

# DESEMPENHO URBANO-LOGÍSTICO EM TERMINAIS DE CARGA AÉREA: AVALIAÇÃO MULTICRITÉRIO APLICADA AO SBGO

## URBAN-LOGISTICS PERFORMANCE IN AIR CARGO TERMINALS: A MULTICRITERIA ASSESSMENT APPLIED TO SBGO



Dário Pulquerio da Silva Neto

Universidade Federal de Goiás, Aparecida de Goiânia, Goiás, Brasil

dariopulquerio@gmail.com



Michelle Carvalho Galvão da Silva Pinto Bandeira

Universidade Federal de Goiás, Aparecida de Goiânia, Goiás, Brasil

michelle.galvao@ufg.br



Isabelle Yruska de Lucena Gomes Braga

Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, Paraíba, Brasil

isabelle.yruska@academico.ufpb.br



Izabelle Marie Trindade Bezerra da Costa Lima

Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, Paraíba, Brasil

izabelle.marie@professor.ufcg.edu.br



Viviane Adriano Falcão

Universidade Federal de Pernambuco, Recife, Pernambuco, Brasil

viviane.afalcao@ufpe.br

### Resumo

O presente estudo tem como objetivo estabelecer uma hierarquização dos indicadores de desempenho logístico-operacional aplicáveis à avaliação do nível de serviço em terminais de carga aérea, com base no estudo de caso do Terminal de Cargas do Aeroporto Internacional Santa Genoveva (SBGO), em Goiânia/GO. O trabalho estrutura-se em três frentes metodológicas complementares: (i) revisão sistemática da literatura nacional e internacional sobre avaliação de desempenho em terminais de carga, com ênfase em abordagens multicritério; (ii) levantamento empírico de campo junto à empresa operadora logística do terminal (PACLOG); e (iii) aplicação do método Analytic Hierarchy Process (AHP) para atribuição de pesos relativos a critérios e subcritérios previamente validados. Os resultados indicam que os critérios “Infraestrutura”, “Tempo”, “Localização” e “Custo”

são os mais relevantes para a percepção de desempenho logístico-operacional, sendo a infraestrutura o critério com maior peso decisório. No nível dos subcritérios, destacam-se como prioritários o espaço físico e os dispositivos de segurança (infraestrutura), o tempo de permanência da carga (tempo) e as variáveis relacionadas à receita e às taxas aeroportuárias (custo). A análise final contempla o impacto global dos indicadores e sua ordenação por prioridade, sintetizada por meio de gráficos e tabelas hierárquicas. Do ponto de vista aplicado, os achados oferecem suporte técnico à formulação de políticas públicas, priorização de investimentos, revisão de processos operacionais e planejamento urbano-logístico nos entornos aeroportuários. O modelo proposto pode ser replicado em outros terminais brasileiros, contribuindo para uma abordagem mais integrada, quantitativa e orientada à decisão no setor de carga aérea. O estudo ainda preenche lacunas da literatura científica, ao incorporar elementos da eficiência urbana-logística no contexto da infraestrutura aeroportuária regional.

Palavras-chave: Terminais de Carga Aérea; Avaliação de Desempenho; Método AHP; Logística Aeroportuária; Planejamento Urbano-Logístico.

### **Abstract**

*This study aims to prioritize performance indicators for evaluating the service level of air cargo terminals, focusing on the case of the Cargo Terminal at Santa Genoveva International Airport (SBGO), located in Goiânia, Brazil. The research adopts a threefold methodological approach: (i) a systematic review of national and international literature on air cargo terminal performance assessment, with emphasis on multicriteria decision-making methods; (ii) an empirical field investigation conducted with the terminal's logistics operator (PACLOG); and (iii) the application of the Analytic Hierarchy Process (AHP) to determine the relative importance of validated service attributes. The results reveal that the criteria "Infrastructure," "Time," "Location," and "Cost" are the most significant in shaping perceptions of logistical and operational performance, with infrastructure emerging as the highest-priority factor. At the subcriterion level, the most critical elements include physical space and safety measures (infrastructure), cargo dwell time (time), and variables related to airport charges and freight revenue (cost). The final analysis presents the global impact of each indicator, ranking them by priority and visualizing the hierarchy through tables and bar charts. From a practical standpoint, the findings offer technical support for public policy formulation, investment prioritization, operational process improvement, and urban-logistics planning in airport surroundings. The proposed model is replicable across other Brazilian cargo terminals and contributes to a more integrated, evidence-based, and decision-oriented approach in the air cargo sector. Moreover, the study addresses significant gaps in the academic literature by incorporating urban-logistical efficiency into regional airport infrastructure assessment.*

**Keywords:** Air Cargo Terminals; Performance Evaluation; AHP Method; Airport Logistics; Urban-Logistical Efficiency.

## Introdução

O transporte aéreo de cargas, historicamente vinculado ao desenvolvimento da aviação comercial de passageiros, passou por uma transição significativa a partir da década de 1970, consolidando-se como setor logístico autônomo, de alto valor agregado e papel estratégico na globalização das cadeias de suprimentos (Chen e Chou, 2006). A velocidade, a previsibilidade e a conectividade oferecidas pelo modal aéreo ampliaram seu protagonismo, especialmente no escoamento de mercadorias sensíveis ao tempo, como produtos farmacêuticos, eletrônicos e cargas perecíveis (Tozi *et al.*, 2009).

Apesar dessa relevância crescente, a literatura técnico-científica nacional ainda é escassa no que se refere à mensuração do nível de serviço em terminais de carga aérea (TECA), sobretudo no contexto brasileiro (Karlsson, 2021; Portugal, 2022). Enquanto o transporte de passageiros conta com vastos referenciais analíticos e normativos, os estudos sobre eficiência, desempenho logístico e qualidade de serviço em terminais de carga permanecem fragmentados e, muitas vezes, dissociados das realidades operacionais locais (Maciel, 2021).

No plano social e territorial, os terminais de carga não operam de forma isolada. Sua implantação, expansão e desempenho operacional estão fortemente associados ao planejamento urbano, à infraestrutura viária, ao uso do solo e à articulação metropolitana (Taniguchi e Thompson, 2017). A presença de um terminal eficiente em uma capital regional como Goiânia tem implicações diretas sobre a mobilidade urbana, a dinâmica da ocupação territorial, o desenvolvimento industrial e a distribuição de serviços essenciais (Carvalho, 2016; Ossandón *et al.*, 2016).

Neste contexto, o Terminal de Cargas do Aeroporto Santa Genoveva (TECA-SBGO) representa uma infraestrutura logística de crescente importância no cenário nacional. Sua localização estratégica na Região Centro-Oeste, conectada a eixos rodoviários e polos produtivos regionais, potencializa sua função como elo entre cadeias produtivas locais e o mercado nacional e internacional. Em 2024, foi inaugurado o novo terminal refrigerado, o primeiro do país com controle térmico integral, com foco na armazenagem de insumos hospitalares, químicos e farmacêuticos (Brasil, 2024).

Em termos metodológicos, verifica-se internacionalmente uma tendência à utilização de modelos híbridos de avaliação multicritério para análise de desempenho de terminais de cargas aéreas. Tais abordagens incluem métodos como AHP, DEMATEL-ANP, fuzzy MCDM, simulações computacionais, análises comparativas com o modelo SERVQUAL/SERVPERF e índices de satisfação do cliente, conforme apontado por Hu *et al.* (2018), Gao *et al.* (2013), Ryczyński *et al.* (2024), Rodbundith e Sopadang (2021), entre outros. Esses estudos priorizam indicadores como segurança da carga, eficiência de processamento, resposta dos funcionários, capacidade de atendimento, infraestrutura e conectividade, embora não haja ainda uma padronização internacional dos indicadores de desempenho logístico-operacional dos terminais (May *et al.*, 2014).

No Brasil, iniciativas como as de Tozi *et al.* (2009), Mendes *et al.* (2012) e Nascimento Júnior (2019) demonstraram a aplicação de modelos multicritério – como o próprio AHP – para avaliar fatores determinantes da qualidade dos serviços em TECA, considerando variáveis como infraestrutura, tempo de liberação, atendimento, custos operacionais, confiabilidade e segurança. Destaca-se, ainda, o trabalho de Suwanwong (2018), que reforça o papel central da infraestrutura e da conectividade modal na eficiência global dos terminais de cargas.

Contudo, conforme apontado por Maciel (2021), os estudos sobre logística de carga aérea no Brasil ainda enfrentam desafios quanto à disponibilidade de dados primários, à padronização dos indicadores e à validação empírica das metodologias adotadas. Isso acarreta lacunas relevantes no que se refere à avaliação sistemática do nível de serviço prestado nos terminais de cargas nacionais.

Diante desse cenário, o presente estudo tem como objetivo propor uma abordagem estruturada para identificação e hierarquização dos principais indicadores de desempenho logístico-operacional no Terminal de Cargas do Aeroporto de Goiânia (SBGO), utilizando o método AHP com suporte de agentes diretamente envolvidos nas operações do terminal para hierarquizar os principais indicadores de desempenho percebidos pelos operadores logísticos do TECA-SBGO. Os critérios avaliados foram Localização, Tempo, Custo e Infraestrutura, sendo este último o mais relevante na percepção dos atores locais. A estrutura analítica adotada fornece base técnica para a alocação racional de investimentos, subsidiando a formulação de estratégias logísticas e urbanas integradas.

Justifica-se a escolha do caso do TECA-SBGO pela sua localização geográfica estratégica no Centro-Oeste brasileiro, pela presença de um mercado em expansão e pela necessidade de aprimoramento dos serviços logísticos para atender à crescente demanda regional.

Adicionalmente, o presente trabalho busca contribuir metodologicamente para o preenchimento das lacunas identificadas na literatura, utilizando uma abordagem participativa, com dados primários e validação junto à comunidade técnica-operacional do terminal. Ao final, espera-se que os resultados possam subsidiar a formulação de estratégias de planejamento urbano-logístico, além de orientar a alocação eficiente de recursos e a melhoria contínua dos serviços prestados em terminais de cargas aéreas no Brasil.

## **Infraestrutura e Inserção Urbana do Terminal de Cargas**

O Terminal de Cargas do Aeroporto Santa Genoveva (TECA-SBGO), localizado na cidade de Goiânia, ocupa posição estratégica no cenário logístico da Região Centro-Oeste do Brasil. Inserido em uma malha urbana em expansão, o terminal integra-se a um sistema regional de transporte e abastecimento que conecta centros produtores, distritos industriais e mercados consumidores em escala estadual e nacional.

Sua localização geográfica favorece o acesso direto a corredores logísticos estruturantes, como as rodovias GO-070, GO-080, BR-153 e a Avenida Perimetral Norte, que viabilizam a distribuição de cargas refrigeradas, insumos farmacêuticos e bens industrializados com eficiência. Essa conectividade é potencializada pela proximidade de polos logísticos relevantes, como o DAIA – Distrito Agroindustrial de Anápolis e a Plataforma Multimodal da Ferrovia Norte-Sul, o que posiciona o TECA-SBGO como um hub regional de suprimentos e redistribuição. A Figura 1 destaca a sua posição em relação à malha urbana e às conexões logísticas.

Como infraestrutura estruturante do território, o TECA exerce influência sobre a organização urbana, o uso do solo e a lógica de expansão metropolitana, especialmente no entorno do aeroporto. Sua operação integrada ao sistema viário permite janelas logísticas otimizadas e reduzidas externalidades negativas no transporte de cargas sensíveis ao tempo e à temperatura.

Essa relevância foi ampliada com a inauguração, em 2024, do primeiro terminal de cargas 100% refrigerado do país, voltado ao armazenamento de produtos farmacêuticos, químicos e hospitalares. A nova instalação possui 2.133,31 m<sup>2</sup> de área construída, com 1.531,8 m<sup>2</sup> destinados a câmaras frias, possibilitando a conformidade com padrões sanitários rigorosos e a redução de perdas logísticas (Brasil, 2024).

**Figura 1** - Infraestrutura urbana de acesso ao TECA-SBGO: vias arteriais e conexões logísticas.



Fonte: Elaboração própria com base em Google Earth (2025) e SEMAD-GO (2023).

Segundo a ANAC (2024), o aeroporto de Goiânia movimentou 44,2 mil toneladas de carga doméstica em outubro de 2024, representando um crescimento de 14,8% em relação ao mesmo mês do ano anterior. No setor internacional, a movimentação atingiu 82,7 mil toneladas, com crescimento de 18,3%, evidenciando o fortalecimento do papel do terminal como vetor de desenvolvimento logístico e regional.

A estrutura de rotas do terminal acompanha a lógica econômica nacional: a rota com São Paulo, maior polo industrial do país, movimentou 4.262.466 kg em 2024; a segunda maior, com Minas Gerais, transportou 467.901 kg. Os principais produtos incluem medicamentos (38,13%) e produtos industrializados (19,88%), reforçando o perfil de cargas de alto valor e sensibilidade operacional. Além das companhias aéreas regulares, operam no terminal empresas especializadas como Gol Linhas

Aéreas Inteligentes, Atlanta Aerocargas, Magalhães Coureir Transportes e Tricargo Logística, ampliando o escopo e a cobertura das operações.

Com a concessão do aeroporto à operadora CCR Aeroportos, iniciada em março de 2022, projeta-se a expansão da capacidade logística e a modernização dos serviços. Esse processo requer, entretanto, sinergia com o planejamento urbano, de modo a garantir compatibilidade entre a ampliação da infraestrutura aeroportuária, a mobilidade urbana e a sustentabilidade do uso do solo nas zonas de influência.

Como destacado por Han, Chou e Liang (2003), a eficiência dos terminais de carga aérea está fortemente vinculada à qualidade dos serviços no lado terra — tais como capatazia, armazenagem, apoio à alfândega e sistemas de informação. Neste contexto, o presente estudo adotou o método Analytical Hierarchy Process (AHP) para hierarquizar os principais indicadores de desempenho percebidos pelos operadores logísticos do TECA-SBGO. Os critérios avaliados foram Localização, Tempo, Custo e Infraestrutura, sendo este último o mais relevante na percepção dos atores locais. A estrutura analítica adotada fornece base técnica para a alocação racional de investimentos, subsidiando a formulação de estratégias logísticas e urbanas integradas.

### **Perfil Operacional e Conectividade Logística do TECA-SBGO**

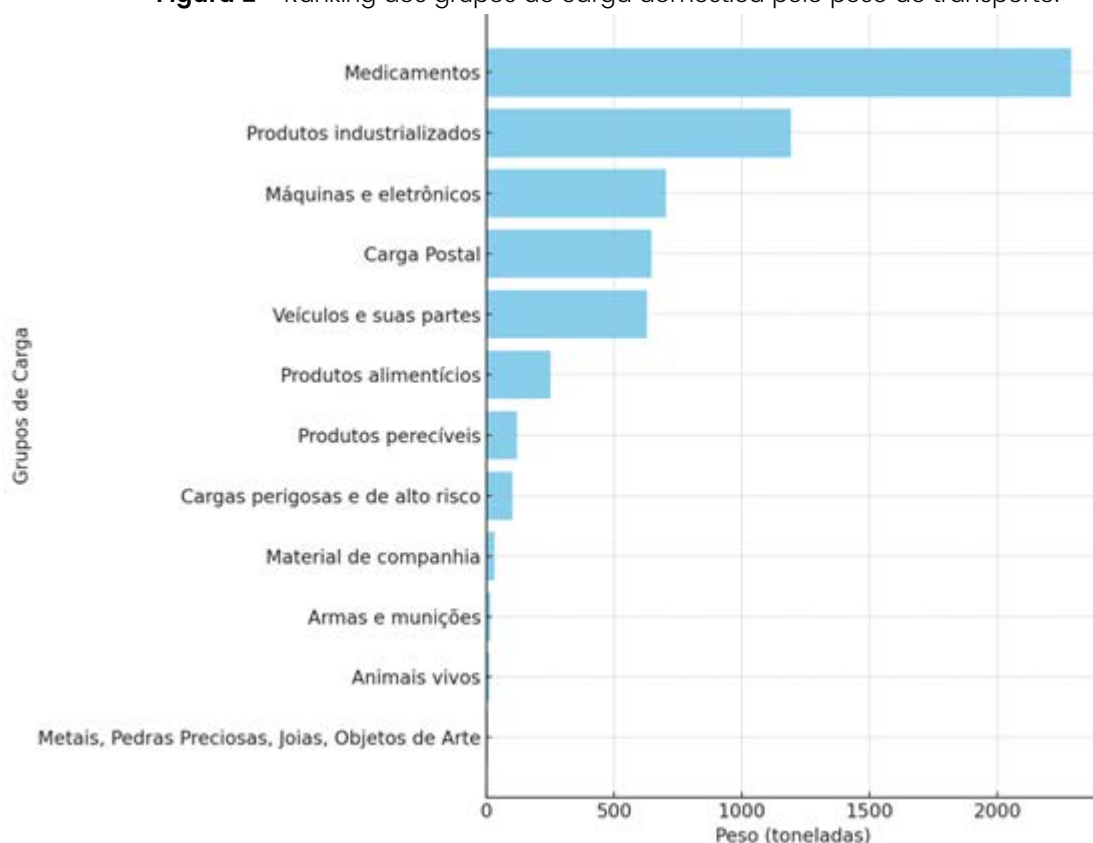
A infraestrutura do Aeroporto Santa Genoveva (SBGO), em Goiânia, apresenta especificações técnicas que o qualificam como um modo estratégico no sistema logístico brasileiro. A pista principal possui 2.286 metros de extensão por 45 metros de largura, com pavimento flexível (F) e resistência classificada como PCN 67/F/B/X/T, o que permite operações com aeronaves de grande porte sob diferentes condições operacionais. As cabeceiras 14 e 32 estão habilitadas para operações sob Regras de Voo Visual (VFR) e por Instrumentos (IFR), possibilitando atividades diurnas e noturnas em maior regularidade, mesmo em condições meteorológicas adversas (ANAC, 2024).

A malha aérea do SBGO conecta-se majoritariamente a destinos domésticos, sendo operada por companhias como Azul, Gol, LATAM e Sideral, com frota composta por modelos Airbus (A319, A320, A321), Boeing (B737-700, B738) e Embraer (E195, E295). No segmento cargueiro, destacam-se as operações com aeronaves Boeing B737, especialmente da Sideral Linhas Aéreas, consolidando a atuação do aeroporto no



escoamento de cargas refrigeradas e produtos de alto valor agregado, conforme Figura 2.

**Figura 2** – Ranking dos grupos de carga doméstica pelo peso de transporte.



Fonte: Minfra/SAC (2024) adaptado pelos autores.

A posição geográfica de Goiânia e sua integração com polos industriais e centros logísticos do Centro-Oeste conferem ao terminal um papel estruturante na matriz nacional de transportes. A conectividade terrestre com eixos como a GO-070, GO-080 e a Avenida Perimetral Norte favorece a acessibilidade ao aeroporto e ao Terminal de Cargas (TECA), viabilizando janelas logísticas otimizadas para distribuição urbana e regional. A presença de distritos industriais adjacentes, como o DAIA (Distrito Agroindustrial de Anápolis) e a Plataforma Multimodal de Anápolis, reforça a articulação do SBGO com políticas territoriais de desenvolvimento logístico (SEMAD-GO, 2023; BRASIL, 2024).

A partir da plataforma HÓRUS (MINFRA/SAC, 2024), verifica-se que o TECA movimentou um total de 6.003,09 toneladas em 2024 (embarques e desembarques), com forte predominância de cargas farmacêuticas, industrializadas e eletrônicas



– representando 2.288,88 t, 1.193,22 t e 703,6 t, respectivamente. Outros produtos de relevância incluem carga postal (647 t), veículos e autopeças (629,5 t), compondo uma matriz logística orientada à demanda por bens de alto valor e sensíveis ao tempo.

O corredor logístico entre Goiânia e São Paulo é o mais relevante, totalizando 1.384,91 toneladas de carga, seguido pelas conexões com Vitória (578,27 t) e retorno para São Paulo (448,73 t), evidenciando a reciprocidade da movimentação de mercadorias e sua interdependência com os polos industriais do Sudeste. A menor frequência de cargas como material bélico, animais vivos e metais preciosos sugere uma especialização funcional do terminal voltada à carga geral e perecível.

Esses dados reforçam a relevância do TECA-SBGO na consolidação de uma logística urbana-metropolitana que favorece a diversificação econômica regional e a resiliência das cadeias de suprimento. Ao integrar planejamento urbano e infraestrutura aeroportuária, promove-se uma sinergia entre investimentos públicos e privados, mobilidade logística e ordenamento territorial, compatível com os princípios de sustentabilidade e competitividade regional (ACI, 2000; Suwanwong, 2018; Maciel, 2021).

### Estrutura e Fluxos Funcionais do TECA

O terminal de carga aérea (TECA) configura-se como um sistema logístico-armazém, cuja eficiência depende da fluidez dos fluxos materiais e informacionais entre o lado ar e o lado terra (Ballou, 2006). Cada terminal possui particularidades operacionais e espaciais decorrentes do seu projeto, tipo de carga atendida e arranjo logístico.

De acordo com Van Oudheusden (1994), os terminais de carga aérea operam por meio de cadeias de processos sequenciais, nos quais o manuseio, a armazenagem e o despacho das mercadorias precisam ocorrer com mínima interrupção. A formação de filas e gargalos compromete a produtividade do sistema, podendo gerar perdas econômicas e operacionais (Tozi *et al.*, 2009). Segundo o BNDES (2010), os terminais são classificados como TECA de Importação, responsável por cargas que ingressam no país, e TECA de Exportação, voltado ao envio de cargas para o exterior. Ambos os tipos possuem fluxos distintos, conforme ilustrado nas Figuras 3 e 4 a seguir.

**Figura 3** – Fluxo de importação.



Fonte: Nascimento Júnior (2019) adaptado pelos autores.

No fluxo de importação, a carga é retirada do lado ar e transferida para triagem, conferência, desembaraço e posterior liberação pelo lado terra. Já no fluxo de exportação, a mercadoria é recebida pelo lado terrestre, preparada, armazenada e encaminhada para embarque aéreo.

**Figura 4** – Fluxo de exportação.



Fonte: Nascimento Júnior (2019) adaptado pelos autores.

Essa distinção estrutural é essencial para o planejamento de recursos operacionais, disposição de áreas de armazenagem, equipamentos de movimentação e

dimensionamento da equipe. No caso do TECA-SBGO, a predominância de cargas farmacêuticas impõe exigências específicas de controle térmico, rastreabilidade e confiabilidade, as quais devem estar refletidas no modelo de gestão adotado.

### Estrutura Interna e Processos Operacionais

Os terminais de carga aérea (TECA) apresentam uma complexa organização interna, composta por subdivisões específicas destinadas ao recebimento, conferência, armazenamento, movimentação e liberação de diferentes tipos de mercadorias. A estrutura física e os fluxos operacionais são desenhados de forma a garantir a segurança, rastreabilidade e eficiência no tratamento das cargas, considerando suas naturezas (perecíveis, perigosas, vivas, valiosas, farmacêuticas etc.) e exigências regulatórias (Kim & Ye, 2003; Han *et al.*, 2003).

Dentre os principais equipamentos utilizados no manuseio e tratamento das cargas destacam-se: paletes aeronáuticos, containeres ULD, empilhadeiras, dollies, transelevadores, esteiras automatizadas, sistemas de identificação por radiofrequência (RFID) e equipamentos de inspeção de segurança (como scanners e pórticos de raios X). A escolha e disposição desses recursos tecnológicos impactam diretamente a produtividade do terminal e a mitigação de perdas (Senguttuvan, 2006; Suwanwong, 2018).

De acordo com Bazzaraa *et al.* (2001), a simplificação dos processos burocráticos e aduaneiros é uma das chaves para a modernização e agilidade dos terminais de carga, reduzindo os tempos de permanência da mercadoria (dwell time) e aumentando a rotatividade dos volumes. Essa premissa é corroborada por Han *et al.* (2003), que destacam que os serviços do lado terra — capatazia, armazenagem, apoio à alfândega, fiscalização sanitária e aduaneira — são cruciais para o bom desempenho do terminal, influenciando tanto o fluxo físico quanto o fluxo de informações logísticas. Em países como China, Malásia e Tailândia, ações integradas para modernização desses serviços geraram aumento significativo da competitividade logística e da arrecadação pública (Senguttuvan, 2006).

O aspecto alfandegário constitui um dos maiores gargalos dos terminais, conforme relatado por Kim e Ye (2003). Os procedimentos de controle, fiscalização, liberação e aplicação de taxas, além da elevada carga burocrática, contribuem para o aumento dos tempos de ciclo e para a redução da competitividade do modal

aéreo. Tais obstáculos reforçam a necessidade de automação, interoperabilidade de sistemas e maior integração entre os entes envolvidos – Receita Federal, operadores logísticos, companhias aéreas e usuários.

Diversos autores têm se debruçado sobre a identificação e hierarquização de variáveis que determinam a qualidade dos serviços em TECA. Tozi *et al.* (2009) aplicaram o modelo SERVQUAL ao Terminal de Cargas do Aeroporto Internacional de Viracopos (SBKP), agrupando os fatores avaliativos em três categorias: características intrínsecas do operador, tempo de liberação e custo dos serviços. Mendes *et al.* (2012), por sua vez, utilizaram simulações com o software Arena para testar mudanças operacionais em esteiras e estratégias de armazenagem, constatando redução do tempo total de operação.

Suwanwong (2018) realizou uma análise integrada com benchmarking, considerando critérios como infraestrutura, tempo de processamento, custo e conectividade modal, e concluiu que a infraestrutura física e a integração com outros modais são os maiores determinantes da eficiência em terminais de carga – achados que convergem com os resultados empíricos obtidos neste trabalho para o caso do TECA-Goiânia.

No contexto nacional, Nascimento Júnior (2019) combinou o método AHP com o índice de satisfação proposto pelo ACI (2000) para avaliar o nível de serviço do TECA do Aeroporto Pinto Martins (Fortaleza). O estudo identificou quatro dimensões críticas: (i) Estacionamento; (ii) Infraestrutura interna; (iii) Atendimento; e (iv) Movimentação da carga. Essa abordagem reforça a relevância dos aspectos operacionais tangíveis e intangíveis na percepção dos usuários.

Entretanto, conforme aponta Maciel (2021), a literatura brasileira ainda carece de estudos empíricos robustos sobre os processos logísticos internos dos terminais de carga aérea, sobretudo pela baixa disponibilidade de dados primários, pela heterogeneidade das infraestruturas e pela ausência de padronização dos indicadores de desempenho. Tal lacuna reforça a importância de iniciativas de pesquisa com foco na coleta, tratamento e análise sistemática de informações operacionais.

Portanto, observa-se que a eficiência de um TECA depende da integração entre sua estrutura interna, a gestão dos processos operacionais e a articulação

interinstitucional, o que reforça a necessidade de se estabelecer indicadores críticos baseados em evidências e adaptados às realidades regionais — como é o caso do Terminal de Cargas do Aeroporto de Goiânia, objeto deste estudo.

## Abordagem Metodológica

### Seleção de Indicadores de Desempenho Logístico-Operacional

A avaliação da eficiência de terminais de cargas aéreas demanda abordagens metodológicas capazes de contemplar simultaneamente critérios qualitativos e quantitativos. Com base nessa necessidade, optou-se pelo emprego do método de Análise Hierárquica de Processos (AHP – *Analytical Hierarchy Process*), desenvolvido por Saaty (1980). Este método tem ampla aplicação em contextos de tomada de decisão multicritério e baseia-se na decomposição hierárquica de problemas complexos, por meio da comparação par a par entre alternativas e critérios.

A estruturação do modelo adotado nesta pesquisa exigiu adaptações específicas, entre as quais destaca-se a utilização de uma escala linguística adaptada à escala fundamental de Saaty (1977), com o intuito de facilitar a aplicação junto aos tomadores de decisão do terminal analisado. Essa adaptação possibilitou a conversão de julgamentos subjetivos em valores numéricos coerentes, mantendo a validade metodológica do processo.

A metodologia seguiu três etapas principais: (i) levantamento bibliográfico para identificação dos principais indicadores de desempenho logístico-operacional em terminais de carga aérea; (ii) construção de um framework hierárquico para classificação desses indicadores segundo critérios e subcritérios; e (iii) aplicação do método AHP com apoio de dados empíricos obtidos em campo, com o objetivo de atribuir pesos relativos aos elementos da estrutura.

Na etapa de campo, aplicou-se um questionário estruturado ao operador logístico do TECA-SBGO (PACLOG), abrangendo questões relacionadas à localização, tempo, custo e infraestrutura. Os indicadores foram comparados dois a dois, nos níveis de critérios e subcritérios, permitindo a obtenção de pesos relativos de importância.

A literatura especializada tem demonstrado múltiplas abordagens para avaliação de eficiência em terminais logísticos. Por exemplo, Rodbundith *et al.* (2019) propuseram uma combinação entre Análise de Componentes Principais (PCA) e

agrupamento hierárquico para classificar terminais de carga aérea conforme seu desempenho operacional. Essa abordagem é particularmente útil para segmentar instalações com perfis similares e identificar variáveis que mais contribuem para a variância dos dados.

Contudo, o AHP mostra-se mais adequado para contextos decisórios em que se busca priorização de investimentos ou alocação eficiente de recursos, especialmente em ambientes com múltiplos atores e critérios, como é o caso do TECA-SBGO. A estrutura hierárquica do AHP permite integrar a percepção técnica dos gestores com a lógica da modelagem multicritério, reforçando a aplicabilidade prática do método neste estudo.

O Terminal de Cargas do Aeroporto Santa Genoveva (TECA-SBGO) apresenta características específicas que reforçam a necessidade de abordagem customizada. Trata-se de um terminal especializado no manuseio de cargas sensíveis, como medicamentos, insumos hospitalares, material bélico, componentes eletrônicos e equipamentos agrícolas. Apesar da ausência de grande parque tecnológico, o desempenho operacional do TECA-SBGO está fortemente associado à qualidade do espaço físico e à adequação da infraestrutura para o tipo de carga predominante.

A seleção dos indicadores de desempenho logístico-operacional foi baseada em revisão bibliográfica sistemática. Os principais indicadores identificados estão apresentados no Quadro 1.

Quadro 1 – Indicadores de eficiência operacional com maior ênfase na literatura.

INDICADORES	FONTE Nascimento (2019)	Tozi et al (2010)	Oliveira (2006)	Felipe et al (2006)	Gardinet et al (2005)	Zhang (2003)	Análise do Autor
Proximidade do aeroporto ao centro urbano							Localização
Acessibilidade aos mercados							Localização
Potencial do mercado local (PIB)							Localização
Tempo de Manutenção dos equipamentos							Tempo
Horário de funcionamento do aeroporto							Tempo
Tempo de desembarço alfandegário							Tempo
Tempo de permanência da carga no terminal							Tempo
Responsabilidade sobre danos							Custos
Custos de manuseio							Custos
Taxas aeroportuárias							Custos
Faturamento do aeroporto relativo à carga							Custos
Organização/Higiene/Limpeza							Infraestrutura
Segurança							Infraestrutura
Qualidade das vias de acesso							Infraestrutura
Equipamentos de manuseio no armazém							Infraestrutura
Instalações lado terra							Infraestrutura
Instalações lado ar							Infraestrutura
Confiabilidade							Infraestrutura

Fonte: Elaborado pelos autores.

Para definir os critérios de primeira ordem, foram identificados e agrupados os indicadores semelhantes. Sendo assim, foram identificados: localização, tempo, custo e infraestrutura. Em seguida, esses indicadores foram agrupados em quatro critérios de primeira ordem: localização, tempo, custo e infraestrutura, conforme o Quadro 2.

**Quadro 2** – Seleção de Critérios de Desempenho Logístico-Operacional.

Critério de Desempenho	Conceito Principal	Subcritérios Identificados na Literatura
Localização	Refere-se à posição geográfica do terminal e sua conectividade com zonas urbanas, modais de transporte e fluxos logísticos regionais e nacionais.	Proximidade com zonas industriais e comerciais; conectividade com modais terrestres; acessibilidade urbana; inserção territorial estratégica.
Tempo	Considera a duração das etapas operacionais, incluindo armazenamento, liberação e movimentação interna da carga.	Tempo médio de permanência da carga; tempo de liberação aduaneira; tempo de transbordo interno; tempo de carregamento/descarregamento.
Custo	Engloba tanto os custos operacionais quanto o potencial de geração de receita do TECA com base na movimentação de cargas.	Faturamento do terminal relativo às cargas aéreas; custos de operação e manutenção; taxas aeroportuárias; relação custo-benefício percebida.
Infraestrutura	Abrange a qualidade das instalações, a disponibilidade de equipamentos e o acesso físico às áreas de carga.	Espaço físico disponível; segurança patrimonial e operacional; disponibilidade e qualidade dos equipamentos; acesso viário ao terminal.

Fonte: Elaborado pelos autores.

Pesquisa de Campo

Após a definição dos critérios e subcritérios por meio de revisão sistemática da literatura, procedeu-se à etapa de coleta de dados empíricos no Terminal de Cargas do Aeroporto Santa Genoveva (TECA-SBGO), a fim de hierarquizar os indicadores de desempenho logístico-operacional conforme sua relevância prática e operacional.

A pesquisa de campo teve por finalidade atribuir pesos relativos aos critérios e subcritérios estabelecidos, utilizando o método de Análise Hierárquica de Processos (AHP). Para isso, elaborou-se um questionário objetivo baseado na escala fundamental de Saaty (1991), cuja aplicação foi direcionada ao operador logístico responsável pelo TECA, a empresa PACLOG.



A aplicação do instrumento de coleta foi precedida por três visitas técnicas presenciais ao terminal durante o primeiro semestre de 2022. Essas visitas tiveram como objetivos: compreender o fluxo de importação e exportação de carga; observar rotinas operacionais; mapear os equipamentos utilizados; e identificar áreas específicas de carregamento e armazenamento. Tal imersão permitiu uma visão integrada das práticas logísticas, assegurando robustez à aplicação do AHP.

O questionário foi aplicado de forma participativa, envolvendo o gerente de operações e os encarregados das diferentes seções do terminal. A construção das respostas baseou-se em consenso coletivo, o que conferiu maior legitimidade ao processo de priorização dos indicadores. Essa abordagem colaborativa favoreceu o alinhamento entre percepções operacionais e estratégicas, ampliando a confiabilidade dos resultados.

A estrutura do questionário contemplou comparações entre os quatro critérios de primeira ordem – localização, tempo, custo e infraestrutura – e entre os subcritérios vinculados a cada um deles, conforme identificado no Quadro 1. A escala de julgamento variou de 1 a 9, conforme proposto por Saaty (1991), onde valores mais altos indicam maior importância relativa de um elemento sobre o outro. Para a construção das matrizes de comparação, utilizou-se apenas a metade superior da matriz, uma vez que os valores recíprocos completam automaticamente a matriz inversa.

Durante a aplicação do questionário, emergiu a sugestão consensual da inclusão de um novo subcritério vinculado ao critério “infraestrutura”: o espaço físico disponível. Esse elemento foi apontado como variável crítica para o desempenho do terminal, especialmente devido à natureza das cargas manuseadas – predominantemente medicamentos, eletrônicos e equipamentos agrícolas – que demandam áreas segregadas, climatizadas e com controle rígido de movimentação.

Para fins ilustrativos e registro documental da pesquisa empírica, a Figura 5 apresenta registros visuais obtidos durante as visitas técnicas, contemplando as principais áreas operacionais do terminal.

No evento em questão, foram apresentados os critérios e subcritérios selecionados. Com o resultado e conhecimento sobre o TECA de Goiânia, foi acrescentado dentre os subcritérios englobados pelo critério “Infraestrutura”, o subcritério “Espaço Físico”. Este indicador foi apresentado em consenso pela equipe do TECA-SBGO, como um dos principais indicadores de nível de serviço do TECA de Goiânia.

Com a coleta de dados foi possível realizar o cálculo para obtenção dos pesos para cada indicador escolhido.

**Figura 5** - Imagens TECA-SBGO durante a Pesquisa de Campo.



Fonte: Quadro de imagens do arquivo pessoal dos autores.

## Cálculo para Obtenção dos Pesos

De acordo com Saaty (1991), a escala fundamental apresenta pesos de 1 a 9, em que 1 significa a indiferença existente entre dois critérios e 9 significa a extrema importância de um critério sobre outro, com estágios intermediários de importância entre eles. De acordo com o Quadro 3, apenas metade das comparações precisa ser feita, pois a outra está representada pelos valores recíprocos da matriz inversa.

**Quadro 3** – Escala Fundamental do AHP.

Intensidade da importância	Definição	Explicação
1	Igual importância	As duas atividades contribuem igualmente para o mesmo objetivo
3	Importância pequena de uma sobre a outra	A experiência e o julgamento favorecem levemente uma atividade em relação à outra
5	Importância grande ou essencial	A experiência e o julgamento favorecem fortemente uma atividade em relação à outra
7	Importância muito grande	Uma atividade é muito fortemente favorecida em relação à outra; sua denominação de importância é demonstrada na prática
9	Extremamente importante	A evidência favorece uma atividade em relação à outra com o mais alto grau de certeza
2, 4, 6, 8	Valores intermediários entre os valores adjacentes	Quando se procura uma relação de compromisso entre duas definições
Recíprocos dos valores acima de zero	Se a atividade i recebe uma das designações diferentes acima de zero, quando comparada com a atividade j, então j tem o valor recíproco quando comparada a i	Uma designação razoável
Racionais	-	Se a consistência tiver de ser forçada para obter valores numéricos n, somente para completar a matriz

Fonte: Saaty (1980; 1991).

A fim de interpretar a opinião do operador logístico do TECA-SBGO a partir do questionário aplicado, utilizou-se a escala com faixas de valores percentuais que variaram de 10% a 90% desenvolvida por Bandeira *et al.* (2007; 2008), sendo

cada intervalo associado a um valor da escala fundamental de Saaty. A soma de qualquer uma das faixas de valores é igual a 100%, conforme Tabela 1.

**Tabela 1** – Relação entre a Escala adotada na Pesquisa e a Escala Fundamental.

Escala de Valores Percentuais Componentes TPS		Escala Fundamental (Saaty)	Grau de Importância Relativa
A	B	Pesos	Definição
90%	10%	9	O componente A é extremamente mais importante que o Componente B.
80%	20%	7	O componente A é muito importante em relação ao Componente B.
70%	30%	5	O componente A é importante em relação ao Componente B.
60%	40%	3	Componente A é pouco importante em relação ao Componente B.
50%	50%	1	Os dois componentes têm a mesma importância.
40%	60%	1/3	Componente B é pouco importante em relação ao Componente A.
30%	70%	1/5	O componente B é importante em relação ao Componente A.
20%	80%	1/7	Componente B é muito importante em relação ao Componente A.
10%	90%	1/9	Componente B é extremamente mais importante que o Componente A.

Fonte: Bandeira e Correia (2007); Bandeira *et al.* (2008).

Como o método AHP é baseado em comparações par a par, os julgamentos ficam dispostos em uma matriz quadrada  $n \times n$  (Figura 6), onde as linhas e as colunas correspondem aos  $n$  critérios analisados para o problema em questão.

**Figura 6** – Matriz de Decisão ou Julgamento  $n \times n$ .

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & a_{2n} \\ a_{n1} & a_{n2} & a_{nn} \end{bmatrix}$$

Fonte: Saaty (1980).

Considerando  $A = [a_{ij}]$ , com  $i, j = 1, 2, \dots, n$ , chamada de “matriz de decisão”, cada linha  $i$  fornece as razões entre o peso do critério ou subcritério de índice  $i$  de todos os demais.

A é uma matriz recíproca tal que  $a_{ij} = \frac{1}{a_{ji}}$ , na qual, se os juízos fossem perfeitos, em todas as comparações seria possível verificar que  $a_{ij} \times a_{jk} = a_{ik}$ , para qualquer i, j, k, portanto segundo esse procedimento, a matriz A seria consistente.

Seja n o número de elementos a serem comparados.  $\lambda_{max}$ , o autovetor de A e w o vetor próprio correspondente ou vetor de prioridades. Caso os juízos emitidos pelo decisor sejam perfeitamente consistentes, têm-se  $\lambda_{max} = n$  e  $a_{ij} = \frac{w_i}{w_j}$ . Contudo, quase sempre se verifica alguma inconsistência nos juízos, fato este que, no entanto, é admitido pelo método AHP. A inconsistência pode ser medida da seguinte maneira: quanto mais próximo estiver o valor de de n, maior será a consistência dos juízos. Saaty (1980) demonstrou que, sendo A uma matriz de valores, deverá ser encontrado o vetor que satisfaz a Equação (1).

$$AW = \lambda_{max} \times W \quad (1)$$

Em que:

A: Matriz de decisão;

$\lambda_{max}$ : Autovalor máximo de A;

W: Autovetor de A associado a  $\lambda_{max}$ .

Após a normalização de W, em (1), o autovalor  $\lambda_{max}$  é obtido pela Equação (2).

$$\lambda_{max} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{[AW]_i}{w_i} \quad (2)$$

Em que:

A: Matriz de decisão;

$\lambda_{max}$ : Autovalor máximo de A;

W: Autovetor de A associado a  $\lambda_{max}$ .

n: Ordem da matriz de decisão;

Wi: Vetor W normalizado.

Observou-se, ainda, que pequenas variações em  $a_{ij}$  implicam pequenas variações em  $\lambda_{\max}$ , em que o desvio do autovetor em relação a  $n$  (número de ordem da matriz) é considerado uma medida de consistência. Segundo o teorema de Saaty, “A é consistente se, e somente se,  $\lambda_{\max} = n$ ”.

Então, se “A é consistente se, e somente se,  $\lambda_{\max} = n$ ”, o valor  $(\lambda_{\max} - n)$  é um indicador de consistência dos julgamentos após a formação de A e a obtenção de W normalizado. Quanto mais próxima de zero estiver tal diferença, maior será a consistência dos julgamentos. Portanto, a magnitude da perturbação da matriz A é calculada utilizando a relação da Equação (3).

$$IC = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1} \quad (3)$$

A partir dos teoremas descritos, Saaty (1980) propôs o cálculo da razão de consistência da matriz de decisão A exposta na Equação (4).

$$RC = \frac{IC}{IR} \quad (4)$$

Em que:

RC: Razão de consistência;

IC: Índice de consistência;

IR: Índice aleatório ou randômico.

O índice aleatório foi calculado para matrizes quadradas de ordem  $n$  pelo Laboratório Nacional de Oak Ridge, nos Estados Unidos (Saaty, 1991, 2005). O Quadro 4 indica os valores de IR para as matrizes de ordem  $n \times n$ .

**Quadro 4** – Valores de IR para Matrizes Quadradas de Ordem  $n \times n$ .

$n \times n$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
IR	0	0	0,58	0,90	1,11	1,25	1,35	1,40	1,45	1,49

Fonte: Saaty (1980).

Realizada toda esta análise sobre o julgamento da matriz A, e dado que esta matriz é coerente, os resultados são normalizados pela Equação (5). Então, o vetor de



prioridades do subcritério  $i$  ( $A_{ij}$ ) em relação ao critério ( $C_i$ ) é apresentado na Equação (6).

$$v_i(A_j) = \frac{a_{ij}}{\sum_{i=1}^n a_{ij}} \quad (5)$$

$$v_i(A_j) = \frac{\sum_{j=1}^n v_i(A_j)}{n} \quad (6)$$

Em que:

$i$ : 1,...,  $n$ ;  $v$ : Vetor;

$A$ : Critério de segundo nível (subcritérios);

$n$ : Nº de critérios de um mesmo nível.

As fórmulas seguintes, Equações (7) e (8) fazem as ponderações.

$$w_j(C_i) = \frac{C_{ij}}{\sum_{i=1}^m C_{ij}} \quad (7)$$

$$w(C_i) = \sum_{j=1}^m \frac{w_j(C_i)}{m} \quad (8)$$

Em que:

$j$ : 1,...,  $m$ ;

$w$ : Vetor;

$C$ : Critério de primeiro nível;  $m$ :

Nº de critérios de um mesmo nível.

Finalmente, um processo de agregação permite gerar os valores finais dos pesos dos componentes aeroportuários, ordenando-os por meio da seguinte função aditiva da Equação (9).



$$f(A_j) = \sum_{i=1}^m w(C_i) \times v_i(A_j) \quad (9)$$

Em que:

i: 1, ..., m;

w: Vetor;

C: Critério de primeiro nível;

v: vetor;

A: Critério de segundo nível;

m: Nº de critérios de um mesmo nível.

## 23

### Resultados e Discussões

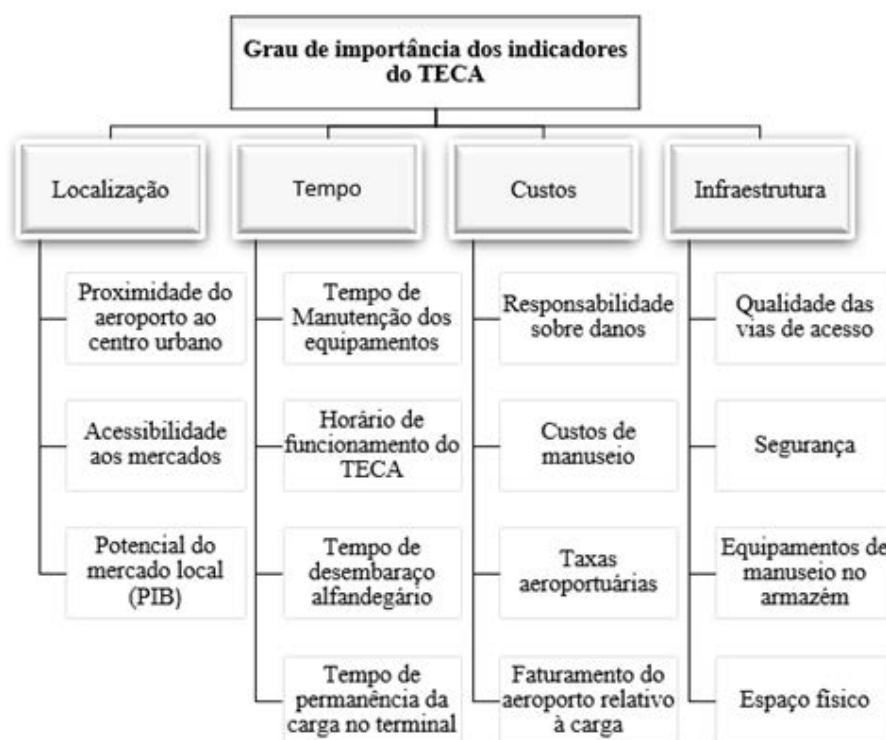
A construção da matriz de decisão permitiu a derivação dos vetores próprios normalizados, correspondentes aos pesos relativos atribuídos a cada elemento da hierarquia decisória. A verificação da consistência das comparações foi realizada por meio do cálculo do Índice de Consistência (IC) e, posteriormente, do Índice de Consistência Relativo (CR), sendo este obtido pela razão entre o IC e o Índice Aleatório (RI), conforme proposto por Saaty (1991). Valores de CR inferiores a 0,10 foram considerados aceitáveis, garantindo coerência nas avaliações dos decisores.

Uma vez definidos os critérios de primeira ordem e selecionados os principais critérios de segunda ordem (ou subcritérios) a árvore hierárquica pode ser definida.

A análise dos subcritérios dentro de cada critério permitiu identificar as variáveis com maior influência no nível de serviço do terminal. Além do espaço físico, destacaram-se aspectos como acesso viário e condições operacionais das docas (infraestrutura), tempo de armazenamento e tempo de desembarço aduaneiro (tempo), custo por quilo transportado (custo) e proximidade dos principais centros consumidores (localização).

Com a análise dos indicadores da literatura e a pesquisa de campo, os resultados deste estudo apresentam os principais indicadores para avaliar o nível de serviço em um terminal de cargas. A Figura 7 sintetiza os indicadores, classificados em critérios e subcritérios.

**Figura 7** - Estrutura hierárquica para avaliação do grau de importância relativa dos atributos do TECA.



Fonte: Elaborado pelos autores.

A seguir, apresenta-se uma análise detalhada dos subcritérios associados a cada critério principal, considerando seus impactos no nível de serviço prestado pelo terminal de cargas e suas implicações para a eficiência urbano-logística do aeroporto.

#### Critério: Localização

O desempenho logístico-operacional do TECA é fortemente influenciado por variáveis urbanas como:

- Proximidade com o centro urbano, que afeta diretamente a contratação de mão de obra qualificada, a reposição de insumos e a integração com polos geradores de carga.

- Acessibilidade aos mercados, refletida na eficiência do escoamento de cargas e na capacidade de atender regiões economicamente dinâmicas.
- Potencial de mercado local (PIB regional), indicador da demanda endógena e da atratividade comercial para operadores logísticos.

Esses aspectos evidenciam a interdependência entre a localização aeroportuária e o planejamento urbano regional, sendo fundamentais na definição de políticas de zoneamento e expansão logística.

#### Critério: Tempo

O critério tempo foi composto pelos seguintes subcritérios:

- Tempo de manutenção de equipamentos, que impacta diretamente a continuidade operacional e a disponibilidade dos recursos físicos do TECA.
- Horário de funcionamento do aeroporto, que impõe restrições operacionais ao atendimento de voos cargueiros e à sincronia logística.
- Tempo de desembarço alfandegário, dependente da atuação da Receita Federal e demais entes reguladores.
- Tempo de permanência da carga no terminal, diretamente relacionado à fluidez dos processos internos, satisfação dos clientes e custo total da operação.

Esse conjunto de variáveis remete à importância da integração entre processos logísticos, regulação alfandegária e infraestrutura de apoio.

#### Critério: Custo

O critério custo apresentou subcritérios associados a componentes financeiros e operacionais:

- Responsabilidade por danos, fator que afeta o centro de custos e a confiabilidade percebida pelos clientes.

- Custos de manuseio, incluindo despesas com mão de obra, equipamentos e processos internos.
- Taxas aeroportuárias, que representam a carga tributária incidente sobre as operações do TECA.
- Faturamento do aeroporto com cargas, variável estratégica que demonstra a relevância do segmento cargueiro para o modelo de negócios aeroportuário.

Tais variáveis revelam a necessidade de modelagens financeiras integradas e de políticas tarifárias que incentivem a eficiência operacional sem comprometer a sustentabilidade econômica do terminal.

#### Critério: Infraestrutura

O critério infraestrutura demonstrou relevância crítica para a eficiência do terminal, sendo composto por:

- Qualidade das vias de acesso, com impacto direto na captação de cargas e na fluidez do transporte terrestre.
- Segurança operacional, abrangendo a integridade das cargas, equipamentos e trabalhadores.
- Equipamentos de manuseio, cuja tecnologia e confiabilidade interferem diretamente na produtividade.
- Espaço físico disponível, subcritério destacado pela operadora logística como elemento-chave da capacidade operacional do TECA-SBGO.

A infraestrutura do terminal constitui a base física sobre a qual se articulam os fluxos logísticos, exigindo intervenções planejadas e escalonadas em função da evolução da demanda e da configuração urbana.

As comparações par-a-par foram organizadas em matrizes recíprocas  $A \in R_{n \times n}$ , nas quais  $a_{ij}=1/a_{ji}$ , conforme a escala fundamental de Saaty (1 – 9) e sua adaptação percentual utilizada no estudo (10% – 90%). A Tabela 2 apresenta as matrizes de decisão por nível da hierarquia (critérios e subcritérios), a partir das quais derivam-se os vetores próprios normalizados  $W$ .

Tabela 2 – Matrizes de Decisão.

Matrizes de Decisão				
Localização	Atributos			
Atributos	Próx. do aeroporto	Acessibilidade aos mercados	Potencial do mercado local	
Próx. do aeroporto	1,00	0,20	0,20	
Acessibilidade aos mercados	5,00	1,00	1,00	
Potencial do mercado local	5,00	1,00	1,00	
Tempo	Atributos			
Atributos	Tempo de manutenção	Hr de funcionamento	Tempo desembarço alfandegário	Tempo de permanência da carga
Tempo de manutenção	1,00	0,11	0,11	0,11
Hr de funcionamento	9,00	1,00	1,00	1,00
Tempo desembarço alfandegário	9,00	1,00	1,00	0,33
Tempo de permanência da carga	9,00	1,00	3,00	1,00
Custos	Atributos			
Atributos	Responsabilidade sobre danos	Custos de manuseio	Taxas aeroportuárias	Faturamento
Responsabilidade sobre danos	1,00	3,00	0,33	0,11
Custos de manuseio	0,33	1,00	0,11	0,11
Taxas aeroportuárias	3,00	9,00	1,00	1,00
Faturamento	9,00	9,00	1,00	1,00
Infraestrutura	Atributos			
Atributos	Qualidade das vias de acesso	Segurança	Equipamentos de manuseio	Espaço físico
Qualidade das vias de acesso	1,00	0,11	0,33	0,11
Segurança	9,00	1,00	5,00	0,33
Equipamentos de manuseio	3,00	0,20	1,00	0,11
Espaço físico	9,00	3,00	9,00	1,00
Crítérios	Atributos			
Atributos	Localização	Tempo	Custos	Infraestrutura
Localização	1,00	0,11	0,11	0,11
Tempo	9,00	1,00	1,00	0,33
Custos	9,00	1,00	1,00	1,00
Infraestrutura	9,00	3,00	1,00	1,00

Fonte: Elaborado pelos autores.

Vetores de prioridade e verificação de consistência. A partir das matrizes de decisão, foram obtidos os vetores de prioridade  $w_{www}$  por coluna/critério, com verificação da consistência por meio do Índice de Consistência (IC) e do Índice de Consistência Relativo ( $CR = IC/RI$ ). Adotou-se o critério  $CR < 0,10$  como aceitável, garantindo a coerência dos julgamentos. A Tabela 3 Consolida os vetores estimados por critério e subcritério, juntamente com os respectivos indicadores de consistência.

Com o método AHP, foi possível obter a importância relativa entre os critérios e subcritérios selecionados no estudo.

Tabela 3 - Cálculo dos Vetores.

Cálculo Pax Global													
Cálculos AHP													
	i/j				w (Ci)	A*w (Ci)	(Aw)i/wi	λ max	n	IC	IR	RC	
	0,09	0,09	0,09		<b>0,09</b>	0,27	3,00	3,00	3	0,00	0,58	<b>0</b>	< 0,05
	0,45	0,45	0,45		<b>0,45</b>	1,36	3,00						
	0,45	0,45	0,45		<b>0,45</b>	1,36	3,00						
					<b>1</b>								
Cálculos AHP													
	i/j				w (Ci)	A*w (Ci)	(Aw)i/wi	λ max	n	IC	IR	RC	
	0,04	0,04	0,02	0,05	<b>0,03</b>	0,14	4,09	4,15	4	0,05	0,9	<b>0,05</b>	< 0,09
	0,32	0,32	0,20	0,41	<b>0,31</b>	1,28	4,09						
	0,32	0,32	0,20	0,14	<b>0,24</b>	1,00	4,11						
	0,32	0,32	0,59	0,41	<b>0,41</b>	1,76	4,30						
					<b>1</b>								
Cálculos AHP													
	i/j				w (Ci)	A*w (Ci)	(Aw)i/wi	λ max	n	IC	IR	RC	
	0,08	0,14	0,14	0,05	<b>0,10</b>	0,40	4,03	4,14	4	0,047938803	0,9	<b>0,05</b>	< 0,09
	0,02	0,05	0,05	0,05	<b>0,04</b>	0,17	4,09						
	0,23	0,41	0,41	0,45	<b>0,37</b>	1,53	4,09						
	0,68	0,41	0,41	0,45	<b>0,49</b>	2,12	4,37						
					<b>1,00</b>								
Cálculos AHP													
	i/j				w (Ci)	A*w (Ci)	(Aw)i/wi	λ max	n	IC	IR	RC	
	0,05	0,03	0,02	0,07	<b>0,04</b>	0,16	4,01	4,18	4	0,059863281	0,9	<b>0,07</b>	< 0,09
	0,41	0,23	0,33	0,21	<b>0,30</b>	1,25	4,25						
	0,14	0,05	0,07	0,07	<b>0,08</b>	0,33	4,08						
	0,41	0,70	0,59	0,65	<b>0,58</b>	2,55	4,37						
					<b>1,00</b>								
Cálculos AHP													
	i/j				w (Ci)	A*w (Ci)	(Aw)i/wi	λ max	n	IC	IR	RC	
	0,04	0,02	0,04	0,05	<b>0,03</b>	0,14	4,09	4,15	4	0,048363422	0,9	<b>0,05</b>	< 0,09
	0,32	0,20	0,32	0,14	<b>0,24</b>	1,00	4,11						
	0,32	0,20	0,32	0,41	<b>0,31</b>	1,28	4,09						
	0,32	0,59	0,32	0,41	<b>0,41</b>	1,76	4,30						
					<b>1</b>								

Fonte: Elaborado pelos autores.



A Tabela 4 apresenta a ordenação dos vetores de prioridade, resultado do processo de agregação final entre os vetores de prioridade dos critérios com seus respectivos subcritérios (atributos).

**Tabela 4** – Grau de importância e o impacto global dos indicadores de estudo.

Critérios	w(Ci)	Ordem	Atributos	w(Ci)2	$\Pi$	Prioridade
Infraestrutura	0,41	1º	Espaço Físico	0,58	23,78%	1º
			Segurança	0,30	12,30%	3º
			Equipamentos de manuseio	0,08	3,28%	8º
			Qualidade das vias de acesso	0,04	1,64%	10º
			$\Sigma$ Atributos	1,00		
Critérios	w(Ci)	Ordem	Atributos	w(Ci)2		
Custos	0,3121	2º	Faturamento	0,49	15,29%	2º
			Taxas aeroportuárias	0,37	11,55%	4º
			Responsabilidade sobre danos	0,10	3,12%	9º
			Custos de manuseio	0,04	1,25%	12º
			$\Sigma$ Atributos	1,00		
Critérios	w(Ci)	Ordem	Atributos	w(Ci)2		
Tempo	0,2435	3º	Tempo de permanência da carga	0,410	9,98%	5º
			Hr de funcionamento	0,312	7,60%	6º
			Tempo desembarque alfandegário	0,244	5,94%	7º
			Tempo de manutenção	0,034	0,83%	13º
			$\Sigma$ Atributos	1,00		
Critérios	w(Ci)	Ordem	Atributos	w(Ci)2		
Localização	0,0344	4º	Potencial do mercado local	0,45	1,55%	11º
			Acessibilidade aos mercados	0,45	1,55%	11º
			Próx. do aeroporto	0,10	0,34%	14º
$\Sigma$ Critérios	1,00		$\Sigma$ Atributos	1,00		
				$\Sigma$ Prioridade	100,00%	

Legenda:

w(Ci): Vetor de prioridade dos critérios;

w(Ci)2: Vetor de prioridade dos subcritérios (atributos);

$\Pi$ : Multiplicador de w(Ci) e w(Ci)2 com resultado em %.

Fonte: Elaborado pelos autores.

A partir deste resultado observa-se que os indicadores mais importantes são Infraestrutura e Custos, por perfazerem juntos 72,21% do impacto global da avaliação



do terminal de cargas do Aeroporto de Goiânia. Os subcritérios Espaço físico associado ao critério Infraestrutura, Faturamento do aeroporto relativo à carga, associado ao critério Custos, Tempo de permanência da carga no TECA, associado ao critério Tempo, foram os mais relevantes na análise, nessa ordem.

## Conclusão

A aplicação do método AHP permitiu identificar e hierarquizar os principais indicadores de desempenho logístico-operacional do Terminal de Cargas do Aeroporto Santa Genoveva (TECA-SBGO), com foco em sua integração à malha urbana e às exigências de eficiência operacional. A análise empírica demonstrou a prevalência dos critérios Infraestrutura e Custos, que juntos concentram 72,21% da influência relativa no modelo decisório, seguidos pelos critérios Tempo e Localização.

No âmbito dos subcritérios, destacaram-se: Espaço físico e Segurança (relacionados à infraestrutura), Faturamento do aeroporto relativo às cargas e Taxas aeroportuárias (custos), e o Tempo de permanência da carga no terminal (tempo). Esses cinco atributos foram considerados prioritários tanto pela literatura quanto pela operadora logística local, PACLOG, cuja participação conferiu robustez prática ao modelo.

A partir da estrutura hierárquica construída, foi possível não apenas definir o grau de importância relativa dos atributos do terminal, mas também oferecer subsídios concretos para a priorização de investimentos, o direcionamento de políticas públicas e a reformulação de planos diretores aeroportuários com base em evidências. Os resultados demonstram que o desempenho do terminal está fortemente condicionado à sua infraestrutura física e aos custos operacionais, o que reforça a necessidade de estratégias de modernização alinhadas ao contexto urbano e regional.

Ademais, a estrutura de decisão desenvolvida neste estudo é passível de atualização periódica, acompanhando alterações no perfil de demanda, introdução de novas tecnologias ou reconfiguração dos processos logísticos. Assim, o modelo proposto constitui uma ferramenta flexível e replicável, aplicável à realidade de outros terminais de carga brasileiros.

Ao integrar variáveis operacionais, urbanas e econômicas, o estudo amplia a compreensão sobre os fatores que impactam o nível de serviço em terminais aeroportuários e contribui com a literatura técnico-científica ao propor uma abordagem alinhada às tendências internacionais de avaliação de desempenho logístico-operacional em ambientes urbanos.

## Referências

ACI – AIRPORTS COUNCIL INTERNATIONAL. **Airport key performance indicators**. Montreal: ACI World, 2012. Disponível em: <https://aci.aero/about-aci/priorities/kpis/>. Acesso em: 30 jul. 2025.

AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL (ANAC). **Notícias 2024, Dados de Mercado**. Disponível em: [https://www.gov.br/anac/pt-br/noticias/2024?b\\_start:int=40](https://www.gov.br/anac/pt-br/noticias/2024?b_start:int=40). Acesso em: 29 jun. 2025.

ANAC – AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL. **Relatório de indicadores de desempenho do setor aeroportuário**: dados de 2023. Brasília, DF: ANAC, 2024. Disponível em: <https://www.gov.br/anac/pt-br/assuntos/setor-regulado/aeroportos/indicadores>. Acesso em: 30 jul. 2025.

BALLOU, R. H. **Gerenciamento da cadeia de suprimentos**: logística empresarial. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2006.

BANCO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL (BNDES). **Estudo do Setor Aéreo do Brasil**. BNDES, 2010. Disponível em: [http://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/export/sites/default/bndes\\_pt/Galerias/Arquivos/empresa/pesquisa/chamada3/capitulo3.pdf](http://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/export/sites/default/bndes_pt/Galerias/Arquivos/empresa/pesquisa/chamada3/capitulo3.pdf). Acesso em: 25 set. 2021.

BANDEIRA, M. C. G. S. P.; CORREIA, A. R.; WIRASINGHE, S. C. Degree of importance of airport passenger terminal components and their attributes. In: **AIR TRANSPORT RESEARCH SOCIETY – WORLD CONFERENCE**, 2007, Berkeley. Anais [...]. Berkeley: ATRS, p. 1–13, 2007.

BANDEIRA, M. C. G. S. P.; CORREIA, A. R. Analysis of the degree of importance of the airport passenger terminal components in São Paulo/Guarulhos International Airport. **Journal of the Brazilian Air Transportation Research Society**, v. 4, p. 25–34, 2008. Disponível em: <http://www.gas.pcs.poli.usp.br/jbats/admin/arquivos/57;Art%20-%202%20-%20JBATS-VOLUME4-ISSUE1-2008-v007-2.pdf>.

BAZZARAA, M.; HURLEY, J. D.; JOHNSON, E. L.; NEMHAUSER, G. L.; SOKOL, J. S.; WANG, I-Lin. The Asia Pacific Air Cargo System. **Research Paper** No: TLI-AP/00/01, p. 4–42, 2001.

BRASIL. Ministério da Infraestrutura. Secretaria Nacional de Aviação Civil. **Manual de planejamento aeroportuário**. Brasília, DF: SAC, 2019. Disponível em: <https://>

[www.gov.br/infraestrutura/pt-br/assuntos/aviacao/manual-planejamento](http://www.gov.br/infraestrutura/pt-br/assuntos/aviacao/manual-planejamento).

Acesso em: 29 jul. 2025.

BRASIL. Secretaria de Comunicação Social. Notícias 2024, **Investimentos**.

Disponível em: <https://www.gov.br/secom/pt-br/assuntos/noticias/2024>. Acesso em: 29 jun. 2025.

CARVALHO, C. H. R. D. **Mobilidade urbana sustentável**: conceitos, tendências e reflexões. 2016.

CHEN, C. H.; CHOU, S. Y. **Framework for air cargo terminal design**: procedure and case study. *Journal of Industrial Technology*, v. 22, n. 1, 2006.

GAO, Ziyi; BULUT, Emrah; YOSHIDA, Shigeru; HA, H. Comparative analysis of methodologies to evaluate air cargo carriers' service quality: focusing on SERVQUAL and SERVPERF. **Journal of Air Transport Management**, Amsterdam, v. 32, p. 23–26, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jairtraman.2013.05.001>. Acesso em: 4 ago. 2025.

GOIÁS. Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável (SEMAD). **Relatório de Qualidade do Ar**: Região Metropolitana de Goiânia – 2023. Goiânia: SEMAD, 2023. Disponível em: <https://www.meioambiente.go.gov.br/component/k2/item/4707>. Acesso em: 4 ago. 2025.

HAN, T. C.; CHOU, T. Y.; LIANG, G. S. A demand analysis of cargo terminal in Taiwan. **International Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies**, v. 5, 2003.

HU, Yi-Chung; LEE, Ping-Chuan; CHUANG, Yuh-Shy; CHIU, Yu-Jing. Improving the sustainable competitiveness of service quality within air cargo terminals. *Sustainability, Basel*, v. 10, n. 11, p. 1–18, 2018. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2071-1050/10/11/4036>. Acesso em: 4 ago. 2025.

KARLSSON, T. Airport logistics performance indicators: integrating cargo flow with urban development. **Journal of Transport Geography**, v. 94, p. 103085, 2021.

KIM, J.; YE, C. Increasing the air cargo industry in Korea. **The Korea Transport Institute**, v. 4, p. 179–193, 2003.

MACIEL, Leonardo Teixeira. **Segurança da aviação civil contra atos de interferência ilícita aplicáveis ao transporte de carga aérea**: análise de transição regulatória. 2021. 94f. Dissertação (Mestrado Profissional em Segurança da Aviação e Aeronavegabilidade Continuada) – Instituto Tecnológico de Aeronáutica, São José dos Campos, 2021.

MAY, A. R.; ANSLOW A.; WU Y.; OJIAKO U.; CHIPULU M.; MARSHALL A. Prioritisation of performance indicators in air cargo demand management: an insight from industry. *Supply Chain Management: An International Journal* 7; 19 (1): 108–113, January 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/09537287.2013.798087>. Acesso em: 4 ago. 2025.

MENDES, D. S.; CORREIA, A. R.; TOZI, L. A. Análise de alternativas para aumento da produtividade e qualidade operacional de terminais de cargas em aeroportos por meio de simulação computacional. **Journal of Transport Literature**, v. 6, n. 2, p. 124–143, abr. 2012. Disponível em: [http://www.pesquisaemtransportes.net.br/relit/index.php/relit/article/view/jv6n2p6/pdf\\_100](http://www.pesquisaemtransportes.net.br/relit/index.php/relit/article/view/jv6n2p6/pdf_100). Acesso em: 25 set. 2021.

MINISTÉRIO DA INFRAESTRUTURA. Secretaria de Aviação Civil (MINFRA/SAC). Laboratório de Transportes e Logística. **Plataforma Hórus – Módulo de Informações Gerenciais**. Disponível em: <https://horus.labtrans.ufsc.br/gerencial/?auth=s#CargaAerea/Mapa>. Acesso em: 6 nov. 2024.

NASCIMENTO JÚNIOR, J. F. **Avaliação do nível de serviço em terminais de cargas em aeroportos brasileiros**: estudo de caso do Aeroporto Internacional de Fortaleza. 2019. 103f. Dissertação (Mestrado Profissional em Segurança de Aviação e Aeronavegabilidade Continuada) – Instituto Tecnológico de Aeronáutica, São José dos Campos, 2019.

OSSANDÓN, Arturo Orellana; LINK, Felipe; NOYOLA, Juan (Ed.). **Urbanización planetaria y la reconstrucción de la ciudad**. Santiago: RIL Editores, 2016.

PORTUGAL, S. A. Indicadores de desempenho para logística aeroportuária: uma revisão sistemática. **Revista Transporte e Desenvolvimento**, v. 11, n. 1, p. 45–62, 2022.

RODBUNDITH, S.; SIRIKULCHAYANON, C.; CHOWWIWATTANARAK, S. Classification model for air cargo terminals using principal component analysis and hierarchical clustering. **Journal of Air Transport Management**, v. 75, p. 18–27, 2019. DOI: 10.1016/j.jairtraman.2019.01.003.

RODBUNDITH, Tipavinee Suwanwong; SOPADANG, A. Evaluation of factors affecting air cargo terminal operation performance during COVID-19. In: **PROCEEDINGS OF THE INTERNATIONAL CONFERENCE ON INDUSTRIAL ENGINEERING AND OPERATIONS MANAGEMENT**, 2021, São Paulo. Anais [...]. São Paulo: IEOM Society, 2021. p. 3371–3382. Disponível em: <https://ieomsociety.org/proceedings/2021brazil/659.pdf>. Acesso em: 4 ago. 2025.

RYCZYŃSKI, J.; KIERZKOWSKI, A.; JODEJKO-PIETRUCZUK, A. Air cargo handling system assessment model: a hybrid approach based on reliability theory and fuzzy logic. **Sustainability, Basel**, v. 16, n. 2, 2024. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2071-1050/16/2/678>. Acesso em: 4 ago. 2025.

SAATY, T. L. A scaling method for priorities in hierarchical structures. **Journal of Mathematical Psychology**, v. 15, n. 3, p. 234–281, 1977.

SAATY, T. L. **The analytic hierarchy process**. New York: McGraw-Hill, 1980.

SAATY, T. L. **Método de análise hierárquica**. São Paulo: McGraw Hill, 1991.

SENGUTTUVAN, P. S. Economics of the airport capacity system in the growing demand of air traffic – a global view. **Transport Research Annual Forum**, New York University, 30p, 2006.

SUWANWONG, S. Air cargo terminal performance and efficiency: a study in Thailand. **Journal of Transportation Research**, v. 25, n. 4, p. 243–257, 2018. DOI: 10.1016/j.jtr.2018.02.012.

TANIGUCHI, E.; THOMPSON, R. G. Logística urbana sustentável. In: RODRIGUE, J. P.; COMTOIS, C.; SLACK, B. (Org.). **The geography of transport systems**. 4. ed. New York: Routledge, 2017. p. 285–308.

TOZI, L. A.; CORREIA, A. R.; MÜLLER, C.; MENDES, D. S. Verificação de fatores determinantes da decisão de clientes de terminais de carga aérea. In: **SITRAER**, VIII; RIDITA, II, 2009, São Paulo. Anais [...]. São Paulo: SITRAER, 2009. p. 701–716.

VAN OUDHEUSDEN, D. L. **Design of an automated warehouse for air cargo**: the case of the Thai Airways Cargo Terminal. *Journal of Business Logistics*, 1994.

## NOTA

### *Agradecimentos*

Agradecimento ao Terminal de Carga Aérea de Goiânia (TECA-SBGO) pelo suporte prestado durante o desenvolvimento deste estudo. Em especial, agradecemos ao gerente de operações e a equipe do Grupo PacLog pelo auxílio fornecido e pelo compartilhamento de informações operacionais essenciais para a análise realizada.

### *Publisher*

Universidade Federal de Goiás. Programa de Pós-graduação em Projeto e Cidade. Publicação no Portal de Periódicos UFG.

As ideias expressadas neste artigo são de responsabilidade de seus autores, não representando, necessariamente, a opinião dos editores ou da universidade.

RECEBIDO EM: 07/11/2024

APROVADO EM: 06/05/2025

PUBLICADO EM: 25/07/2025