

Simulando o Fluxo de Bagagens: Método para Reduzir Extravios nos Aeroportos com o Uso do Sistema Arena

Simulating Baggage Flow: Method to Reduce Lost Baggage at Airports Using the Arena System

Simulación del flujo de equipaje: Método para reducir la pérdida de equipaje en los aeropuertos utilizando el sistema Arena

Kelen Cristina de Andrade¹

kelen.andrade@fatec.sp.gov.br

Leandro Balbino dos Santos¹

leandro.santos194@fatec.sp.gov.br

Roberto Ramos de Morais¹

roberto.morais@fatec.sp.gov.br

Rafael Cavalcanti Bizerra¹

rafael.bizerra@fatec.sp.gov.br

Palavras-chave:

Arena.
Bagagens.
Aeroporto.
Extravios.
Simulação.

Keywords:

Arena.
Baggage.
Airport.
Mishandling.
Flow.

Palabras clave:

Arena.
Equipaje.
Aeropuerto.
Pérdida.
Simulación.

Enviado em:

14 novembro, 2023

Apresentado em:

05 dezembro, 2023

Publicado em:

04 outubro, 2024

Evento:

6º EnGeTec

Local do evento:

Fatec Zona Leste

Avaliadores:

Lígia Duarte Guerra
Thiago Costa Holanda

Resumo:

Nos últimos anos, tem havido um esforço contínuo para aprimorar o fluxo de bagagens e reduzir extravios nos aeroportos. Diversas estratégias têm sido implementadas com sucesso, como o uso de tecnologia de rastreamento, etiquetas inteligentes e sistemas de triagem mais eficientes. Essas medidas visam proporcionar uma experiência mais tranquila e confiável para os passageiros, garantindo que suas bagagens cheguem ao destino correto e no tempo certo. No entanto, erros de triagem e encaminhamento podem ocorrer devido à complexidade do processo e ao envolvimento de múltiplas partes. Além disso, a falta de padronização nos processos entre diferentes companhias aéreas dificulta o fluxo de bagagens, podendo resultar em atrasos e extravios. Esse artigo através do software Arena, irá trazer resultados que será utilizado com o objetivo de melhorar a experiência dos passageiros nos aeroportos, ao mesmo tempo em que promove uma operação mais eficiente. Através das pesquisas, coletas de dados do aeroporto de Congonhas localizado na cidade de São Paulo - SP e a utilização do software Arena, será desenvolvido alguns resultados como por exemplo, menos bagagens extraviadas. Sendo assim, os esforços contínuos para aprimorar o fluxo de bagagens nos aeroportos têm resultado em melhorias significativas, essas medidas visam proporcionar uma experiência mais tranquila e confiável para os viajantes, além de trazer benefícios para as empresas envolvidas. No entanto, é importante continuar buscando soluções e padronizações para garantir uma operação ainda mais eficiente e minimizar transtornos aos passageiros.

Abstract:

In recent years, there has been a continuous effort to improve baggage flow and reduce mishandling at airports. Several successful strategies have been implemented, such as the use of tracking technology, smart tags, and more efficient screening systems. These measures aim to provide a smoother and more reliable experience for passengers, ensuring that their luggage reaches the correct destination on time. However, sorting and routing errors can still occur due to the complexity of the process and the involvement of multiple parties. Additionally, the lack of standardization in processes among different airlines hinders the smooth flow of baggage, leading to delays and mishandling. This article identifies these bottlenecks through Arena software and brings results that will be used to improve the passenger experience at airports while promoting a more efficient operation. Through research, data collection from Congonhas airport, and the use of Arena software, several results will be developed, such as fewer mishandled and damaged bags. Therefore, continuous efforts to improve baggage flow at airports have resulted in significant improvements. These measures aim to provide a smoother and more reliable experience for travelers while bringing benefits to the involved companies. However, it is important to continue seeking solutions and standardizations to ensure an even more efficient operation and minimize inconvenience to passengers.

Resumen:

En los últimos años, ha habido un esfuerzo continuo para mejorar el flujo de equipaje y reducir los extravíos en los aeropuertos. Se han implementado con éxito varias estrategias, como el uso de tecnología de seguimiento, etiquetas inteligentes y sistemas de clasificación más eficientes. Estas medidas tienen como objetivo proporcionar una experiencia más fluida y fiable a los pasajeros, garantizando que su equipaje llegue al destino correcto y en el momento adecuado. Sin embargo, pueden producirse errores de detección y enrutamiento debido a la complejidad del proceso y a la participación de varias partes. Además, la falta de estandarización en los procesos entre las diferentes aerolíneas dificulta el flujo de equipaje, lo que puede resultar en retrasos y extravíos. Este artículo, a través del software Arena, traerá resultados que se utilizarán con el objetivo de mejorar la experiencia del pasajero en los aeropuertos, al tiempo que se promueve una operación más eficiente. A través de la investigación, la recolección de datos del aeropuerto de Congonhas ubicado en la ciudad de São Paulo - SP y el uso del software Arena, se desarrollarán algunos resultados como menos equipaje perdido. Por lo tanto, los continuos esfuerzos por mejorar el flujo de equipaje en los aeropuertos han dado como resultado mejoras significativas, estas medidas tienen como objetivo brindar una experiencia más fluida y confiable para los viajeros, además de traer beneficios a las empresas involucradas. Sin embargo, es importante seguir buscando soluciones y estandarización para garantizar una operación aún más eficiente y minimizar las molestias a los pasajeros.



¹ FATEC Zona Leste

1. Introdução

A eficiência e a otimização dos processos operacionais são elementos essenciais para o sucesso e a competitividade de qualquer organização. No contexto das empresas, a busca por soluções que melhorem a produtividade e a qualidade dos serviços prestados torna-se uma prioridade constante. Nesse sentido, o presente artigo tem como objetivo analisar e propor soluções para um conjunto específico de processos em uma empresa, visando aprimorar sua eficiência e desempenho.

A empresa em foco é uma referência em seu setor, destacando-se pela qualidade de seus serviços e pela grande demanda de clientes atendidos diariamente. No entanto, mesmo com sua reputação estabelecida, enfrenta desafios relacionados ao conjunto de processos que serão objeto de estudo neste trabalho. O conjunto de processos em questão refere-se às bagagens extraviadas e danificadas, um elemento crucial para a movimentação eficiente e segura das bagagens, impactando diretamente na experiência dos passageiros e na imagem da empresa. Diante desse contexto, faz-se necessário identificar o tipo de problema enfrentado pelos aeroportos. É preciso compreender as causas que contribuem para os eventuais transtornos enfrentados pelos passageiros durante o processo de transporte de suas bagagens.

Com base em um diagnóstico detalhado da situação-problema, será possível propor soluções inovadoras e eficazes para os desafios enfrentados pelo manuseio das bagagens no Aeroporto. Será avaliada, por meio de simulação, a viabilidade de implantação dessas soluções. Pois segundo Brunetta (2004, 177p). Nos últimos anos, houve um avanço significativo na simulação de operações em terminais aeroportuários. Os modelos se tornaram mais detalhados, confiáveis e de fácil utilização.

Os resultados obtidos serão descritos de maneira objetiva, destacando tanto as melhorias alcançadas na organização em estudo quanto os fatores conjunturais que podem ter influenciado esses resultados além da intervenção proposta. Por fim, destaca-se a relevância tecnológica e social desse estudo, uma vez que a adoção de soluções eficientes nos manuseios das bagagens no Aeroporto de Congonhas não apenas otimizará a experiência dos passageiros, mas também poderá servir de referência para outras organizações do setor, contribuindo para o desenvolvimento e aprimoramento contínuo da indústria aeroportuária como um todo.

2. Fundamentação Teórica

2.1. Extravio de Bagagens na Aviação Civil: Um Desafio a Ser Abordado.

Muitos dos contratempos envolvendo bagagens surgem quando elas são transferidas entre aeronaves ou entre diferentes companhias aéreas. No entanto, essa não é a única causa para o desaparecimento temporário das malas. Um número significativo de bagagens chega ao seu destino, mas ocasionalmente é retirado por engano por outros passageiros.

No caso de extravio de bagagem, a ANAC (Agência Nacional da Aviação Civil) recomenda entrar em contato com a empresa aérea responsável, preferencialmente na sala de desembarque ou em até 15 dias após a data do desembarque, e relatar o ocorrido por escrito. É necessário apresentar o comprovante de despacho da bagagem. Se a bagagem for encontrada, ela será devolvida ao endereço informado pelo passageiro. Se a bagagem não for localizada e entregue dentro do prazo máximo de 30 dias (voos nacionais) ou 21 dias (voos internacionais), a empresa deverá indenizar o passageiro (ANAC, 2015).

Conforme dados da Agência Nacional de Aviação Civil, a demanda interna pelo transporte aéreo de passageiros experimentou um aumento significativo nos últimos dez anos. Durante o período de 2006 a 2015, houve um impressionante crescimento de 133%, com uma média anual de expansão de 9,8%. Dessa maneira, conforme ponderam Zimmermann & Oliveira (2012), para atender a essa crescente demanda as companhias aéreas intensificaram o uso de sua frota no âmbito de suas redes de operação e ampliaram sua capacidade produtiva instalada, em termos de número e tamanho de aeronaves e de frequências de voo. Assim, em 2015, foram realizados 1,08 milhões de voos e a movimentação de 117,8

milhões de passageiros e 1,11 milhões de mercadorias por empresas brasileiras, considerando o total das operações domésticas e internacionais (ANAC, 2016).

No entanto segundo O Globo (2023) “O número de bagagens extraviadas em aeroportos do mundo todo quase dobrou de 2021 para 2022. A conclusão é do mais recente estudo sobre o assunto realizado pela Sita, empresa especializada em tecnologia para a indústria da aviação. De acordo com o relatório, esse aumento significativo, após anos seguidos de queda de casos, se deve a diversos fatores como escassez de funcionários e superlotação nos aeroportos no momento de retomada das viagens internacionais após a pandemia.”

Devido a isso a substituição de atividades humanas por soluções tecnológicas está se tornando uma tendência no setor da aviação. No que diz respeito ao transporte de bagagens, é cada vez mais frequente a disponibilidade de serviços de autoatendimento nos balcões das companhias aéreas nos aeroportos. Nesses locais, os próprios passageiros têm a opção de pesar, etiquetar e até mesmo despachar suas bagagens. Essa operação geralmente é realizada em quiosques específicos, mas também já existem casos em que pode ser concluída por meio de aplicativos móveis.

2.2. A Importância da Simulação

Existem dois tipos de simulação: simulação computacional e simulação não computacional. A simulação não computacional não requer o uso de um computador para realizar testes, enquanto a simulação computacional utiliza um computador e software para projetar eventos, permitindo a observação de resultados e a realização de testes.

Na década de 1950, a simulação e modelagem começaram a ser empregadas para testar uma variedade de sistemas, com o objetivo de substituir os métodos convencionais, como fórmulas e modelos analíticos matemáticos, devido ao surgimento dos computadores nesse período. De acordo com Freitas Filho, (2008, p.372), a “simulação computacional de sistemas, ou apenas simulação, consiste na utilização de certas técnicas matemáticas, empregadas em computadores, as quais permitem imitar o funcionamento de, praticamente qualquer tipo de operação ou processo”.

A simulação ganhou popularidade devido à sua proposta de construir modelos de teste em diversos ambientes, como empresas produtivas, companhias e instituições educacionais. Sua aplicabilidade eficiente permite realizar testes sem a necessidade de implementá-los no mundo real, resultando em economia de recursos. Em qualquer sistema de produção, é essencial monitorar regularmente o desempenho de elementos como máquinas, materiais e até mesmo pessoas envolvidas nas atividades. Esses elementos devem ser observados e estudados para identificar possíveis desperdícios na produção. “Qualquer recurso, máquina, equipamento ou processo que torne uma etapa produtiva mais lenta, atrasando o todo, é um gargalo. Limita-se a velocidade e retém-se o trabalho de quem está nas etapas anteriores” (SEBRAE/BA, 2019, p.19).

2.3. Para Que Serve o Software Arena?

O software Arena é utilizado para tratamento de dados, ele permite que você traga o poder da modelagem e simulação para o seu o negócio. Ele foi desenvolvido para analisar o impacto de mudanças que envolvam redesenho complexos associados à cadeia de suprimentos, manufatura, processos, logística, sistemas de distribuição e armazenamento e serviços. O software Arena fornece a flexibilidade máxima e abrangência de cobertura de aplicativos para modelar qualquer nível desejado de detalhe e complexidade. (ARENA USER’S GUIDE, 2004, p.01).

Será utilizado também o *Input Analyzer*, que de acordo com Prado (2015), é uma ferramenta do Arena que permite a análise de um sistema, com entrada de dados reais, de um determinado processo e escolher a melhor distribuição estatística para tal. E assim incorporar essa distribuição ao modelo e o analisador de resultados *Output Analyzer* trata-se de uma ferramenta com diversos recursos que examina os dados coletados durante a simulação e realiza comparações estatísticas.

Com isso torna-se possível capturar dados em diferentes pontos do modelo, como entradas e saídas de módulos, e armazená-los em variáveis para posterior análise. Além disso, é possível aplicar técnicas estatísticas para identificar padrões, tendências e avaliar o desempenho do sistema simulado.

2.4. Teoria das Filas

Todas as pessoas já enfrentaram a inconveniência de esperar em filas, seja em supermercados para pagar compras, em hospitais para receber atendimento médico, nos aeroportos para pegar bagagens ou ser atendido, nos bancos e em diversas outras situações. No entanto, não são apenas pessoas que esperam em filas. Nas indústrias, produtos podem aguardar para serem processados, aviões podem esperar para pousar e navios podem aguardar para entrar no porto.

De acordo com Fogliatti e Mattos (2007), um sistema de fila ocorre quando usuários chegam em busca de um serviço específico, aguardam em uma fila que se forma quando a taxa de atendimento é menor que a taxa de chegada dos usuários, são atendidos e saem do sistema após receberem o serviço. A teoria das filas teve seu início em 1908, em Copenhague, Dinamarca, com A. K. Erlang, conhecido como o pai da teoria das filas. Erlang realizou um estudo sobre o congestionamento das linhas telefônicas de uma companhia telefônica onde trabalhava. No entanto, foi somente a partir da Segunda Guerra Mundial que essa teoria começou a ser aplicada a outros problemas de filas (PRADO, 2009).

Para Mendonça (2014), um sistema com fila é composto por usuários, canais de atendimento e um espaço de espera. Os usuários chegam em determinado tempo para serem atendidos, enquanto aguardam na fila. Quando um canal fica livre, um usuário da fila é chamado para atendimento e, após o serviço ser concluído, o usuário é liberado do sistema. Além das características gerais de um sistema de filas, é importante analisar a estrutura do sistema. Existem diferentes classificações de filas, como fila única com um servidor, fila única com múltiplos servidores em paralelo, múltiplas filas com múltiplos servidores em paralelo e fila única com múltiplos servidores em série. A disciplina da fila determina a ordem de atendimento dos usuários (ARENALES, 2007).

Dessa forma, a teoria das filas é uma abordagem probabilística que estuda a formação de filas e fornece modelos para analisar o número de chegadas e atendimentos de clientes. Por meio de cálculos matemáticos, busca-se encontrar um equilíbrio satisfatório para o cliente e viável para o servidor. As filas surgem quando a demanda pelo serviço excede a capacidade de atendimento. Atualmente, é cada vez mais comum as empresas buscarem soluções inovadoras para maximizar o lucro e otimizar seus processos. Nesse contexto, a teoria das filas se tornou um método para avaliar a capacidade de atendimento, levando em consideração o número de chegadas, tempo de espera e duração de cada atendimento.

3. Materiais e Métodos

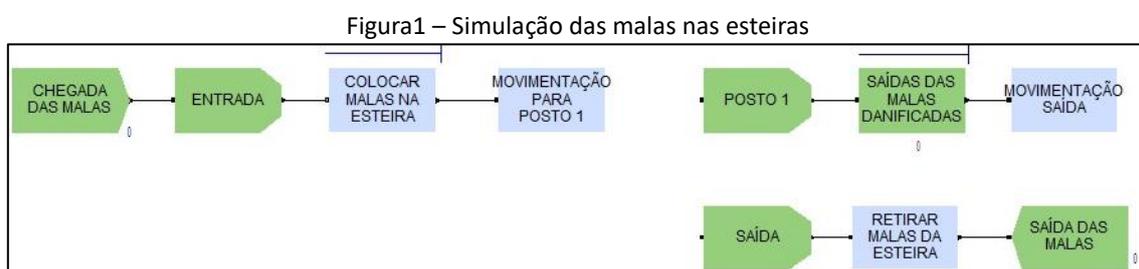
Este artigo tem como proposta a definição dos objetivos: reduzindo o tempo de espera que os passageiros aguardam para retirar as bagagens, minimizar os desvios das bagagens e aumentar a eficiência operacional. A coleta de dados será feita com base nos dados do aeroporto de Congonhas, qual é a quantidade de malas extraviadas, no último mês em número totais, e esses dados serão numéricos.

A modelagem do sistema será feita pelo software Arena que é estruturado e codificado com base na linguagem de simulação SIMAN (*SIMulation Analysis*) por meio da seleção dos módulos que contêm as características dos processos a serem modelados. Assim, não é necessário que o modelador conheça esta linguagem para construir o modelo, uma vez que eles são disponibilizados por meio dos módulos, sendo requerida apenas a parametrização de acordo com as características observadas no sistema real (SAKURADA; MIYAKE, 2009). Será verificado se o modelo reflete com precisão o sistema real, comparando os resultados da simulação com dados históricos e observações reais.

4. Resultados e Discussões

Durante a pesquisa de campo com os funcionários do Aeroporto de Congonhas, foi notado que cada um tem percepções diferentes sobre o processo de separação das bagagens e seu encaminhamento para as aeronaves de destino. As diferentes atividades desempenhadas pelos funcionários e a observação das operações de maneiras distintas contribuem para essas percepções variadas. Além disso, os funcionários que atuam nos terminais têm um entendimento mais abrangente das diferenças e limitações do processo.

De acordo com a simulação realizada no Arena, ilustrada na Figura 1, foram analisadas aproximadamente 2780 malas ao longo de 15 dias, durante 8 horas por dia. Durante esse processo, foi constatado que houve o extravio e danificação de 90 malas. Essas malas foram transportadas por uma esteira, com a supervisão de um funcionário da companhia aérea. Os dados utilizados nesse modelo foram coletados por funcionários da Gol Linhas Aéreas Inteligentes S.A., localizada no Aeroporto de Congonhas, na zona sul da capital de São Paulo.



Fonte: Próprios Autores

Na análise desta companhia aérea, foi constatado que havia apenas um posto para acompanhar as malas dos passageiros. Após a análise do sistema Arena, foi sugerido adicionar mais um posto de acompanhamento das malas para evitar extravios, conforme ilustrado na Figura 2. Com essa medida, a companhia conseguiria praticamente eliminar o extravio das malas, proporcionando uma melhoria na análise e praticidade nesse setor.



Fonte: Próprios Autores

4.1. Tabela Numérica do Sistema Arena

De acordo com os dados da Tabela 1, foi constatado que apenas um funcionário não seria capaz de analisar todas as malas que passam pela esteira devido à rapidez com que cada mala atravessa. As malas passam em menos de um minuto, o que impossibilita que um único funcionário tenha tempo suficiente para verificar e organizar todas as malas. Consequentemente isso pode resultar em um aumento no número de extravios na companhia aérea.

Conforme a análise realizada na Tabela 2, foi observada uma mudança significativa na velocidade de transporte das malas na esteira. Essa velocidade apresentou uma leve redução após a adição de mais um funcionário responsável pela organização das malas. Tal medida foi implementada com o objetivo de garantir maior atenção por parte dos funcionários, evitando assim extravios de bagagem.

Tabela 1: Resultado da 1° simulação

Tópicos	Average of Replication Averages (Tempo de passagem / minutos)	Half-Width (Tempo entre passagens)
Utilização da esteira (<i>utilization-conveyor</i>)	0,038	0,0005
Quant. de malas analisadas (<i>Number Out-Entity</i>)	2771	33
Tempo de cada malas na esteira (<i>VA time-Entity</i>)	0,0006	0,00001
Tempo de atravessamento das malas (<i>Total Time</i>)	0,034	0,000006
Uso da fila na esteira (<i>Instantaneous Utilization</i>)	0,013	0,0004

Fonte: Próprios autores

Tabela 2: Resultado da 2° simulação (proposta de melhoria)

Tópicos	Average Of Replication Averages (Tempo de passagem / minutos)	Half-Width (Tempo entre passagens)
Utilização da esteira (<i>utilization-conveyor</i>)	0,063	0,0008
Quant. de malas analisadas (<i>Number Out-Entity</i>)	2779	29
Tempo de cada malas na esteira (<i>VA time-Entity</i>)	1,11	0,030
Tempo de atravessamento das malas (<i>Total Time</i>)	3,30	0,022
Uso da fila na esteira (<i>Instantaneous Utilization</i>)	0,012	0,0002

Fonte: Próprios autores

A pesquisa de campo no Aeroporto de Congonhas revelou percepções diferentes dos funcionários sobre o processo de separação e encaminhamento das bagagens, devido às atividades distintas e observações variadas. A simulação mostrou que a adição de mais um posto de acompanhamento das malas poderia praticamente eliminar o extravio, proporcionando melhorias na análise e praticidade. Os dados da Tabela 1 indicaram que um único funcionário não seria capaz de analisar todas as malas devido à rapidez do processo, o que poderia aumentar o número de extravios. A análise da Tabela 2 mostrou uma redução na velocidade de transporte das malas após a adição do novo funcionário, visando garantir maior atenção e evitar extravios.

5. Conclusão

Durante o estudo, foi observado que a simulação dos processos em várias áreas auxilia no gerenciamento de recursos e no planejamento a curto, médio e longo prazo. A análise realizada no Arena revelou uma taxa de extravio e danificação de bagagens de 3,24% no Aeroporto de Congonhas, especificamente relacionada à empresa GOL Linhas Aéreas. Isso representa um problema significativo que requer atenção da companhia aérea. Após a simulação, identificou-se um gargalo nesse setor e propôs-se a inclusão de mais um colaborador para aliviar a sobrecarga. Essa melhoria resultou em uma diminuição expressiva do gargalo, demonstrando a viabilidade do uso de softwares de simulação como o Arena para otimizar processos.

Sendo assim o software Arena é capaz de simular qualquer tipo de operação, desde que os processos sejam mapeados e os dados coletados sejam inseridos no software. Uma das vantagens é a possibilidade de propor melhorias nos processos sem investir em infraestrutura, equipamentos ou mão de obra. A simulação permite implantar alterações em todo o sistema e projetar cenários futuros,

buscando maior eficiência na utilização dos recursos, sem interferir na operação. Com o apoio da empresa estudada, para a realização deste artigo foi possível simular e analisar dados reais usando o software Arena.

Referências

ANAC - AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL. **Anuário do Transporte Aéreo**. 2016. Disponível em: <http://www.anac.gov.br/>. Acesso em: 03 de abril de 2020.

ANAC - Agência Nacional de Aviação Civil. **Bagagens: Dicas ANAC**. 2015. Disponível em: <https://www.gov.br/anac/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/publicacoes-arquivos/anac_panfleto_bagagem.pdf> Acesso em: 27 de Set/2023.

ARENALES, Et-al, Armentano, Morabito, Yanasse. **Pesquisa Operacional**. 6ª Tiragem, ED; Campus-Abrepro, Rio de Janeiro, RJ. 2007.

Arena SE Book, **Arena User's Guide**, 2004. Disponível em <https://studerende.au.dk/fileadmin/www.medarbejdere.au.dk/it/BSS_Analysevaerktoejer/Arena/Arena_User_s_Guide_EN.pdf>. Acesso em 27 de setembro de 2023.

BRUNETTA, L.; ROMANIN-JACUR, G. **Passenger and Baggage Flow in an Airport Terminal: A Flexible Simulation Model**. [2004. 177p].

FREITAS FILHO, Paulo José de. **Introdução à Modelagem e Simulação de Sistemas: com Aplicações em Arena**. 2. ed. Florianópolis: Visual Books Ltda., 2008. 372p.

FOGLIATTI, M. C.; MATTOS, N. M. C. **Teoria de Filas**. Editora Interciência. Rio de Janeiro, 2007.

MENDONÇA, E. **Teoria de filas markovianas e aplicações**, p.29, 2014. Disponível em: <http://dspace.bc.uepb.edu.br/jspui/bitstream/123456789/5265/1/PDF%20-%20Edn%C3%A1rio%20Barbosa%20de%20Mendon%C3%A7a.pdf>. Acesso em: 01 nov. 2023

O Globo - **Extravio de bagagem em aeroportos do mundo todo quase dobrou entre 2021 e 2022, aponta relatório**. 2023. Disponível em: <<https://oglobo.globo.com/boa-viagem/noticia/2023/05/numero-de-malas-extraviadas-nos-aeroportos-quase-dobrou-entre-2021-e-2022-aponta-relatorio.ghtml>> Acesso em: 27 de Set/2023.

SAKURADA, N.; MIYAKE, D. I. Aplicação de simuladores de eventos discretos no processo de modelagem de sistemas de operações de serviços. **Gestão & Produção**, 16, 25-43, 2009.

SEBRAE / BA. Serviço de Apoio às Micro e Pequenas Empresas Bahia – Sebrae/BA **Apostila Empreendedorismo: Como gerir a produtividade da sua empresa**. 2019. Disponível em: <https://www.sebraeatende.com.br/system/files/como_gerir_a_produtividade_da_sua_empresa_0.pdf> Acesso em 29 out. 2023.

PRADO, Darci. **Teoria das Filas e da Simulação**. v.2. 4. Ed. Belo Horizonte: editora de Desenvolvimento Gerencial. Serie Pesquisa Operacional, 2009.

PRADO, Darci. Usando o Arena em simulação. 5ed. Edição Digital: Falconi, 2015.

ZIMMERMANN, N.; OLIVEIRA, A. V. M. Liberalização econômica e universalização do acesso no transporte aéreo: É possível conciliar livre mercado com metas sociais e ainda evitar gargalos de infraestrutura. **Journal of Transport Literature**, v. 6, n° 4, p. 82-100, 2012.