluiu os valores para as aeronaves mais pesadas, com classificações máximas de empuxo do motor, que consistem naquelas que apresentam cenários mais desfavoráveis em relação à emissão de ruído, além de possuírem certificação pela EASA até o ano de 2018. Além disso, são disponibilizadas na base dados projetados pelo Comitê de Proteção Ambiental da Aviação (CAEP, do inglês – Committee on Aviation Environmental Protection) da ICAO, dos anos 2020 e 2030. Por meio dela, foi possível observar, através de uma projeção logarítmica, um comportamento diferente de evolução de emissão de ruído.

Utilizando-se os valores de emissão de ruído cumulativo em relação ao capítulo 3, certificados da EASA, em ordem de ano de certificação, foi possível avaliar a tendência de comportamento do ruído das aeronaves.

¹⁷ Do inglês – *effective perceived noise in decibels*.

Em uma primeira análise, foram utilizados os dados entre 1961 e 2030, indicando que houve uma redução de 4,54% no período em relação ao capítulo 3. Já uma segunda análise, na qual foram utilizados os dados entre os anos 1990 e 2030, teve um resultado inferior, de 1,84% de diferença em relação às margens do capítulo 3, o que indica que o impacto da evolução tecnológica no ruído não tem um comportamento próximo ao linear, e que nos primeiros anos do período esse impacto foi mais brusco (EASA, c2022).

9.2.2. Análise de dados do Registro Aeronáutico Brasileiro (RAB)

Uma vez que cada aeronave que possui certificação operacional já passou pelo processo de ensaio e, assim, teve seu valor de ruído mensurado, buscou-se realizar uma análise específica para o território brasileiro levando em consideração as aeronaves na frota brasileira conforme dados do RAB (ANAC, 2022b). Na data de consulta, estavam disponíveis dados referentes aos anos de 2017 em diante. Visto que o RAB é uma base de dados mensal, a fim de se avaliar um histórico da quantidade de aeronaves por modelo, foram comparados os dados do mês de junho (que consiste no mês mais recente disponível de quando foi realizada a consulta) dos anos de 2017 a 2022.

De modo a avaliar a frota de aeronaves das empresas aéreas brasileiras, que são aquelas com maior impacto em termos de ruído aeronáutico, foram filtradas no RAB as aeronaves da categoria Transporte Aéreo Público Regular (TPR) e Transporte Aéreo Público Não Regular, Doméstico ou Internacional (TPN) em situação normal de aeronavegabilidade. Dessa forma, foi possível obter a quantidade de aeronaves utilizadas na aviação comercial por modelo (e por peso de decolagem, que tem expressiva influência no ruído aeronáutico) no período analisado.

Os valores dos níveis de ruído conforme o modelo e o peso de decolagem foram coletados no banco de dados Noise Certification Database (NoisedB), mantida pela autoridade de aviação civil francesa Direction Générale de l'Aviation Civile (DGAC) sob a égide da ICAO ([202-]) (DGAC, c2020). Tal base de dados é utilizada como fonte de informações para diversos órgãos ligados à área. Na ausência de informações de alguma aeronave específica da frota brasileira, os dados foram coletados dos documentos de certificação da EASA, realizando-se uma média da emissão de ruído do modelo de aeronave desejada. O resultado obtido é referente ao aumento cumulativo de rigor em relação ao Estágio 3.

Foi possível observar que o valor de emissão de ruído teve um percentual de crescimento de redução de 4,78%, possivelmente devido à recente modernização das aeronaves e à transformação da frota das empresas aéreas para acompanhar as mudanças tecnológicas.

Se fosse possível incluir dados da frota brasileira de anos anteriores a 2017, é provável que a redução observada teria um resultado menor, uma vez que essas mudanças ocorreram mais expressivamente nos últimos anos.

Em uma comparação de resultados entre essa análise e a descrita em 9.2.1, o valor de redução de ruído é semelhante quando comparado ao encontrado utilizando dados de 1961 e 2030 da EASA, de 4,54%.

9.2.3. Análise com os microdados estatísticos do transporte aéreo

Outro caminho seguido para complementar os resultados obtidos foi utilizar os microdados fornecidos pela ANAC ([2022]), com os quais é possível contabilizar o número de voos realizados por modelo de aeronave. Então, foi calculada a participação relativa de cada modelo e multiplicada pelo seu ruído específico, resultando em uma somatória por ano que equivale ao ruído total produzido. Observou-se uma redução de 4,84%, semelhante ao valor encontrado na análise descrita em 9.2.2, que, por sua vez, apresentou resultado semelhante com o da análise descrita em 9.2.1 para o período de 1961 a 2018.

De forma geral, considerando que o impacto da evolução tecnológica das aeronaves na emissão de ruído demonstrou-se bastante expressivo, é importante compreender que um comportamento que apresente um crescimento mais retraído, sem considerar também a recente transformação da frota brasileira para aeronaves modernas, represente melhor o desempenho futuro no valor de ruído das aeronaves, visto que mudanças bruscas são relativas a momentos específicos e não configuram uma tendência de comportamento.

Dessa forma, considera-se que o esforço empreendido nas análises descritas possibilitou uma maior compreensão do potencial impacto da evolução tecnológica, mas que estudos mais aprofundados são necessários.

9.3. Análise Custo-Benefício (ACB)

A partir de novembro de 2021, por solicitação da SAC/MPOR, o LabTrans/UFSC auxiliou a Secretaria na definição de metodologia e na aplicação de avaliação de viabilidade socioeconômica do PAN 2022-2052, de modo a atender à recomendação do Ministério da Economia, consolidada no *Guia de Análise Custo-Benefício de Projetos de Investimento em Infraestrutura* (BRASIL, 2022a), nos projetos de investimento em infraestrutura no âmbito do transporte aéreo. Tal guia deve ser

utilizado como “[...] referência prática para facilitar a adoção sistemática da metodologia e a capacitação de servidores” (BRASIL, 2022a, não paginado). Ademais, a Escola Nacional de Administração Pública (ENAP), vinculada ao ME, oferece a *Introdução à análise de custo-benefício de projetos de infraestrutura* (ENAP, [2022]), na qual é apresentada a metodologia do guia. A equipe técnica do LabTrans/UFSC participou do curso.

9.4. Contextualização da ACB

A Análise Custo-Benefício (ACB) é uma metodologia que fundamenta a viabilidade socioeconômica de projetos, possibilitando a hierarquização e priorização daqueles que geram maior bem-estar à sociedade. Essa metodologia está consolidada como prática de avaliação de projetos, sobretudo em infraestrutura, com destaque às experiências da União Europeia (EUROPEAN COMMISSION, 2014), Reino Unido (HM TREASURY, 2022), Chile (2013) e Austrália (2018), e está alinhada com recomendações de organismos multilaterais (FMI, 2018).

No Brasil, há esforço do Governo Federal à adoção dessa metodologia, no sentido de aproximar o País das melhores práticas internacionais de seleção de projetos e priorização de investimentos. O Ministério da Economia (ME), por exemplo, pretende que a ACB seja adotada de forma gradativa e sistemática, como ferramenta de avaliação, seleção e suporte à priorização de projetos de investimento em infraestrutura. É do ME a publicação do *Guia Geral de Análise Socioeconômica de Custo-Benefício de Projetos de Investimento em Infraestrutura* (BRASIL, 2021), utilizado como principal referência desse capítulo.

Também nesse contexto, a SAC/MPOR busca utilizar a ACB para fundamentar a escolha de uma rede de aeródromos de interesse para o PAN 2022. A ACB permite avaliar a contribuição líquida de um projeto de investimento (ou grupo de projetos) para o bem-estar da sociedade, permitindo computar o seu retorno socioeconômico. Baseia-se na comparação entre a projeção de custos e benefícios de um projeto, ao longo do seu ciclo de vida, e a projeção desses mesmos efeitos para um cenário sem o projeto, e em sua conversão para uma métrica comum, o valor monetário, possibilitando o cálculo do benefício líquido para a sociedade em valor presente (BRASIL, 2021). Os tópicos que seguem abordam conceitos importantes para o entendimento da aplicação da ACB no PAN, a saber, a diferença entre ACB completa e ACB preliminar, os indicadores de viabilidade e a transformação em preços sociais e, por fim, os custos-benefícios que não devem ser incluídos na análise.

9.4.1. ACB completa e ACB preliminar

A ACB pode ser aplicada de duas formas distintas, a depender do nível de maturidade do projeto. A ACB completa é o exercício de avaliação da viabilidade socioeconômica obtido na fase de estudos detalhados do projeto. Por sua vez, a ACB preliminar é o exercício de avaliação da viabilidade socioeconômica obtido na fase de planejamento do projeto, podendo ser utilizada para selecionar boas alternativas para estudos mais detalhados. Assim, pressupõe-se que a ACB preliminar (mais estratégica e sistêmica) ocorra em um estágio anterior ao desenvolvimento de estudos de viabilidade detalhados (EVTEA), antes de uma definição do escopo do empreendimento e de sua solução técnica que torne mais difícil sua reversão (BRASIL, 2021).

Ressalta-se que o nível de detalhamento e precisão das informações utilizadas em uma ACB pode variar entre a ACB preliminar e a ACB completa. Na fase de análise de pré-viabilidade muitas informações sobre o projeto são desconhecidas. Desse modo, estimativas para a ACB preliminar podem ser feitas com base em médias históricas de projetos semelhantes, ou em parâmetros recomendados pela literatura em geral. Ela utiliza estimativas aproximadas de demanda e outros parâmetros principais, como custos de investimento e operacionais, principais benefícios diretos e externalidades (BRASIL, 2021).

9.4.2. Indicadores de viabilidade socioeconômica

Para o cálculo dos indicadores socioeconômicos, deve-se utilizar a abordagem comparativa ou incremental, que pressupõe a existência de, no mínimo, dois cenários: o cenário do projeto ou alternativo (A) e o cenário base (B). Da diferença entre esses surge o cenário comparativo (C). Nesse contexto, os indicadores socioeconômicos devem ser calculados apenas para o cenário comparativo, pois os custos e benefícios econômicos líquidos resultantes do projeto surgirão apenas a partir desse cenário (BRASIL, 2021). O cálculo de viabilidade socioeconômica dos projetos é sumarizado pelos seguintes indicadores:

- **Valor Social Presente Líquido Comparativo (Δ VSPL):** diferença entre o VSPL do cenário alternativo e o VSPL do cenário-base. O VSPL de um cenário é o somatório dos custos e benefícios líquidos do projeto, trazido ao valor presente por meio da Taxa Social de Desconto (TSD).
- **Taxa de Retorno Econômica (TRE):** taxa de desconto que iguala o Δ VSPL a zero; sendo um indicador de eficiência relativa do investimento, normalmente usada em comparação a uma taxa de retorno mínima de referência (como a TSD).
- **Índice Benefício-Custo (B/C):** corresponde ao valor presente dos benefícios do projeto, dividido pelo valor presente dos custos do projeto; sugere-se seu uso para situação de restrição orçamentária para investimentos.

Na metodologia ACB, destaca-se o papel da TSD, critério de comparação intertemporal referente ao custo de oportunidade do capital, que serve tanto como parâmetro de cálculo para o $\Delta VSPL$ quanto de comparação com o TRE (BRASIL, 2021).

Encontrado o valor para cada indicador, é possível comparar as alternativas de projetos, priorizando aqueles com melhores resultados. Entre os critérios de investimento que sinalizam a viabilidade socioeconômica do projeto, destacam-se (BRASIL, 2021):

- $\Delta VSPL > 0$
- $TRE > TSD$
- $B/C > 1$.

9.4.2.1. Custo ou benefício líquido

Conforme citado, da diferença entre os cenários alternativo e cenário base surge o cenário comparativo, e os indicadores socioeconômicos são calculados apenas para o último. Por isto, não se trata de avaliar os custos, benefícios e indicadores de um projeto ou cenário isoladamente, mas da variação (Δ) destes, obtida a partir da elaboração do cenário comparativo, ou seja, $\Delta CAPEX$, $\Delta OPEX$, $\Delta Emissões$ etc. (BRASIL, 2021).

Na avaliação de custos e benefícios, deve-se observar que um mesmo item de custo pode representar um custo ou um benefício líquido em um projeto, a depender do cenário base escolhido. Uma redução no custo de operação ou no investimento necessário é considerado como um benefício. Por mais que essas contas representem custos em sua origem, apenas por meio do cenário comparativo será possível estabelecer se o item resulta em um custo ou em um benefício econômico líquido (BRASIL, 2021).

9.4.3. Transformação em preços sociais

Na aplicação da ACB, o objetivo principal foca em maior bem-estar à sociedade, e não em maior retorno financeiro. Logo, as variáveis financeiras devem ser expressas em preços sociais, convertidas por meio de fatores de conversão (FCs) específicos. Por sua vez, as variáveis de entrada não monetárias, ligadas aos benefícios e externalidades, precisam ser monetizadas. Dessa forma, dois tratamentos distintos devem ser aplicados (BRASIL, 2021):

- 1. Para os indicadores financeiros (ou já monetizados):** deve-se corrigir as distorções por meio dos FCs, que tratam as imperfeições de mercado, sobretudo a presença do Estado (por meio de impostos ou subsídios), e transformam os preços de mercado em preços sociais. Há diversos fatores de conversão aplicáveis segundo as características do determinado bem ou serviço considerado na análise.
- 2. Para os indicadores não-financeiros:** devem ser monetizados a fim de possibilitar a comparação com os indicadores financeiros.

9.4.3.1. Conversão das variáveis financeiras

As variáveis de entrada financeiras, normalmente relacionadas aos custos dos projetos (por exemplo, CAPEX e OPEX¹⁸), não devem ser inseridas na ACB a preços correntes, pois nestes há o componente de imperfeições de mercado, sobretudo a presença do Estado (por meio de impostos ou subsídios, a depender das características do setor), desequilibrando o preço de mercado. Nesse sentido, para correção dessas distorções, é necessário a aplicação de FCs, que transformam os preços de mercado em preços sociais, que refletem o real custo social de oportunidade dos bens e serviços.

Assim, o FC é definido como o quociente entre os preços sociais e de mercado, conforme a Equação (24). Como resultado, tem-se que o preço social se dá pelo produto do preço de mercado pelo respectivo fator de conversão, conforme a Equação (25).

$$FC = \frac{PS}{PM} \quad (24)$$

$$PS = FC \times PM \quad (25)$$

Onde:

FC = fator de conversão do setor

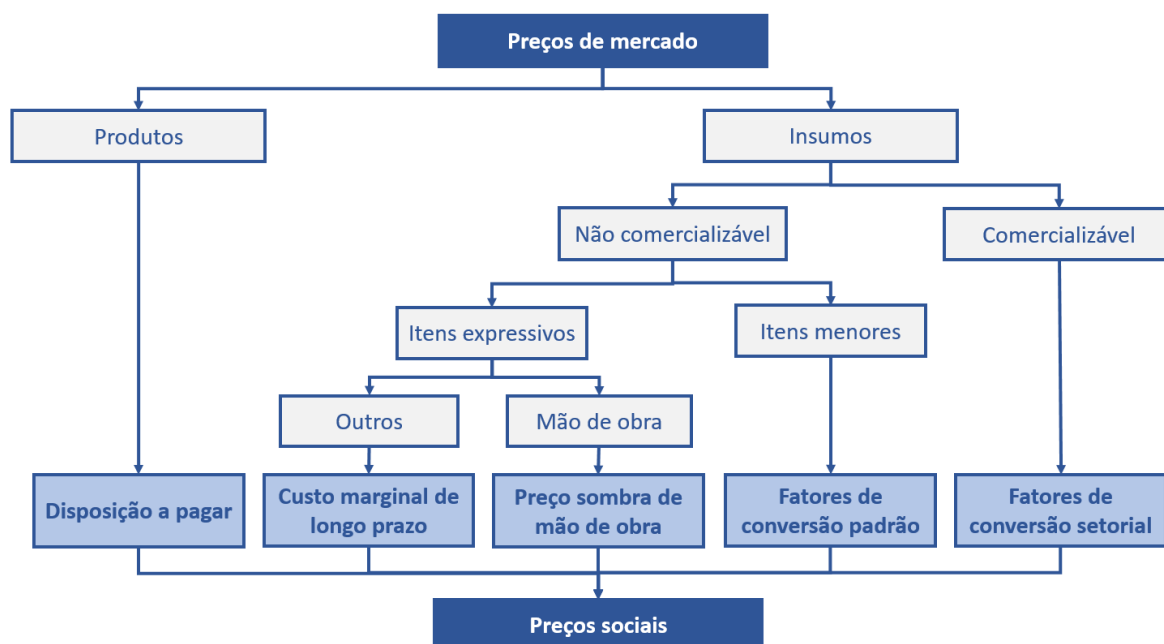
PS = preço social do bem

PM = preço de mercado do bem.

Na prática, há diversos fatores de conversão aplicáveis segundo as características de determinado bem ou serviço considerado na análise. Conforme apresentado na Figura 28, após caracterizado o bem ou serviço, é possível identificar o respectivo fator de conversão que transformará o preço de mercado em preço social.

¹⁸ *Operational Expenditure.*

Figura 28 – Conversão de preços de mercado para preços sociais



Fonte: Brasil (2021). Elaboração: LabTrans/UFSC (2022)

Os fatores de conversão apresentados na Figura 28, conforme a classificação de cada produto ou serviço, estão detalhados a seguir:

- **Disposição a pagar (DAP):** mensura o máximo valor que os consumidores estariam dispostos a pagar por unidade do bem.
- **Custo marginal de longo prazo (CMLP):** variação no custo de longo prazo resultante de variação na quantidade produzida.
- **Preço sombra de mão de obra (PSMO):** mensura o custo de oportunidade social do fator trabalho.
- **Fator de conversão padrão (FCP):** média dos FCs de diversos setores, captando a incidência de distorções na economia.
- **Fator de conversão setorial (FCS):** corrige as distorções, não apenas na produção do item, como também as acumuladas ao longo da cadeia produtiva do respectivo setor.

O *Catálogo de Parâmetros*, publicado pelo ME e Ipea (2022), fornece os valores recomendados de FCs para os principais parâmetros necessários à elaboração de ACBs de projetos de infraestrutura. São definidos no catálogo de parâmetros a TSD, PSMO, FCS e FCP.

Conforme abordado no Guia Geral de ACB (BRASIL, 2021), utilizar os valores definidos no *Catálogo de Parâmetros* permite a comparabilidade entre projetos, obtida a partir da utilização de parâmetros padronizados e a mitigação do potencial viés de otimismo na análise de projetos, decorrente do fornecimento dos principais parâmetros por unidade isenta quanto à promoção de projetos específicos.

9.4.3.2. Monetização das variáveis não financeiras

As variáveis de entrada não monetárias, normalmente ligadas aos benefícios e externalidades, precisam ser monetizadas a fim de possibilitar sua comparação com aquelas variáveis financeiras, expressas em preços sociais após a conversão com o FC adequado. Destaca-se que, após serem precificadas, as variáveis inicialmente não monetárias não precisam ser convertidas a preços sociais, pois sua composição não traz imperfeições de mercado.

No *Guia da Comissão Europeia* (EUROPEAN COMMISSION, 2014), são listados alguns efeitos encontrados em projetos de infraestrutura e seu respectivo método de avaliação, apresentados no Quadro 10. Destaca-se que os efeitos financeiros são avaliados pelo valor de mercado, enquanto para os não monetários há uma gama de possibilidades de mensuração e tratamento, a depender de suas características.

Quadro 10 – Benefícios (custos) econômicos típicos de projetos de transporte

Efeito	Método de Avaliação
Economia de tempo de viagem	- Preferências declaradas - Preferências reveladas - Abordagem de redução de custos
Economia de custos operacionais de veículos	Valor de mercado
Custos operacionais das operadoras	Valor de mercado
Economia de acidentes	- Preferências declaradas - Preferências reveladas (método de salário hedônico) - Abordagem de capital humano
Variação nas emissões de ruído	- Compensação Disposição a pagar (DAP)/Disposição a aceitar (DAC) - Método de preços hedônicos
Variação na poluição do ar	Preço sombra de poluentes atmosféricos
Variação nas emissões de gás de efeito estufa	Preço sombra das emissões de gás de efeito estufa

Fonte: European Comission (2014). Elaboração: LabTrans/UFSC (2023)

Há diversos esforços de padronização dos valores das variáveis não financeiras, entre eles destaca-se o mais recente *Catálogo de Parâmetros* (IPEA, 2022), que possui como objetivo padronizar as principais premissas de uso comum em avaliações socioeconômicas de todos os setores de infraestrutura. Conforme a publicação, a padronização reduz o esforço analítico requerido, permite a comparabilidade entre projetos e a mitigação do potencial viés de otimismo na análise de projetos, decorrente da utilização de valores fornecidos por unidade isenta quanto à promoção de projetos específicos.

Outra publicação de parâmetros foi feita pela EPL. Os *Parâmetros de custo-benefício para projetos de infraestrutura de transportes* (EPL, 2019) trazem valores de custo de transporte por tipo de veículo, custo dos acidentes por gravidade, além de informações sobre a ocupação média dos veículos e quantidade de CO₂ produzido no transporte, entre outros.

9.5. Metodologia da ACB no PAN

Incluído no *Planejamento Tático Federal de Transportes* (BRASIL, 2021), o PAN é responsável por propor iniciativas setoriais do modo de transporte aéreo para todo o território nacional, em um horizonte de planejamento de 30 anos (2023-2052). Nesse contexto, a ACB é aplicada em sua forma preliminar, ou seja, utilizando dados paramétricos de custos e estimativas preliminares de demanda, obtidas em uma modelagem de rede, tendo como objetivos:

- Auxiliar na análise de seleção de um conjunto de aeródromos (também chamado de rede ou cenário) com a melhor relação custo-benefício social, de forma que os ganhos sociais resultantes, além de superar os custos envolvidos do projeto, atendam aos objetivos e interesses de desenvolvimento do sistema de aeródromos para o PAN.
- Dar subsídios para a seleção dos aeródromos com vocação para o *Plano Setorial de Parcerias* ou para *Investimento Público*, indicando os aeródromos para a confecção da ACB completa, bem como estudos posteriores de Estudo de Viabilidade Técnica, Econômica e Ambiental (EVTEA).

A Figura 29 apresenta o fluxo geral proposto para a aplicação da ACB preliminar no PAN. O fluxo contém cinco etapas sequenciais. A primeira refere-se à definição de cenários a partir de combinações do escopo total de aeródromos. Primeiro foram definidos o cenário base e os cenários alternativos, utilizando a ferramenta que aplica o modelo de Regressão Logística (LOGIT) em conjunto com o modelo de otimização P-Mediana. Após a definição dos cenários, parte-se para a etapa de alocação da demanda projetada e posterior cálculo dos custos e benefícios de cada cenário. Em seguida, calculam-se os indicadores da ACB para cada cenário, a saber $\Delta VSPL$, IBC e TRE. Por fim, há a etapa de análise de risco e indicação final do cenário do PAN.

Figura 29 – Fluxo geral de aplicação da ACB



Elaboração: LabTrans/UFSC (2022)

9.5.1. Definição dos cenários

A etapa de definição dos cenários inclui a definição do cenário base do PAN e dos N cenários alternativos.

9.5.1.1. Cenário base

Define-se o cenário base do PAN como o conjunto de aeródromos que estão recebendo, ou com vias de receber, voos comerciais regulares dentro do contexto de um cenário de fazer o mínimo (BRASIL, 2021).

Tabela 76 – Processo metodológico de identificação e escolha do cenário base para o ACB no PAN

Guia ACB:		Interpretação para "Rede de projetos"
<u>Cenário alternativo</u> : cenário com projeto		"projeto": são as várias redes alternativas. Então, o cenário alternativo é o cenário com a rede alternativa, contemplando os vários aeródromos inseridos nessa rede, e as valorações dos custos-benefícios sociais intrínsecos a ela.
<u>Cenário base</u> : cenário mais provável na ausência do projeto, também chamado de cenário contrafactual.	Cenário <i>Business As Usual</i> (BAU) : um tipo de <u>cenário base</u> que contempla custos e benefícios para operar e manter o serviço em seu nível habitual de qualidade.	É, por conceito, um cenário onde se considera a "rede de hoje", para comparação do ΔVSPL entre este cenário e os cenários alternativos para escolha.
	Cenário Fazer o Mínimo : um tipo de <u>cenário base</u> que prevê apenas pequenos investimentos previamente programados, além de custos e benefícios contemplados no BAU.	

Fonte: Brasil (2022). Elaboração: LabTrans/UFSC (2023)

O cenário base a ser considerado advém de uma rede de aeródromos selecionada a partir do conceito de cenário fazer o mínimo, isto é, contempla o cenário BAU e os investimentos em curso e previstos em aeródromos, que estão recebendo, ou com vias de receber voos comerciais regulares.

Dessa forma, foram selecionados 123 aeródromos, conforme os seguintes critérios:

- Aeródromos públicos concedidos
- Aeródromos públicos voltados à aviação comercial regular que:
 - Movimentaram a partir de 2 mil passageiros em pelo menos 2 dos últimos 6 anos (2017-2022¹⁹)²⁰
 - Movimentaram pelo menos 2 mil passageiros considerando os últimos 2 anos (2021 ou 2022¹⁹)²⁰.

A lista dos aeródromos do cenário base encontra-se no Apêndice 4.

9.5.1.2. Cenários alternativos

Considerando que foram levantados 941 aeródromos que podem compor os cenários alternativos, desenvolveu-se um método específico para diminuir o escopo de cenários para o cálculo dos indicadores da ACB.

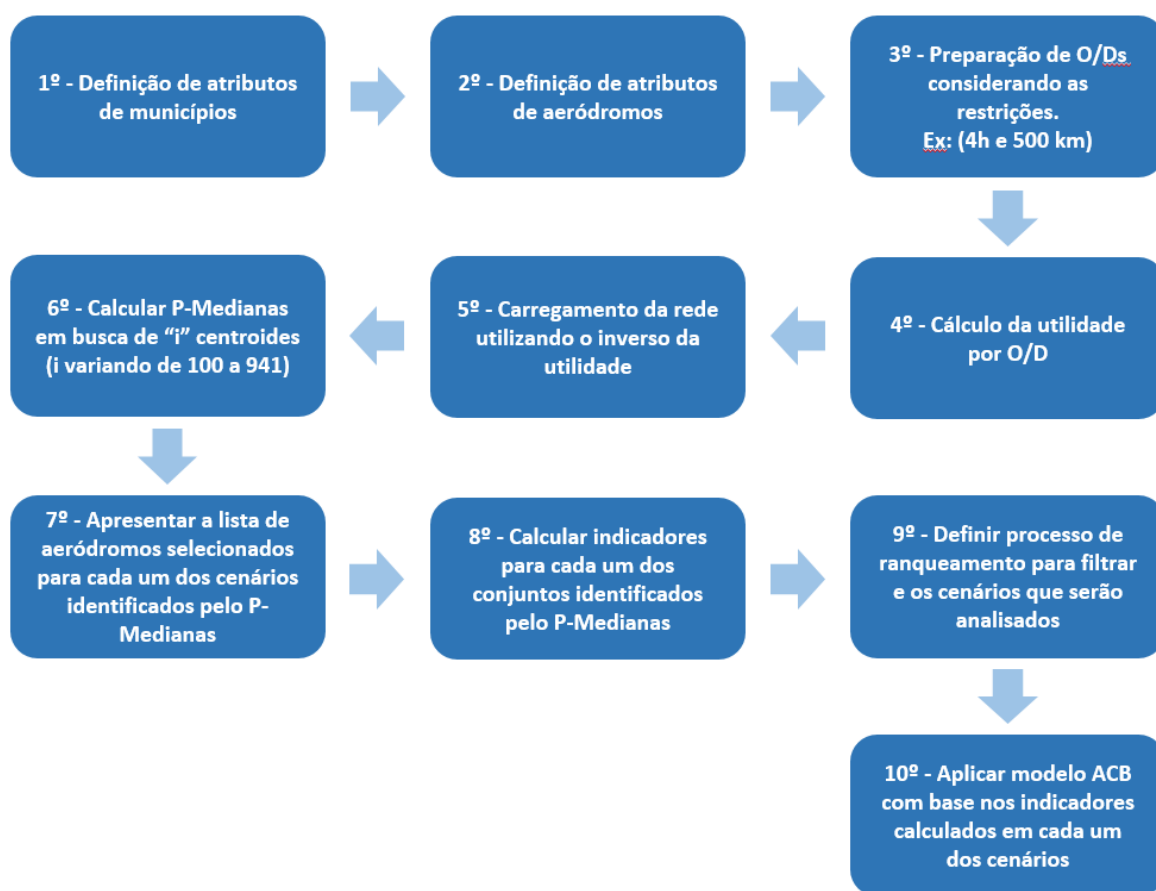
O método proposto baseia-se na aplicação de um modelo LOGIT para o cálculo das impedâncias de cada aeródromo para cada centroide²¹ de demanda (par centroide-aeródromo). A partir desses valores, cria-se um grafo em que se aplicam métodos de busca para a localização de p -medianas. Assim, busca-se localizar os p nós (aeródromos), de forma a minimizar a soma global da desutilidade, tendo em vista cada par de origem (centroide) e destino (aeródromo). A partir da aplicação do método, serão obtidos os melhores cenários para a aplicação da ACB e, por fim, para a seleção do cenário de maior valor. O método é resumido na Figura 30.

¹⁹ Os dados de 2022 foram extrapolados para uma estimativa anual.

²⁰ Os aeródromos que estavam fechados para obras ou em que houve migração de demanda ignoram esse critério.

²¹ Centroide da UTP, *vide* capítulo 2.

Figura 30 – Processo de desenvolvimento de modelagem para otimização



Elaboração: LabTrans/UFSC (2022)

A regressão logística é uma forma especializada de regressão que é formulada para prever e explicar uma variável categórica binária (dois grupos). É uma técnica capaz de obter a probabilidade de ocorrência de determinado evento, variável dependente, e a contribuição de cada uma das variáveis independentes (que podem ser métricas ou categóricas) no evento estudado.

A utilidade resultante de uma escolha individual pode ser definida em termos de atributos inerentes ao produto, ou seja, a função utilidade relaciona os valores dos atributos com a utilidade do produto de forma que essa utilidade é uma função dos atributos do produto, conforme a Equação (26):

$$U_j = f(s_1, s_2, \dots, s_n) \quad (26)$$

Onde:

U = utilidade do aeródromo j

$s^T \equiv (s_1, s_2, \dots, s_n)$ = vetor com variáveis independentes do modelo de regressão múltipla (LOGIT). Parte dessas variáveis é atributo dos municípios de origem do indivíduo e uma outra parte é atributo do aeródromo.

A título de exemplo, seguem alguns tributos do município e de aeródromos a serem considerados na modelagem como variáveis dependentes:

- s_1 - População.
- s_2 - Nº de empresas.
- s_3 - *Yield*.
- s_4 - Nº de voos.
- s_5 - Nº de destinos.
- s_6 - Nº de empresas.
- ...
- s_n - etc.

Por outro lado, uma variável dependente Y pode ser expressa como uma variável binária que indica se o evento ocorreu ($Y = 1$) ou não ($Y = 0$). A variável dependente na regressão logística, como é binária, segue a distribuição de Bernoulli, tendo apenas duas categorias (por exemplo, valor 1 ou 0).

$$Y = \begin{cases} 1, & \text{se ocorrer sucesso} \\ 0, & \text{se ocorrer fracasso} \end{cases}$$

A título de exemplo, a variável dependente Y , que assume valores binários, pode representar dois grupos de interesse: a variável Y assume valor 1 quando a população do município i escolhe o aeródromo j , considerando as variáveis dependentes acima; ou a variável Y assume valor 0 quando a população do município i não escolhe o aeródromo j , considerando as variáveis dependentes acima.

Na regressão logística é feita a estimação da probabilidade desconhecida p , dada uma combinação linear de variáveis independentes. A função LOGIT faz o *link* da combinação linear das variáveis independentes com a variável dependente, a qual é binária (seguindo uma distribuição de Bernoulli).

Portanto, indivíduos têm diferentes sensibilidades para o custo e para determinados atributos, de modo que distintos clientes escolhem diferentes aeródromos dentro de um limite razoável de racionalidade. Esse comportamento pode ser representado por um modelo LOGIT.

O processo de estimação dos coeficientes logísticos é semelhante ao da regressão, salvo que nesse caso somente dois valores reais são utilizados para a variável dependente: 0 e 1. Os coeficientes para as variáveis independentes são estimados através da Equação (27).

$$Logit_i = \ln\left(\frac{p}{1-p}\right) = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \dots + \beta_n X_n \quad (27)$$

Ou, através da Equação (28) que é a inversa da função LOGIT e que retornará a probabilidade da variável dependente Y ser igual a 1 (evento de interesse).

$$Y = Logit^{-1} = \frac{1}{1 + e^{-(\beta_0 + \beta_1 X_1 + \dots + \beta_n X_n)}} = \frac{e^{\beta_0 + \beta_1 X_1 + \dots + \beta_n X}}{1 + e^{\beta_0 + \beta_1 X_1 + \dots + \beta_n X}} \quad (28)$$

Com a linearização da Equação (29), aplicando o logaritmo natural \ln , tem-se a função utilidade representada na Equação (30):

$$g_{ij}(s) = \beta_0 + \beta_1 s_1 + \beta_2 s_2 + \dots + \beta_n s_n \quad (29)$$

Após feitos a estimação e os testes de significância, deve ser realizada a seleção de variáveis a incluir no modelo final através de métodos disponíveis. Em seguida, faz-se o diagnóstico do modelo utilizando o Resíduo de Pearson.

A variável dependente resultante do modelo LOGIT será utilizada na próxima etapa como forma de impedância entre os pares O/D (município e aeródromo).

O problema de p-medianas pode ser modelado como o seguinte problema de programação inteira binária, conforme a Equação (30):

$$z = \text{Min} \sum_{i \in N} \sum_{j \in N} d_{ij} x_{ij} \quad (30)$$

Sujeito a:

$$\sum_{i \in N} x_{ij} = 1 ; \quad j \in N$$

$$\sum_{j \in N} y_j = p$$

$$x_{ij} \leq y_j ; \quad i, j \in N$$

$$x_{ij} \in \{0,1\} ; \quad i, j \in N$$

Onde:

$n = n^o$ de nós no grafo

d_{ij} = custo entre os pares i e j referente à desutilidade obtida na Regressão Logística Nos pares i, j distantes mais de 4 horas entre si, serão considerados valores muito altos ($\sim \infty$)

$d_{ii} = 0, \forall i \in N$. Os aeródromos considerados especiais serão incondicionalmente ativos

$\begin{bmatrix} x_{ij} \end{bmatrix}_{n \times n}$ = matriz de alocação, com $x_{ij} = 1$ se o nó i é alocado à mediana j , e $x_{ij} = 0$, caso contrário

$y_j = 1$ se o nó j é uma mediana e, caso contrário, $y_j = 0$

P = número de medianas.

Essa formulação resulta em um problema NP-hard. A solução por *softwares* especializados em programação matemática torna impossível sua solução com N próximo de 1.000, como é o caso em questão. Portanto, esse problema pode ser resolvido de modo aproximado (eurísticas), por exemplo, por meio de algoritmos como o da Busca Tabu, o algoritmo genético e o de Teitz e Bart, o qual costuma ser mais eficiente. Por fim, após N aplicações da busca de p-medianas, calcula-se um conjunto de indicadores para cada cenário e procede-se com o ranqueamento destes conforme os indicadores. A partir da lista reduzida de cenários, é possível aplicar o método ACB simplificado.

9.5.2. Alocação da demanda nos aeródromos e nas rotas

Cada cenário definido deve ter sua demanda simulada na etapa de alocação. A etapa de alocação da demanda (Figura 31) refere-se à simulação da captação da demanda pelos aeródromos contidos em cada cenário. Ou seja, nessa etapa a demanda vinculada ao território (UTPs) é transferida para os aeródromos dos cenários simulados. Mais detalhes podem ser consultados em 3.1.6 do capítulo de projeção de demanda.

Figura 31 – Resumo das etapas do modelo de alocação

PARA CADA ANO DO HORIZONTE DE PLANEJAMENTO:

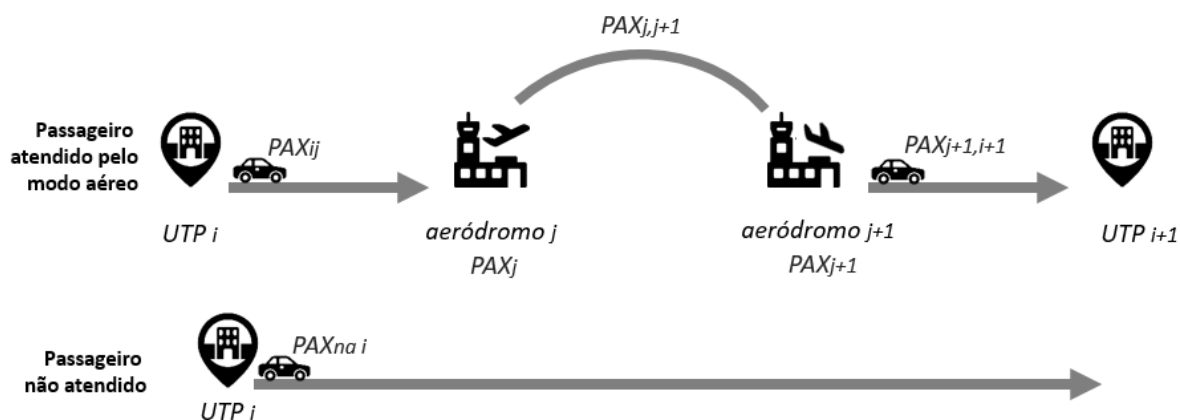


Elaboração: LabTrans/UFSC (2022)

Além do modelo de alocação da demanda nos aeródromos, um modelo específico foi desenvolvido inicialmente pela SAC/MPOR para a distribuição da demanda de cada aeródromo nas rotas aéreas. O modelo considera critérios de infraestrutura dos aeródromos, distância entre estes e informações de demanda da Matriz O/D, os detalhes do modelo se encontram no Apêndice 6. A partir da demanda calculada de cada rota, infere-se o *mix* de aeronaves de cada rota e consequentemente o número de assentos, tempo de voo e consumo de QAV.

Do resultado da alocação da demanda nos aeródromos e nas rotas extrai-se todas as informações relacionadas à demanda para o cálculo dos custos dos cenários simulados. A Figura 32 e a lista que segue apresentam como essas informações foram estruturadas com o objetivo de facilitar os cálculos de custo.

Figura 32 – Informações extraídas do modelo de alocação da demanda e distribuição de demanda nas rotas



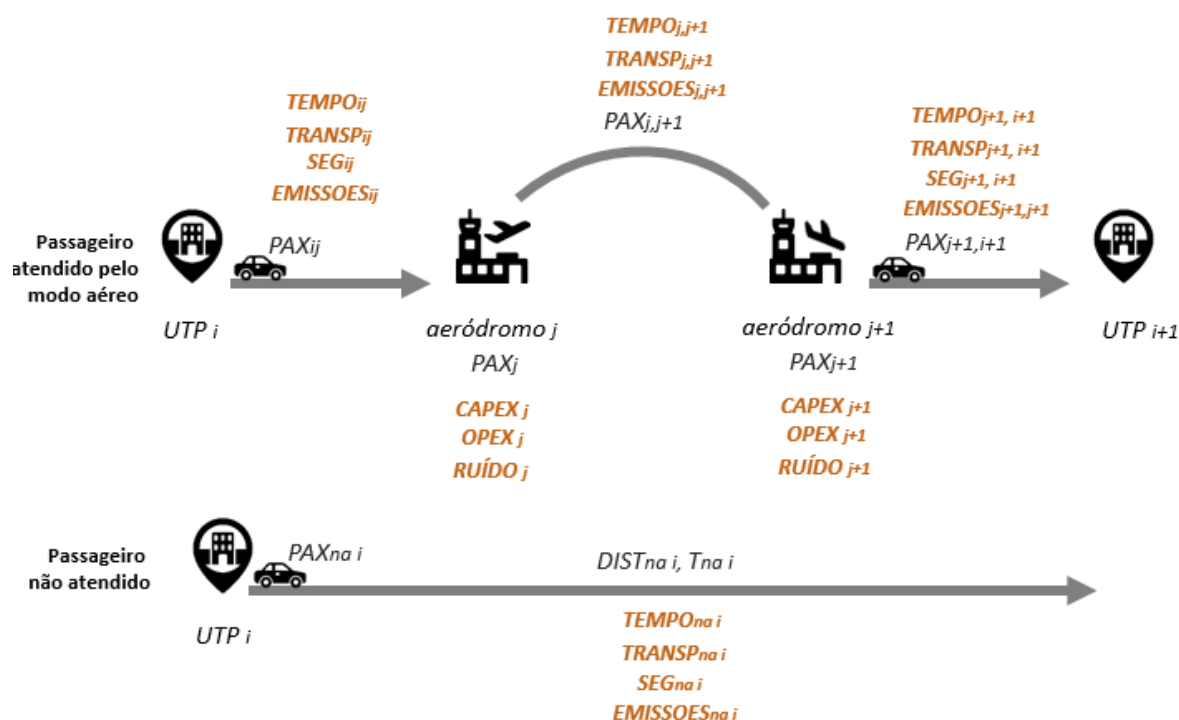
Elaboração: LabTrans/UFSC (2022)

- UTP (i): Unidade Territorial de Planejamento, conforme definido no capítulo 2 e utilizado no modelo de demanda
- Aeródromo (j): aeródromo j pertencente ao cenário simulado
- PAX_{ij} / $PAX_{j,i}$: quantidade de passageiros da UTP i que embarcaram no aeródromo j / quantidade de passageiros que desembarcaram no aeródromo j com destino à UTP i
- $PAX_{na\ i}$: quantidade de passageiros potenciais da UTP i não atendidos pelo modo aéreo, conforme modelo de 3.1.7
- PAX_j : movimentação de passageiros no aeródromo j
- $PAX_{j,j+1}$: passageiros movimentados na rota entre os aeródromos j e $j+1$.

9.5.3. Cálculo dos custos e benefícios

Após a alocação da demanda nos aeroportos e na malha aérea, parte-se para o cálculo dos custos e benefícios de cada cenário. A Figura 33 e o Quadro 11 apresentam os Custos/Benefícios considerados na ACB para o PAN 2022.

Figura 33 – Custos/Benefícios considerados na ACB para o PAN



Elaboração: LabTrans/UFSC (2022)

São calculados o CAPEX, OPEX, Ruído, Gases de Efeito Estufa (GEE), Valor do tempo e o Custo Operacional de Transporte e Segurança. Para facilitar a análise, os custos foram desagregados em custos vinculados à infraestrutura, do Lado Ar, do Lado Terra e relativo aos passageiros não atendidos.

Quadro 11 – Custos e benefícios calculados pelo LabTrans/UFSC

Custos/benefícios	Tipo	Natureza	Classificação
Custo de capital (CAPEX)	Infraestrutura	-	Monetária
Custo operacional (OPEX)	Infraestrutura	-	Monetária
Ruído	Lado Ar	-	Não monetária
Gases de Efeito Estufa (GEE)	Lado Terra	PAX	Não monetária
	Lado Ar	PAX	Não monetária
	Não atendido	PAX	Não monetária
Valor do tempo	Lado Terra	PAX	Não monetária
	Lado Ar	PAX	Não monetária
	Não atendido	PAX	Não monetária
Custo operacional de transporte	Lado Terra	PAX	Não monetária
	Lado Ar	PAX	Não monetária
	Não atendido	PAX	Não monetária
Segurança	Lado Terra	PAX	Não monetária
	Não atendido	PAX	Não monetária

Elaboração: LabTrans/UFSC (2022)

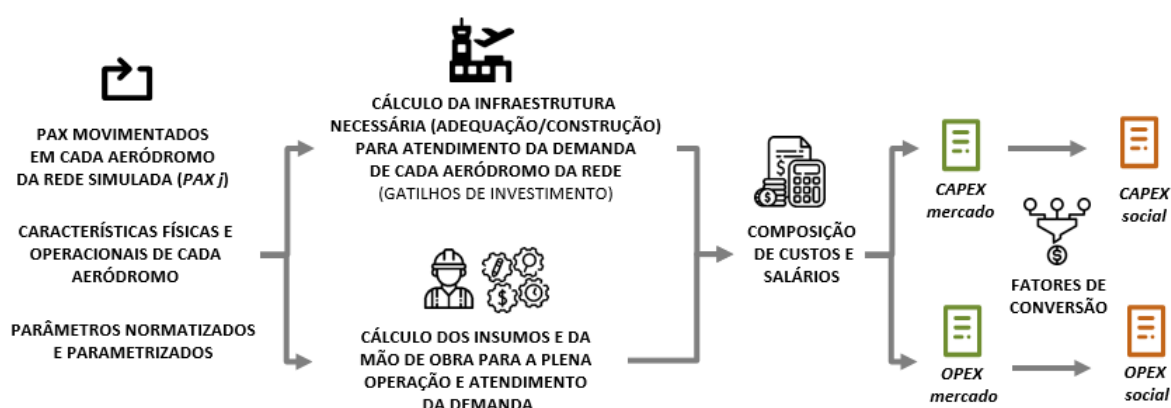
A classificação dos custos-benefícios em monetários e não monetários informa o tipo de tratamento a ser aplicado. Como previamente explicado, as variáveis monetárias são aquelas expressas em preços de mercado e, portanto, precisam ter seus valores convertidos para preços sociais. Já as variáveis não monetárias precisam ser monetizadas para que se possa identificar seus custos e benefícios em uma métrica passível de comparação.

9.5.3.1. CAPEX e OPEX

O CAPEX é o valor necessário de investimentos para a construção e para as adequações físicas dos aeródromos. E o OPEX é o custo em relação aos insumos e mão de obra para a contínua operação dos aeródromos. Para o cálculo desses custos foram utilizados dois simuladores especializados, desenvolvidos na cooperação entre SAC/MPOR e LabTrans/UFSC. A Figura 34 apresenta o processo para obtenção dos valores de CAPEX social e OPEX social das redes simuladas na ACB.

Figura 34 – Processo para obtenção do CAPEX e OPEX a preços de mercado

PARA CADA ANO DO HORIZONTE DE PLANEJAMENTO:



Elaboração: LabTrans/UFSC (2022)

Tanto o simulador de CAPEX como o de OPEX utilizam como dados de entrada informações de passageiros movimentados (PAX_j), características físicas/operacionais dos aeródromos e parâmetros que podem ser tanto normatizados (por exemplo, equipes de AVSEC, bombeiros etc.) como parametrizados a partir de dados de projetos anteriores. Informações detalhadas podem ser consultadas no material próprio dos simuladores.

Os simuladores apresentam os custos de investimento e operação a preços de mercado. Dessa forma, especificamente para uso na ACB, melhorias foram realizadas nas ferramentas para permitir o cálculo desagregado dos custos relacionados a bens e a mão de obra. Isso possibilita a aplicação dos FC específicos que transformam os preços de mercado em preços sociais.

A Equação (31) apresenta a fórmula de cálculo do CAPEX e a (32) apresenta a fórmula de cálculo do OPEX.

$$Custo_{CAPEX} = \sum_j \sum_t (capex_{jt}(PAX_j, C_j)). FC_t \quad (31)$$

$$Custo_{OPEX} = \sum_j \sum_t (opex_{jt}(PAX_j, C_j)). FC_t \quad (32)$$

Onde:

j = aeródromo j

t = tipo de custo t , podendo ser custo de mão de obra, custo de bens comercializáveis, custo de bens não comercializáveis e serviços

$Custo_{CAPEX}$ = CAPEX social do cenário simulado

$capex_{jt}(PAX_j, C_j)$ = valor de CAPEX de tipo t simulado para o aeroporto j , dependente da demanda projetada (PAX_j) e características físicas/operacionais (C_j)

$Custo_{OPEX}$ = OPEX social do cenário simulado

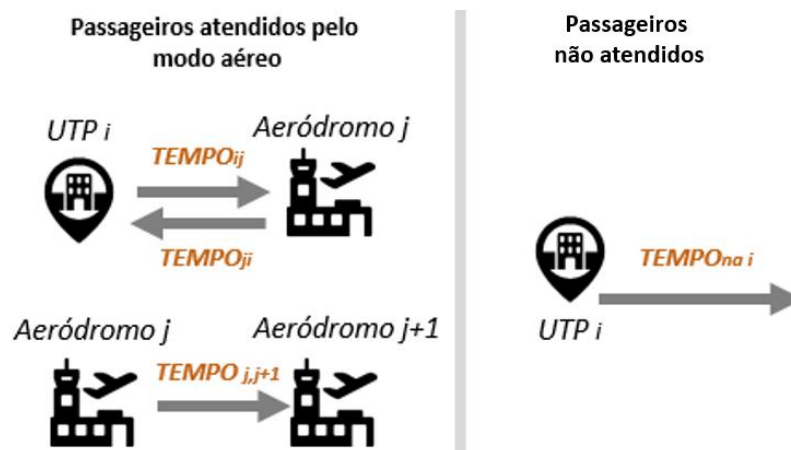
$opex_{jt}(PAX_j, C_j)$ = valor de OPEX de tipo t simulado para o aeroporto j , dependente da demanda projetada (PAX_j) e características físicas/operacionais (C_j)

FC_t = Fator de Conversão para o tipo de custo t (Apêndice 3).

9.5.3.2. Tempo de deslocamento

O custo de tempo de deslocamento consiste na somatória da disposição individual a pagar pela redução nos tempos de deslocamentos. É utilizado para precificar o benefício direto de variações no tempo de viagem decorrentes dos projetos (FERRARI *et al.*, 2020). Na atual aplicação possui quatro componentes, apresentados na Figura 35 e descritos na Equação (33).

Figura 35 – Componentes do custo do tempo de deslocamento



Elaboração: LabTrans/UFSC (2022)

$$Custo_{tempo} = TEMPO_{acesso} + TEMPO_{saida} + TEMPO_{aereo} + TEMPO_{na} \quad (33)$$

Onde:

j = aeródromo j

i = centroide da UTP i

$TEMPO_{ij}$ = custo do tempo de deslocamento não aéreo da origem (centroide da UTP i) até o aeródromo de embarque j

$TEMPO_{ji}$ = custo do tempo de deslocamento não aéreo do aeródromo de desembarque j até o destino (centroide da UTP i)

$TEMPO_{j,j+1}$ = custo do tempo de deslocamento aéreo do aeródromo de embarque j até o aeródromo de desembarque $j + 1$

$TEMPO_{na i}$ = custo do tempo de deslocamento não aéreo dos passageiros potenciais não atendidos pelo modo aéreo.

Os componentes $TEMPO_{ij}$, vide Equação (34), $TEMPO_{ji}$, vide Equação (35), e $TEMPO_{na i}$, vide Equação (36), são custos provenientes dos deslocamentos não aéreos, e são calculados utilizando informações do modelo de alocação, onde é possível obter a quantidade de passageiros nos deslocamentos relativos a cada um dos três componentes.

$$TEMPO_{ij} = \sum_i \sum_j (PAX_{ij} \cdot T_{ij}) \cdot Valor_{tempo} \quad (34)$$

Onde:

j = aeródromo j

i = centroide da UTP i

$TEMPO_{ij}$ = custo do tempo de deslocamento não aéreo da origem (centroide da UTP i) até o aeródromo de embarque j

PAX_{ij} = passageiros da UTP i que embarcar no aeródromo j

T_{ij} = tempo entre UTP i e aeródromo j

$Valor_{tempo}$ = valor monetizado do tempo (R\$/h.pax) (Apêndice 3).

$$TEMPO_{ji} = \sum_j \sum_i (PAX_{ji} \cdot T_{ji}) \cdot Valor_{tempo} \quad (35)$$

Onde:

j = aeródromo j

i = centroide da UTP i

$TEMPO_{ji}$ = custo do tempo de deslocamento não aéreo do aeródromo de desembarque j até o destino (centroide da UTP i).

PAX_{ji} = passageiros desembarcados no aeródromo j que se deslocam até a UTP i

T_{ji} = tempo entre aeródromo j e UTP i

$Valor_{tempo}$ = valor monetizado do tempo (R\$/h.pax) (Apêndice 3).

$$TEMPO_{na i} = \sum_i (PAX_{na i} \cdot T_i) \cdot Valor_{tempo} \quad (36)$$

Onde:

i = centroide da UTP i

$TEMPO_{na i}$ = custo do tempo de deslocamento não aéreo dos passageiros potenciais não atendidos pelo modo aéreo

$PAX_{na i}$ = passageiros não atendidos da UTP i

T_i = tempo médio de deslocamento não aéreo da UTP i (Apêndice 9)

$Valor_{tempo}$ = valor monetizado do tempo (R\$/h.pax) (Apêndice 3).

Por sua vez, o componente $TEMPO_{j,j+1}$, vide Equação (37), é o custo proveniente dos deslocamentos aéreos, e são calculados utilizando informações do simulador de rotas apresentado no Apêndice 6.

$$TEMPO_{j,j+1} = \sum_j \sum_j (PAX_{j,j+1} \cdot T_{j,j+1}) \cdot Valor_{tempo} \quad (37)$$

Onde:

j = aeródromo j

$TEMPO_{j,j+1}$ = custo do tempo de deslocamento aéreo do aeródromo de embarque j até o aeródromo de desembarque $j+1$

$PAX_{j,j+1}$ = passageiros da rota aérea entre os aeródromos j e $j + 1$ (Apêndice 6)

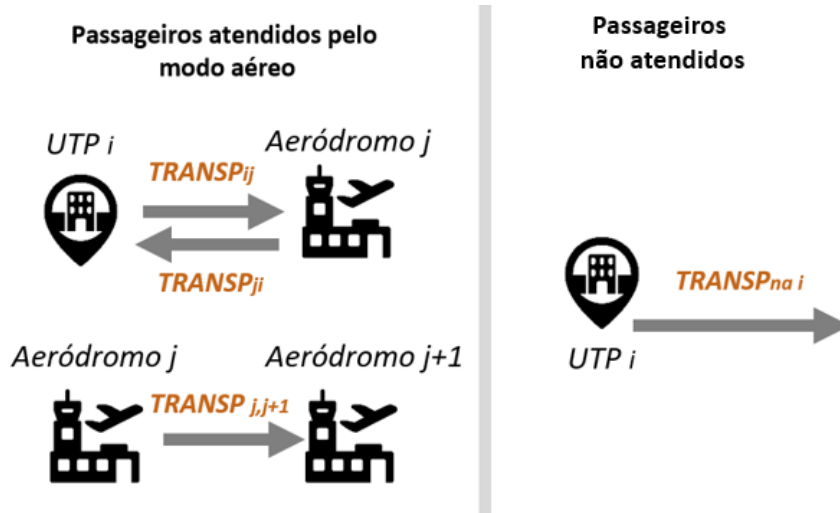
$T_{j,j+1}$ = tempo de voo entre os aeródromos j e $j + 1$ (Apêndice 6)

$Valor_{tempo}$ = valor monetizado do tempo (R\$/h.pax) (Apêndice 3).

9.5.3.3. Operação do transporte

Os custos de operação do transporte são os custos associados à operação e à manutenção dos veículos, e incluem consumo de combustíveis, manutenção e depreciação (NCHRP, 2012). Similar ao custo de tempo de deslocamento, esse custo foi dividido em quatro componentes, apresentados na Figura 36 e descritos na Equação (38).

Figura 36 – Componentes do custo de operação do transporte



Elaboração: LabTrans/UFSC (2022)

$$Custo_{transp} = TRANSP_{ij} + TRANSP_{ji} + TRANSP_{j,j+1} + TRANSP_{na i} \quad (38)$$

Onde:

j = aeródromo j

i = centroide da UTP i

$TRANSP_{ij}$ = custo de operação do transporte não aéreo da origem (centroide da UTP i) até o aeródromo de embarque j

$TRANSP_{ji}$ = custo de operação do transporte não aéreo do aeródromo de desembarque j até o destino (centroide da UTP i)

$TRANSP_{j,j+1}$ = custo de operação do transporte aéreo do aeródromo de embarque j até o aeródromo de desembarque $j + 1$

$TRANSP_{na i}$ = custo de operação do transporte não aéreo dos passageiros potenciais não atendidos pelo modo aéreo.

Os componentes $TRANSP_{ij}$, vide Equação (39), $TRANSP_{ji}$, vide Equação (40) e $TRANSP_{na i}$, vide Equação (41), são custos provenientes dos deslocamentos não aéreos e são calculados utilizando informações do modelo de alocação, onde é possível obter a quantidade de passageiros (e consequentemente a quantidade de veículos) nos deslocamentos relativos a cada um dos três componentes.

$$TRANSP_{ij} = \sum_i \sum_j \sum_k \left(\%_{kj} \cdot \frac{PAX_{ij}}{O_k} \cdot D_{ij} \right) \cdot Valor_{transp\ k} \quad (39)$$

Onde:

j = aeródromo j

i = centroide da UTP i

k = modo de transporte não aéreo (carro ou ônibus)

$TRANSP_{ij}$ = custo de operação do transporte não aéreo da origem (centroide da UTP i) até o aeródromo de embarque j

$\%_{kj}$ = participação do modo de transporte k no deslocamento ao aeródromo j (Apêndice 8)

PAX_{ij} = passageiros da UTP i que embarcam no aeródromo j

O_k = ocupação média do veículo de tipo k (Apêndice 3)

D_{ij} = distância entre UTP i e aeródromo j

$Valor_{transp\ k}$ = valor monetizado do custo de transporte (R\$/pax.km) (Apêndice 3).

$$TRANSP_{ji} = \sum_j \sum_i \sum_k \left(\%_{kj} \cdot \frac{PAX_{ji}}{O_k} \cdot D_{ji} \right) \cdot Valor_{transp\ k} \quad (40)$$

Onde:

j = aeródromo j

i = centroide da UTP i

k = modo de transporte não aéreo (carro ou ônibus)

$TRANSP_{ji}$ = custo de operação do transporte não aéreo do aeródromo de desembarque j até o destino (centroide da UTP i)

$\%_{kj}$ = participação do modo de transporte k no deslocamento do aeródromo j (Apêndice 8)

PAX_{ji} = passageiros desembarcados no aeródromo j que se deslocam até a UTP i

O_k = ocupação média do veículo de tipo k (Apêndice 3)

D_{ji} = distância entre o aeródromo j e UTP i

$Valor_{transp\ k}$ = valor monetizado do custo de transporte (R\$/pax.km) (Apêndice 3).

$$TRANSP_{na\ i} = \sum_i \sum_k \left(\%_{ki} \cdot \frac{PAX_{na\ i}}{O_k} \cdot D_i \right) \cdot Valor_{transp\ k} \quad (41)$$

Onde:

i = centroide da UTP i

k = modo de transporte não aéreo (carro ou ônibus)

$TRANSP_{na\ i}$ = custo de operação do transporte dos passageiros potenciais não atendidos pelo modo aéreo

$\%_{ki}$ = participação do modo de transporte k nas viagens interestaduais da UTP i (Apêndice 8)

$PAX_{na\ i}$ = passageiros não atendidos da UTP i

O_k = ocupação média do veículo de tipo k (Apêndice 3)

D_i = distância média de deslocamento não aéreo da UTP i (Apêndice 9)

$Valor_{transp\ k}$ = valor monetizado do custo de transporte (R\$/pax.km) (Apêndice 3).

O componente $TRANSP_{j,j+1}$, vide Equação (42), é o custo proveniente da operação das aeronaves nos deslocamentos aéreos e é calculado utilizando informações do simulador de novas rotas apresentado no Apêndice 6.

$$TRANSP_{j,j+1} = \sum_j \sum_j (ASK_{j,j+1}) \cdot CASK_{j,j+1} \quad (42)$$

Onde:

j = aeródromo j

$TRANSP_{j,j+1}$ = custo de operação do transporte aéreo do aeródromo de embarque j até o aeródromo de desembarque $j + 1$

$ASK_{j,j+1}$ = assentos-quilômetros oferecidos da rota entre os aeródromos j e $j + 1$ (calculado no simulador de novas rotas, ver (Apêndice 6))

$CASK_{j,j+1}$ = custo (R\$) por assento-quilômetro oferecidos da rota entre os aeródromos j e $j + 1$ (Apêndice 7).

9.5.3.4. Segurança

O custo de segurança é associado à disposição média a pagar por variações marginais na probabilidade de fatalidade, refletida nas escolhas individuais relacionadas a atividades arriscadas (FERRARI *et al.*, 2020). No atual cálculo foram avaliados os custos-benefícios relacionados ao número mortes, de feridos e o número de ilesos, separadamente para os três componentes, apresentados na Figura 37 e descritos na Equação (43).

Figura 37 – Componentes do custo de segurança



Elaboração: LabTrans/UFSC (2022)

$$Custo_{seg} = SEG_{ij} + SEG_{ji} + SEG_{na\ i} \quad (43)$$

Onde:

j = aeródromo j

i = centroide da UTP i

SEG_{ij} = custo de segurança do transporte não aéreo da origem i até o aeródromo de embarque j

SEG_{ji} = custo de segurança do transporte não aéreo do aeródromo de desembarque j até o destino i

$SEG_{na\ i}$ = custo de segurança do transporte não aéreo dos passageiros potenciais não atendidos pelo modo aéreo.

Os componentes SEG_{ij} , vide Equação ((44)), SEG_{ji} , vide Equação (45) e $SEG_{na\ i}$, vide Equação (46), são custos provenientes dos deslocamentos não aéreos, e são calculados utilizando informações do modelo de alocação, onde é possível obter a quantidade de passageiros (e consequentemente a quantidade de veículos) nos deslocamentos relativos a cada um dos três componentes. Destaca-se que o custo total foi calculado considerando probabilidades diferentes, conforme a gravidade do acidente, sendo dividido em custo por mortes, feridos e ilesos, indexados pela letra r .

$$SEG_{ij} = \sum_i \sum_j \sum_k \sum_r \left(\%_{kj} \cdot \frac{PAX_{ij}}{O_k} \cdot D_{ij} \right) \cdot P_{kr} \cdot Valor_r \quad (44)$$

Onde:

j = aeródromo j

i = centroide da UTP i

k = modo de transporte não aéreo (carro ou ônibus)

r = gravidade do acidente (mortos, feridos e ilesos)

SEG_{ij} = custo de segurança do transporte não aéreo da origem i até o aeródromo de embarque j

$\%_{kj}$ = participação do modo de transporte k no deslocamento ao aeródromo j (Apêndice 8)

PAX_{ij} = passageiros da UTP i que embarcam no aeródromo j

O_k = ocupação média do veículo de tipo k (Apêndice 3)

D_{ij} = distância entre UTP i e aeródromo j

P_{kr} = probabilidade de acontecer um acidente de gravidade r no modo de transporte k (Apêndice 10)

$Valor_r$ = valor monetizado do custo associado à disposição média a pagar para redução de acidentes de gravidade r (R\$/pax.km) (Apêndice 3).

$$SEG_{ji} = \sum_j \sum_i \sum_k \sum_r \left(\%_{kj} \cdot \frac{PAX_{ji}}{O_k} \cdot D_{ji} \right) \cdot P_{kr} \cdot Valor_r \quad (45)$$

Onde:

j = aeródromo j

i = centroide da UTP i

k = modo de transporte não aéreo (carro ou ônibus)

r = gravidade do acidente (mortos, feridos e ilesos)

SEG_{ji} = custo de segurança do transporte não aéreo do aeródromo de desembarque j até o destino i

$\%_{kj}$ = participação do modo de transporte k no deslocamento do aeródromo j (Apêndice 8)

PAX_{ji} = passageiros desembarcados no aeródromo j que se deslocam até a UTP i

O_k = ocupação média do veículo de tipo k (Apêndice 3)

D_{ji} = distância entre o aeródromo j e UTP i

P_{kr} = probabilidade de acontecer um acidente de gravidade r no modo de transporte k (Apêndice 10)

$Valor_r$ = valor monetizado do custo associado à disposição média a pagar para redução de acidentes de gravidade r (R\$/pax.km) (Apêndice 3).

$$SEG_{nai} = \sum_i \sum_k \sum_r \left(\%_{ki} \cdot \frac{PAX_{nai}}{O_k} \cdot D_i \right) \cdot P_{kr} \cdot Valor_r \quad (46)$$

Onde:

i = centroide da UTP i

k = modo de transporte para viagens interestaduais (carro ou ônibus)

r = gravidade do acidente (mortos, feridos e ileso)

$SEG_{na\ i}$ = custo de segurança do transporte dos passageiros potenciais não atendidos pelo modo aéreo

$\%_k$ = participação do modo de transporte k nas viagens interestaduais da UTP i (Apêndice 8)

$PAX_{na\ i}$ = passageiros não atendidos da UTP i

O_k = ocupação média do veículo de tipo k (Apêndice 3)

D_i = distância média de deslocamento não aéreo da UTP i (Apêndice 9)

P_{kr} = probabilidade de acontecer um acidente de gravidade r no modo de transporte k (Apêndice 10)

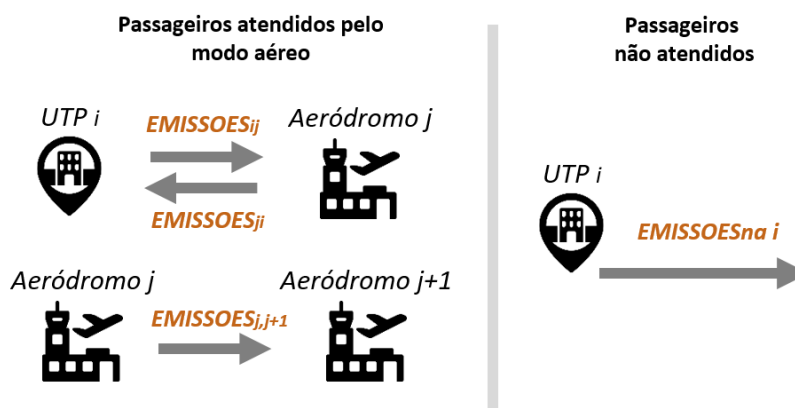
$Valor_{transp\ k}$ = valor monetizado do custo de transporte (R\$/pax.km) (Apêndice 3).

Não foram incluídos custos de segurança provenientes dos deslocamentos aéreos, conforme justificado no Apêndice 11, que aborda o cálculo da probabilidade média de acidentes no transporte aéreo.

9.5.3.5. Gases de Efeito Estufa (GEE)

O custo por emissões de GEE é uma externalidade ambiental e representa o custo social de oportunidade de emitir uma quantidade adicional de GEE (NORDHAUS, 2013). Para efeitos de cálculo, esse custo foi dividido em quatro componentes, apresentados na Figura 38 e descritos na Equação (47).

Figura 38 – Componentes do custo de GEE



Elaboração: LabTrans/UFSC (2022)

$$\begin{aligned}
Custo_{emissoes} = & EMISSOES_{ij} + EMISSOES_{ji} \\
& + EMISSOES_{ji} + EMISSOES_{j,j+1} \\
& + EMISSOES_{na\ i}
\end{aligned} \tag{47}$$

Onde:

j = aeródromo j

i = centroide da UTP i

$EMISSOES_{ij}$ = custo de emissões do transporte não aéreo da origem i até o aeródromo de embarque j

$EMISSOES_{ji}$ = custo de emissões do transporte não aéreo do aeródromo de desembarque j até o destino i

$EMISSOES_{j,j+1}$ = custo de emissões do transporte aéreo no voo do aeródromo de embarque j até o aeródromo de desembarque $j + 1$

$EMISSOES_{na\ i}$ = custo de emissões do transporte não aéreo dos passageiros potenciais não atendidos pelo modo aéreo.

Os componentes $EMISSOES_{ij}$, vide Equação (48), $EMISSOES_{ji}$, vide Equação (49), e $EMISSOES_{na\ i}$, vide Equação (50), são custos provenientes das emissões de CO₂ nos deslocamentos não aéreos, e são calculados utilizando informações do modelo de alocação, onde é possível obter a quantidade de passageiros (e consequentemente a quantidade de veículos) nos deslocamentos relativos a cada um dos três componentes.

$$\begin{aligned}
& EMISSOES_{ij} \\
= & \sum_i \sum_j \sum_k \left(\%_{kj} \cdot \frac{PAX_{ij}}{O_k} \cdot D_{ij} \right) \cdot ProdCO2_k \cdot Valor_{emissoes}
\end{aligned} \tag{48}$$

Onde:

j = aeródromo j

i = centroide da UTP i

k = modo de transporte não aéreo (carro ou ônibus)

$EMISSOES_{ij}$ = custo de emissões do transporte não aéreo da UTP de origem i até o aeródromo de embarque j

$\%_{kj}$ = participação do modo de transporte k no deslocamento ao aeródromo j (Apêndice 8)

PAX_{ij} = passageiros da UTP i que embarcam no aeródromo j

O_k = ocupação média do veículo de tipo k (Apêndice 3)

D_{ij} = distância entre UTP i e aeródromo j

$ProdCO2_k$ = produção de CO₂ do veículo do tipo k (Apêndice 3)

$Valor_{emissoes}$ = valor monetizado do custo de transporte (R\$/pax.km) (Apêndice 3).

$$EMISSOES_{ji} = \sum_j \sum_i \sum_k \left(\%_{kj} \cdot \frac{PAX_{ji}}{O_k} \cdot D_{ji} \right) \cdot ProdCO2_k \cdot Valor_{emissoes} \quad (49)$$

Onde:

j = aeródromo j

i = centroide da UTP i

k = modo de transporte não aéreo (carro ou ônibus)

$EMISSOES_{ji}$ = custo de emissões do transporte não aéreo do aeródromo de desembarque j até o destino (centroide da UTP i)

$\%_{kj}$ = participação do modo de transporte k no deslocamento do aeródromo j (Apêndice 8)

PAX_{ji} = passageiros desembarcados no aeródromo j que se deslocam até a UTP i

O_k = ocupação média do veículo de tipo k (Apêndice 3)

D_{ji} = distância entre o aeródromo j e UTP i

$ProdCO2_k$ = produção de CO₂ do veículo do tipo k (Apêndice 3)

$Valor_{emissoes}$ = valor monetizado do custo de transporte (R\$/pax.km) (Apêndice 3).

$$EMISSOES_{nai} = \sum_i \sum_k \left(\%_{ki} \cdot \frac{PAX_{nai}}{O_k} \cdot D_i \right) \cdot ProdCO2_k \cdot Valor_{emissoes} \quad (50)$$

Onde:

i = centroide da UTP i

k = modo de transporte não aéreo (carro ou ônibus)

$EMISSOES_{nai}$ = custo de emissões do transporte dos passageiros potenciais não atendidos pelo modo aéreo

$\%_k$ = participação do modo de transporte k nas viagens interestaduais da UTP i (Apêndice 8)

$PAX_{na\ i}$ = passageiros não atendidos da UTP i

O_k = ocupação média do veículo de tipo k (Apêndice 3)

D_i = distância média de deslocamento não aéreo da UTP i (Apêndice 9)

$ProdCO2_k$ = produção de CO_2 do veículo do tipo k (Apêndice 3)

$Valor_{emissoes}$ = valor monetizado do custo de transporte (R\$/pax.km) (Apêndice 3).

O componente $EMISSOES_{j,j+1}$, vide Equação (51), é o custo de emissões proveniente dos deslocamentos aéreos e é calculado utilizando informações do simulador de rotas apresentado no Apêndice 6.

$$EMISSOES_{j,j+1} = \sum_j \sum_j QAV_{j,j+1} \cdot ProdCO2_{aereo} \cdot Valor_{emissoes} \quad (51)$$

Onde:

j = aeródromo j

$EMISSOES_{j,j+1}$ = custo de emissões dos deslocamentos entre o aeródromo de embarque j até o aeródromo de desembarque $j + 1$

$QAV_{j,j+1}$ = combustível consumido na rota entre os aeródromos j e $j + 1$ (calculado no simulador de novas rotas, ver Apêndice 6)

$ProdCO2_{aereo}$ = produção de CO_2 por litro de combustível consumido no modo aéreo (Apêndice 3)

$Valor_{emissoes}$ = valor monetizado do custo de transporte (R\$/pax.km) (Apêndice 3).

9.5.3.6. Ruído

O custo por ruído é uma externalidade associada à disposição a receber compensação pela variação da emissão de ruídos, que afeta atividades humanas e a saúde (BRASIL, 2021). O cálculo é feito utilizando dados das curvas de ruído, calculadas conforme detalhamento de 9.1. O número de pessoas afetadas é dependente do número de pousos e decolagens, conforme apresentado na Equação (52).

$$Custo_{RUIDO} = \sum_j \sum_c (Afetados_{jc}(curva_{jc}(mov_j))). Valor_c \quad (52)$$

Onde:

j = aeródromo j

c = faixa de intensidade do ruído c

$Custo_{RUIDO}$ = custo social do ruído do cenário simulado

$Afetados_{jc}$ = número de pessoas afetadas pelo ruído de intensidade c no aeródromo j (vide 0)

$curva_{jc}$ = curva de ruído de intensidade c no aeródromo j (vide 0)

mov_j = movimentação de aeronaves no aeródromo j (Apêndice 6)

$Valor_c$ = valor monetizado do custo do ruído de intensidade c (R\$/afetados) (Apêndice 3).

9.5.3.7. Custos/benefícios não incluídos na análise e demais considerações

A atual versão da ACB do PAN 2022 não inclui custos-benefícios relacionados à demanda internacional e à demanda da carga aérea. Também não está previsto o custo de segurança do Lado Ar, conforme abordado no Apêndice 11.

Com relação ao custo de CAPEX, o simulador atribui todo o custo de construção ou adequação no ano do gatilho, não alocando os desembolsos no período de tempo até a conclusão da obra. Da mesma forma, os custos-benefícios da obra ignoram o tempo de construção para a efetiva operação, passando a ser contabilizados a partir do ano do gatilho. Mais informações sobre os gatilhos de investimentos podem ser consultadas no produto específico do simulador de CAPEX.

9.5.4. Cálculo do ΔVSPL, IBC e TRE

Após o cálculo de todos os custos do cenário, monta-se o fluxo de caixa comparativo e calcula-se os indicadores de viabilidade socioeconômica. Atenta-se para a abordagem comparativa da ACB que pressupõe a existência de pelo menos dois cenários: o cenário do projeto ou alternativo (A) e o cenário base (B). Da diferença entre esses cenários surge o cenário comparativo (C), onde é possível avaliar os benefícios econômicos líquidos resultantes do projeto (ΔVSPL, IBC e TRE).

Os cálculos dos três indicadores foram implementados seguindo metodologia definida no Guia Geral de ACB (BRASIL, 2021), utilizando a TSD definida no Apêndice 3.

9.5.5. Análise de risco

Como aproximações da realidade, os modelos utilizados na ACB não refletem resultados exatos, são probabilidades e não verdades absolutas. Dessa forma, após o cálculo dos indicadores de viabilidade socioeconômica ($\Delta VSPL$, IBC e TRE) parte-se para a análise de risco. Essa etapa busca avaliar as incertezas inerentes às estimativas da projeção de demanda, dos custos, dos benefícios e das externalidades. Como técnicas de análise de risco, foram utilizadas a análise de sensibilidade (cálculo das elasticidades), a análise qualitativa e a análise probabilística (simulação de Monte Carlo). A análise de cenários não foi aplicada, haja vista que pode ser dispensada quando é realizada a análise probabilística de riscos.

9.5.5.1. Análise de sensibilidade

A análise de sensibilidade permite a identificação das variáveis “críticas” do projeto. Tais variáveis são aquelas cujas variações, positivas ou negativas, têm impacto mais significativo na viabilidade socioeconômica. A identificação dessas variáveis foi feita a partir do cálculo das elasticidades, conforme metodologia apresentada no Guia Geral de ACB (BRASIL, 2021). O documento recomenda a variação em 1% de uma variável por vez, mantendo as demais constantes, e determinando o efeito dessa variação sobre o $\Delta VSPL$.

9.5.5.2. Análise qualitativa

A análise qualitativa lista os eventos adversos aos quais o projeto pode estar exposto, avaliando-os a partir da aplicação da Matriz de Riscos. Completam a análise qualitativa uma interpretação da Matriz de Riscos, com uma avaliação dos níveis aceitáveis de risco, e uma descrição das ações de prevenção e/ou mitigação para os principais riscos.

Para realizar uma análise qualitativa de riscos, é necessário identificar os eventos adversos com os quais o projeto pode se defrontar. A construção da lista de potenciais eventos adversos é um bom exercício para entender a complexidade envolvida no projeto (BRASIL, 2022b). Com a lista de eventos potenciais, a Matriz de Risco é formada, apresentando o nível de risco ponderado entre a relação *Probabilidade* e *Severidade* ($P \times S$), definindo os quatro níveis de risco, conforme a Figura 39.

Figura 39 – Matriz de Risco do Guia Geral de ACB

		Probabilidade				
		Improvável	Pouco provável	Prob. Média	Provável	Muito provável
Severidade	Catastrófico	Moderado	Alto	Inaceitável	Inaceitável	Inaceitável
	Crítico	Baixo	Moderado	Alto	Inaceitável	Inaceitável
	Moderado	Baixo	Moderado	Moderado	Alto	Inaceitável
	Pequena	Baixo	Baixo	Moderado	Moderado	Alto
	Quase nula	Baixo	Baixo	Baixo	Baixo	Moderado

Fonte: Brasil (2022b).

As ações de mitigação e prevenção são identificadas na Matriz de Respostas. Segundo o Guia Geral de ACB (BRASIL, 2022b), são os tipos de ação necessárias para reduzir o nível de risco prevalente nas várias zonas da matriz acima. A identificação de tais ações requer um conhecimento mais aprofundado sobre as causas dos riscos, bem como a natureza e o *timing* de seus efeitos finais.

Figura 40 – Matriz de Respostas Guia ACB

		Probabilidade				
		Improvável	Pouco provável	Prob. Média	Provável	Muito provável
Severidade	Catastrófico	Mitigação: A, B, C, D, E			Prevenção e mitigação	
	Crítico					
	Moderado					
	Pequena	Aceitação, prevenção ou mitigação			Prevenção	
	Quase nula					

Fonte: Brasil (2022b).

A “intensidade” da ação de prevenção/mitigação deve ser proporcional ao nível de risco. Para riscos com elevado impacto e alta probabilidade de ocorrência, espera-se uma resposta mais vigorosa e maior comprometimento com a gestão das ações. Por outro lado, para riscos de baixo nível, pode bastar um monitoramento adequado (BRASIL, 2022b).

9.5.5.3. Análise probabilística

Conforme o Guia Geral de ACB (BRASIL, 2021), a análise probabilística atribui uma distribuição de probabilidades para cada variável, definida como um intervalo de valores em torno da melhor estimativa disponível, usado como caso-base, de forma a recalcular os valores esperados dos indicadores de viabilidade socioeconômica.

A Tabela 77 apresenta a distribuição de probabilidade e os extremos inferior e superior utilizadas para CAPEX e OPEX. Utilizou-se a distribuição de tipo triangular, conforme recomendado pelo Guia Geral de ACB (BRASIL, 2021).

Conforme Salling e Leleur (2011), em níveis de planejamento, os valores de CAPEX são normalmente subestimados, principalmente devido a atrasos e problemas técnicos encontrados durante a construção. Diante disso, foram utilizados extremos superiores maiores do que os extremos inferiores.

Tabela 77 – Distribuição de probabilidade para CAPEX e OPEX

Custos/benefícios	Distribuição	Valor mais provável	Extremo inferior	Extremo superior
Custo de capital (CAPEX)	Triangular	Valor calculado	- 50% do valor calculado	+ 200% do valor calculado
Custo operacional (OPEX)	Triangular	Valor calculado	- 30% do valor calculado	+ 100% do valor calculado

Elaboração: LabTrans/UFSC (2022)

A Tabela 78 apresenta o tipo de distribuição e os desvios padrões utilizados para os demais custos. Salling e Leleur (2011) recomendam valores entre 10% e 20% de desvio padrão para os custos de tempo e segurança. O mesmo valor foi adotado para os demais custos.

Tabela 78 – Distribuição de probabilidade para ruído, GEE, tempo, operação de transporte e segurança

Custos/benefícios	Distribuição	Valor mais provável	Desvio padrão
Ruído	Normal	Valor calculado	10% do valor calculado
Gases de Efeito Estufa (GEE)	Normal	Valor calculado	10% do valor calculado
Valor do tempo	Normal	Valor calculado	10% do valor calculado
Custo operacional de transporte	Normal	Valor calculado	10% do valor calculado
Segurança	Normal	Valor calculado	10% do valor calculado

Elaboração: LabTrans/UFSC (2022)

A partir do método da simulação de Monte Carlo gera-se valores aleatórios dentro das distribuições de probabilidade e do desvio padrão definidos para cada custo. Após obter os novos valores, recalcula-se o Δ VSPL. Pela repetição desse procedimento em muitas interações, obtém-se a distribuição de probabilidade do Δ VSPL e, consequentemente, a probabilidade do indicador resultar em valores negativos.

9.6. Resultados preliminares

A ACB preliminar para o PAN foi implementada permitindo a simulação de diferentes cenários. Até a data de entrega deste relatório, não havia a definição oficial dos cenários alternativos do PAN. No entanto, durante o período foram simulados diversos cenários solicitados pela SAC/MPOR para avaliação do modelo e auxílio à escolha dos aeródromos. O tópico de resultados preliminares apresenta algumas dessas simulações.

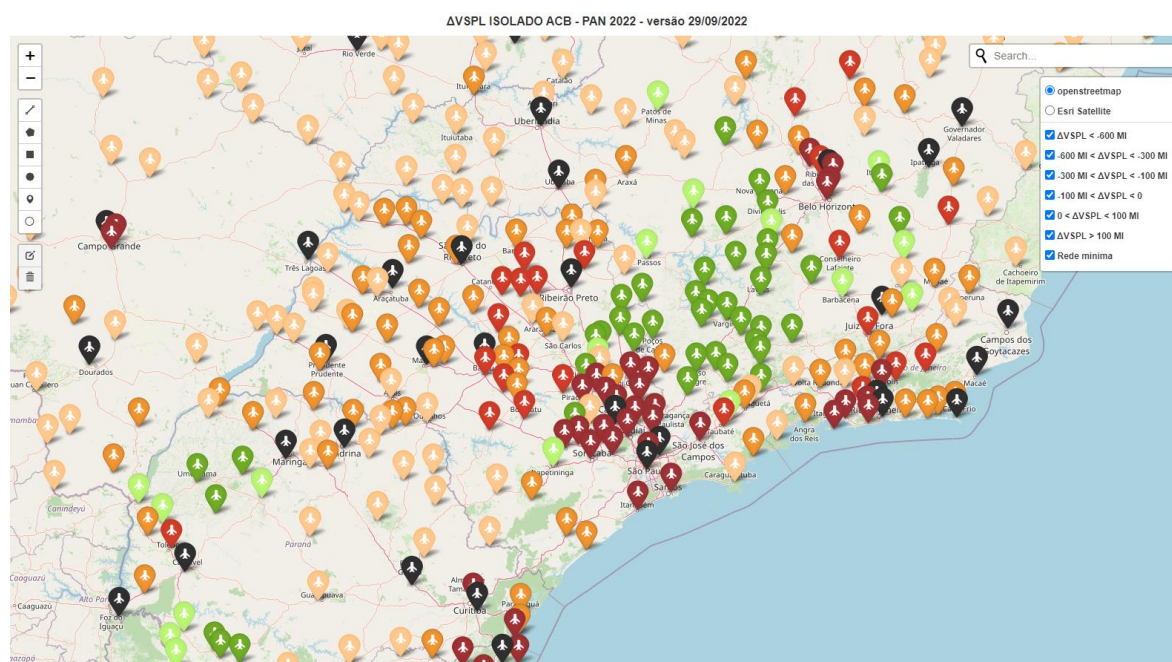
9.6.1. Δ VSPL-isolado

Para auxílio da seleção de cenários alternativos e descarte de possibilidades no modelo LOGIT/P-medianas, utilizou-se um cenário base específico para o cálculo do Δ VSPL-isolado. O cálculo do Δ VSPL-isolado de cada aeródromo refere-se, como previsto na ACB, ao resultado comparativo entre dois cenários, sendo:

- **Cenário base:** 123 aeródromos do cenário mínimo.
- **Cenário alternativo:** 124 aeródromos, sendo 123 do cenário mínimo e a inclusão de apenas um aeródromo a mais a ser analisado.

A Figura 41 apresenta a imagem capturada de tela do mapa interativo gerado para análise dos resultados de Δ VSPL-isolado. Utilizou-se no mapa uma escala variando de vermelho a verde. Em verde são apresentados os aeródromos com Δ VSPL-isolado >0 . Em vermelho os aeródromos com Δ VSPL-isolado <0 . Já em preto encontram-se os aeródromos contidos no cenário mínimo.

Figura 41 – Mapa interativo para análise dos Δ VSPL-isolado



Elaboração: LabTrans/UFSC (2022)

Como mencionado, o Δ VSPL-isolado derivado da inserção de cada aeródromo é o resultado da influência do aeródromo no resultado da comparação desse cenário alternativo com o cenário base específico considerado para esse fim. Entretanto, não é possível afirmar que um aeródromo impactará sempre positivamente ou negativamente o Δ VSPL resultante de todas as combinações de cenários possíveis. Exemplos:

- a. Dois ou mais aeródromos em uma mesma região produzem Δ VSPL-isolado positivo. Os dois ativados na mesma rede dividem uma parte da mesma demanda, o que pode fazer com que o Δ VSPL do cenário diminua.
- b. Dois ou mais aeroportos em uma mesma região geram Δ VSPL-isolado negativo. Os dois aeroportos ativados na mesma rede dividem uma parte da mesma demanda, o que pode fazer com que o Δ VSPL do cenário aumente, considerando que os gatilhos da mudança de faixa que influenciem o CAPEX podem não ser mais alcançados, diminuindo o CAPEX necessário, diminuindo também a equipe necessária para atendimento da demanda e, consequentemente, diminuindo o custo de OPEX.
- c. Dois ou mais aeroportos que isoladamente possuem Δ VSPL-isolado negativo, quando ativados juntos em um mesmo cenário, podem influenciar distintamente a formação da malha aérea fazendo com que o Δ VSPL resultante seja positivo.

Assim, apesar de ser um resultado útil, o Δ VSPL-isolado deve ser analisado com cuidado, de preferência em conjunto com alguma análise qualitativa geográfica.

9.6.2. Cenários alternativos

A Tabela 79 apresenta os resultados dos indicadores socioeconômicos dos cenários finais simulados. Os valores detalhados de cada custo e benefício, bem como os aeródromos contidos em cada cenário, se encontram no Apêndice 5.

Tabela 79 – Resultados dos indicadores socioeconômicos dos cenários simulados

Cenário demanda	Cenário	Número de aeroportos	Monte Carlo ($\Delta VSPL < 0$)	$\Delta VSPL$	TER	B/C
Referencial	Cenário de desenvolvimento do PAN 22 (ND3TURS)	168	5,4%	R\$ 4.715.515.144	22,7%	1,20
Referencial	PAN 2018	163	96,1%	-R\$ 2.648.971.420	-	0,88
Referencial	PNL 9	185	98,5%	-R\$ 4.597.700.357	-	0,81

Elaboração: LabTrans/UFSC (2022)

Para se chegar ao cenário de desenvolvimento PAN 22, dois cenários específicos foram simulados para testar a aderência à rede final, chamados de: *cenário capacitado* e *cenário aeroportos turísticos*.

9.6.2.1. Avaliação ACB de aeródromos turísticos

Tendo em vista a observação de que a movimentação de passageiros e aeronaves de aeroportos em regiões turísticas pode advir de relações exógenas ao modelo de demanda, isto é, além das comumente ligadas ao PIB e à população, é importante adicionar para a análise um conjunto de aeródromos turísticos indicados pela SAC/MPOR para realizar um estudo de cenário alternativo mais completo.

No que diz respeito à análise específica para aeródromos que se encontravam em áreas turísticas, aumentou-se a demanda das UTPs turísticas selecionadas pela SAC/MPOR até atingir o ponto de inflexão no $\Delta VSPL$ para valores positivos. Nessa análise, foi utilizada a Faixa de Evolução de Infraestrutura 4 (aeronaves 4C) como aeronave de projeto para os cálculos de CAPEX e de OPEX. A demanda de inflexão e o $\Delta VSPL$ de cada aeroporto adicionado ao cenário de desenvolvimento (158+1) em relação ao cenário base para cada aeródromo simulado encontra-se na Tabela 80.

Tabela 80 – Demanda de inflexão para aeródromos turísticos

ICAO	UTP	Δ VSPL: (ND3+1) em relação ao cenário base	Diferença para ND3	Movimentação de passageiros (2023)	Movimentação de passageiros (2052)
N275	Maragogi (AL)	R\$ 6.207.837.698	R\$ 10.266.796	101.892	309.405
SDXF	Alto Paraíso de Goiás (GO)	R\$ 6.203.333.221	R\$ 5.762.319	6.135	20.231
SSRS	Barreirinhas (MA)	R\$ 6.211.567.911	R\$ 13.997.009	60.878	193.208
SNUH	Piumhi (MG)	R\$ 6.203.666.293	R\$ 6.095.391	20.392	66.038
SNSM	Salinópolis (PA)	R\$ 6.203.609.975	R\$ 6.039.073	31.549	142.171
SWKQ	São Raimundo Nonato (PI)	R\$ 6.205.947.458	R\$ 8.376.556	16.235	49.712
SDAG	Angra dos Reis (RJ)	R\$ 6.207.452.306	R\$ 9.881.404	54.068	201.262
SDUB	Ubatuba (SP)	R\$ 6.207.925.291	R\$ 10.354.389	51.177	154.374
N707	Mateiros (TO)	R\$ 6.199.716.142	R\$ 2.145.240	15.035	58.146
-	ND3TUR ²²	R\$ 6.309.462.331	-	-	-

Elaboração: LabTrans/UFSC (2022)

9.6.2.2. Avaliação ACB cenário capacitado

O segundo cenário específico considera a capacidade dos aeródromos da principal UTP do Brasil, sendo a soma das capacidades dos aeroportos de São Paulo – SBGR, SBSP e SBKP. Os resultados de capacidade dos aeródromos foram calculados a partir da declaração de capacidade dos aeroportos para a temporada de Inverno 2023 (W23) e com base na metodologia da ANAC (2007). Os cálculos levaram em conta a metragem dos terminais, estimando a capacidade na hora-pico através dos índices descritos na metodologia de Medeiros (2004) e convertendo-a em capacidade anual, com respaldo na metodologia da ANAC (2007). A partir da comparação da demanda projetada com as capacidades calculadas, foi possível identificar a saturação da infraestrutura e o impacto dessa saturação no Δ VSPL da rede.

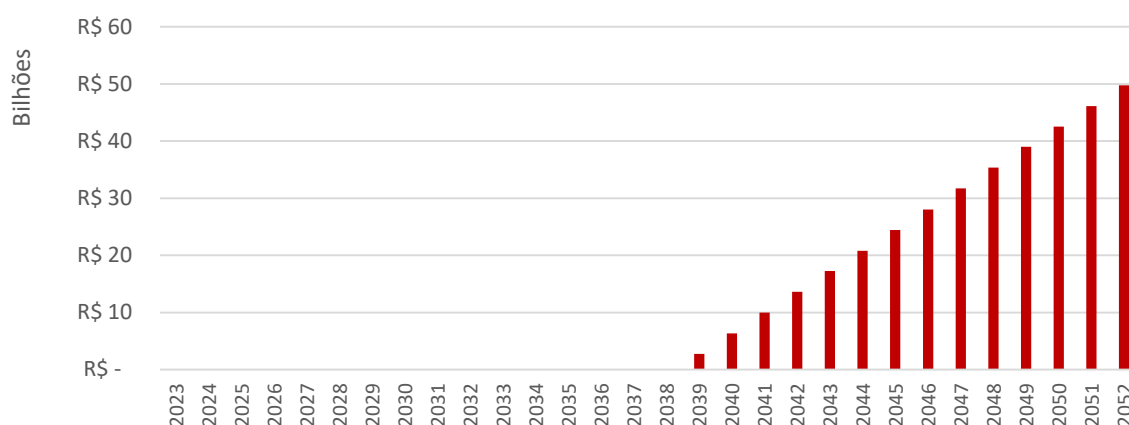
Os itens considerados para cálculo de resultado ACB cenário com restrição de capacidade nos aeroportos de São Paulo foram:

- Agregação da capacidade e da demanda para os aeroportos supracitados, considerando assim que, quando um aeroporto “explode” a capacidade, os passageiros extras irão utilizar o aeroporto subsequente.

²² ND3TUR – cenário alternativo com a rede de aeroportos de desenvolvimento (35 aeroportos além do cenário base) somados aos aeroportos turísticos para comparação do Δ VSPL com o cenário base, de acordo com a metodologia ACB.

- Identificação de quantos passageiros não atendidos no conjunto dos três aeroportos no horizonte de planejamento.
- Valoração dos passageiros não atendidos através do cálculo dos indicadores ACB.
- Custos podem ser superestimado pois não consideram realocação de demanda em aeródromos com capacidade ociosa além dos três aeroportos supracitados.
- Custo CAPEX não foi descontado devido aos aeroportos serem concedidos e o custo não entrar no ACB.

Gráfico 29 – Valor social do custo do passageiro não atendido (2023-2052)



Utilizando uma Taxa Social de Desconto de 8,5% ao ano, adotada no modelo, o $\Delta VSPL$ com do cenário base sem tal restrição teria um custo social de R\$ 46 bilhões, pelo esgotamento da capacidade dos aeroportos.

9.6.3. Análise de risco

O cenário para análise de risco compreende a rede PAN 22 contendo 168 aeródromos, avaliados comparativamente ao cenário base, ao longo dos 30 anos de horizonte de projeto.

No Quadro 12, evidenciam-se os resultados dos indicadores de viabilidade ACB da rede PAN 22.

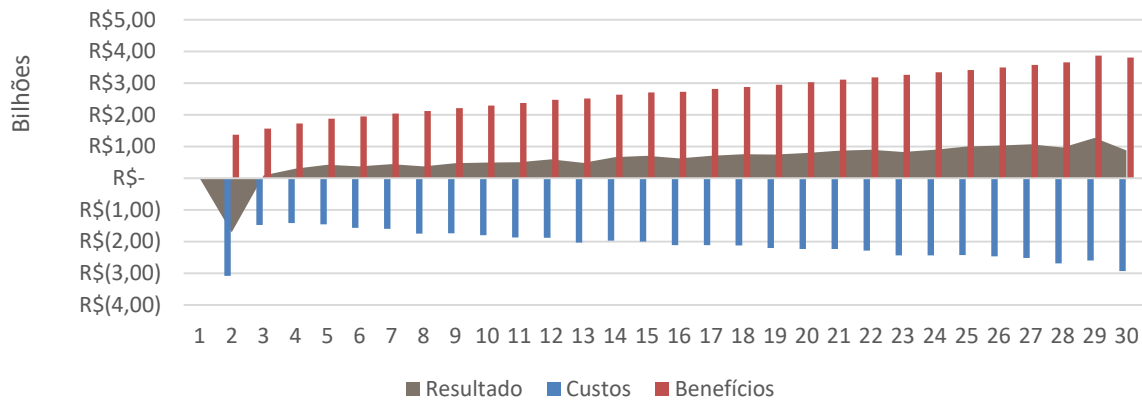
Quadro 12 – Indicadores de viabilidade cenário PAN 22

Indicador	Valor
$\Delta VSPL$	R\$ 4.744.285.001
TRE	22,9%
B/C	1,2

Elaboração: LabTrans/UFSC (2022)

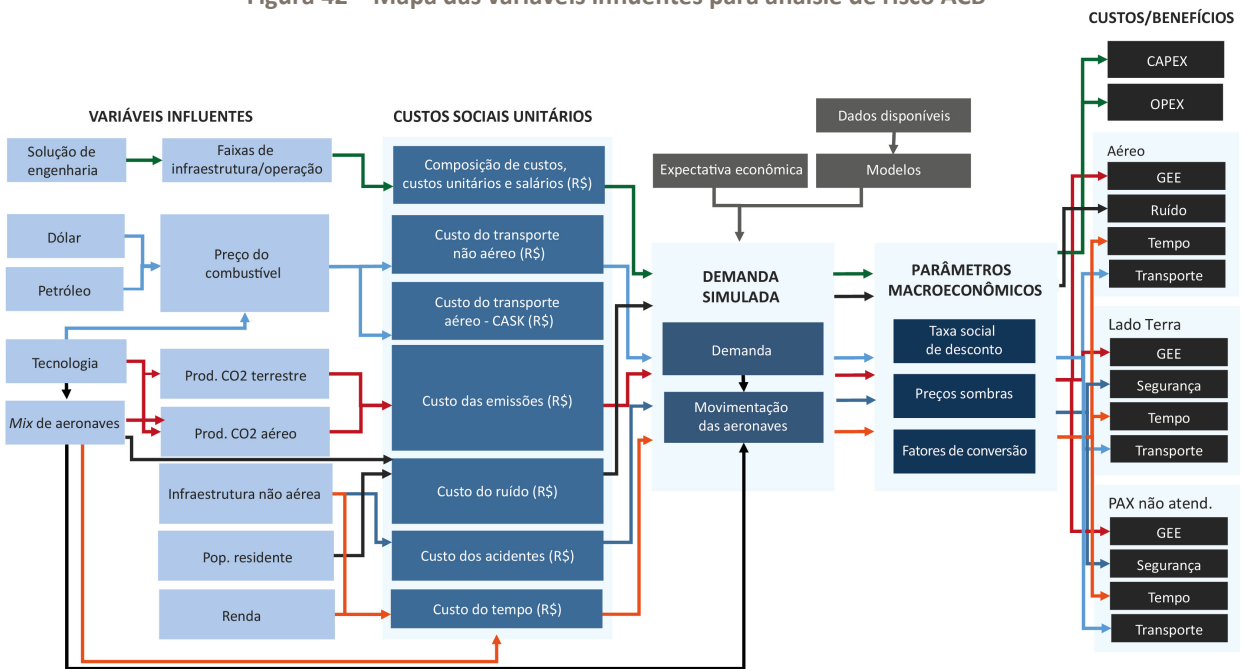
O fluxo de caixa do projeto segue o exemplificado no Gráfico 30.

Gráfico 30 – Fluxo de caixa Δ VSPL cenário PAN 22



Para efetuar a análise de risco, levantam-se as variáveis influentes utilizadas na simulação da rede pela metodologia ACB apresentadas na Figura 42.

Figura 42 – Mapa das variáveis influentes para análise de risco ACB



Essa análise faz-se necessária para lidar com a incerteza sempre inerente às estimativas de custos, benefícios e externalidades de projetos de investimento, cujos efeitos ocorrem no longo prazo, além do levantamento qualitativo dos riscos, que podem ser relevantes para o tomador de decisão (BRASIL, 2022b).

Para elaboração da análise de risco, conforme o capítulo 9 do Guia Geral de ACB (BRASIL, 2022b), foram efetuadas as análises de sensibilidade, qualitativa e probabilística.

9.6.3.1. Análise de sensibilidade

A análise de sensibilidade permite identificar as variáveis “críticas” dos cenários. Tais variáveis são aquelas cujas variações, positivas ou negativas, têm impacto mais significativo na viabilidade socioeconômica. Essa análise envolve testar alterações de uma variável por vez, mantendo as demais constantes e determinando o efeito daquela mudança sobre o Δ VSPL (BRASIL, 2022b).

A Tabela 81 apresenta a análise de sensibilidade para o cenário de desenvolvimento do PAN 22.

Tabela 81 – Análise de sensibilidade do cenário de desenvolvimento do PAN 22

Tipo	Descrição da variável	Variação do Δ VSPL dado choque de 1%	Inflexão (Δ VSPL = 0)	Criticidade
CAPEX		-0,46%	215,7%	Não crítica
OPEX		-0,32%	309,6%	Não crítica
Lado Ar	Emissões aéreo (R\$)	-0,13%	757,0%	Não crítica
	Ruído (R\$)	0,00%	37513,1%	Não crítica
	Tempo em voo (R\$)	-1,61%	62,3%	Crítica
	Transporte aéreo (R\$)	-2,45%	40,8%	Crítica
Lado Terra	Emissões (R\$)	0,01%	-18291,0%	Não crítica
	Segurança operacional (R\$)	0,13%	-743,1%	Não crítica
	Tempo de acesso (R\$)	0,52%	-192,2%	Não crítica
	Transporte operacional (R\$)	0,06%	-1595,4%	Não crítica
PAX não atendido	Emissões (R\$)	0,04%	-2732,3%	Não crítica
	Segurança operacional (R\$)	1,11%	-90,3%	Crítica
	Tempo PAX não atendido (R\$)	3,67%	-27,3%	Crítica
	Transporte operacional (R\$)	0,44%	-226,3%	Não crítica

Elaboração: LabTrans/UFSC (2022)

9.6.3.2. Análise qualitativa

Para a análise qualitativa, foi levantada e avaliada, quanto à severidade e à probabilidade, de acordo com as diretrizes metodológicas, uma lista de eventos adversos que podem influenciar o projeto. São elas:

- A.** Não confirmação das projeções de PIB e passageiros processados
- B.** Competição com outros modais

- C. Mudança de política de governo
- D. Variação nos custos sociais unitários
- E. Variação no câmbio e no preço de combustível.

Figura 43 – Matriz de Riscos para cenário PAN 22 na análise ACB

		Probabilidade				
		Improvável	Pouco provável	Prob. Média	Provável	Muito provável
Severidade	Catastrófico		A			
	Crítico		B, E	C, D		
	Moderado					
	Pequena					
	Quase nula					

Elaboração: LabTrans/UFSC (2023)

Na sequência da análise qualitativa, a Matriz de Respostas se apresenta da seguinte maneira:

Figura 44 – Matriz de Respostas para cenário PAN 22 na análise ACB

		Probabilidade				
		Improvável	Pouco provável	Prob. Média	Provável	Muito provável
Severidade	Catastrófico	Mitigação: A, B, C, D, E			Prevenção e mitigação	
	Crítico					
	Moderado					
	Pequena	Aceitação, prevenção ou mitigação			Prevenção	
	Quase nula					

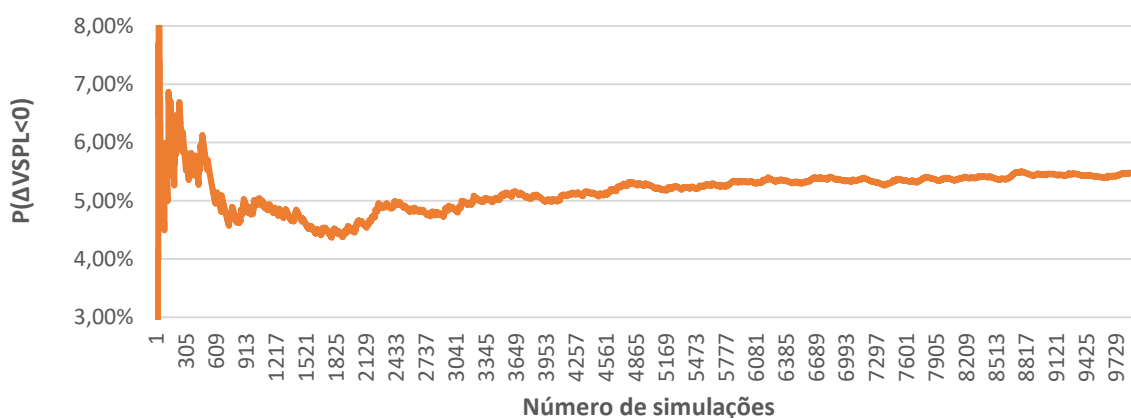
Elaboração: LabTrans/UFSC (2023)

9.6.3.3. Análise probabilística

Segundo o Guia Geral ACB (BRASIL, 2022b), este tipo de análise atribui uma distribuição de probabilidades para cada variável crítica da análise de sensibilidade, definida como um intervalo de valores em torno da melhor estimativa disponível, usado como caso-base, de forma a recalculer os valores esperados dos indicadores de viabilidade socioeconômica. Da mesma maneira, a simulação de Monte Carlo é uma análise probabilística em que se atribui uma distribuição de probabilidades para cada variável crítica da análise de sensibilidade.

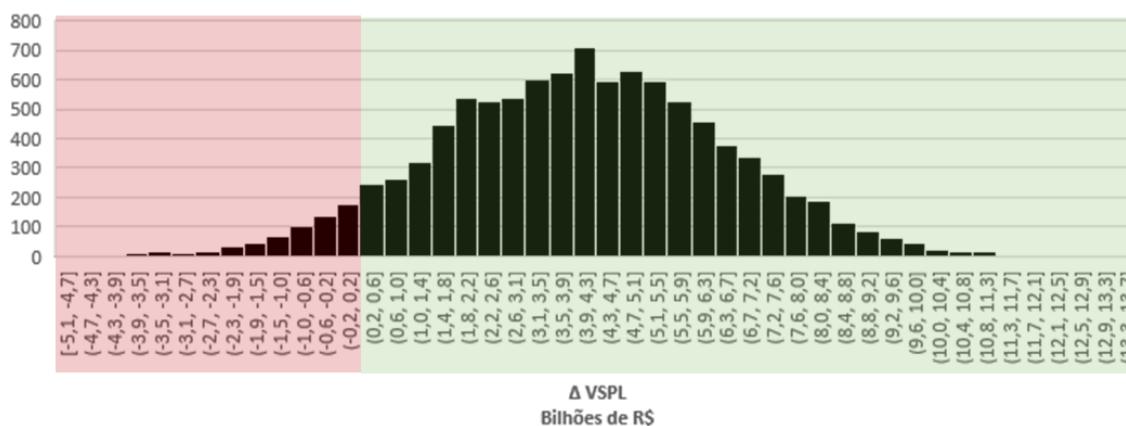
Essas distribuições são definidas a partir de um intervalo de valores em torno da melhor estimativa disponível, usada como caso-base, de forma a recalculer os valores esperados dos indicadores de viabilidade socioeconômica (BRASIL, 2021). O Gráfico 31 e o Gráfico 32 apresentam a convergência e a distribuição de probabilidade do Δ VSPL do cenário de desenvolvimento do PAN 22.

Gráfico 31 – Gráfico de convergência análise de risco do cenário PAN 22



Elaboração: LabTrans/UFSC (2023)

Gráfico 32 – Distribuição de probabilidade análise de risco do cenário PAN 22



Elaboração: LabTrans/UFSC (2023)

A Tabela 81 evidencia os resultados da distribuição simulada do Δ VSPL do cenário de desenvolvimento do PAN 22. Nota-se que houve convergência no valor de 5,46%, ou seja, a simulação indica que há uma probabilidade de 5,46% de o Δ VSPL demonstrar valores negativos.

Tabela 82 – Resultados da distribuição simulada do Δ VSPL do cenário de desenvolvimento do PAN 22

Descrição	Δ VSPL
Probabilidade (ΔVSPL<0)	5,46%
Caso-base	R\$ 4.715.515.144
Média	R\$ 4.020.544.732
Mediana	R\$ 4.033.909.384
Desvio-padrão	R\$ 2.496.516.739
Valor mínimo	-R\$ 5.144.817.638
Valor máximo	R\$ 13.335.167.448

Elaboração: LabTrans/UFSC (2023)

9.6.4. Hierarquização de projetos através da análise do Valor Presente Líquido (VPL)

Por fim, houve, também, auxílio no cálculo do VPL dos aeródromos contidos no cenário de desenvolvimento do PAN 22. O cálculo possui o objetivo de selecionar potenciais candidatos para o Plano Setorial de Parcerias (PSP) e para o Plano Geral de Ações Públicas (PGAP). O cálculo do VPL considera custos com CAPEX, OPEX e Receita Operacional nos 30 anos de projeto trazidos aos valores presentes, aplicando-se uma taxa de 13,75% ao ano (atual Selic²³).

Os aeroportos públicos do cenário PAN 22 que apresentaram VPL positivo no horizonte de projeto, sendo viáveis para concessão dos serviços, são especificados na Tabela 83.

Tabela 83 – Aeroportos com VPL positivo do cenário PAN 22 – aeroportos selecionados

ICAO	Nome do aeroporto	Município	UF	Operador	VPL
SBPS	Porto Seguro	Porto Seguro	BA	Município	R\$ 256.281.941,25
SBIL	Bahia - Jorge Amado	Ilhéus	BA	Infraero	R\$ 8.310.031,34

Elaboração: LabTrans/UFSC (2023)

²³ Sistema Especial de Liquidação e de Custódia. O sistema é administrado pelo Banco Central (BC) e nele são transacionados os títulos públicos federais. A Selic, ou taxa Selic, é a taxa básica de juros da economia.

Já os aeroportos públicos do cenário PAN 22 que apresentaram VPL positivo no horizonte de projeto, sem considerar custos com adequação inicial, sendo viáveis para estudos de parceria pública, são especificados na Tabela 84.

Tabela 84 – Aeroportos com VPL positivo sem considerar custos com adequação inicial do cenário PAN 22 – aeroportos selecionados

ICAO	Nome do aeroporto	Município	UF	Operador	VPL
SBFN	Fernando de Noronha	Fernando de Noronha	PE	Estado	R\$ 15.672.920,19
SNOB	Virgílio Távora	Sobral	CE	Município	R\$ 8.778.112,91
SBJA	Aeroporto Regional Sul	Jaguaruna	SC	Outros	R\$ 3.313.101,19

Elaboração: LabTrans/UFSC (2023)

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com o objetivo de atender à SAC/MPOR no suporte ao planejamento dos aeródromos da rede aeroviária nacional estabelecida no PAN, foram desenvolvidas metodologias específicas para variados temas correlatos ao planejamento.

O método selecionado para apresentação deste relatório, além de separar as notas metodológicas por tema de aplicação, incorpora todas as respectivas premissas adotadas, tipo e fontes de informações utilizadas na realização das seguintes atividades: atualização do escopo dos aeródromos de planejamento e de UTPs para o PAN; metodologia da projeção de demanda de passageiros, de movimento de aeronaves e de carga aérea; classificação da infraestrutura aeroportuária por faixas; análise da infraestrutura aeronáutica civil; definição de critérios de estimativas de investimentos, avaliação dos parâmetros de porte operacional, definição de critérios para estimativas de custos mínimos e de receitas aeroportuárias, análises do custo de ruído aeronáutico; e Análise Custo-Benefício.

O trabalho a que se refere este relatório consolida o esforço empreendido no sentido de registrar todas as atividades e as abordagens utilizadas no desenvolvimento de soluções para questões previamente definidas ou que surgiram ao longo do processo de cooperação técnica entre a SAC/MPOR e o LabTrans/UFSC, no apoio ao desenvolvimento do PAN 2022.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL (ANAC). **Anuário do Transporte Aéreo**. Brasília, DF, 26 ago. 2022a. Disponível em: <https://www.gov.br/anac/pt-br/assuntos/dados-e-estatisticas/mercado-de-transporte-aereo/anuario-do-transporte-aereo>. Acesso em: 26 out. 2022.

AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL (ANAC). **Base de Dados de Aeronaves**. Brasília, DF, 13 abr. 2022b. Disponível em: <https://www.gov.br/anac/pt-br/sistemas/rab/relatorios-estatisticos>. Acesso em: 25 out. 2022.

AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL (ANAC). **Base de Dados Estatísticos do Transporte Aéreo**. Brasília, DF, 8 nov. 2021a. Disponível em: <https://www.gov.br/anac/ptbr/assuntos/regulados/empresas-aereas/envio-de-informacoes/base-de-dados-estatisticos-do-transporte-aereo>. Acesso em: 2 dez. 2021.

AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL (ANAC). **Descrição de variáveis**. [Brasília, DF], 23 jan. 2021b. Disponível em: <https://www.gov.br/anac/pt-br/assuntos/regulados/empresas-aereas/envio-de-informacoes/descricao-de-variaveis>. Acesso em: 11 nov. 2021.

AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL (ANAC). **Instrução Suplementar nº 107-001D**. Segurança da aviação contra atos de interferência ilícita - operador de aeródromo. Brasília, DF, 2019a. Disponível em: <https://www.anac.gov.br/participacao-social/consultas-publicas/consultas/2019/01/cp-01-2019-minuta-de-is-107-001d.pdf>. Acesso em: 24 out. 2022.

AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL (ANAC). **Lista de aeródromos civis cadastrados**. Brasília, DF, 14 jul. 2021c. Disponível em: <https://www.gov.br/anac/pt-br/assuntos/regulados/aerodromos/lista-de-aerodromos-civis-cadastrados>. Acesso em: 7 dez. 2021.

AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL (ANAC). **Microdados**. [Brasília, DF], 2021d. Disponível em: <https://www.gov.br/anac/pt-br/assuntos/regulados/empresas-aereas/Instrucoes-para-a-elaboracao-e-apresentacao-das-demonstracoes-contabeis/microdados/microdados>. Acesso em: 11 nov. 2021.

AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL (ANAC). **Microdados de tarifas aéreas comercializadas**. [Brasília, DF], 2017. Disponível em: <https://www.anac.gov.br/assuntos/dados-e-estatisticas/microdados-de-tarifas-aereas-comercializadas>. Acesso em: 11 nov. 2021.

AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL (ANAC). **Portaria nº 9.2469/SAI, de 22 de setembro de 2022**. Estabelece os elementos mínimos de infraestrutura e de segurança operacional a serem exigidos do operador de aeródromo não certificado segundo o RBAC nº 139 que processe ou pretenda processar operações aéreas regulares domésticas regidas pelo RBAC nº 121. [Brasília, DF]: ANAC, 26 set. 2022c. Disponível em: <https://www.anac.gov.br/assuntos/legislacao/legislacao-1/portarias/2022/portaria-9249>. Acesso em: 1 nov. 2022.

AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL (ANAC). **Regulamento Brasileiro da Aviação Civil (RBAC) nº 153**. Emenda nº 04 Aeródromos: operação, manutenção e resposta à emergência. Brasília, DF: ANAC, 11 jun. 2019b. Disponível em: <https://www.anac.gov.br/assuntos/legislacao/legislacao-1/boletim-de-pessoal/2019/19s2/anexo-i-rbac-no-153-emenda-04>. Acesso em: 24 out. 2022.

AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL (ANAC). **Regulamento Brasileiro da Aviação Civil (RBAC) nº 154**. Emenda nº 07. Projeto de Aeródromos. Brasília, DF: ANAC, 16 jun. 2021e. Disponível em: <https://www.anac.gov.br/assuntos/legislacao/legislacao-1/rbha-e-rbac/rbac/rbac-154-emd-07>. Acesso em: 16 nov. 2021.

AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL (ANAC). **Regulamento Brasileiro da Aviação Civil (RBAC) nº 161**. Emenda nº 03. Planos de Zoneamento de Ruído de Aeródromos (PZR). Brasília, DF: ANAC, 26 fev. 2021f. Disponível em: <https://www.anac.gov.br/assuntos/legislacao/legislacao-1/rbha-e-rbac/rbac/rbac-161>. Acesso em: 24 jan. 2022.

AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL (ANAC). **Relatório Anual de Segurança Operacional (RASO) - 2020**. Brasília, DF, 2020. Disponível em: https://www.gov.br/anac/pt-br/assuntos/seguranca-operacional/gerenciamento-da-seguranca-operacional/arquivos/raso_2020.pdf. Acesso em: 26 out. 2022.

AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL (ANAC). **Resolução nº 508, de 14 de março de 2019**. Dispõe sobre o regime tarifário aplicável às atividades de embarque, conexão, pouso e permanência nos aeroportos administrados pela Empresa Brasileira de Infraestrutura Aeroportuária - Infraero. Brasília, DF: ANAC, mar. 2019c. Disponível em: <https://www.anac.gov.br/aceso-a-informacao/reunioes-da-diretoria-colegiada/reunioes-deliberativas-da-diretoria/2019/4a-reuniao-deliberativa-da-diretoria/00058-520874-2017-70/resolucao-no-508-de-14-de-marco-de-2019>. Acesso em: 24 out. 2022.

AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL (ANAC). **Resolução nº 517, de 14 de maio de 2019**. Altera a Resolução nº 279, de 10 de julho de 2013, e aprova a Emenda nº 04 ao Regulamento Brasileiro da Aviação Civil nº 153. Brasília, DF: ANAC, maio 2019d. Disponível em: <https://www.anac.gov.br/aceso-a-informacao/reunioes-da-diretoria-colegiada/reunioes-deliberativas-da-diretoria/2019/8a-reuniao-deliberativa-da-diretoria/00058-004482-2018-49/resolucao-no-517-de-14-de-maio-de-2019>. Acesso em: 24 out. 2022.

AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL (ANAC). Superintendência de Estudos, Pesquisas e Capacitação para a Aviação Civil (SEP). Gerência de Estudos e Pesquisas (GEPQ). **Demanda na Hora-Pico: Aeroportos da Rede Infraero**. 1. ed. Rio de Janeiro: SEP: GEPQ, 2007. Disponível em: <https://www.gov.br/anac/pt-br/centrais-de-conteudo/biblioteca/arquivos/horapicoforweb.pdf>. Acesso em: 7 dez. 2021.

AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL (ANAC). Superintendência de Infraestrutura Aeroportuária (SIA). **Planos Específicos de Zoneamento de Ruído (PEZR) Registrados para Aeródromos Públicos**. Brasília, DF, 30 set. 2022d. Disponível em: <https://www.gov.br/anac/pt-br/assuntos/regulados/aerodromos/planejamento-aeroportuario/PZRREGISTRADOS.pdf>. Acesso em: 26 out. 2022.

AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL (ANAC). **Anuário do Transporte Aéreo**. [Brasília, DF], 2016. Disponível em: <https://www.gov.br/anac/pt-br/assuntos/dados-e-estatisticas/mercado-de-transporte-aereo/anuario-do-transporte-aereo>. Acesso em: 10 nov. 2021.

ALVES, C. J. P. **Geometria do Lado Terrestre**: Notas de Aula. [São José dos Campos, SP], 2018. Disponível em: <http://www2.ita.br/~claudioj/outrasinst.pdf>. Acesso em: 12 mar. 2020.

AUSTRÁLIA. Transport and Infrastructure Council. **Transport Assessments and Planning Guidelines (ATAP) – T2 Cost Benefit Analysis**. [S. l.]: Transport and Infrastructure Council, 2018.

BALTAGI, B. H. **Econometrics Analysis of Panel Data**. 3. ed. England: John Wiley & Sons Ltd, 2005. 302 p. ISBN 0-470-01456-3.

BANCO CENTRAL DO BRASIL (BCB). **Cotações e Boletins**. Brasília, DF, 2022. Disponível em: <https://www.bcb.gov.br/estabilidadefinanceira/historicocotacoes>. Acesso em: 18 mar. 2022.

BRASIL. Ministério da Defesa. Comando da Aeronáutica. **Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos**: Manual de Investigação do SIPAER. Brasília, DF: Comanda da Aeronáutica, 2017. Disponível em: <https://www2.fab.mil.br/cenipa/index.php/legislacao/mca-manual-do-comando-da-aeronautica?download=154:mca-3-6-2017>. Acesso em: 27 out. 2022.

BRASIL. Ministério da Economia (ME). **Guia de Análise Custo-Benefício de Projetos de Investimento em Infraestrutura**. Brasília, DF: ME, 7 jul. 2022a. Disponível em: <https://www.gov.br/economia/pt-br/aceso-a-informacao/participacao-social/consultas-publicas/2020/guia-de-analise-custo-beneficio-de-projetos-de-investimento-em-infraestrutura>. Acesso em: 30 set. 2022.

BRASIL. Ministério da Economia (ME). Secretaria Especial de Produtividade e Competitividade. Secretaria de Desenvolvimento da Infraestrutura (SDI). **Guia geral de análise socioeconômica de custo-benefício de projetos de investimento em infraestrutura**. Brasília, DF: SDI/ME, 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/casacivil/pt-br/assuntos/governanca/comite-interministerial-de-governanca/arquivos/guia-geral-de-analise-socioeconomica-de-custo-beneficio.pdf>. Acesso em: 27 out. 2022.

BRASIL. Ministério da Economia (ME). Secretaria Especial de Produtividade e Competitividade. Secretaria de Desenvolvimento da Infraestrutura (SDI). **Guia Geral de Análise Socioeconômica de Custo-Benefício de Projetos de Investimento em Infraestrutura**. Brasília, DF: SDI/ME, 2022b, Versão 3. Disponível em: <https://www.gov.br/produtividade-e-comercio-exterior/pt-br/choque-de-investimento-privado/avaliacao-socioeconomica-de-custo-beneficio-1/guia-acb.pdf/view>. Acesso em: 27 jan. 2023.

BRASIL. Ministério da Infraestrutura (MInfra). **Conheça o Brasil que voa**. Brasília, DF, [201-]. Disponível em: <https://antigo.infraestrutura.gov.br/obrasilquevoa/index.php>. Acesso em: 27 out. 2022.

BRASIL. Ministério da Infraestrutura (MInfra). **Nota Técnica nº 1/2022/CGPA**. Brasília, DF: MInfra, 31 mar. 2022b. 6 p. [pdf].

BRASIL. Ministério da Infraestrutura (MInfra). **Nota Técnica nº 57/2019/DPG/SAC**. Brasília, DF: MInfra, 16 jul. 2019a. 24 p. [pdf].

BRASIL. Ministério da Infraestrutura (MInfra). **Registro Nacional de Acidentes e Estatísticas de Trânsito**. Brasília, DF: MInfra, 13 out. 2022c. Disponível em: <https://www.gov.br/infraestrutura/pt-br/assuntos/transito/conteudo-Senatran/registro-nacional-de-acidentes-e-estatisticas-de-transito>. Acesso em: 27 out. 2022.

BRASIL. Ministério da Infraestrutura (MInfra). Secretaria Nacional de Aviação Civil (SAC). Hórus. **Carga Aérea**. V. 5.0.0.0. [Brasília, DF], 2020a. Disponível em: <https://horus.labtrans.ufsc.br/gerencial/?auth=s#CargaAerea>. Acesso em: 3 dez. 2021.

BRASIL. Ministério da Infraestrutura (MInfra). Secretaria Nacional de Aviação Civil (SAC). Hórus. **Matriz Origem Destino**. V. 5.0.0.0. [Brasília, DF], 11 ago. 2020b. Disponível em: <https://horus.labtrans.ufsc.br/gerencial/?auth=s#MatrizOd>. Acesso em: 3 dez. 2021.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Previdência Social (MTPS). **Microdados RAIS e CAGED**. [Brasília, DF], 2022d. Disponível em: <ftp://ftp.mtps.gov.br/pdet/microdados/>. Acesso em: 6 jul. 2022.

BRASIL. Ministério do Turismo (MTur). **Categorização**. [Brasília, DF], 2019b. Disponível em: <https://dados.turismo.gov.br/dataset/categorizacao>. Acesso em: 11 nov. 2021.

BRASIL. Ministério do Turismo (MTur). **Mapa do turismo 2016**: Programa de Regionalização do Turismo. [Brasília, DF]: MTur, 2016. Disponível em: <http://mapa.turismo.gov.br/mapa/init.html#/home>. Acesso em: 3 ago. 2016.

BRASIL. Ministério dos Transportes, Portos e Aviação Civil (MTPA). Departamento de Planejamento e Gestão Aeroportuária. **Plano Aeroviário Nacional 2018-2038**: objetivos, estratégias e investimentos para desenvolvimento do transporte aéreo brasileiro. Brasília, DF: MTPA, nov. 2018. *E-book*. Disponível em: https://www.transportes.gov.br/images/AVIACAO_CIVIL/PAN/PAN2018_ebook.pdf. Acesso em: 17 ago. 2020.

BRASIL. Presidência da República. Decreto nº 10.531, de 26 de outubro de 2020. Institui a Estratégia Federal de Desenvolvimento para o Brasil no período de 2020 a 2031. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 27 out. 2020c. Disponível em: <https://pesquisa.in.gov.br/imprensa/jsp/visualiza/index.jsp?data=27/10/2020&jornal=515&pagina=3&totalArquivos=124>. Acesso em: 11 nov. 2021.

BRUTON, M. J. **Introdução ao planejamento dos transportes**. Rio de Janeiro: Intercedência, 1979.

CAMPOS, V. B. G. **Planejamento de transportes – conceitos e modelos**. Rio de Janeiro: Intercedência, 2013.

CENTRO DE INVESTIGAÇÃO E PREVENÇÃO DE ACIDENTES AERONÁUTICOS (CENIPA). **Glossário de Termos Técnicos**. Brasília, DF, c2022. Disponível em: <https://cenipavirtual.aer.mil.br/mod/glossary/view.php?id=3&mode=search&hook=acidente&fullsearch=1>. Acesso em: 26 out. 2022.

CHI, J; BAEK, J, Dynamic relationship between air transport demand and economic growth in the United States: A new look. **Transport Policy**, [s. l.], v. 29, p. 257-260, Sept. 2013.

CHILE. Ministério de Desarrollo Social. **Metodología General de Preparación y Evaluación Social de Proyectos**: División de Evaluación Social de Inversiones. [Santiago]: Ministerio de Desarrollo Social, 2013. Disponível em: <https://observatorioplanificacion.cepal.org/sites/default/files/methology/Metodologia%CC%81a-General-2013.pdf>. Acesso em: 3 nov. 2022.

COMITÊ INTERMINISTERIAL DE PLANEJAMENTO DA INFRAESTRUTURA (CIP-INFRA). **Plano Integrado de Longo Prazo da Infraestrutura 2021-2050**. Brasília, DF: Secretaria-Executiva do Comitê, 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/casacivil/pt-br/assuntos/comite-interministerial-de-planejamento-da-infraestrutura/relatorio-pilpi-consolidado-20211215-v2-sem-logo-gf.pdf>. Acesso em: 26 out. 2022.

CONSÓRCIO GRUPO DE CONSULTORES EM AEROPORTOS (GCA). **Aeroporto de Bagé /RS Comandante Gustavo Kraemer SBBG/BGX**. Estudos de Engenharia e afins. Relatório 02. [S. l.]: GCA, jul. 2020. 544 p. [.pdf].

DE PAULA, R.O. *et al.* Forecasting passenger movement for Brazilian airports network based on the segregation of primary and secondary demand applied to Brazilian civil aviation policies planning. **Transport Policy**, [s. l.], v. 77, p. 23-29, May 2019.

DEPARTAMENTO DE CONTROLE DO ESPAÇO AÉREO (DECEA). **AISWEB**. [Rio de Janeiro], [2021]. Disponível em: <https://aisweb.decea.mil.br/>. Acesso em: 19 jun. 2021.

DEPARTAMENTO DE CONTROLE DO ESPAÇO AÉREO (DECEA). **ICA nº 63-18**: Critérios de Implantação de Órgãos Operacionais, Auxílios à Navegação Aérea e Sistemas de Apoio aos Órgãos ATS. Rio de Janeiro: DECEA, 1 fev. 2021a. Disponível em: <https://publicacoes.decea.mil.br/publicacao/ica-63-18>. Acesso em: 14 ago. 2021.

DEPARTAMENTO DE CONTROLE DO ESPAÇO AÉREO (DECEA). ROTAER: Aeródromos. **AISWEB**, [Rio de Janeiro], 2021b. Disponível em: <https://aisweb.decea.mil.br/?i=aerodromos&p=rotaer>. Acesso em: 12 abr. 2021.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES (DNIT). **Base de Dados**. Brasília, DF, c2022. Disponível em: <http://servicos.dnit.gov.br/dadospnct/PesquisaOD/BaseDeDados>. Acesso em: 26 out. 2022.

DIRECTION GÉNÉRALE DE L'AVIATION CIVILE (DGAC). **NoisedB**: Noise certification database. Informations générales sur la base de données NoisedB. Paris, c2020. Disponível em: <https://noisedb.stac.aviation-civile.gouv.fr/>. Acesso em: 25 out. 2022.

THE ECONOMIST INTELLIGENCE UNIT. **[Base de Dados]**. London, [2016]. Disponível em: <https://www.eiu.com/n/solutions/>. Acesso restrito.

EMPRESA BRASILEIRA DE INFRAESTRUTURA AEROPORTUÁRIA (INFRAERO). **Planos Específicos de Zoneamento de Ruído**. Brasília, DF, [2022]. Disponível em: <https://transparencia.infraero.gov.br/planos-especificos-de-zoneamento-de-ruído/>. Acesso em: 28 jan. 2022

EMPRESA BRASILEIRA DE INFRAESTRUTURA AEROPORTUÁRIA (INFRAERO). Superintendência de Empreendimentos de Engenharia (DEEP). **Manual de Critérios e Condicionantes de Planejamento Aeroportuário**. Brasília, DF: DEEP, 2006. 101 p. [.pdf].

EMPRESA BRASILEIRA DE INFRAESTRUTURA AEROPORTUÁRIA (INFRAERO). **Tarifário**. [Brasília, DF], 2022. Disponível em: <https://www4.infraero.gov.br/media/946191/tarifario-atualizado-em-11082022.pdf>. Acesso em: 26 set. 2022.

EMPRESA DE PLANEJAMENTO E LOGÍSTICA S.A. (EPL). **Parâmetros de custo-benefício para projetos de infraestrutura de transportes**. [Brasília, DF]: EPL, 2019. 11 p. .pdf.

ESCOLA NACIONAL DE ADMINISTRAÇÃO PÚBLICA (ENAP). **Introdução à análise de custo-benefício de projetos de infraestrutura**. Brasília, DF, [2022]. Disponível em: <https://suap.enap.gov.br/portaldoaluno/curso/1814/?area=17>. Acesso em: 30 set. 2022.

ESSEN, H. V. *et al.* **Handbook on the external costs of transport**: version 2019 – 1.1. Brussels: EC, 21 abr. 2020. Disponível em: <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/9781f65f-8448-11ea-bf12-01aa75ed71a1>. Acesso em: 2 dez. 2021.

EUROPEAN COMMISSION (EC). **Guide to Cost-Benefit Analysis of Investment Projects**: Economic appraisal tool for Cohesion Policy 2014-2020. Brussels: EC, Dec. 2014. Disponível em: https://ec.europa.eu/regional_policy/sources/docgener/studies/pdf/cba_guide.pdf. Acesso em: 27 out. 2022.

EUROPEAN COMMISSION (EC). **HICP Inflation rate - Data Browser**. Bruxelas, 2022. Disponível em: <https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/tec00118/default/table?lang=en>. Acesso em: 20 jan. 2022.

EUROPEAN UNION AVIATION SAFETY AGENCY (EASA). **Aircraft noise**. [Köln], c2022. Disponível: <https://www.easa.europa.eu/eco/eaer/topics/technology-and-design/aircraft-noise>. Acesso em: 7 jun. 2022.

FEDERAL AVIATION ADMINISTRATION (FAA). Department of Transportation. **Advisory Circular nº 150/5360-9, de 4 de abril de 1980**. Washington, D. C.: FAA, 1980. Disponível em: http://www.faa.gov/documentLibrary/media/Advisory_Circular/150_5360_9.pdf. Acesso em: 15 abr. 2014.

FERRARI, T. K. *et al.* **Estimativa do valor da vida estatística e do valor da economia de tempo em viagens nas rodovias brasileiras com a utilização de pesquisa de preferência declarada**. [S. l.]: Ipea, 2020.

FUNDO MONETÁRIO INTERNACIONAL (FMI). **Brazil**: Technical Assistance Report - Public Investment Management Assessment. Washington D.C.: International Monetary Fund, 2018.

GALLET, C. A.; DOUCOULIAGOS, H. The income elasticity of air travel: A meta-analysis. **Tourism Research**, [s. l.], v. 49, p. 141-155, 2014. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0160738314001145>. Acesso em: 1 dez. 2021.

GOLDBARG M.; LUNA, H. **Otimização Combinatória e Programação Linear**. 2. ed. [S. l.]: Elsevier Editora Ltda., 2005.

GUJARATI, D. N.; PORTER, D. C. **Econometria Básica**. 5. ed. Porto Alegre: AMGH, 2011. 924 p. ISBN 978-85-63308-32-0.

HM TREASURY. **The Green Book**. London: HM Treasury 2022. Disponível em: https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/1063330/Green_Book_2022.pdf. Acesso em: 27 out. 2022.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Arranjos populacionais e concentrações urbanas no Brasil**. 2. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2016. *E-book*. Disponível em: https://geoftp.ibge.gov.br/organizacao_do_territorio/divisao_regional/arranjos_populacionais/arranjos_populacionais.pdf. Acesso em: 6 out. 2021.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Censo Demográfico**. [Brasília, DF], 2010a. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/multidominio/genero/9662-censo-demografico-2010.html?=&t=resultados>. Acesso em: 28 jan. 2022.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Estimativas populacionais para os municípios e para as Unidades da Federação brasileiros 2015**. [Rio de Janeiro], 2015. Disponível em: http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/estimativa2015/estimativa_dou.shtm. Acesso em: 15 jun. 2016.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Malha de Setores Censitários**. [Brasília, DF], 2010b. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-do-territorio/malhas-territoriais/26565-malhas-de-setores-censitarios-divisoes-intramunicipais.html?=&t=downloads>. Acesso em: 28 jan. 2022.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Produto Interno Bruto dos Municípios**. [Rio de Janeiro], 2018a. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/contas-nacionais/9088-produto-interno-bruto-dos-municipios.html?=&t=o-que-e>. Acesso em: 11 nov. 2021.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Regiões de influência das cidades**. Rio de Janeiro: IBGE, 2018b. *E-book*. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/index.php/biblioteca-catalogo?view=detalhes&id=2101728>. Acesso em: 6 nov. 2021.

INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA (IPEA). **Catálogo de Parâmetros**: Anexo do Guia Geral de Análise Socioeconômica de Custo-Benefício de Projetos de Investimento em Infraestrutura. Brasília, DF: Ipea; SDI, jul. 2022. Versão 1. Disponível em: <https://www.gov.br/produtividade-e-comercio-exterior/pt-br/choque-de-investimento-privado/avaliacao-socioeconomica-de-custo-beneficio-1/catalogo-de-parametros.pdf>. Acesso em: 26 out. 2022.

INTERNATIONAL AIR TRANSPORT ASSOCIATION (IATA). **Airport Development Reference Manual**. 9. ed. Montreal: IATA, 2004. 724 p. [.pdf].

INTERNATIONAL AIR TRANSPORT ASSOCIATION (IATA). **Airport Development Reference Manual**. 10. ed. Montreal: IATA, 2016. 619 p. [.pdf].

INTERNATIONAL CIVIL AVIATION ORGANIZATION (ICAO). **2019 Environmental Report**: Aviation and Environment. Destination Green: The Next Chapter. Montreal: ICAO, [2019]. Disponível em: [https://www.icao.int/environmental-protection/Documents/ICAO-ENV-Report2019-F1-WEB%20\(1\).pdf](https://www.icao.int/environmental-protection/Documents/ICAO-ENV-Report2019-F1-WEB%20(1).pdf). Acesso em: 25 out. 2022.

INTERNATIONAL CIVIL AVIATION ORGANIZATION (ICAO). **Reduction of Noise at Source**. Montreal, [202-]. Disponível em: <https://www.icao.int/environmental-protection/pages/reduction-of-noise-at-source.aspx>. Acesso em: 25 out. 2022.

INTERNATIONAL CIVIL AVIATION ORGANIZATION (ICAO); LA DIRECTION GÉNÉRALE DE L'AVIATION CIVILE (DGAC); AIRBUS. RNP APCH overview. In: ICAO PBN WORKSHOP, 2014, Tanzania. **Annals** [...]. Tanzania: ICAO: DGAC: Airbus, 2014. Disponível em: <https://www.icao.int/WACAF/Documents/Meetings/2014/OPS-Approval/15%20October%202014/08%20-%20RNP%20APCH.pdf>. Acesso em: 24 nov. 2021.

INTERNATIONAL MONETARY FUND (IMF). **Real GDP growth**. [Washington, D.C.], c2021. Disponível em: https://www.imf.org/external/datamapper/NGDP_RPCH@WEO/OEMDC/ADVEC/WEOORLD. Acesso em: 7 dez. 2021.

INTERNATIONAL MONETARY FUND (IMF). **World Economic Outlook Database**. Washington, D.C., 2021. Disponível em: <https://www.imf.org/en/Publications/WEO/weo-database/2021/October>. Acesso em: 20 jan. 2022.

JANG, S. C. (S.); BAI, B.; HONG, G.-S.; O'LEARY, J. T. Understanding travel expenditure patterns: a study of Japanese pleasure travelers to the United States by income level. **Tourism Management**, [s. l.], v. 25, n. 3, p. 331-341, Jun. 2004.

JORGE-CALDERÓN, J. D. A demand model for scheduled airline services on international European routes. **Journal of Air Transport Management**, [s. l.] v. 3, n. 1, p. 23-35, Jan. 1997.

LIESHOUT, R. Measuring the size of an airport's catchment area. **Journal of Transport Geography**, [s. l.], v. 25, p. 27-34, Nov. 2012.

LIM, C.; MIN, J. C. H.; MCALEER, M. Modelling income effects on long and short haul international travel from Japan. **Tourism Management**, [s. l.], v. 29, n. 6, p. 1.099-1.109, Dec. 2008.

MEDEIROS, A. G. M. **Um Método para Dimensionamento de Terminais de Passageiros em Aeroportos Brasileiros**. 2004. Tese (Mestrado em Engenharia de Infraestrutura Aeronáutica) – Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA), São José dos Campos, 2004.

NATIONAL COOPERATIVE HIGHWAY RESERACH PROGRAM (NCHRP). **Estimating the Effects of Pavement Condition on Vehicle Operating Costs**. Washington, D.C.: NCHRP, 2012. Disponível em: <https://nap.nationalacademies.org/catalog/22808/estimating-the-effects-of-pavement-condition-on-vehicle-operating-costs>. Acesso em: 3 nov. 2022.

NORDHAUS, W. D. Revisiting the social cost of carbon. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, [s. l.], v. 114, Issue 7, p. 1.518-1.523, 2017.

NOVAES, A. G. **Sistemas de Transportes**. [S. l.]: Edgard Blücher, 1986.

OBSERVATÓRIO NACIONAL DE TRANSPORTE E LOGÍSTICA (ONTL). **Shapefiles**. Brasília, DF: 2017. Disponível em: <https://ontl.epl.gov.br/planejamento/shapefiles/>. Acesso em: 27 out. 2022

ORTÚZAR, S. J. D.; WILLUMSEN, L. G. **Modelling Transport**. 4th ed. Chichester: John Wiley & Sons, 2011.

POLÍCIA RODOVIÁRIA FEDERAL (PRF). **Acidentes**. Brasília, DF, 19 set. 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/prf/pt-br/acesso-a-informacao/dados-abertos/dados-abertos-acidentes>. Acesso em: 27 out. 2022.

SALLING, K. S; LELEUR S. Transport appraisal and Monte Carlo simulation by use of the CBA-DK model. **Transport Policy**, [s. l.], v. 18, p. 236-245, Jan. 2011. Disponível em: <https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S0967070X10001046?token=DDB1A3AEE70E106F0A3F4A04F386287F0E2BA1760E23A743E3126A2CEB1EFC2181D780F309F0243FD4B600762241C5C0&originRegion=us-east-1&originCreation=20221024121128>. Acesso em: 27 out. 2022.

STOCK, J. H.; WATSON, M. W. **Econometria**. London: Pearson Addison-Wesley, 2004.

TEIXEIRA, F. M.; DERUDDER, B. Spatio-temporal dynamics in airport catchment areas: The case of the New York Multi Airport Region. **Journal of Transport Geography**, [s. l.], v. 90, Jan. 2021.

U.S. ENERGY INFORMATION ADMINISTRATION (EIA). **U.S. Gulf Coast Kerosene-Type Jet Fuel Spot Price FOB (Dollars per Gallon)**. Washington, D.C, 2021. Disponível em: https://www.eia.gov/dnav/pet/hist/er_epjk_pf4_rgc_dpgD.htm. Acesso em: 11 nov. 2021.

WORLD BANK GROUP. **International Bank for Reconstruction and Development and International Development Association**: Report of the High-Level Commission on Carbon Prices. Washington, DC, 29 May 2017. Disponível em: <https://academiccommons.columbia.edu/doi/10.7916/d8-w2nc-4103>. Acesso em: 26 out. 2022.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ACB	Análise de Custo-Benefício
ACN	Aircraft Classification Number
ADRM	Airport Development Reference Manual
AG	Algoritmo Genérico
AISWEB	Serviço de Informação Aeronáutica
AML	Amazônia Legal
ANAC	Agência Nacional de Aviação Civil
AP	Área patrimonial
API	Application Programming Interface
APV	<i>Approach with Vertical Guidance</i>
ASK	<i>Available Seat-Kilometers</i>
ATC	<i>Air Traffic Control</i>
ATS	<i>Air Traffic Service</i>
AvG	Aviação geral
AVSEC	<i>Aviation Security</i>
BAU	<i>Business As Usual</i>
BC	Banco Central
B/C	Benefício-Custo
BIMTRA	Banco de Informações de Movimento de Tráfego Aéreo
BVRI	Balcão de Vendas, Reservas e Informações
CAEP	Committee on Aviation Environmental Protection
CAGED	Cadastro Geral de Empregados e Desempregados

CAPEX	<i>Capital Expenditure</i>
CASK	Assento quilômetro oferecido
CAT	Categoria Contraincêndio do Aeródromo
CCI	Carro contraincêndio de aeródromo
CMLP	Custo marginal de longo prazo
CIAD	Código de Identificação do Aeródromo
CGNA	Centro de Gerenciamento da Navegação Aérea
COMAER	Comando da Aeronáutica
Cotran	Código de Transporte
CRA	Código de Referência do Aeródromo
CT-e	Conhecimento de Transporte eletrônico
D2	Desenvolvimento 2
DAC	Departamento de Aviação Civil
DAC	Disposição a aceitar
DAP	Disposição a pagar
DECEA	Departamento de Controle do Espaço Aéreo
DGAC	Direction Générale de l'Aviation Civile
DINV	Departamento de Investimentos em Aeroportos Regionais
DNL	<i>Day-Night Average Sound Level</i>
DPG	Departamento de Planejamento e Gestão
EASA	European Union Aviation Safety Agency
EP	Estudo Preliminar
EPL	Empresa de Planejamento e Logística

EPNdB	<i>Effective perceived noise in decibels</i>
ERAA	Estação de Radiodifusão Automática de Aeródromo
EVTEA	Estudos de Viabilidade Técnica, Econômica e Ambiental
FAA	Federal Aviation Administration
FC	Fator de conversão
FCP	Fator de conversão padrão
FCS	Fator de conversão setorial
FMI	Fundo Monetário Internacional
GCA	Consórcio Grupo de Consultores em Aeroportos
GEE	Gases de Efeito Estufa
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IAP	<i>Instrument Approach Procedures</i>
ICAO	International Civil Aviation Organization
IFR	<i>Instrument Flight Rules</i>
IFR NPA	IFR de não precisão
IFR PA	IFR de precisão
ILS	<i>Instrument Landing System</i>
Infraero	Empresa Brasileira de Infraestrutura Aeroportuária
Ipea	Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada
IPCA	Índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo
IS	Instrução Suplementar
ITA	Instituto Tecnológico de Aeronáutica
LabTrans	Laboratório de Transportes e Logística

LOGIT/P	Regressão Logística
ME	Ministério da Economia
MInfra	Ministério da Infraestrutura
MPOR	Ministério de Portos e Aeroportos
MMIL	<i>Minimum Infrastructure List</i>
NT	Nota Técnica
O/D	Origem/Destino
OMGWS	Largura exterior entre as rodas do trem de pouso principal
ONTL	Observatório Nacional de Transporte e Logística
OPEX	<i>Operational Expenditure</i>
PAE	Plano Aeroviário Estadual
PAN	Plano Aeroviário Nacional
PAX	Movimentação de passageiros
PBN	<i>Performance Based Navigation</i>
PBZR	Plano Básico de Zoneamento de Ruído
PCN	<i>Pavement Classification Number</i>
PDIR	Plano Diretor Aeroportuário
PEZR	Plano Específico de Zoneamento de Ruído
PGAP	Plano Geral de Ações Públicas
PHP	Passageiro Hora-Pico
PIB	Produto Interno Bruto
PM	Preço de mercado
PMD	Peso máximo de decolagem

PNCT	Plano Nacional de Contagem de Tráfego
PNL	Plano Nacional de Logística
PPD	Pista de pouso e decolagem
PRF	Polícia Rodoviária Federal
PS	Preço social
PSMO	Preço sombra de mão de obra
PSP	Plano Setorial de Parcerias
PTR	Pista de táxi
PZR	Plano de Zoneamento de Ruído
QAV	Querosene de Aviação
RAB	Registro Aeronáutico Brasileiro
RASO	Relatório Anual de Segurança Operacional
RENAEST	Registro Nacional de Acidentes e Estatísticas de Trânsito
RBAC	Regulamento Brasileiro de Aviação Civil
REGIC	Regiões de Influência das Cidades
RESA	<i>Runway End Safety Area</i>
RPK	<i>Revenue Passenger Kilometer</i>
ROTAER	Manual Auxiliar de Rotas Aéreas
SAC	Secretaria Nacional de Aviação Civil
SAE	Sala de Atendimento Especial
SARP	<i>Standard and Recommended Practice</i>
SCI	Seção Contraincêndio
SELIC	Sistema Especial de Liquidação e de Custódia

SESCINC	Serviço de Prevenção, Salvamento e Combate a Incêndio em Aeródromos Cíveis
SICRO	Sistema de Custos Referenciais de Obras
SIG	Sistema de Informações Gerenciais
SINAPI	Sistema Nacional de Pesquisa de Custo e Índices da Construção Civil
SIPAER	Sistema de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos
TECA	Terminal de cargas
TPN	Transporte Aéreo Público Não Regular, Doméstico ou Internacional
TPR	Transporte Aéreo Público Regular
TPS	Terminal de passageiros
TRE	Taxa de Retorno Econômica
TSD	Taxa Social de Desconto
UAA	Unidade Aeronáutica de Aeroporto
UF	Unidade Federativa
UFSC	Universidade Federal de Santa Catarina
UTP	Unidade Territorial de Planejamento
VAR	<i>Vector AutoRegressive</i>
VFR	<i>Visual Flight Rules</i>
VPL	Valor Presente Líquido
VSPL	Valor Social Presente Líquido Comparativo

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Distribuição dos aeródromos do PAN 2022 pelo território brasileiro	12
Figura 2 – Esquema de formação das bases de dados para as UTPs	14
Figura 3 – Mapa dos municípios brasileiros pertencentes e não pertencentes a uma UTP	15
Figura 4 – Inclusão do município de Ulianópolis à UTP 2.....	17
Figura 5 – Fluxo geral de aplicação dos modelos da projeção de demanda do PAN.....	20
Figura 6 – Diferença entre a base de dados da ANAC e a Matriz O/D do Big Data de telefonia	21
Figura 7 – Conceito do modelo de distribuição da demanda para as UTPs da área de influência ..	30
Figura 8 – Exemplo de UTP que está na área de influência de dois ou mais aeródromos	31
Figura 9 – Exemplificação do modelo adaptado de distribuição gravitacional.....	32
Figura 10 – Gráficos das tentativas de calibração de um modelo único nacional	34
Figura 11 – Gráficos das tentativas de calibração segregando as unidades ferativas	35
Figura 12 – Processo de calibração do modelo.....	36
Figura 13 – Exemplificação do raio limite de conexão UTP-Aeródromos	39
Figura 14 – Distribuição dos aeroportos dos cenários de infraestrutura	43
Figura 15 – Área de influência simulada de SBST e SBSP – Cenário D2	44
Figura 16 – Exemplo de viagem internacional	49
Figura 17 – Fluxo de distribuição dos embarques internacionais.....	52
Figura 18 – Etapas da metodologia de projeção de movimentação de aeronaves	54
Figura 19 – Fluxo geral de aplicação dos modelos da projeção da demanda de carga	71
Figura 20 – Infraestrutura aeronáutica aplicável	116
Figura 21 – Procedimentos por classificação	117
Figura 22 – Síntese do processo de análise para monetização do ruído na ACB.....	140
Figura 23 – Curvas de ruído estimadas para a Faixa 5 (2052).....	141
Figura 24 – Exemplo: área passível de ruído à população	143
Figura 25 – Exemplo: estimativa da população residente na área passível de ruído à população	143
Figura 26 – Pontos de aproximação, lateral e de sobrevoo.....	147

Figura 27 – Exemplo de dados de aeronaves certificadas da EASA	148
Figura 28 – Conversão de preços de mercado para preços sociais.....	155
Figura 29 – Fluxo geral de aplicação da ACB.....	158
Figura 30 – Processo de desenvolvimento de modelagem para otimização	160
Figura 31 – Resumo das etapas do modelo de alocação	164
Figura 32 – Informações extraídas do modelo de alocação da demanda e distribuição de demanda nas rotas	165
Figura 33 – Custos/Benefícios considerados na ACB para o PAN	166
Figura 34 – Processo para obtenção do CAPEX e OPEX a preços de mercado	167
Figura 35 – Componentes do custo do tempo de deslocamento	168
Figura 36 – Componentes do custo de operação do transporte	171
Figura 37 – Componentes do custo de segurança	174
Figura 38 – Componentes do custo de GEE	177
Figura 39 – Mapa interativo para análise dos Δ VSPL-isolado	186
Figura 40 – Resumo das etapas do modelo de alocação	247
Figura 41 – Histórico de ocorrências na aviação regular – 2016 a 2020.....	277
Figura 42 – Taxa de acidentes com fatalidades na aviação regular brasileira	278

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – <i>Yield</i> (R\$/Assento.km) médio de todas as rotas	27
Gráfico 2 – Projeção de viagens de natureza doméstica	28
Gráfico 3 – Projeção de demanda da UTP de São Paulo – Embarque	31
Gráfico 4 – Projeção de demanda da UTP de Brasília – Embarque.....	32
Gráfico 5 – Curvas gerais de alocação da demanda nos aeroportos	38
Gráfico 6 – Exemplo das curvas de alocação com influência da gravitação E	39
Gráfico 7 – Raio limite de conexão de cada classe REGIC.....	40
Gráfico 8 – Exemplo do efeito de atribuição do principal aeroporto da UTP	40
Gráfico 9 – Modelo de participação do modo aéreo no total de viagens das UTPs.....	41
Gráfico 10 – Demanda projetada do Aeroporto SBST – Cenário D2.....	45
Gráfico 11 – Demanda projetada do Aeroporto SBSP – Cenário D2.....	45
Gráfico 12 – Demanda alocada da UTP de Santos no Cenário 0 (sem SBST) e no Cenário D2 (com SBST)	46
Gráfico 13 – Projeção de viagens de natureza internacional.....	48
Gráfico 14 – Exemplo da projeção de embarques internacionais de SBGO	50
Gráfico 15 – Exemplo da projeção de embarques internacionais da UTP 117	53
Gráfico 16 – Total de movimentos de aeronaves de Categoria 6 nos aeroportos de Faixa 6	55
Gráfico 17 – Primeira diferença do total de movimentos de aeronaves de Categoria 6 nos aeroportos de Faixa 6	55
Gráfico 18 – <i>Mix</i> de aeronaves observado do cenário doméstico para aeroportos Faixa 6 (2004-2019).....	58
Gráfico 19 – <i>Load factor</i> das aeronaves do cenário doméstico para aeroportos Faixa 6 (2009-2019).....	58
Gráfico 20 – <i>Mix</i> de aeronaves médio de todas as faixas: valores observados e projetados.....	65
Gráfico 21 – <i>Load factor</i> médio: valores observados e projetados	66
Gráfico 22 – <i>Mix</i> de aeronaves médio de todas as faixas – valores observados e projetados – internacional.....	69

Gráfico 23 – <i>Load factor</i> médio – valores observados e projetados – internacional	70
Gráfico 24 – Resultado agregado de movimentação de aeronaves	70
Gráfico 25 – Projeção da movimentação de carga aérea de natureza doméstica	74
Gráfico 26 – Projeção da movimentação de carga aérea internacional – exportação	78
Gráfico 27 – Projeção da movimentação de carga aérea internacional – importação.....	80
Gráfico 28 – Percentual de movimentos de aeronaves por hora por faixa do PAN	130

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Conceitos dos níveis de serviço da IATA	92
Quadro 2 – Elementos considerados na infraestrutura aeronáutica civil	113
Quadro 3 – Classificações de aeródromos no PAN 2018-2038.....	114
Quadro 4 – Infraestrutura aeronáutica desejada, conforme a faixa de evolução da infraestrutura	120
Quadro 5 – Informações da base de dados da infraestrutura aeroportuária atual.....	121
Quadro 6 – Parâmetro de porte operacional por faixa do PAN: nível de operação	126
Quadro 7 – Parâmetro de porte operacional por faixa do PAN: horário de abertura e de fechamento..	131
Quadro 8 – Parâmetro de porte operacional por faixa do PAN: classificação tarifária	131
Quadro 9 – Aeródromos do Cenário PAN18 sem PEZR em faixa superior à Faixa 6.....	142
Quadro 10 – Benefícios (custos) econômicos típicos de projetos de transporte	156
Quadro 11 – Custos e benefícios calculados pelo LabTrans/UFSC	166
Quadro 12 – Aeródromos classificados como HUB	248

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Classificação dos municípios por hierarquia nos arranjos populacionais.....	15
Tabela 2 – Modelos testados e R2-Ajustado.....	24
Tabela 3 – Cenários macroeconômicos da Estratégia Federal de Desenvolvimento para o Brasil (2021 a 2031, tendo 2020 como ano-base).....	26
Tabela 4 – Crescimento anual médio do PIB.....	26
Tabela 5 – Crescimento médio anual das viagens de natureza doméstica.....	29
Tabela 6 – Classe REGIC, a quantidade de UTPs e a % da demanda total de cada classe	35
Tabela 7 – Resultado de k e β e R^2 de cada grupo REGIC.....	37
Tabela 8 – Resultado dos valores de $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4, \alpha_5$ e α_6 de cada grupo REGIC.....	37
Tabela 9 – Crescimento médio anual da movimentação de passageiros de natureza internacional.....	48
Tabela 10 – Classificação das faixas de aeroportos por demanda anual doméstica de passageiros (PAX).....	56
Tabela 11 – Categoria de aeronaves por intervalo de assentos ofertados.....	57
Tabela 12 – <i>Mix</i> médio dos anos entre 2017 e 2019 para movimentos domésticos	59
Tabela 13 – <i>Load factor</i> dos anos entre 2017 e 2019 para movimentos domésticos	59
Tabela 14 – Especificações do modelo VAR considerando a demanda doméstica	60
Tabela 15 – Resultado da projeção do <i>mix</i> de aeronaves e do <i>load factor</i> da Faixa 1	60
Tabela 16 – Resultado da projeção do <i>mix</i> de aeronaves e do <i>load factor</i> da Faixa 2	61
Tabela 17 – Resultado da projeção do <i>mix</i> de aeronaves e do <i>load factor</i> da Faixa 3	61
Tabela 18 – Resultado da projeção do <i>mix</i> de aeronaves e do <i>load factor</i> da Faixa 4	62
Tabela 19 – Resultado da projeção do <i>mix</i> de aeronaves e do <i>load factor</i> da Faixa 5	62
Tabela 20 – Resultado da projeção do <i>mix</i> de aeronaves e do <i>load factor</i> da Faixa 6	63
Tabela 21 – Resultado da projeção do <i>mix</i> de aeronaves e do <i>load factor</i> da Faixa 7	63
Tabela 22 – Resultado da projeção do <i>mix</i> de aeronaves e do <i>load factor</i> da Faixa 8	64
Tabela 23 – Resultado da projeção do <i>mix</i> de aeronaves e do <i>load factor</i> da Faixa 9	64
Tabela 24 – Resultado da projeção do <i>mix</i> de aeronaves e do <i>load factor</i> da Faixa 10	65
Tabela 25 - Classificação das faixas de aeroportos por demanda anual internacional de passageiros (PAX).....	66

Tabela 26 – <i>Mix</i> médio dos anos entre 2017 e 2019 para movimentação internacional.....	67
Tabela 27 – <i>Load factor</i> dos anos entre 2017 e 2019 para movimentação internacional.....	67
Tabela 28 – Especificações do modelo VAR considerando a demanda internacional.....	67
Tabela 29 – Resultado da projeção do <i>mix</i> de aeronaves e do <i>Load Factor</i> da Faixa 1 – internacional.....	67
Tabela 30 – Resultado da projeção do <i>mix</i> de aeronaves e do <i>load factor</i> da Faixa 2 – internacional.....	68
Tabela 31 – Resultado da projeção do <i>mix</i> de aeronaves e do <i>load factor</i> da Faixa 3 – internacional.....	68
Tabela 32 – Crescimento médio anual da movimentação de aeronaves comerciais	71
Tabela 33 – Crescimento anual médio do PIB.....	73
Tabela 34 – Crescimento médio anual da movimentação de carga aérea doméstica	75
Tabela 35 – Exemplo de tabela de-para com a relação de cada subsetor do IBGE com o tipo de carga	76
Tabela 36 – Crescimento médio anual da movimentação de carga aérea internacional – exportação	79
Tabela 37 – Crescimento médio anual da movimentação de carga aérea internacional – importação.....	81
Tabela 38 – Classificação do aeródromo conforme o número de passageiros processados	85
Tabela 39 – Classificação quanto ao porte do aeroporto	85
Tabela 40 – Classificação do aeródromo quanto ao número anual de passageiros.....	86
Tabela 41 – Classificação das faixas de infraestrutura do PAN quanto ao movimento anual de passageiros	86
Tabela 42 - Aeronave(s) crítica(s) representativa(s) por faixa do PAN	88
Tabela 43 – Certificação operacional por faixa do PAN	89
Tabela 44 – Código de referência por faixa do PAN.....	89
Tabela 45 – Tipo de operação de voo por faixa do PAN	90
Tabela 46 – PHP simultâneo considerado por faixa do PAN.....	91
Tabela 47 – Área bruta do TPS considerada por faixa do PAN	93
Tabela 48 – Largura da PPD associada à OMGWS, em metros.....	94

Tabela 49 – Largura total da PPD, com acostamento, em metros.....	95
Tabela 50 – Comprimento, largura e acostamento da PPD por faixa do PAN, em metros	95
Tabela 51 – Comprimento e largura da faixa de pista por faixa do PAN	95
Tabela 52 – Largura da faixa preparada por faixa do PAN.....	96
Tabela 53 – Comprimento e largura das RESA por faixa do PAN.....	97
Tabela 54 – Valor numérico do PCN dos pavimentos flexível e rígido por faixa do PAN.....	98
Tabela 55 – Quantidade de posições de contato e contingência de pátio de aeronaves por faixa do PAN	99
Tabela 56 – Características geométricas do pátio de aeronaves por faixa do PAN.....	100
Tabela 57 – Tipos de pistas de táxi adotados por faixa do PAN.....	101
Tabela 58 – Largura mínima da PTR para trechos retilíneos associada à OMGWS	102
Tabela 59 – Largura total da PTR para trechos retilíneos, com acostamento	102
Tabela 60 – Características geométricas da PTR por faixa do PAN.....	102
Tabela 61 – Área da SCI e quantidade de CCI adotadas por faixa do PAN.....	103
Tabela 62 – Número de vagas e área do estacionamento de veículos adotados por faixa do PAN	105
Tabela 63 – Características da infraestrutura aeroportuária considerada nas faixas do PAN..	106
Tabela 64 – Proposta de infraestrutura aeronáutica nas faixas de evolução	118
Tabela 65 – Parâmetros de classificação nas faixas de evolução	119
Tabela 66 – Parâmetro de porte operacional por faixa do PAN: área do TPS	126
Tabela 67 – Parâmetro de porte operacional por faixa do PAN: <i>mix</i> de aeronaves para aviação comercial doméstica.....	128
Tabela 68 – Parâmetro de porte operacional por faixa do PAN: <i>mix</i> de aeronaves para aviação comercial internacional.....	129
Tabela 69 – Parâmetro de porte operacional por faixa do PAN: <i>mix</i> de aeronaves para aviação geral doméstica	129
Tabela 70 – Parâmetro de porte operacional por faixa do PAN: <i>mix</i> de aeronaves para aviação geral internacional.....	130
Tabela 71 – Parâmetro de porte operacional por faixa do PAN: proporção das receitas comerciais em relação às totais.....	132

Tabela 72 – Parâmetro de porte operacional por faixa do PAN: proporção de gastos com utilidades e manutenção em relação ao custo operacional	133
Tabela 73 – Tabela 33 do <i>Handbook on the external costs of transport</i>	145
Tabela 74 – Capítulos ou estágios de níveis de ruído	148
Tabela 75 – Distribuição de probabilidade para CAPEX e OPEX	184
Tabela 76 – Distribuição de probabilidade para ruído, GEE, tempo, operação de transporte e segurança.....	184
Tabela 77 – Resultados dos indicadores socioeconômicos dos cenários simulados	187
Tabela 78 – Aeródromos com PEZR disponível.....	227
Tabela 79 – Taxa social de desconto	235
Tabela 80 – Parâmetros de CAPEX e OPEX.....	235
Tabela 81 – Parâmetros de ocupação dos veículos	235
Tabela 82 – Parâmetros de produção de GEE.....	235
Tabela 83 – Valoração para a aplicação da ACB.....	236
Tabela 84 – Lista de aeródromos do cenário base.....	239
Tabela 85 – Número máximo de rotas conforme em função dos passageiros embarcados....	249
Tabela 86 – Faixa de demanda dos aeródromos	251
Tabela 87 – Faixa de distância das rotas	252
Tabela 88 – Ábaco Assentos considerando <i>Load Factor (AssentoLF)</i>	254
Tabela 89 – Ábaco Assentos ofertados (<i>AssentosOF</i>)	255
Tabela 90 – Ábaco tempo em voo (Horas).....	256
Tabela 91 – Ábaco QAV consumido (<i>QAVabaco</i>).....	257
Tabela 92 – Valores médio de CASK (R\$/passageiros.km) para o ano de 2019.....	261
Tabela 93 – Ábaco CASK (<i>CASKabaco</i>)	262
Tabela 94 – Modo de transporte k do lado terra.....	265
Tabela 95 – Modo de transporte k para passageiros não atendidos.....	265
Tabela 96 – Distância e tempo médio de deslocamento não aéreo.....	269
Tabela 97 – Tabela de <i>Pkre</i>	274

APÊNDICES E ANEXOS

APÊNDICE 1 – AERÓDROMOS COM PEZR DISPONÍVEL

Tabela 85 – Aeródromos com PEZR disponível

ICAO	Identificação	UF	Presença no cenário PAN18	Fonte	Ano de referência das curvas de ruído		Demanda (mov./ano) utilizada		Participação na mov. PAX (2019)
					Atual	Futuro*	Atual	Futuro*	
SBGR	Guarulhos – São Paulo	SP	X	Operador	-	2031	241.439	432.656	19,68%
SBSP	Congonhas – São Paulo	SP	X	Infraero	2017	-	217.918	149.256	10,46%
SBBR	Brasília	DF	X	Operador	2014	2037	200.000	272.000	7,73%
SBGL	Galeão – Rio de Janeiro	RJ	X	Operador	2015	2039	260.952	525.010	6,38%
SBCF	Confins – Belo Horizonte	MG	X	Operador	2015	2042	138.000	408.000	5,05%
SBKP	Viracopos – Campinas	SP	X	Operador	2015	2042	174.576	558.186	4,86%
SBRJ	Santos Dumont – Rio de Janeiro	RJ	X	Infraero	2017	-	102.067	184.500	4,19%
SBRF	Recife	PE	X	Infraero	2015	-	78.475	151.081	4,02%
SBPA	Porto Alegre	RS	X	Infraero	-	-	55.202	270.000	3,81%
SBFZ	Fortaleza	CE	X	Infraero	-	-	42.886	201.480	3,28%
SBCT	Curitiba/São José dos Pinhais	PR	X	Infraero	2017	-	67.457	370.000	2,99%
SBBE	Belém	PA	X	Infraero	-	-	23.065	256.500	1,65%
SBVT	Vitória	ES	X	Operador	2020	Capac. Máx.	40.515	122.640	1,51%
SBGO	Goiânia	GO	X	Infraero	-	-	19.924	247.000	1,45%
SBEG	Manaus	AM	X	Infraero	2015	-	52.983	285.000	1,38%
SBCY	Cuiabá	MT	X	Infraero	2014	-	72.854	259.880	1,34%
SBFI	Foz do Iguaçu	PR	X	Infraero	2017	-	20.929	200.000	1,07%
SBSG	São Gonçalo do Amarante	RN	X	Operador	2017	Capac. Máx.	19.000	315.000	1,06%
SBNF	Navegantes	SC	X	Infraero	2016	-	19.484	170.000	0,88%
SBPS	Porto Seguro	BA	X	SAC I	2013	2035	29.382	44.931	0,87%
SBSL	São Luís	MA	X	Infraero	2017	-	19.695	256.500	0,74%
SBCG	Campo Grande	MS	X	Infraero	-	-	9.501	340.000	0,69%
SBTE	Teresina	PI	X	Infraero	2017	-	14.848	105.534	0,53%
SBUL	Uberlândia	MG	X	Infraero	2013	-	29.112	150.000	0,53%
SBAR	Aracaju	SE	X	Infraero	-	-	8.131	175.000	0,52%
SBLO	Londrina	PR	X	Infraero	2015	-	28.105	209.999	0,46%

ICAO	Identificação	UF	Presença no cenário PAN18	Fonte	Ano de referência das curvas de ruído		Demanda (mov./ano) utilizada		Participação na mov. PAX (2019)
					Atual	Futuro*	Atual	Futuro*	
SBRP	Ribeirão Preto	SP	X	Operador	2019	2038	30.862	60.734	0,42%
SBSR	São José do Rio Preto	SP	X	SAC I	2013	2035	48.523	87.010	0,37%
SBMG	Maringá	PR	X	Operador	2016	Capac. Máx.	20.000	140.000	0,34%
SBPV	Porto Velho	RO	X	Infraero	2016	-	14.734	260.000	0,34%
SBMQ	Macapá	AP	X	Infraero	-	-	5.243	305.000	0,28%
SBPJ	Palmas	TO	X	Infraero	2015	-	16.144	285.000	0,26%
SBJV	Joinville	SC	X	Infraero	-	-	6.466	184.500	0,26%
SBIL	Ilhéus	BA	X	Operador	2018	2049	9.219	35.000	0,24%
SBJU	Juazeiro do Norte	CE	X	Infraero	-	-	4.746	205.000	0,23%
SBSN	Santarém	PA	X	Infraero	2017	-	10.280	310.000	0,22%
SBCH	Chapecó	SC	X	SAC I	2013	2035	23.771	9.851	0,21%
SBPL	Petrolina	PE	X	Infraero	2016	-	6.632	205.000	0,18%
SBRB	Rio Branco	AC	X	Infraero	2017	-	6.520	247.000	0,16%
SBBV	Boa Vista	RR	X	Infraero	2016	-	5.972	230.400	0,16%
SBIZ	Imperatriz	MA	X	Infraero	2017	-	5.833	164.430	0,15%
SBDN	Presidente Prudente	SP	X	SAC I	2013	2035	24.404	47.604	0,15%
SBMA	Marabá	PA	X	Infraero	2015	-	14.669	174.250	0,13%
SBCA	Cascavel	PR	X	SAC I	2013	2035	12.094	2.887	0,11%
SBMK	Montes Claros	MG	X	Infraero	2017	-	8.474	205.000	0,10%
SBKG	Campina Grande	PB	X	SAC I	2013	2035	7.272	11.523	0,06%
SBCJ	Parauapebas	PA	X	SAC I	2013	2035	8.820	19.784	0,06%
SBAE	Bauru Arealva	SP	X	SAC I	2013	2035	10.140	14.354	0,06%
SBIP	Santana do Paraíso	MG	X	SAC I	2013	2035	12.006	7.047	0,05%
SBAU	Araçatuba	SP	X	SAC I	2013	2035	21.562	42.601	0,05%
SBHT	Altamira	PA	X	Infraero	2017	-	4.433	208.000	0,04%
SBUR	Uberaba	MG	X	Infraero	2017	-	5.822	72.787	0,04%
SBML	Marília	SP	X	SAC I	2013	2035	22.073	38.003	0,03%

ICAO	Identificação	UF	Presença no cenário PAN18	Fonte	Ano de referência das curvas de ruído		Demanda (mov./ano) utilizada		Participação na mov. PAX (2019)
					Atual	Futuro*	Atual	Futuro*	
SBAT	Alta Floresta	MT	X	SAC I	2013	2035	8.003	7.101	0,03%
SBGV	Governador Valadares	MG	X	SAC I	2013	2035	13.066	16.797	0,03%
SBCB	Cabo Frio	RJ	X	SAC I	2013	2035	31.347	24.202	0,02%
SBSJ	São José dos Campos	SP	-	Infraero	2017	-	10.703	175.500	0,02%
SWG N	Araguaína	TO	X	SAC I	2013	2035	9.410	8.904	0,02%
SBTF	Tefé	AM	X	SAC I	2013	2035	10.498	53.566	0,01%
SBPG	Ponta Grossa	PR	X	SAC I	2013	2035	16.055	7.961	0,01%
SBIH	Itaituba	PA	X	SAC I	2013	2035	13.516	3.583	0,01%
SBCP	Campos dos Goytacazes	RJ	X	Operador	2020	2050	15.230	35.320	0,01%
SBBH	Belo Horizonte	MG	-	Infraero	2017	-	38.667	184.500	0,00%
SBME	Macaé	RJ	-	Operador	2020	2025	24.572	31.353	0,00%
SBAQ	Araraquara	SP	-	SAC I	2013	2035	23.546	8.240	0,00%
SBJR	Rio de Janeiro	RJ	-	Infraero	2017	-	63.875	191.000	0,00%
SBPC	Poços de Caldas	MG	-	SAC I	2013	2035	7.707	8.430	0,00%
SSBN	Porto Alegre	RS	-	ANAC	2018		6.948	13.895	0,00%
SBMT	São Paulo	SP	-	Infraero	2017	-	69.137	402.800	0,00%
SBJC	Belém	PA	-	Infraero	2017	-	8.135	256.500	0,00%
SBB I	Curitiba	PR	-	Infraero	2017	-	23.586	184.000	0,00%
SBPR	Carlos Prates – Belo Horizonte	MG	-	Infraero	2016	-	18.506	230.000	0,00%
SDCO	Sorocaba	SP	-	Operador	2019	2038	77.420	160.000	0,00%
SDAG	Angra dos Reis	RJ	X	SAC I	2013	2035	13.363	2.066	0,00%
SNDC	Redenção	PA	X	SAC I	2013	2035	7.344	7.858	0,00%
SDPW	Piracicaba	SP	-	SAC I	2013	2035	16.769	8.055	0,00%
SBJF	Juiz de Fora	MG	-	SAC I	2013	2035	30.854	6.522	0,00%

Nota: *ou implantação final.

Fonte: ANAC (2022d), Brasil (2022), Infraero ([2022]) e dados fornecidos pela Infraero. Elaboração: LabTrans/UFSC (2022)

APÊNDICE 2 (DIGITAL) – PARÂMETROS POR FAIXA DE PORTE OPERACIONAL

APÊNDICE 3 – TABELAS DE PARÂMETROS E CUSTOS DA ACB

Tabela 86 – Taxa social de desconto

Descrição	Valor	Unidade	Fonte
Taxa Social de Desconto (TSD)	8,5	%	Catálogo de Parâmetros (IPEA, 2022)

Elaboração: LabTrans/UFSC (2022)

Tabela 87 – Parâmetros de CAPEX e OPEX

Descrição	Valor	Unidade	Fonte
Participação da mão de obra (%)	35	%	% utilizada nos EVTEAs da concessões
FC do Preço Sombra da Mão de Obra - Sul - menor qualificação	0,76235	-	Catálogo de Parâmetros (IPEA, 2022)
FC do Preço Sombra da Mão de Obra - Sudeste - menor qualificação	0,7371	-	Catálogo de Parâmetros (IPEA, 2022)
FC do Preço Sombra da Mão de Obra - Centro-oeste - menor qualificação	0,7561	-	Catálogo de Parâmetros (IPEA, 2022)
FC do Preço Sombra da Mão de Obra - Nordeste - menor qualificação	0,6064	-	Catálogo de Parâmetros (IPEA, 2022)
FC do Preço Sombra da Mão de Obra - Norte - menor qualificação	0,67258	-	Catálogo de Parâmetros (IPEA, 2022)
Participação da mão de obra - maior qualificação (%)	18,2	%	Consulta CAGED (2020-2021) (BRASIL, 2022d)
FC do Preço Sombra da Mão de Obra - Sul - maior qualificação	0,78836	-	Catálogo de Parâmetros (IPEA, 2022)
FC do Preço Sombra da Mão de Obra - Sudeste - maior qualificação	0,74583	-	Catálogo de Parâmetros (IPEA, 2022)
FC do Preço Sombra da Mão de Obra - Centro-oeste - maior qualificação	0,75587	-	Catálogo de Parâmetros (IPEA, 2022)
FC do Preço Sombra da Mão de Obra - Nordeste - maior qualificação	0,76468	-	Catálogo de Parâmetros (IPEA, 2022)
FC do Preço Sombra da Mão de Obra - Norte - maior qualificação	0,7596	-	Catálogo de Parâmetros (IPEA, 2022)
Participação de bens não comercializáveis (%)	10	%	Valor adotado
FC dos bens não comercializáveis (128 produtos - obras de infraestrutura)	0,935	-	Catálogo de Parâmetros (IPEA, 2022)
FC dos bens comercializáveis (obras de infraestrutura)	0,947	-	Catálogo de Parâmetros (IPEA, 2022)

Elaboração: LabTrans/UFSC (2022)

Tabela 88 – Parâmetros de ocupação dos veículos

Descrição	Valor	Unidade	Fonte
Ocupação automóveis	2,3	pessoas	Parâmetros preliminares (EPL, 2019)
Ocupação ônibus	28	pessoas	Parâmetros preliminares (EPL, 2019)

Elaboração: LabTrans/UFSC (2022)

Tabela 89 – Parâmetros de produção de GEE

Descrição	Valor	Unidade	Fonte
Produção de CO ₂ - Automóveis	0,00019	Ton.CO ₂ /veic.km	Parâmetros preliminares (EPL, 2019)
Produção de CO ₂ - Ônibus	0,00128	Ton.CO ₂ /veic.km	Parâmetros preliminares (EPL, 2019)
Produção de CO ₂ - Aeronaves	0,0025817	Ton.CO ₂ /litrosQAV	SAC/MPOR

Elaboração: LabTrans/UFSC (2022)

Tabela 90 – Valoração para a aplicação da ACB

Custo/Ben.	Fonte	Ano	Unidade	Índice de atualização	Valor atualizado Janeiro 2022 (R\$)
CAPEX	Diversas fontes SINAPI, SICRO e EVTEAs	2022	R\$	-	Simulador
OPEX	Diversas fontes CAGED, EVTEAs	2022	R\$	-	Simulador
Ruído (65 db - 70 db)	European Comission	2022	R\$/pessoa	-	688,0
Ruído (70 db - 75 db)	European Comission	2022	R\$/pessoa	-	2083,5
Ruído (75 db - 80 db)	European Comission	2022	R\$/pessoa	-	3522,9
GEE - até 2024	Banco Mundial (WORLD BANK GROUP, 2017) / PILPI (CIP-INFRA, 2021)	2017	R\$/tonCO ₂	-	202,80
GEE - 2025 a 2029	Banco Mundial (WORLD BANK GROUP, 2017) / PILPI (CIP-INFRA, 2021)	2017	R\$/tonCO ₂	-	405,60
GEE - 2030 a 2049	Banco Mundial (WORLD BANK GROUP, 2017) / PILPI (CIP-INFRA, 2021)	2017	R\$/tonCO ₂	-	507,00
GEE a partir de 2049	Banco Mundial (WORLD BANK GROUP, 2017) / PILPI (CIP-INFRA, 2021)	2017	R\$/tonCO ₂	-	507,00
Valor do tempo transporte aéreo	PILPI (CIP-INFRA, 2021)	2021	R\$/dia.pessoa	IPCA	4913,34
Custo de transporte - automóvel	Catálogo de Parâmetros (IPEA, 2022)	2018	R\$/veículo.km	Gasolina	0,95
Custo de transporte - ônibus	Catálogo de Parâmetros (IPEA, 2022)	2018	R\$/veículo.km	Diesel	11,49
Segurança (acidentes) - valor da vida	Catálogo de Parâmetros (IPEA, 2022)	2022	R\$/morto		5685000,00
Segurança (acidentes) - feridos	Parâmetros preliminares (EPL, 2019) / Catálogo de Parâmetros (IPEA, 2022)	2022	R\$/ferido		255394,00
Segurança (acidentes) - ileso	Parâmetros preliminares (EPL, 2019) / Catálogo de Parâmetros (IPEA, 2022)	2022	R\$/ileso		62182,00

Elaboração: LabTrans/UFSC (2022)

APÊNDICE 4 – LISTA DE AERÓDROMOS DO CENÁRIO BASE

Tabela 91 – Lista de aeródromos do cenário base

ICAO	CIAD	NOME AEROPORTO	MUNICÍPIO	UF
SSOU	MT0303	ARIPUANÃ	ARIPUANÃ	MT
SNCP	SC0181	REGIONAL DO PLANALTO SERRANO	CORREIA PINTO	SC
SBAE	SP0010	AEROPORTO BAURU/AREALVA	AREALVA	SP
SBAR	SE0001	SANTA MARIA	ARACAJU	SE
SBAT	MT0003	PILOTO OSVALDO MARQUES DIAS	ALTA FLORESTA	MT
SBAU	SP0009	AEROPORTO ESTADUAL DARIO GUARITA	ARAÇATUBA	SP
SBBE	PA0001	INTERNACIONAL DE BELÉM/VAL DE CANS/JÚLIO CEZAR RIBEIRO	BELÉM	PA
SBBG	RS0010	AEROPORTO COMANDANTE GUSTAVO KRAEMER	BAGÉ	RS
SBBR	DF0001	PRESIDENTE JUSCELINO KUBITSCHEK	BRASÍLIA	DF
SBBV	RR0001	ATLAS BRASIL CANTANHEDE	BOA VISTA	RR
SBBW	MT0008	BARRA DO GARÇAS	BARRA DO GARÇAS	MT
SBCA	PR0005	AEROPORTO CORONEL ADALBERTO MENDES DA SILVA	CASCADEL	PR
SBCB	RJ0003	AEROPORTO DE CABO FRIO	CABO FRIO	RJ
SBCF	MG0001	TANCREDO NEVES	CONFINES	MG
SBCG	MS0001	CAMPO GRANDE	CAMPO GRANDE	MS
SBCH	SC0003	AERÓDROMO SERAFIM ENOSS BERTASO	CHAPECÓ	SC
SBCJ	PA0006	CARAJÁS	PARAUPEBAS	PA
SBCN	GO0003	NELSON RODRIGUES GUIMARÃES	CALDAS NOVAS	GO
SBCP	RJ0006	AEROPORTO BARTOLOMEU LISANDRO	CAMPOS DOS GOYTACAZES	RJ
SBCR	MS0009	CORUMBÁ	CORUMBÁ	MS
SBCT	PR0001	AFONSO PENA	SÃO JOSÉ DOS PINHAIS	PR
SBCX	RS0007	AEROPORTO REGIONAL HUGO CANTERGANI	CAXIAS DO SUL	RS
SBCY	MT0001	MARECHAL RONDON	VÁRZEA GRANDE	MT
SBCZ	AC0002	AEROPORTO DE CRUZEIRO DO SUL	CRUZEIRO DO SUL	AC
SBDB	MS0004	BONITO	BONITO	MS
SBDN	SP0005	AEROPORTO DE PRESIDENTE PRUDENTE	PRESIDENTE PRUDENTE	SP
SBDO	MS0008	DOURADOS	DOURADOS	MS
SBEG	AM0001	EDUARDO GOMES	MANAUS	AM
SBFI	PR0002	AEROPORTO CATARATAS	FOZ DO IGUAÇU	PR
SBFL	SC0001	HERCÍLIO LUZ	FLORIANÓPOLIS	SC
SBFN	PE0003	FERNANDO DE NORONHA	FERNANDO DE NORONHA	PE
SBFZ	CE0001	PINTO MARTINS	FORTALEZA	CE
SBGL	RJ0001	AEROPORTO INTERNACIONAL DO RIO DE JANEIRO/GALEÃO – ANTONIO CARLOS JOBIM	RIO DE JANEIRO	RJ
SBGO	GO0001	SANTA GENOVEVA/GOIÂNIA	GOIÂNIA	GO
SBGR	SP0002	GUARULHOS - GOVERNADOR ANDRÉ FRANCO MONTORO	GUARULHOS	SP

ICAO	CIAD	NOME AEROPORTO	MUNICÍPIO	UF
SSGG	PR0009	AEROPORTO TANCREDO THOMAS DE FARIA	GUARAPUAVA	PR
SBGV	MG0032	CORONEL ALTINO MACHADO	GOVERNADOR VALADARES	MG
SBHT	PA0003	ALTAMIRA	ALTAMIRA	PA
SBIH	PA0010	ITAITUBA	ITAITUBA	PA
SBIL	BA0004	BAHIA - JORGE AMADO	ILHÉUS	BA
SBIP	MG0007	USIMINAS	SANTANA DO PARAÍSO	MG
SBIZ	MA0002	PREFEITO RENATO MOREIRA	IMPERATRIZ	MA
SBJA	SC0005	AEROPORTO REGIONAL SUL	JAGUARUNA	SC
SBJE	CE0003	POLO TURÍSTICO DE JERICOACOARA	CRUZ	CE
SBJI	RO0005	AEROPORTO DE JI-PARANÁ	JI-PARANÁ	RO
SBJP	PB0001	PRESIDENTE CASTRO PINTO	BAYEUX	PB
SBJU	CE0002	ORLANDO BEZERRA DE MENEZES	JUAZEIRO DO NORTE	CE
SBJV	SC0004	AEROPORTO LAURO CARNEIRO DE LOYOLA	JOINVILLE	SC
SBKG	PB0003	PRESIDENTE JOÃO SUASSUNA	CAMPINA GRANDE	PB
SBKP	SP0003	VIRACOPOS	CAMPINAS	SP
SBLO	PR0003	AEROPORTO GOVERNADOR JOSÉ RICHÁ	LONDRINA	PR
SBMA	PA0004	JOÃO CORREA DA ROCHA	MARABÁ	PA
SBMD	PA0009	MONTE DOURADO	ALMEIRIM	PA
SBME	RJ0004	AEROPORTO DE MACAÉ	MACAÉ	RJ
SBMG	PR0004	AEROPORTO SÍLVIO NAME JÚNIOR	MARINGÁ	PR
SBMK	MG0004	MÁRIO RIBEIRO	MONTES CLAROS	MG
SBML	SP0014	AEROPORTO FRANK MILOYE MILENKOVICH	MARÍLIA	SP
SBMO	AL0001	ZUMBI DOS PALMARES	RIO LARGO	AL
SBMQ	AP0001	ALBERTO ALCOLUMBRE	MACAPÁ	AP
SBMS	RN0002	AEROPORTO DIX-SEPT ROSADO	MOSSORÓ	RN
SBMY	AM0015	MANICORÉ	MANICORÉ	AM
SBNF	SC0002	AEROPORTO MINISTRO VICTOR KONDER	NAVEGANTES	SC
SBNM	RS0008	AEROPORTO DE SANTO ÂNGELO	SANTO ÂNGELO	RS
SBPA	RS0001	SALGADO FILHO	PORTO ALEGRE	RS
SBPB	PI0002	AEROPORTO PREFEITO DOUTOR JOÃO SILVA FILHO	PARNAÍBA	PI
SBPF	RS0006	AEROPORTO LAURO KURTZ	PASSO FUNDO	RS
SBPJ	TO0001	BRIGADEIRO LYSIAS RODRIGUES	PALMAS	TO
SBPK	RS0005	AEROPORTO INTERNACIONAL DE PELOTAS - JOÃO SIMÕES LOPES NETO	PELOTAS	RS
SBPL	PE0002	SENADOR NILO COELHO	PETROLINA	PE
SBPP	MS0005	PONTA PORÃ	PONTA PORÃ	MS
SBPS	BA0002	PORTO SEGURO	PORTO SEGURO	BA
SBPV	RO0001	GOVERNADOR JORGE TEIXEIRA DE OLIVEIRA	PORTO VELHO	RO
SBRB	AC0001	PLÁCIDO DE CASTRO	RIO BRANCO	AC

ICAO	CIAD	NOME AEROPORTO	MUNICÍPIO	UF
SBRD	MT0004	RONDONÓPOLIS	RONDONÓPOLIS	MT
SBRF	PE0001	GUARARAPES - GILBERTO FREYRE	RECIFE	PE
SBRJ	RJ0002	SANTOS DUMONT	RIO DE JANEIRO	RJ
SBRP	SP0004	AEROPORTO LEITE LOPES	RIBEIRÃO PRETO	SP
SBSG	RN0001	GOVERNADOR ALUIZIO ALVES	SÃO GONÇALO DO AMARANTE	RN
SBSJ	SP0008	AEROPORTO PROFESSOR URBANO ERNESTO STUMPF	SÃO JOSÉ DOS CAMPOS	SP
SBSL	MA0001	MARECHAL CUNHA MACHADO	SÃO LUÍS	MA
SBSM	RS0003	AEROPORTO DE SANTA MARIA	SANTA MARIA	RS
SBSN	PA0002	MAESTRO WILSON FONSECA	SANTARÉM	PA
SBSO	MT0005	REGIONAL DE SORRISO ADOLINO BEDIN	SORRISO	MT
S BSP	SP0001	CONGONHAS	SÃO PAULO	SP
SBSR	SP0006	AEROPORTO PROFESSOR ERIBERTO MANOEL REINO	SÃO JOSÉ DO RIO PRETO	SP
SBSV	BA0001	DEPUTADO LUÍS EDUARDO MAGALHÃES	SALVADOR	BA
SBTB	PA0012	TROMBETAS	ORIXIMINÁ	PA
SBTC	BA0067	HOTEL TRANSAMÉRICA	UNA	BA
SBTD	PR0008	AEROPORTO LUÍS DAL CANALLE FILHO	TOLEDO	PR
SBTE	PI0001	SENADOR PETRÔNIO PORTELLA	TERESINA	PI
SBTF	AM0004	TEFÉ	TEFÉ	AM
SBTG	MS0006	TRÊS LAGOAS	TRÊS LAGOAS	MS
SBTT	AM0005	TABATINGA	TABATINGA	AM
SBUA	AM0003	SÃO GABRIEL DA CACHOEIRA	SÃO GABRIEL DA CACHOEIRA	AM
SBUG	RS0012	AEROPORTO RUBEM BERTA	URUGUAIANA	RS
SBUL	MG0002	TEN CEL AVIADOR CÉSAR BOMBONATO	UBERLÂNDIA	MG
SBUR	MG0009	MARIO DE ALMEIDA FRANCO	UBERABA	MG
SBVC	BA0005	GLAUBER DE ANDRADE ROCHA	VITÓRIA DA CONQUISTA	BA
SBVH	RO0003	AEROPORTO DE VILHENA	VILHENA	RO
SBVT	ES0001	EURICO DE AGUIAR SALLES	VITÓRIA	ES
SBZM	MG0006	REGIONAL DA ZONA DA MATA	GOIANÁ	MG
SBAC	CE0004	ARACATI	ARACATI	CE
SNBR	BA0011	BARREIRAS	BARREIRAS	BA
SNGI	BA0009	GUANAMBI	GUANAMBI	BA
SNHS	PE0005	AEROPORTO SANTA MAGALHÃES	SERRA TALHADA	PE
SNRU	PE0004	OSCAR LARANJEIRAS	CARUARU	PE
SNTF	BA0016	TEIXEIRA DE FREITAS	TEIXEIRA DE FREITAS	BA
SNVS	PA0015	BREVES	BREVES	PA
SSKW	RO0004	AEROPORTO DE CACOAL	CACOAL	RO
SBPO	PR0018	AEROPORTO JUVENAL LOUREIRO CARDOSO	PATO BRANCO	PR
SBPG	PR0012	AEROPORTO COMANDANTE ANTONIO AMILTON BERALDO	PONTA GROSSA	PR
SWBC	AM0017	BARCELOS	BARCELOS	AM

ICAO	CIAD	NOME AEROPORTO	MUNICÍPIO	UF
SWCA	AM0007	CARAUARI	CARAUARI	AM
SWEI	AM0009	EURINEPÉ	EIRUNEPÉ	AM
SWGK	TO0002	AEROPORTO DE ARAGUAÍNA	ARAGUAÍNA	TO
SWJN	MT0007	JUÍNA	JUÍNA	MT
SWKO	AM0010	COARI	COARI	AM
SWLB	AM0024	LÁBREA	LÁBREA	AM
SWLC	GO0009	GENERAL LEITE DE CASTRO	RIO VERDE	GO
SWM W	AM0020	MAUÉS	MAUÉS	AM
SWPI	AM0006	PARINTINS	PARINTINS	AM
SBSI	MT0002	PRESIDENTE JOÃO BATISTA FIGUEIREDO	SINOP	MT
SWTS	MT0012	TANGARÁ DA SERRA	TANGARÁ DA SERRA	MT

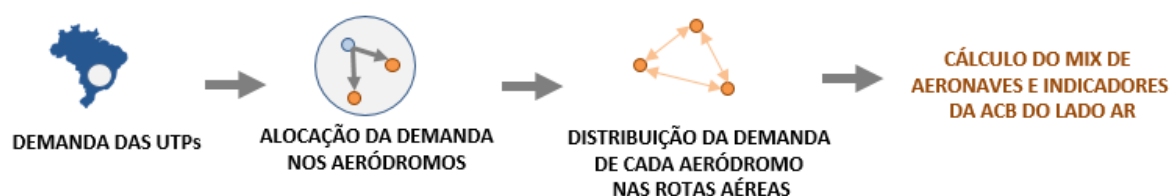
Elaboração: LabTrans/UFSC (2022)

APÊNDICE 5 (DIGITAL) – RESULTADOS E AERÓDROMOS DOS CENÁRIOS ALTERNATIVOS

APÊNDICE 6 – MODELO DE DISTRIBUIÇÃO DA DEMANDA NAS ROTAS

Um modelo específico foi desenvolvido pela SAC/MPOR para a distribuição da demanda de cada aeródromo nas rotas aéreas. O modelo foi adaptado pelo LabTrans/UFSC para inclusão nos cálculos dos indicadores da ACB e é aplicado sequencialmente após a alocação da demanda nos aeródromos (Figura 45). A partir da demanda calculada de cada rota, infere-se o *mix* de aeronaves de cada rota e consequentemente o número de assentos, tempo de voo e consumo de QAV.

Figura 45 – Resumo das etapas do modelo de alocação



Elaboração: LabTrans/UFSC (2022)

O modelo possui como premissas a continuidade das rotas vigentes e a tendência de novos aeroportos se conectarem aos aeroportos classificados como *hubs*. Além disso, definiu-se um número máximo de rotas conforme o porte do aeródromo e um limite mínimo de frequências anuais para a rota ser considerada viável. O pseudocódigo que segue apresenta as etapas do modelo:

1. $N_{vigentes} \leftarrow$ Quantidade de rotas vigentes de cada aeródromo do cenário
2. $rotas \leftarrow$ Gerar lista combinatória com todas as possíveis rotas entre os aeródromos do cenário:
 - a. $rotas \leftarrow$ Descartar da lista as rotas vigentes
 - b. $rotas \leftarrow$ Descartar da lista as rotas com distância entre aeroportos < 160 km ou distância entre aeroportos > 1.350 km
 - c. $rotas \leftarrow$ Descartar rotas que não ligam com algum aeródromo Hub (ver Quadro 13).
3. Para cada Ano:
 - a. $N_{max} \leftarrow$ Calcular o número máximo de rotas em cada aeródromo da rede (ver Tabela 92)
 - b. $N_{rotasDisponiveis} = N_{max} - N_{vigentes}$
 - c. $rotasPotenciais \leftarrow$ Selecionar todas as rotas dos aeródromos com $N_{rotasDisponiveis} > 0$
 - d. $rotasPotenciais \leftarrow$ Selecionar as $N_{rotasDisponiveis}$ mais curtas de cada aeródromo
 - e. $demandainicial \leftarrow$ Calcular a $demandainicial$ das $rotasPotenciais$ pelo modelo gravitacional vinculado
 - f. $assentos \leftarrow$ Calcular a média de assentos da rota

- g. $N_{voos} = \text{demandaInicial} / \text{assentos}$
- h. Descartar da lista de *rotasPotenciais* aquelas com $N_{voos} < 26$
- i. $\text{demandaFinal} \leftarrow$ Calcular a *demandaFinal* das *rotasPotenciais* pelo modelo gravitacional vinculado.

4. Calcular RPK, ASK, TEMPO e QAV das rotas.

Rotas vigentes

Utilizaram-se como critério para a definição da lista de rotas vigentes todas as rotas que tiveram movimentação de passageiros nos três anos pré-pandemia (2017, 2018 e 2019) e no primeiro ano de retorno das atividades (2022).

Lista de aeródromos classificados como HUB

Os aeródromo classificados como *HUB*, para o procedimento de distribuição da demanda por rota, foram definidos pela SAC/MPOR e são os apresentados no Quadro 13.

Quadro 13 – Aeródromos classificados como HUB

ICAO	Classificação
SBBE	Pequeno <i>HUB</i>
SBBR	Grande <i>hubs</i>
SBCF	Pequeno <i>hubs</i>
SBCT	Grande <i>hubs</i>
SBCY	Pequeno <i>hubs</i>
SBEG	Pequeno <i>hubs</i>
SBFL	Pequeno <i>hubs</i>
SBFZ	Pequeno <i>hubs</i>
SBGL	Grande <i>hubs</i>
SBGO	Pequeno <i>hubs</i>
SBGR	Grande <i>hubs</i>
SBKP	Grande <i>hubs</i>
SBPA	Pequeno <i>hubs</i>
SBRB	Pequeno <i>hubs</i>
SBRF	Pequeno <i>hubs</i>
SBRJ	Pequeno <i>hubs</i>
SBSP	Pequeno <i>hubs</i>
SBSV	Pequeno <i>hubs</i>

Elaboração: LabTrans/UFSC (2022)

Cálculo do máximo número de rotas

O número máximo de rotas dos aeródromos é definido a partir do movimento anual de passageiros embarcados, calculado pela SAC/MPOR com respaldo em dados observados de movimentação da ANAC.

Tabela 92 – Número máximo de rotas conforme em função dos passageiros embarcados

Total de passageiros/ano embarcados no aeródromo	Número máximo de rotas do aeródromo (N_{max})
Até 8.000 PAX/ano	1
Até 38.000 PAX/ano	2
Até 60.000 PAX/ano	3
Até 180.000 PAX/ano	4
Até 270.000 PAX/ano	5
Até 325.000 PAX/ano	6
Até 400.000 PAX/ano	7
Até 600.000 PAX/ano	8
Até 800.000 PAX/ano	9
Até 865.000 PAX/ano	10
Até 1.000.000 PAX/ano	11
Até 1.200.000 PAX/ano	12
Até 1.500.000 PAX/ano	15
Até 2.000.000 PAX/ano	18
Até 3.500.000 PAX/ano	21
Até 4.500.000 PAX/ano	30
Até 5.000.000 PAX/ano	33
Até 8.000.000 PAX/ano	37
Até 12.000.000 PAX/ano	43
Até 15.000.000 PAX/ano	47
Mais de 15.000.000 PAX/ano	50

Elaboração: LabTrans/UFSC (2022)

Modelo gravitacional vinculado para cálculo da demanda das rotas

Para o cálculo da demanda distribuída em cada rota utilizou-se um modelo gravitacional vinculado (NOVAES, 1986), onde o total de passageiros embarcados (E_i) e desembarcados (D_j) já estão definidos pelo modelo de alocação. Assim, somando-se as viagens estimadas por meio do modelo ao longo das linhas e das colunas, devem-se reproduzir os totais de passageiros embarcados e desembarcados alocados em cada aeroporto. A Equação (53) apresenta o modelo utilizado.

$$V_{i,j} = \lambda_i \cdot \mu_j \cdot VM_{ij} \quad (53)$$

Onde:

i = aeródromo de origem

j = aeródromo de destino

$V_{i,j}$ = número de passageiros distribuídos na rota entre os aeródromos i e j

VM_{ij} = volume calculado de passageiros inicialmente pelo modelo da Equação (54) e posteriormente assumindo o valor de $V_{i,j}$ calculado nas iterações

λ_i = coeficiente de calibração, apresentando um valor diferente para cada linha da matriz e mudando conforme cálculo iterativo

μ_j = coeficiente de calibração, apresentando um valor diferente para cada coluna da matriz e mudando conforme cálculo iterativo.

Para o cálculo do valor inicial de VM_{ij} estimou-se um modelo (54) utilizando informações da quantidade total de passageiros da Matriz O/D de telefonia, PIB e tempo.

$$VM_{ij} = \beta_1 + \beta_2 PAX_{ij} + \beta_3 PIB_{ij} + \beta_4 TEMPO_{ij} + \varepsilon_{ij} \quad (54)$$

Onde:

i = aeródromo de origem

j = aeródromo de destino

VM_{ij} = volume de passageiros entre i e j

PAX_{ij} = total de passageiros observados na Matriz O/D entre as UTPs dos aeródromos i e j

PIB_{ij} = soma do PIB das UTPs dos aeródromos i e j

$TEMPO_{ij}$ = tempo de viagem não aérea entre as UTPs dos aeródromos i e j

$\beta_1, \beta_2, \beta_3, \beta_4$ = coeficientes das respectivas variáveis explicativas

ε_j = componente do erro.

A calibração de λ_i e μ_j é feita de forma iterativa, atribuindo-se inicialmente um valor unitário e calculando-se $V_{i,j}$. Após isso, soma-se o total de passageiros embarcados e desembarcados ao longo das linhas (i) e colunas (j) da matriz de aeroportos, calculando os novos valores λ_i e μ_j a partir da Equação (55) e da Equação (56).

$$\lambda_i = \frac{E_i}{\sum_j V_{i,j}} \quad (55)$$

$$\mu_j = \frac{D_j}{\sum_j V_{i,j}} \quad (56)$$

Onde:

E_i = total de passageiros embarcados no aeródromo i

D_j = total de passageiros desembarcados no aeródromo j

$V_{i,j}$ = número de passageiros distribuídos na rota i,j

λ_i = coeficiente de calibração

μ_j = coeficiente de calibração.

De posse dos novos valores de λ_i e μ_j , calcula-se o novo valor de $V_{i,j}$ pela Equação (53), até a diferença relativa entre λ_i e μ_j e os valores anteriormente calculados estejam dentro da precisão desejada (adotou-se 1%). Por fim, adota-se o último $V_{i,j}$ calculado como o valor de demanda da rota.

Cálculo da média de assentos, tempo e combustível consumido nas rotas

Para o cálculo da média de assentos, tempo e combustível consumido nas rotas são utilizados valores de ábacos calculados pela SAC/MPOR com dados observados da ANAC. Os valores dos ábacos estão em função da faixa de demanda da rota (definida como a menor faixa do aeroporto da rota, conforme a Tabela 93), da faixa de distância da rota (Tabela 94) e se um dos aeródromos está ou não na Amazônia Legal (AML).

Tabela 93 – Faixa de demanda dos aeródromos

Passageiros	Faixa de demanda
Menor que 690 PAX/ano	0
Maior que 690 PAX/ano	1
Maior que 1.610 PAX/ano	2
Maior que 3.250 PAX/ano	3
Maior que 6.070 PAX/ano	4
Maior que 9.820 PAX/ano	5
Maior que 14.965 PAX/ano	6
Maior que 25.090 PAX/ano	7
Maior que 39.470 PAX/ano	8
Maior que 76.450 PAX/ano	9
Maior que 154.380 PAX/ano	10

Passageiros	Faixa de demanda
Maior que 300.000 PAX/ano	11
Maior que 1.000.000 PAX/ano	12
Maior que 2.000.000 PAX/ano	13
Maior que 5.000.000 PAX/ano	14
Maior que 7.500.000 PAX/ano	15

Elaboração: LabTrans/UFSC (2022)

Tabela 94 – Faixa de distância das rotas

Distância	Faixa de distância
Menor que 500 km	0
Maior que 500 km	1
Maior que 1.000 km	2
Maior que 1.500 km	3
Maior que 2.000 km	4
Maior que 2.500 km	5
Maior que 3.000 km	6
Maior que 3.500 km	7
Maior que 4.000 km	8
Maior que 4.500 km	9

Elaboração: LabTrans/UFSC (2022)

A Equação (57) apresenta o cálculo do número de decolagens, a Equação (58) apresenta o cálculo de ASK, a Equação (59) apresenta o tempo de voo e, por fim, a Equação (60) apresenta o cálculo de combustível consumido. Todos os valores se referem ao total das rotas entre os aeródromos i e j em cada ano simulado.

$$Decolagens_{ij} = \frac{V_{i,j}}{AssentosLF_{abaco}} \quad (57)$$

Onde:

i = aeródromo de origem

j = aeródromo de destino

$Decolagens_{ij}$ = número de decolagens na rota entre os aeródromos i e j

$V_{i,j}$ = número de passageiros da rota i, j

$AssentosLF_{abaco}$ = valor a ser definido no Ábaco da Tabela 93.

$$ASK_{ij} = Decolagens_{ij} \cdot AssentosOF_{abaco} \cdot Dist_{ij} \quad (58)$$

Onde:

i = aeródromo de origem

j = aeródromo de destino

ASK_{ij} = Assentos-Quilômetros Oferecidos na rota entre os aeródromos i e j

$Decolagens_{ij}$ = número de decolagens na rota entre os aeródromos i e j (57)

$AssentosOF_{abaco}$ = valor a ser definido no Ábaco da Tabela 96

$Dist_{ij}$ = distância entre os aeródromos i e j .

$$T_{ij} = RPK_{ij} \cdot Horas_{abaco} \quad (59)$$

Onde:

i = aeródromo de origem

j = aeródromo de destino

T_{ij} = total de horas de voo entre os aeródromos i e j

RPK_{ij} = Revenue Passenger-Kilometers ($RPK_{ij} = V_{i,j} \cdot Dist_{ij}$)

$Horas_{abaco}$ = valor a ser definido no Ábaco da Tabela 97.

$$QAV_{ij} = RPK_{ij} \cdot QAV_{abaco} \quad (60)$$

Onde:

i = aeródromo de origem

j = aeródromo de destino

QAV_{ij} = combustível consumido nas rotas entre os aeródromos i e j

RPK_{ij} = Revenue Passenger-Kilometers ($RPK_{ij} = V_{i,j} \cdot Dist_{ij}$)

QAV_{abaco} = valor a ser definido no Ábaco da Tabela 98.

Tabela 95 – Ábaco Assentos considerando Load Factor (AssentoLF)

		AML	Faixa de distância									
			0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Faixa de infraestrutura da rota	0	0	4,96	4,96	4,96							
	1	0	6,96	6,96	6,96	39,70						
	2	0	19,99	20,02	20,06	54,13	82,10	82,77	83,44	84,11	84,79	85,46
	3	0	48,60	48,66	48,73	63,76	100,40	101,22	102,04	102,86	103,69	104,51
	4	0	52,22	52,33	52,44	58,35	101,02	101,70	102,39	103,07	103,75	104,44
	5	0	57,63	57,77	57,90	60,62	104,17	104,86	105,56	106,25	106,94	107,64
	6	0	66,13	66,29	66,45	68,14	113,87	114,65	115,43	116,21	116,99	117,77
	7	0	68,31	68,51	68,71	69,54	109,65	110,42	111,19	111,96	112,74	113,51
	8	0	73,88	74,19	74,50	75,12	106,19	106,92	107,65	108,38	109,11	109,84
	9	0	92,24	92,72	93,20	93,72	118,14	118,92	119,71	120,50	121,29	122,08
	10	0	108,99	109,63	110,26	110,91	125,61	126,42	127,22	128,02	128,82	129,63
	11	0	120,95	121,68	122,40	123,14	132,35	133,17	133,99	134,80	135,62	136,44
	12	0	124,47	125,23	125,99	126,74	132,68	133,50	134,31	135,13	135,94	136,76
	13	0	126,84	127,63	128,41	129,19	132,99	133,81	134,62	135,44	136,26	137,07
	14	0	125,45	126,20	126,95	127,70	133,90	134,71	135,51	136,32	137,13	137,94
	15	0	131,99	132,78	133,57	134,36	135,93	136,73	137,53	138,33	139,13	139,93
	0	1	3,23	3,23	3,24	16,29						
	1	1	8,92	9,30	9,35	16,89						
	2	1	24,49	25,29	25,41	26,04						
	3	1	38,26	39,44	39,62	40,59	85,93	86,64	87,34	88,05	88,75	89,45
	4	1	43,61	44,69	44,89	45,57	88,87	89,60	90,33	91,05	91,78	92,51
	5	1	50,60	51,41	51,62	52,34	90,39	91,14	91,88	92,62	93,36	94,10
	6	1	60,20	60,95	61,22	61,82	97,48	98,28	99,08	99,88	100,67	101,47
	7	1	69,94	70,66	71,04	71,77	103,34	104,13	104,92	105,71	106,50	107,29
	8	1	88,37	89,15	89,69	90,27	113,15	113,91	114,67	115,44	116,20	116,96
	9	1	102,01	102,78	103,43	104,10	115,12	115,85	116,59	117,32	118,06	118,79
	10	1	118,98	119,75	120,49	121,24	127,26	128,04	128,82	129,60	130,38	131,16
	11	1	128,46	129,27	130,05	130,85	135,41	136,23	137,05	137,87	138,69	139,51
	12	1	131,49	132,34	133,16	133,98	137,29	138,13	138,96	139,79	140,63	141,46
	13	1	138,30	139,20	140,04	140,90	144,82	145,69	146,56	147,43	148,30	149,17
	14	1	127,57	128,34	129,11	129,87	134,60	135,41	136,22	137,02	137,83	138,64
	15	1	125,25	125,97	126,70	127,42	135,31	136,11	136,91	137,71	138,50	139,30

Elaboração: LabTrans/UFSC (2022)

Tabela 96 – Ábaco Assentos ofertados (AssentosOF)

		AML	Faixa de distância									
			0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Faixa de infraestrutura da rota	0	0	9,00	9,00	9,00							
	1	0	12,62	12,62	12,62	72,00						
	2	0	29,70	29,75	29,80	80,44	122,00	123,00	124,00	125,00	126,00	127,00
	3	0	59,05	59,14	59,22	77,48	122,00	123,00	124,00	125,00	126,00	127,00
	4	0	76,47	76,63	76,78	85,44	147,93	148,93	149,93	150,93	151,93	152,93
	5	0	83,18	83,37	83,56	87,48	150,34	151,34	152,34	153,34	154,34	155,34
	6	0	84,80	85,00	85,21	87,37	146,02	147,02	148,02	149,02	150,02	151,02
	7	0	88,70	88,97	89,23	90,30	142,39	143,39	144,39	145,39	146,39	147,39
	8	0	101,19	101,62	102,04	102,89	145,45	146,45	147,45	148,45	149,45	150,45
	9	0	117,08	117,69	118,30	118,97	149,96	150,96	151,96	152,96	153,96	154,96
	10	0	135,77	136,57	137,36	138,16	156,48	157,48	158,48	159,48	160,48	161,48
	11	0	147,79	148,68	149,56	150,46	161,72	162,72	163,72	164,72	165,72	166,72
	12	0	152,80	153,73	154,66	155,59	162,88	163,88	164,88	165,88	166,88	167,88
	13	0	155,33	156,29	157,25	158,21	162,85	163,85	164,85	165,86	166,86	167,86
	14	0	155,64	156,57	157,50	158,43	166,12	167,12	168,12	169,12	170,12	171,12
	15	0	165,41	166,40	167,39	168,38	170,35	171,35	172,35	173,35	174,35	175,35
	0	1	9,17	9,18	9,18	46,23						
	1	1	27,05	28,19	28,36	51,22						
	2	1	53,45	55,21	55,47	56,85						
	3	1	54,33	56,00	56,25	57,62	122,00	123,00	124,00	125,00	126,00	127,00
	4	1	59,86	61,36	61,62	62,56	122,00	123,00	124,00	125,00	126,00	127,00
	5	1	68,29	69,38	69,66	70,65	122,00	123,00	124,00	125,00	126,00	127,00
	6	1	75,34	76,29	76,62	77,37	122,00	123,00	124,00	125,00	126,00	127,00
	7	1	88,47	89,38	89,86	90,79	130,72	131,72	132,72	133,72	134,72	135,72
	8	1	116,07	117,09	117,80	118,56	148,61	149,61	150,61	151,61	152,61	153,61
	9	1	138,93	139,98	140,86	141,78	156,79	157,79	158,79	159,79	160,79	161,79
	10	1	152,26	153,26	154,20	155,16	162,86	163,86	164,86	165,86	166,86	167,86
	11	1	156,63	157,62	158,58	159,55	165,12	166,12	167,12	168,12	169,12	170,12
	12	1	157,97	158,99	159,97	160,96	164,94	165,94	166,94	167,94	168,94	169,94
	13	1	159,53	160,56	161,54	162,53	167,05	168,06	169,06	170,06	171,06	172,06
	14	1	158,27	159,22	160,17	161,12	166,99	167,99	168,99	169,99	171,00	172,00
	15	1	156,96	157,87	158,78	159,69	169,57	170,57	171,57	172,57	173,57	174,57

Elaboração: LabTrans/UFSC (2022)

Tabela 97 – Ábaco tempo em voo (Horas)

		AML	Faixa de distância									
			0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Faixa de infraestrutura da rota	0	0	1,06E-03	8,46E-04	6,81E-04							
	1	0	7,32E-04	5,85E-04	4,71E-04	4,91E-05						
	2	0	2,21E-04	1,76E-04	1,42E-04	3,40E-05	1,66E-05	1,64E-05	1,63E-05	1,61E-05	1,60E-05	1,59E-05
	3	0	7,44E-05	5,94E-05	4,77E-05	2,94E-05	1,35E-05	1,34E-05	1,33E-05	1,32E-05	1,31E-05	1,30E-05
	4	0	6,34E-05	5,05E-05	4,06E-05	3,13E-05	1,32E-05	1,31E-05	1,30E-05	1,29E-05	1,28E-05	1,27E-05
	5	0	5,55E-05	4,43E-05	3,56E-05	2,99E-05	1,28E-05	1,27E-05	1,26E-05	1,25E-05	1,24E-05	1,23E-05
	6	0	4,78E-05	3,81E-05	3,06E-05	2,65E-05	1,17E-05	1,16E-05	1,15E-05	1,14E-05	1,14E-05	1,13E-05
	7	0	4,52E-05	3,60E-05	2,89E-05	2,56E-05	1,22E-05	1,21E-05	1,20E-05	1,19E-05	1,18E-05	1,17E-05
	8	0	3,95E-05	3,15E-05	2,52E-05	2,24E-05	1,26E-05	1,25E-05	1,24E-05	1,23E-05	1,22E-05	1,21E-05
	9	0	2,98E-05	2,37E-05	1,90E-05	1,69E-05	1,12E-05	1,12E-05	1,11E-05	1,10E-05	1,09E-05	1,09E-05
	10	0	2,38E-05	1,89E-05	1,51E-05	1,35E-05	1,05E-05	1,04E-05	1,04E-05	1,03E-05	1,02E-05	1,02E-05
	11	0	2,08E-05	1,65E-05	1,32E-05	1,18E-05	9,95E-06	9,87E-06	9,81E-06	9,74E-06	9,68E-06	9,62E-06
	12	0	1,99E-05	1,58E-05	1,27E-05	1,13E-05	9,91E-06	9,84E-06	9,78E-06	9,71E-06	9,65E-06	9,59E-06
	13	0	1,94E-05	1,54E-05	1,23E-05	1,10E-05	9,89E-06	9,82E-06	9,75E-06	9,69E-06	9,63E-06	9,57E-06
	14	0	1,97E-05	1,57E-05	1,25E-05	1,12E-05	9,80E-06	9,73E-06	9,66E-06	9,60E-06	9,54E-06	9,48E-06
	15	0	1,83E-05	1,46E-05	1,17E-05	1,04E-05	9,62E-06	9,55E-06	9,49E-06	9,43E-06	9,37E-06	9,31E-06
	0	1	1,62E-03	1,30E-03	1,04E-03							
	1	1	4,89E-04	3,75E-04	3,00E-04	1,25E-04						
	2	1	1,47E-04	1,13E-04	9,09E-05	7,91E-05						
	3	1	9,35E-05	7,25E-05	5,81E-05	5,06E-05						
	4	1	7,95E-05	6,20E-05	4,97E-05	4,38E-05	1,53E-05	1,52E-05	1,50E-05	1,49E-05	1,48E-05	1,47E-05
	5	1	6,57E-05	5,17E-05	4,14E-05	3,66E-05	1,50E-05	1,49E-05	1,48E-05	1,47E-05	1,45E-05	1,44E-05
	6	1	5,31E-05	4,19E-05	3,36E-05	2,98E-05	1,40E-05	1,38E-05	1,37E-05	1,36E-05	1,35E-05	1,34E-05
	7	1	4,29E-05	3,40E-05	2,72E-05	2,41E-05	1,31E-05	1,30E-05	1,28E-05	1,27E-05	1,26E-05	1,25E-05
	8	1	3,09E-05	2,45E-05	1,96E-05	1,75E-05	1,18E-05	1,17E-05	1,16E-05	1,15E-05	1,14E-05	1,13E-05
	9	1	2,51E-05	1,99E-05	1,59E-05	1,42E-05	1,15E-05	1,14E-05	1,13E-05	1,12E-05	1,12E-05	1,11E-05
	10	1	2,08E-05	1,65E-05	1,32E-05	1,18E-05	1,03E-05	1,03E-05	1,02E-05	1,01E-05	1,01E-05	1,00E-05
	11	1	1,91E-05	1,52E-05	1,22E-05	1,09E-05	9,69E-06	9,63E-06	9,56E-06	9,50E-06	9,44E-06	9,38E-06
	12	1	1,86E-05	1,48E-05	1,18E-05	1,06E-05	9,57E-06	9,50E-06	9,44E-06	9,38E-06	9,32E-06	9,25E-06
	13	1	1,77E-05	1,41E-05	1,13E-05	1,01E-05	9,07E-06	9,01E-06	8,95E-06	8,89E-06	8,84E-06	8,75E-06
	14	1	1,93E-05	1,53E-05	1,22E-05	1,09E-05	9,74E-06	9,67E-06	9,61E-06	9,55E-06	9,49E-06	9,42E-06
	15	1	1,98E-05	1,57E-05	1,26E-05	1,12E-05	9,67E-06	9,60E-06	9,54E-06	9,48E-06	9,42E-06	9,36E-06

Elaboração: LabTrans/UFSC (2022)

Tabela 98 – Ábaco QAV consumido (QAV_{abaco})

		AML	Faixa de distância									
			0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Faixa de infraestrutura da rota	0	0	0,1789	0,1489	0,1388							
	1	0	0,1345	0,1128	0,1055	0,0364						
	2	0	0,0630	0,0534	0,0501	0,0319	0,0364	0,0355	0,0348	0,0341	0,0336	0,0331
	3	0	0,0352	0,0305	0,0289	0,0255	0,0298	0,0290	0,0284	0,0279	0,0275	0,0271
	4	0	0,0406	0,0347	0,0327	0,0307	0,0324	0,0317	0,0312	0,0308	0,0304	0,0300
	5	0	0,0396	0,0337	0,0317	0,0303	0,0317	0,0310	0,0305	0,0301	0,0297	0,0294
	6	0	0,0352	0,0300	0,0282	0,0271	0,0286	0,0280	0,0275	0,0271	0,0267	0,0264
	7	0	0,0364	0,0308	0,0289	0,0278	0,0293	0,0287	0,0282	0,0277	0,0274	0,0271
	8	0	0,0407	0,0337	0,0313	0,0300	0,0306	0,0299	0,0294	0,0290	0,0286	0,0283
	9	0	0,0394	0,0320	0,0294	0,0281	0,0279	0,0273	0,0269	0,0265	0,0262	0,0259
	10	0	0,0395	0,0316	0,0289	0,0275	0,0268	0,0263	0,0259	0,0255	0,0252	0,0250
	11	0	0,0389	0,0309	0,0281	0,0267	0,0259	0,0254	0,0250	0,0247	0,0244	0,0242
	12	0	0,0393	0,0311	0,0283	0,0268	0,0259	0,0254	0,0251	0,0247	0,0245	0,0242
	13	0	0,0394	0,0311	0,0283	0,0268	0,0259	0,0254	0,0250	0,0247	0,0244	0,0242
	14	0	0,0396	0,0313	0,0284	0,0269	0,0260	0,0256	0,0252	0,0249	0,0246	0,0244
	15	0	0,0399	0,0314	0,0284	0,0269	0,0259	0,0255	0,0251	0,0248	0,0246	0,0243
	0	1	0,2763	0,2296	0,2141	0,0844						
	1	1	0,1427	0,1174	0,1103	0,0822						
	2	1	0,0695	0,0590	0,0560	0,0539						
	3	1	0,0445	0,0379	0,0360	0,0347	0,0348	0,0339	0,0332	0,0326	0,0321	0,0317
	4	1	0,0425	0,0362	0,0342	0,0330	0,0337	0,0328	0,0321	0,0315	0,0311	0,0306
	5	1	0,0407	0,0346	0,0327	0,0315	0,0331	0,0322	0,0316	0,0310	0,0305	0,0301
	6	1	0,0383	0,0323	0,0304	0,0292	0,0307	0,0299	0,0293	0,0288	0,0283	0,0279
	7	1	0,0401	0,0332	0,0309	0,0296	0,0299	0,0291	0,0286	0,0281	0,0277	0,0273
	8	1	0,0425	0,0343	0,0315	0,0300	0,0290	0,0284	0,0279	0,0275	0,0272	0,0269
	9	1	0,0442	0,0352	0,0321	0,0304	0,0293	0,0287	0,0283	0,0279	0,0276	0,0273
	10	1	0,0411	0,0325	0,0296	0,0280	0,0270	0,0265	0,0261	0,0258	0,0255	0,0252
	11	1	0,0390	0,0308	0,0280	0,0265	0,0256	0,0251	0,0247	0,0244	0,0242	0,0239
	12	1	0,0387	0,0306	0,0278	0,0263	0,0253	0,0249	0,0245	0,0242	0,0239	0,0237
	13	1	0,0376	0,0296	0,0269	0,0255	0,0245	0,0241	0,0237	0,0234	0,0232	0,0230
	14	1	0,0396	0,0313	0,0284	0,0269	0,0260	0,0255	0,0252	0,0248	0,0246	0,0243
	15	1	0,0395	0,0312	0,0284	0,0269	0,0260	0,0256	0,0252	0,0249	0,0246	0,0244

Elaboração: LabTrans/UFSC (2022)

APÊNDICE 7 – CÁLCULO DO CASK PARA O CUSTO DE OPERAÇÃO DE TRANSPORTE DO LADO AR

O Custo Unitário por assento quilômetro oferecido (CASK) foi calculado utilizando valores médios de CASK disponibilizados pelas companhias aéreas no anuário estatístico da ANAC (2016). A Tabela 99 apresenta os valores médio de CASK e o ASK do ano de 2019 das quatro principais companhias aéreas que operavam na época.

Tabela 99 – Valores médio de CASK (R\$/passageiros.km) para o ano de 2019

	Latam	Gol	Azul	Avianca
CASK	0,242	0,222	0,330	0,219
ASK	40.611.905.381	44.099.630.456	27.324.926.335	4.160.237.056

Elaboração: LabTrans/UFSC (2022)

Para obter um valor médio único de CASK, calculou-se a média ponderada pelo ASK (*vide* a Equação (61)), resultando no valor apresentado na Equação (62). Posteriormente corrigiu-se o valor pelo Índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo (IPCA) dos anos 2020 e 2021 e multiplicou-se pelo Fator de Conversão Médio de 0,935 resultando no valor de CASK para a ACB (*vide* a Equação (63)).

$$CASK_{\text{brasil } 2019} = \frac{\sum_c CASK_c \cdot ASK_c}{\sum_c ASK_c} \quad (61)$$

$$CASK_{\text{brasil } 2019} = 0,2542 \quad (62)$$

$$CASK_{ACB} = 0,2925 \cdot 0,935 = 0,2734 \quad (63)$$

Onde:

c = companhia aérea

$CASK_c$ = CASK da companhia aérea c

ASK_c = ASK da companhia aérea c

$CASK_{\text{brasil } 2019}$ = CASK médio brasileiro no ano de 2019

$CASK_{ACB}$ = CASK médio brasileiro no ano de 2019.

Por fim, utilizando como *proxy* os valores de *Yield*, obtidos dos dados estatísticos e tarifários da ANAC, calculou-se os valores de CASK considerando as faixas de distância e as faixas de infraestrutura das rotas, respeitando as mesmas faixas da Tabela 93 e da Tabela 94 e o valor médio de CASK da Equação (63).

A Tabela 100 apresenta o ábaco com o valores de CASK utilizados para o cálculo do custo de operação do transporte aéreo.

Tabela 100 – Ábaco CASK ($CASK_{ábaco}$)

		Faixa de distância									
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Faixa de infraestrutura da rota	0	0,95	0,37	0,38							
	1	1,13	0,94	0,36	0,29						
	2	1,16	0,71	0,48	0,28	0,17	0,20	0,23	0,23	0,11	0,11
	3	1,08	0,65	0,51	0,27	0,23	0,22	0,24	0,26	0,11	0,11
	4	0,87	0,53	0,37	0,31	0,26	0,23	0,20	0,13	0,11	0,11
	5	0,78	0,57	0,42	0,34	0,29	0,23	0,16	0,11	0,11	0,11
	6	0,84	0,56	0,47	0,37	0,28	0,24	0,19	0,21	0,12	0,12
	7	0,86	0,50	0,40	0,35	0,28	0,24	0,21	0,17	0,13	0,13
	8	0,84	0,49	0,40	0,33	0,26	0,21	0,20	0,16	0,13	0,13
	9	0,65	0,46	0,34	0,24	0,24	0,22	0,17	0,15	0,11	0,11
	10	0,54	0,37	0,33	0,24	0,23	0,20	0,18	0,16	0,11	0,11
	11	0,54	0,38	0,27	0,22	0,19	0,17	0,15	0,11	0,11	0,11
	12	0,49	0,33	0,24	0,22	0,17	0,18	0,15	0,11	0,11	0,11
	13	0,63	0,30	0,22	0,21	0,18	0,16	0,15	0,11	0,11	0,11
	14	0,57	0,34	0,22	0,21	0,17	0,16	0,15	0,11	0,11	0,11
	15	0,57	0,31	0,22	0,21	0,17	0,16	0,15	0,11	0,11	0,11

Elaboração: LabTrans/UFSC (2022)

APÊNDICE 8 – CÁLCULO DO MODO DE TRANSPORTE K PARA O CUSTO DE OPERAÇÃO DE TRANSPORTE

Passageiros atendidos (lado terra)

Para determinar o modo de transporte k dos cálculos dos custos do lado terra (acesso ou saída do aeródromo), utilizaram-se dados da pesquisa o Brasil que voa (BRASIL, [201-]). Para ônibus e similares, somou-se a participação dos modos de transporte classificados na pesquisa como “Ônibus interurbano, interestadual, internacional” e “Ônibus Urbano, lotação”, o restante foi classificado como demais veículos. A Tabela 101 apresenta o resultado consolidado do modo de transporte k dos passageiros atendidos.

Tabela 101 – Modo de transporte k do lado terra

Região	Participação de demais veículos (%)	Participação ônibus e similares (%)
Sul	89,1	10,9
Sudeste	89,4	10,6
Centro-Oeste	92,4	7,6
Nordeste	89,4	10,6
Norte	92	8

Fonte: Brasil ([201-]). Elaboração: LabTrans/UFSC (2022)

Passageiros não atendidos

Para a definição do modo de transporte k dos passageiros não atendidos utilizaram-se os dados da Pesquisa O/D realizada entre os anos de 2016 e 2017 no âmbito do Plano Nacional de Contagem de Tráfego (PNCT) (DNIT, c2022). Nos dados da pesquisa foram filtradas as viagens interestaduais e somadas por região as quantidades de passageiros que viajaram por ônibus e demais veículos. A Tabela 102 apresenta o resultado calculado do modo de transporte k utilizado nos cálculos dos custos dos passageiros não atendidos.

Tabela 102 – Modo de transporte k para passageiros não atendidos

Região	Participação de demais veículos (%)	Participação ônibus e similares (%)
Sul	87,0	13,0
Sudeste	79,6	20,4
Centro-Oeste	84,2	15,8
Nordeste	77,2	22,8
Norte	77,8	22,2

Fonte: DNIT (c2022). Elaboração: LabTrans/UFSC (2022)

APÊNDICE 9 – CÁLCULO DA DISTÂNCIA E TEMPO MÉDIO DE DESLOCAMENTO NÃO AÉREO

Para o cálculo dos custos relacionados aos passageiros não atendidos de tempo de deslocamento, operação de transporte, segurança e GEE utilizaram-se valores médios de distância e tempo de deslocamentos não aéreos obtidos da Matriz O/D de telefonia.

Para desconsiderar viagens com características urbanas, foram consideradas somente viagens interestaduais com tempo entre origem e destino maior que três horas. O valor médio de distância e tempo de cada estado foi ponderado pelo volume de viagens. A Tabela 103 apresenta os valores obtidos e utilizados nos cálculos de custo.

Tabela 103 – Distância e tempo médio de deslocamento não aéreo

UF da UTP	TEMPO (h)	DISTÂNCIA (km)
AM	6,16	369,31
RR	5,96	357,70
RO	5,48	328,63
AC	5,32	319,15
PR	5,10	306,24
SC	5,03	301,86
AP	5,00	300,11
DF	4,99	299,52
GO	4,98	299,03
MS	4,91	294,67
PA	4,88	292,62
ES	4,83	289,96
MG	4,79	287,52
PI	4,76	285,46
CE	4,73	283,58
RJ	4,70	281,74
RN	4,57	274,44
MA	4,55	272,74
PE	4,46	267,39
RS	4,43	265,64
BA	4,42	265,25
MT	4,40	263,94
SP	4,39	263,69
TO	4,30	257,88
PB	4,27	256,01
SE	4,15	248,90
AL	4,13	247,69

Elaboração: LabTrans/UFSC (2022)

APÊNDICE 10 – CÁLCULO DA PROBABILIDADE DE ACIDENTES NO TRANSPORTE TERRESTRE

O cálculo da probabilidade de acidentes considera a gravidade do acidente, indexado pela letra r (mortes, feridos e ilesos), o modo de transporte k (carro ou ônibus) e a unidade da federação (u). É calculado conforme a Equação (64).

$$P_{kru} = \frac{N_{kru}}{VK_{ku}} \quad (64)$$

Onde:

P_{kru} = probabilidade de acontecer um acidente de gravidade r no modo de transporte k na unidade da federação u

k = modo de transporte (demais veículos ou ônibus e similares)

r = gravidade do acidente (mortos, feridos e ilesos)

u = unidade da federação

N_{kru} = número observado de ocorrências de gravidade r no modo de transporte k na unidade da federação u

VK_{ku} = número simulado de veículos.km do modo de transporte k na unidade da federação u

O número observado de ocorrências (N_{kru}) foi obtido das bases de dados da Polícia Rodoviária Federal (PRF, 2022) para rodovias federais, e do Registro Nacional de Acidentes e Estatísticas de Trânsito (RENAEST) (BRASIL, 2022) para as rodovias estaduais.

O número simulado de veículos.km (VK_{ku}) foi obtido da simulação do cenário base - panorama 2017 do Plano Nacional de Logística (PNL) (ONTL, 2017). Da malha rodoviária, extraem-se o comprimento em quilômetros dos *links* e a quantidade de veículos de cada modo de transporte k alocados nos *links*.

A Tabela 104 apresenta os valores de P_{kre} utilizados na ACB, calculados por meio da Equação (64).

Tabela 104 – Tabela de P_{kre}

Uf (u)				Ônibus e similares (k)		
	Illesos	Feridos	Mortos	Illesos	Feridos	Mortos
AC	2,05762E-05	2,03941E-05	3,1592E-07	3,36315E-05	3,17709E-05	2,59784E-06
AL	3,08707E-07	3,22623E-07	1,4452E-07	6,37731E-06	5,81453E-06	8,05566E-07
AM	1,19153E-06	8,77228E-07	4,80781E-08	2,01061E-05	1,4386E-05	3,17037E-06
AP	1,31797E-05	1,32623E-05	1,91698E-07	5,89385E-05	5,77472E-05	3,57383E-06
BA	1,12289E-06	1,10421E-06	1,52838E-07	6,03236E-06	5,28336E-06	6,89875E-07
CE	2,76804E-06	2,43866E-06	1,78292E-07	5,42753E-06	3,83626E-06	4,96302E-07
DF	5,09471E-06	4,27337E-06	2,33747E-07	3,06711E-05	2,44662E-05	1,14003E-06
ES	9,75352E-06	1,37729E-05	1,98739E-07	1,12793E-05	1,51613E-05	9,58321E-07
GO	6,21397E-06	6,19052E-06	1,62808E-07	8,23846E-06	7,74727E-06	7,06998E-07
MA	3,29539E-07	3,18263E-07	1,41693E-07	5,46931E-06	4,56199E-06	9,19492E-07
MG	8,42642E-06	9,57234E-06	1,61128E-07	1,04861E-05	1,13203E-05	9,8198E-07
MS	4,36332E-06	5,23336E-06	1,76765E-07	1,09199E-05	1,27002E-05	1,37919E-06
MT	1,94472E-06	1,55541E-06	1,74423E-07	8,98952E-06	6,86731E-06	6,05612E-07
PA	6,50394E-06	5,79699E-06	4,93527E-07	8,7356E-06	5,30006E-06	6,89854E-07
PB	8,64885E-07	8,06437E-07	1,75641E-07	1,29906E-05	1,13352E-05	9,22594E-07
PE	9,42376E-07	8,21703E-07	1,37391E-07	7,56317E-06	5,73471E-06	6,97862E-07
PI	1,56793E-06	1,7292E-06	2,20382E-07	6,96321E-06	6,44752E-06	1,04492E-06
PR	5,5054E-06	4,58553E-06	1,57028E-07	1,75808E-05	1,41547E-05	1,11186E-06
RJ	1,96643E-06	1,77818E-06	2,14266E-07	1,34717E-05	1,09668E-05	8,09112E-07
RN	2,12008E-06	2,65244E-06	2,1501E-07	1,09025E-05	1,11426E-05	1,16756E-06
RO	7,65688E-06	7,22567E-06	3,48973E-07	2,44178E-05	2,13759E-05	1,58535E-06
RR	1,55772E-05	2,08274E-05	1,12234E-06	3,04434E-05	3,15533E-05	3,63551E-06
RS	9,49782E-07	7,28518E-07	1,70979E-07	1,34223E-05	9,62681E-06	8,85869E-07
SC	5,74319E-06	5,14165E-06	8,36932E-08	2,97379E-05	2,6096E-05	1,17309E-06
SE	1,42814E-06	1,05962E-06	1,05978E-07	9,53961E-06	6,91419E-06	8,05886E-07
SP	1,73387E-06	1,12004E-06	1,04768E-07	7,20588E-06	3,83099E-06	2,97282E-07
TO	3,08845E-06	3,17808E-06	2,00543E-07	6,64222E-06	6,17053E-06	7,30298E-07

Elaboração: LabTrans/UFSC (2022)

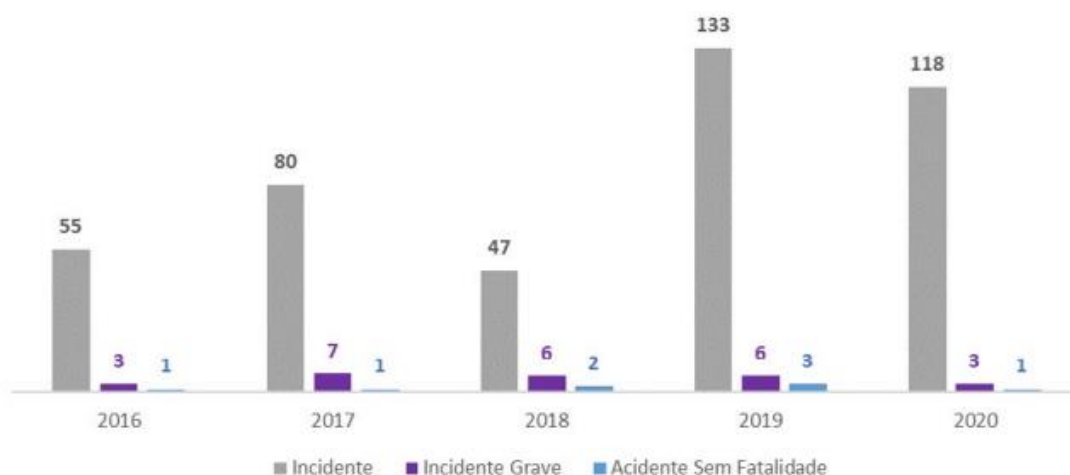
APÊNDICE 11 – CÁLCULO DA PROBABILIDADE DE ACIDENTES NO TRANSPORTE AÉREO

O Manual de investigação do Sistema de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos (SIPAER) (BRASIL, 2017; CENIPA, c2022) classifica as ocorrências aeronáuticas em quatro categorias:

- Ocorrência de solo: Envolve aeronave no solo, ocorrência da qual resulta dano à aeronave ou lesão à pessoa, sendo o fato motivador diretamente relacionado aos serviços de rampa e sem qualquer contribuição da movimentação da aeronave por meios próprios ou da operação de qualquer um de seus sistemas, não estando relacionado à operação da aeronave.
- Incidente Aeronáutico: Ocorrência aeronáutica não classificada como um acidente, associada à operação de uma aeronave, que afete ou possa afetar a segurança da operação.
- Incidente Aeronáutico Grave: Envolvendo circunstâncias que indiquem elevado risco de acidente relacionado à operação de uma aeronave.
- Acidente: Ocorrência onde ocorra a lesão grave, morte, exposição à rotores, considerável falha estrutural da aeronave exigindo reparo/substituição, desaparecimento de aeronave, difícil acesso à aeronave e/ou impossibilidade de acesso à aeronave.

A Figura 46 apresenta o histórico de ocorrências na aviação regular entre os anos de 2016 e 2020.

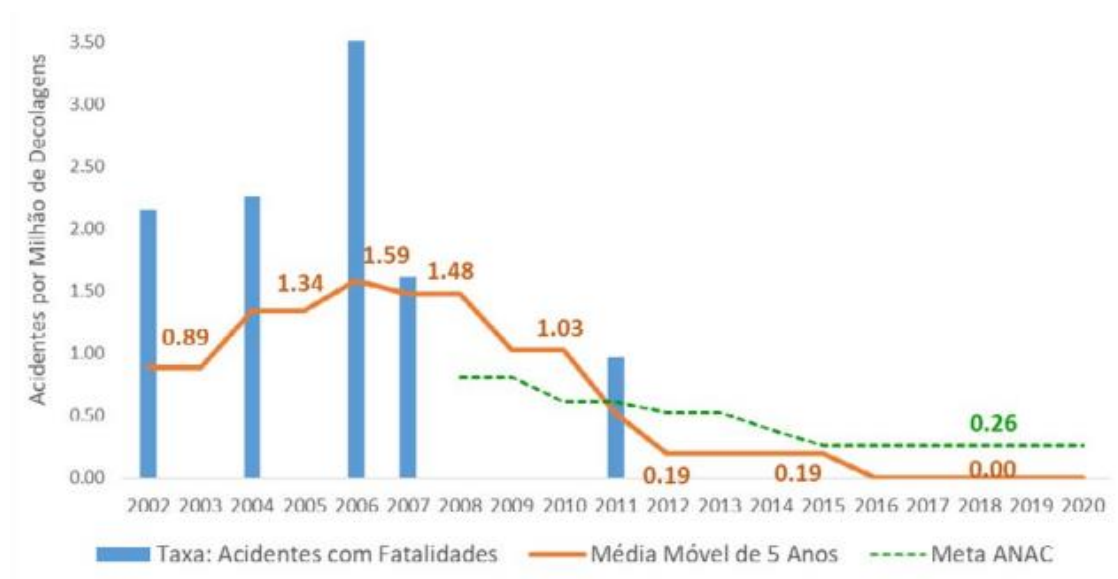
Figura 46 – Histórico de ocorrências na aviação regular – 2016 a 2020



Fonte: ANAC (2020).

Conforme ANAC (2020), a aviação regular possui a característica de ser uma das modalidades de transporte mais seguras que existem e não registra acidentes com fatalidades desde 2011. A Figura 47 apresenta a taxa de acidentes com fatalidades na aviação regular brasileira de 2002 a 2020 e a média móvel do indicador.

Figura 47 – Taxa de acidentes com fatalidades na aviação regular brasileira



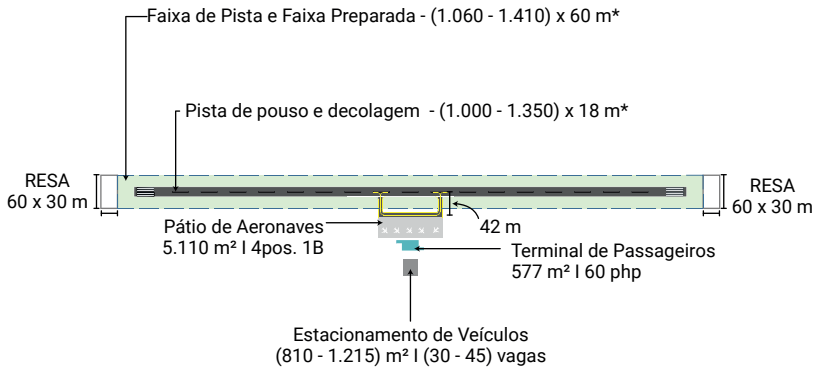
Fonte: ANAC (2020).

Pelo número de ocorrências de mortes e de acidentes, considerado baixo em comparação com o modo rodoviário, e pela falta de estudos mais aprofundados quanto à valoração dos incidentes e de incidentes graves na aviação no Brasil, o custo de segurança do modo aéreo não foi utilizado na atual versão da ACB no PAN.

APÊNDICE 12 – DESENHOS DOS MODELOS DE INFRAESTRUTURA AEROPORTUÁRIA DAS FAIXAS DO PAN

FAIXA AvG

Até 2 mil passageiros processados por ano. Aeronave crítica de projeto: 1B - 9 assentos. PCN Flexível: 11 - PCN Rígido: 10



*A depender dos fatores de correção

LEGENDA:

RESA

Faixa de pista

Faixa preparada

Asfalto

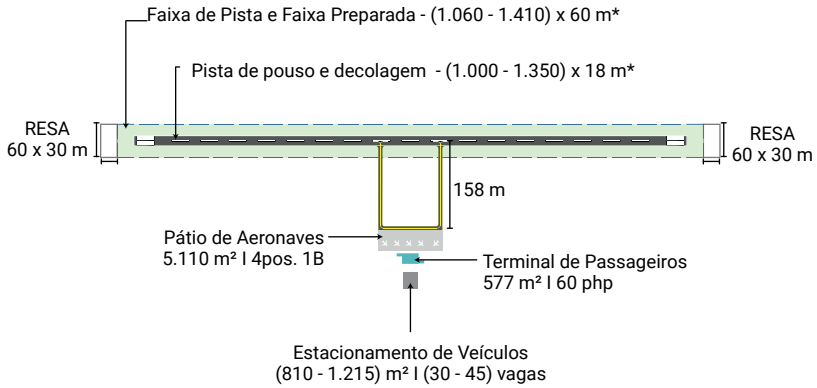
Concreto

Instalações



FAIXA AvG

Até 2 mil passageiros processados por ano. Aeronave crítica de projeto: 1B - 9 assentos. PCN Flexível: 11 - PCN Rígido: 10



*A depender dos fatores de correção

LEGENDA:

RESA

Faixa de pista

Faixa preparada

Asfalto

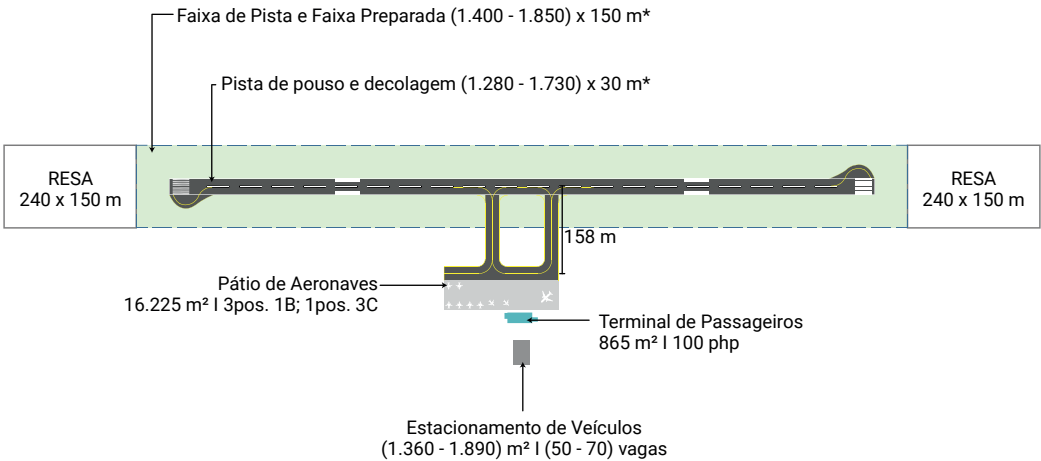
Concreto

Instalações



FAIXA 1

De 2 até 30 mil passageiros processados por ano. Aeronave crítica de projeto: 3C - 70 assentos. PCN Flexível: 14 - PCN Rígido: 12



*A depender dos fatores de correção

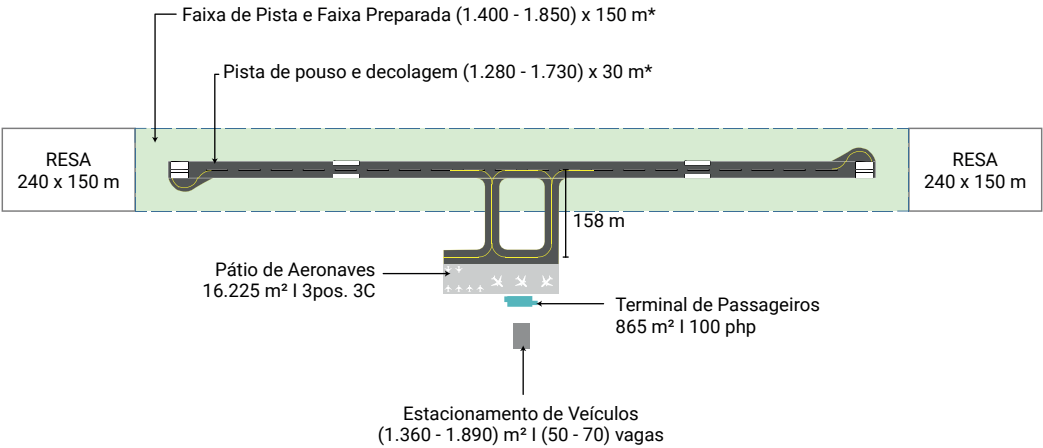
LEGENDA:

RESA	Faixa de pista	Faixa preparada	Asfalto	Concreto	Instalações
------	----------------	-----------------	---------	----------	-------------



FAIXA 2

De 30 até 50 mil passageiros processados por ano. Aeronave crítica de projeto: 3C - 70 assentos. PCN Flexível: 14 - PCN Rígido: 12



*A depender dos fatores de correção

LEGENDA:

RESA

Faixa de pista

Faixa preparada

Asfalto

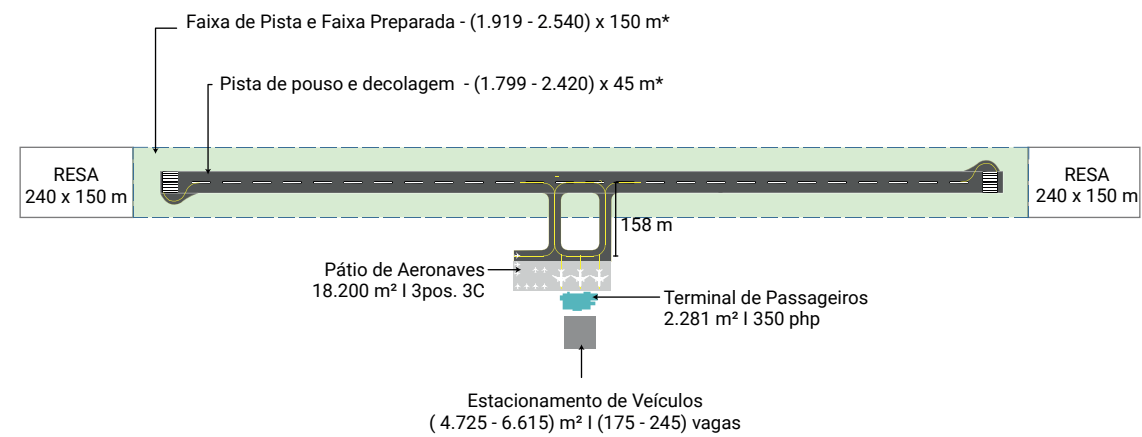
Concreto

Instalações



FAIXA 3

De 50 até 200 mil passageiros processados por ano. Aeronave crítica de projeto: 3C - 130 assentos. PCN Flexível: 42 - PCN Rígido: 49



*A depender dos fatores de correção

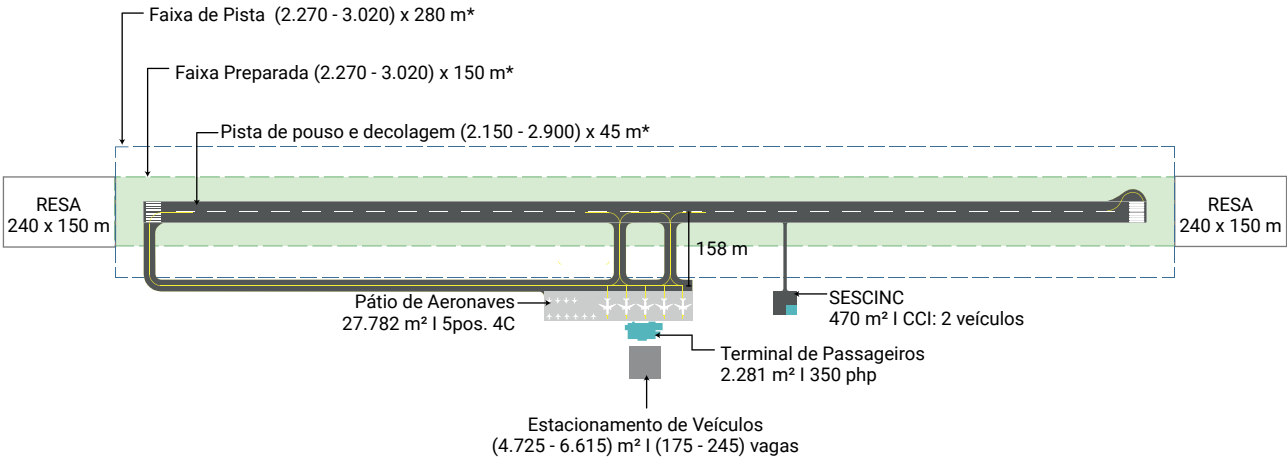
LEGENDA:

RESA	Faixa de pista	Faixa preparada	Asfalto	Concreto	Instalações
------	----------------	-----------------	---------	----------	-------------



FAIXA 4

De 200 até 500 mil passageiros processados por ano. Aeronave crítica de projeto: 4C - 180 assentos. PCN Flexível: 45 - PCN Rígido: 51



*A depender dos fatores de correção

LEGENDA:

RESA

Faixa de pista

Faixa preparada

Asfalto

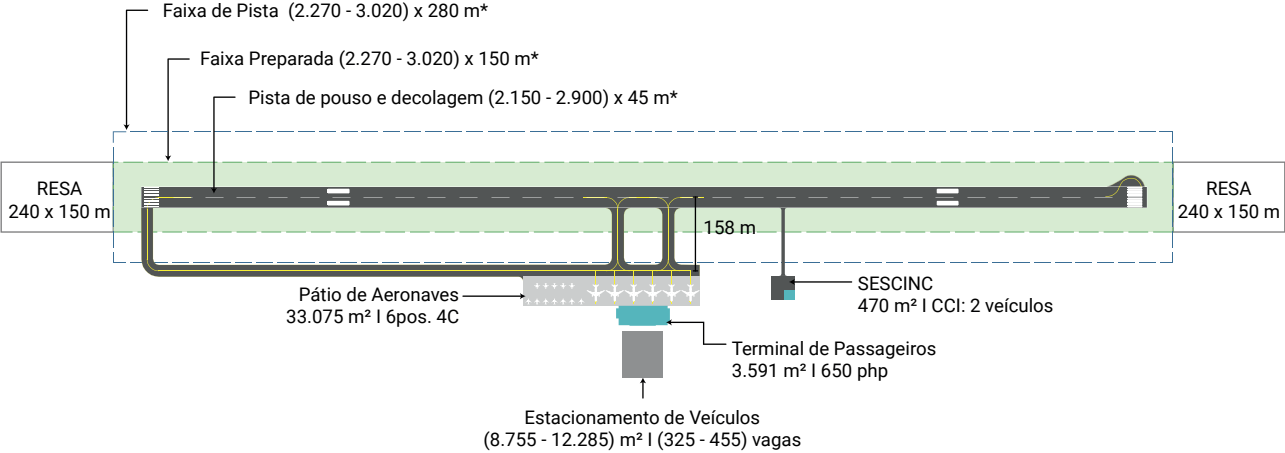
Concreto

Instalações



FAIXA 5

De 500 mil até 1 milhão de passageiros processados por ano. Aeronave crítica de projeto: 4C - 180 assentos. PCN Flexível: 45 - PCN Rígido: 51



*A depender dos fatores de correção

LEGENDA:

RESA

Faixa de pista

Faixa preparada

Asfalto

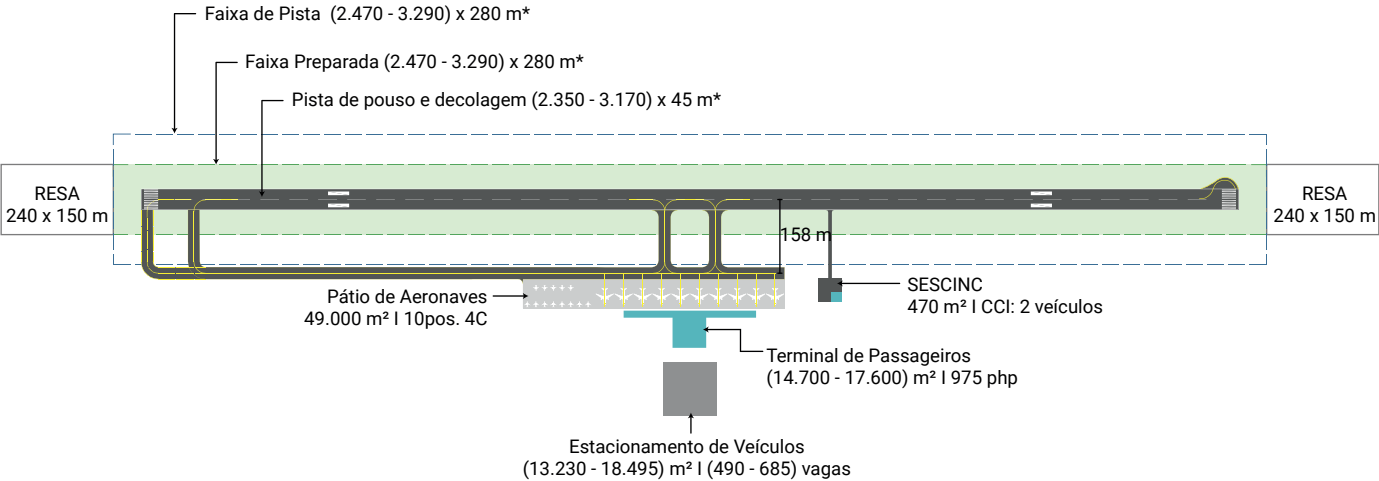
Concreto

Instalações



FAIXA 6

De 1 até 2 milhões de passageiros processados por ano. Aeronave crítica de projeto: 4C - 220 assentos . PCN Flexível: 56 - PCN Rígido: 64



*A depender dos fatores de correção

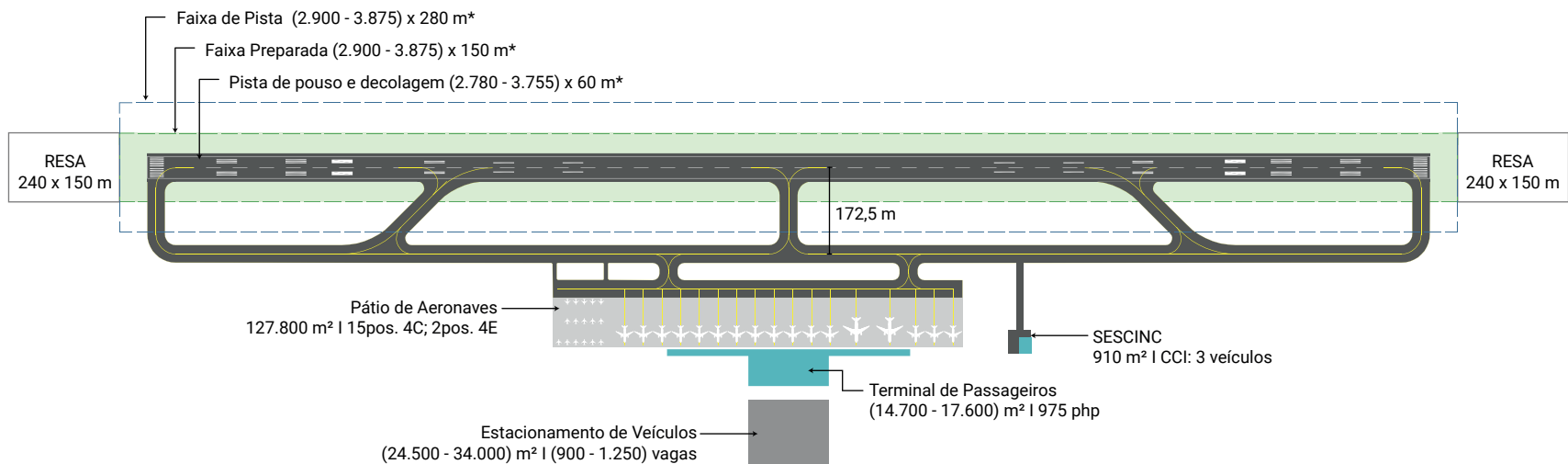
LEGENDA:

RESA	Faixa de pista	Faixa preparada	Asfalto	Concreto	Instalações
------	----------------	-----------------	---------	----------	-------------



FAIXA 7

De 2 até 5 milhões de passageiros processados por ano. Aeronave crítica de projeto: 4E - 250 assentos. PCN Flexível: 62 - PCN Rígido: 68



*A depender dos fatores de correção

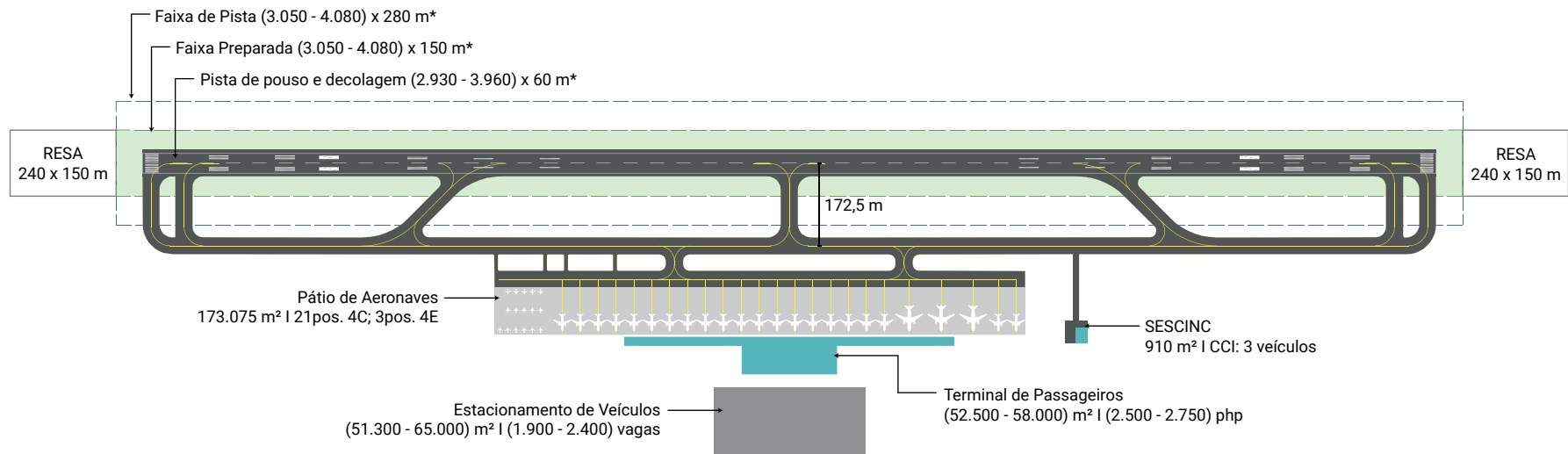
LEGENDA:

RESA	Faixa de pista	Faixa preparada	Asfalto	Concreto	Instalações
------	----------------	-----------------	---------	----------	-------------



FAIXA 8

De 5 até 10 milhões de passageiros processados por ano. Aeronave crítica de projeto: 4E - 300 assentos. PCN Flexível: 68 - PCN Rígido: 69



*A depender dos fatores de correção

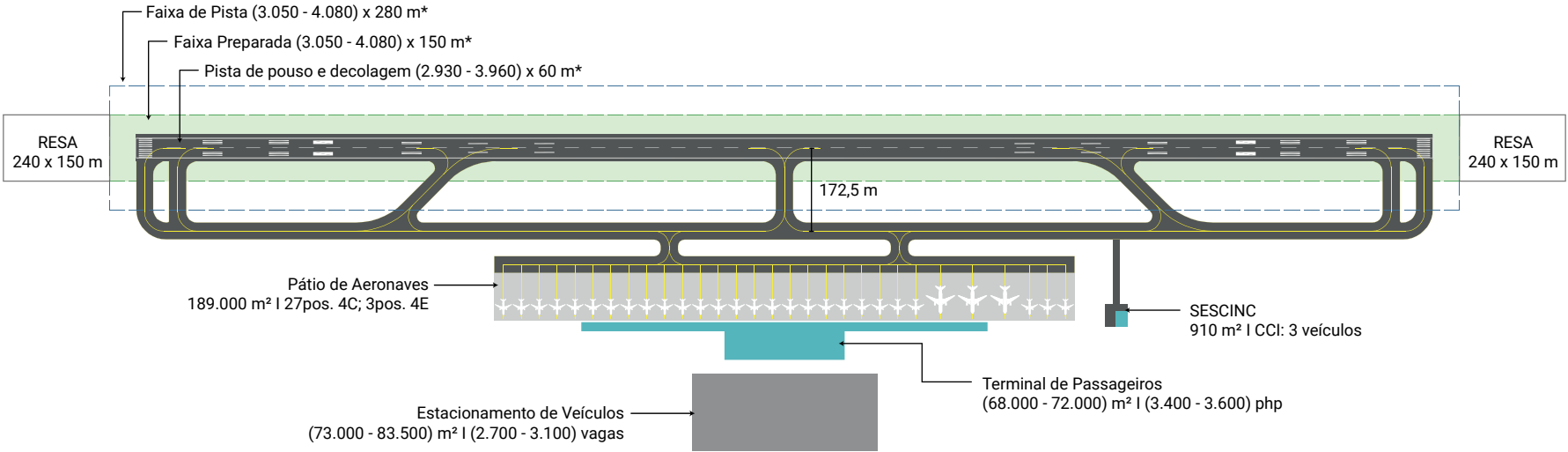
LEGENDA:

	RESA		Faixa de pista		Faixa preparada		Asfalto		Concreto		Instalações
--	------	--	----------------	--	-----------------	--	---------	--	----------	--	-------------



FAIXA 9

De 10 até 15 milhões de passageiros processados por ano. Aeronave crítica de projeto: 4E - 330 assentos. PCN Flexível: 70 - PCN Rígido: 71



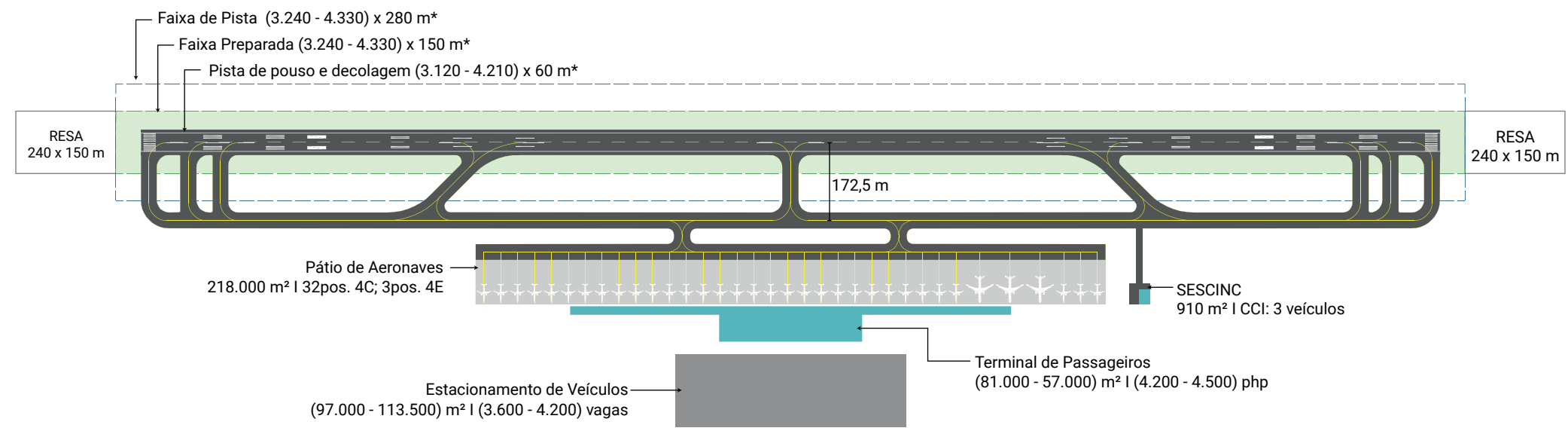
*A depender dos fatores de correção

LEGENDA: RESA Faixa de pista Faixa preparada Asfalto Concreto Instalações



FAIXA 10

De 15 até 20 milhões de passageiros processados por ano. Aeronave crítica de projeto: 4E - 350 assentos. PCN Flexível: 71 - PCN Rígido: 85



*A depender dos fatores de correção

LEGENDA:

RESA	Faixa de pista	Faixa preparada	Asfalto	Concreto	Instalações
------	----------------	-----------------	---------	----------	-------------



APÊNDICE 13 – DESENHOS DOS MODELOS DE TPS DA FAIXA AVG ATÉ A FAIXA 5 DO PAN

TPS - FAIXA AvG

60 php



LEGENDA:

 Administração/Operações (56 m²)

 Restituição de Bagagem (58 m²)
contando com o L.L.

 Saguão de Desembarque (80 m²)

 Saguão de Embarque (60,5 m²)

 Área de inspeção (17 m²)

 Área de Check In (31 m²)

 Sala de Embarque (104 m²)
44 assentos

 Banheiros

 1 Praça de Manuseio de Bagagens Desembarcadas (57,35 m²)

 2 Fila do Canal de Inspeção (10 m²)

 3 SAE - Sala de Atendimento Especial (9 m²)

 4 BVRI & Totens (10 m²)

 5 Lanches (9 m²)

 6 Fiscais de Pátio (12,5 m²)

 7 Depósito de Equipamento de Emergência (12,66 m²)

 8 Sala A.I.S. / AFIS (15,06 m²)

 9 Back Offices (16 m²)

 10 Oversized Baggage

 11 Fila e Circulação do Check-In (15 m²)

 12 Praça de Manuseio de Bagagens a Embarcar (53,06 m²)

TPS - FAIXA 1 e 2

100 php



LEGENDA:



Administração/Operações (61 m²)



Restituição de Bagagem (73 m²)
contando com o L.L.



Espaço Multifuncional Central (133 m²)
Órgãos Públicos, Concessões comerciais,
Praça de Alimentação



Saguão de Desembarque (92 m²)



Saguão de Embarque (82 m²)



Área de inspeção (34 m²)



Área de Check In (55 m²)



Sala de Embarque (119 m²)
44 assentos



Banheiros

1

Praça de Manuseio de Bagagens Desembarcadas (55,02 m²)

2

L.L. - *Lost Luggage*
Serviços de Apoio a Passageiros Desembarcados

3

Fila do Canal de Inspeção (12 m²)

4

SAE - Sala de Atendimento Especial (9 m²)

5

Lanches (9 m²)

6

BVRI & Totens (15 m²)

7

Back Offices (16 m²)

8

Fiscais de Pátio (12,5 m²)

9

Depósito de Equipamento de Emergência (12,66 m²)

10

Sala A.I.S. / AFIS (15,06 m²)

11

Oversized Baggage

12

Fila e Circulação do Check-In (30 m²)

13

Praça de Manuseio de Bagagens a Embarcar
(79,34 m²)

TPS - FAIXA 3 e 4

350 php



LEGENDA:



Administração/Operações (201 m²)



Restituição de Bagagem (260 m²)
contando com o L.L.



Espaço Multifuncional Central (303 m²)
Órgãos Públicos, Concessões comerciais,
Praça de Alimentação



1 Praça de Manuseio de Bagagens Desembarcadas (61,33 m²)



2 L.L. - Lost Luggage
Serviços de Apoio a Passageiros Desembarcados



3 Cabine/Balcão de Vistoria (15 m²)



4 Fila do Canal de Inspeção (25 m²)



5 BVRI & Totens (42 m²)



Saguão de Desembarque (281 m²)



Saguão de Embarque (238 m²)



Área de inspeção (97 m²)



6 Back Offices (65 m²)



7 SAE - Sala de Atendimento Especial (16,6 m²)



8 Lanches (22,5 m²)



9 Fiscais de Pátio



10 Sala A.I.S. / AFIS



Área de Check In (154 m²)



Sala de Embarque (307 m²)
144 assentos



Banheiros



11 Depósito de Equipamento de Emergência



12 Oversized Baggage



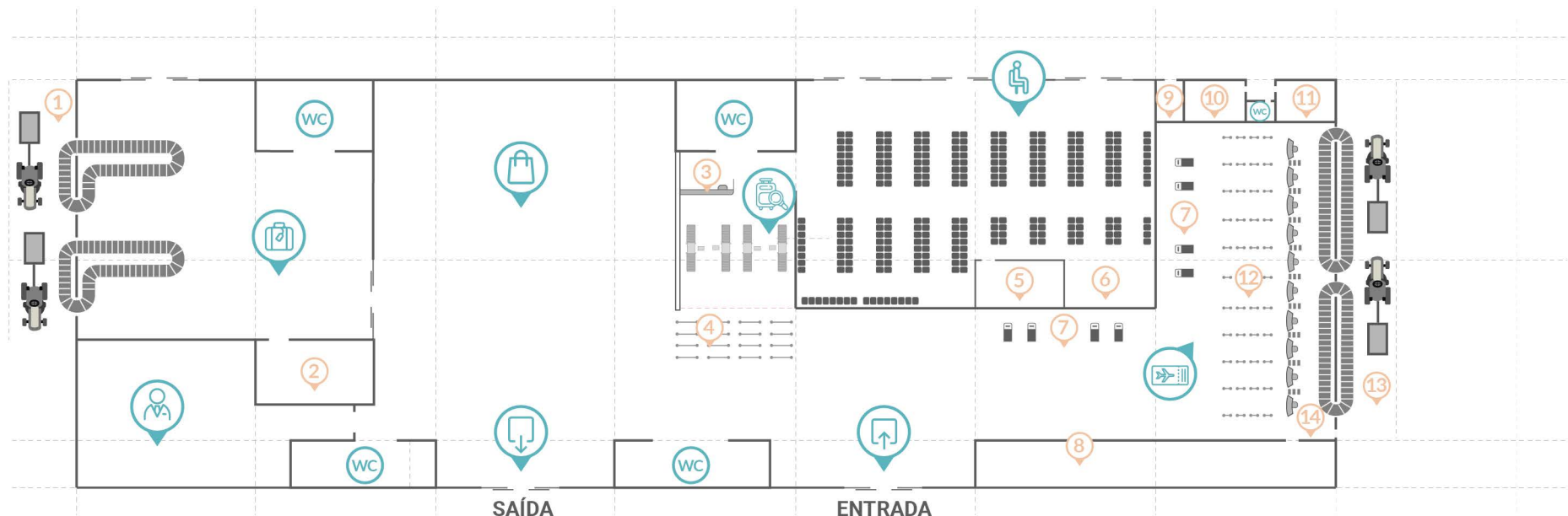
13 Fila e Circulação do Check-In (104 m²)



14 Praça de Manuseio de Bagagens a Embarcar
(125,86 m²)

TPS - FAIXA 5

650 php



LEGENDA:



Administração/Operações (228 m²)



Restituição de Bagagem (523 m²)
contando com o L.L.



Espaço Multifuncional Central (375 m²)
Órgãos Públicos, Concessões comerciais,
Praça de Alimentação



Praça de Manuseio de Bagagens Desembarcadas (120 m²)
área requerida 90m²



L.L. - *Lost Luggage*
Serviços de Apoio a Passageiros Desembarcados



Cabine/Balcão de Vistoria (15 m²)



Fila do Canal de Inspeção (40 m²)



SAE - Sala de Atendimento Especial (29 m²)



Saguão de Desembarque (366 m²)



Saguão de Embarque (520 m²)



Área de inpeção (77 m²)



Lanches (29 m²)



BVRI & Totens (122,93 m²)



Back Offices (115 m²)



Depósito de Equipamento de Emergência



Sala A.I.S. / AFIS



Área de Check In (286 m²)



Sala de Embarque (542 m²)
252 assentos



Banheiros



Fiscais de Pátio



Fila e Circulação do Check-In (193 m²)



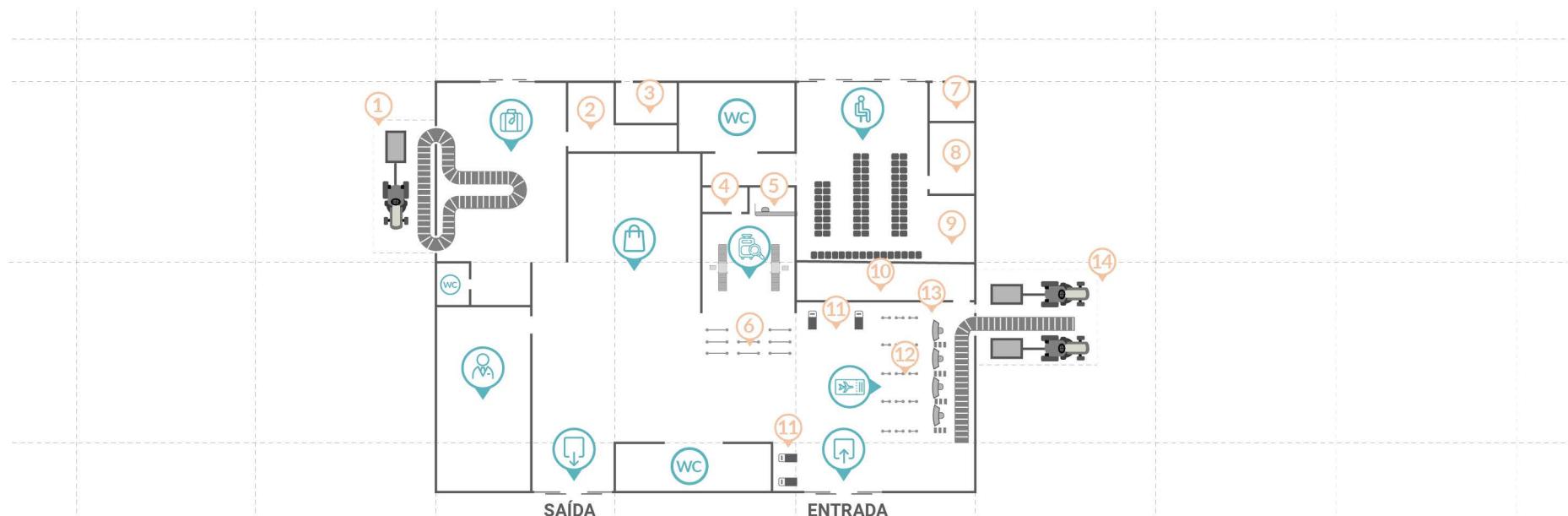
Praça de Manuseio de Bagagens a Embarcar



Oversized Baggage

TPS - FAIXA INTERMEDIÁRIA

220 php



LEGENDA:

- | | | |
|---|---|---|
|  Administração/Operações (120 m ²) |  Saguão de Desembarque (186 m ²) |  Área de Check In (93 m ²) |
|  Restituição de Bagagem (178 m ²)
contando com o L.L. |  Saguão de Embarque (182 m ²) |  Sala de Embarque (183,02 m ²)
80 assentos |
|  Espaço Multifuncional Central (187 m ²)
Órgãos Públicos, Concessões comerciais,
Praça de Alimentação |  Área de inspeção (65 m ²) |  Banheiros |
| 1 Praça de Manuseio de Bagagens Desembarcadas (57,44 m ²) | 6 Fila do Canal de Inspeção (24 m ²) | 11 BVRI & Totens (26 m ²) |
| 2 L.L. - Lost Luggage
Serviços de Apoio a Passageiros Desembarcados | 7 Fiscais de Pátio (12,47 m ²) | 12 Fila e Circulação do Check-In (55 m ²) |
| 3 Sala A.I.S. / AFIS (16,20 m ²) | 8 SAE - Sala de Atendimento Especial (22,32 m ²) | 13 Oversized Baggage |
| 4 Apoio ao Pessoal de Proteção e Segurança (8,12 m ²) | 9 Lanches (22,04 m ²) | 14 Praça de Manuseio de Bagagens a Embarcar
(79,34 m ²) |
| 5 Cabine/Balcão de Vistoria (8,12 m ²) | 10 Back Offices (45 m ²) | |

