ESTUDO DE CASO HELIPONTO PRIVADO DE FAROL DE SÃO TOMÉ - MODELO DE SIMULAÇÃO PARA ANÁLISE DE AERÓDROMOS *OFFSHORE*

Yan B. BASTOS
Av. Henrique Valadares nº28, Rio de Janeiro, Brasil; yan.bastos@petrobras.com.br,
+55 21 99752-7227

Nathália da S.S. HERMETO
PETROBRAS - Petróleo Brasileira S.A.
Av. Henrique Valadares nº28, Rio de Janeiro, Brasil; nathaliasena@petrobras.com.br,
+55 21 996843320

Thyago S. HERMETO
PETROBRAS - Petróleo Brasileira S.A.
Av. Henrique Valadares nº28, Rio de Janeiro, Brasil; thyagohermeto@gmail.com,
+55 21 999486057

ABSTRACT

Em 2013, o mercado brasileiro estava em ascensão proporcionado o aumento da procura por infraestrutura de apoio logístico (portos e aeroportos). Esta realidade era presente no segmento de óleo e gás, impactando o transporte de cargas e pessoas para as unidades marítimas. Considerando a escassez da infraestrutura aeroportuária (MCKINSEY, 2010), desenvolveu-se um modelo de simulação, baseado em modelagem discreta e estocástica, para avaliar a capacidade de diferentes aeródromos do transporte aéreo *offshore*. O presente artigo apresenta o estudo de caso do heliponto privado de Farol de São Tomé, cujo resultado possibilitou o aumento da capacidade de passageiros transportados nesse aeródromo.

Keywords: Transporte aéreo *offshore*, Simulação discreta, Logística de transportes, Heliponto de Privado de Farol de São Tomé

ABSTRACT

Brazil's economy was growing in 2013, increasing demand for logistical support infrastructure (ports and airports). This reality was present in the oil and gas industry, impacting the transportation of cargo and people to the offshore units. Considering the poor airport infrastructure (MCKINSEY, 2010), a discrete-event simulation model was developed to evaluate the capacity of different aerodromes of offshore air transport. This paper presents the case study of the São Tomé Heliport (ICAO: SBFS). The results of the model allowed the increase of the capacity of passengers transported in the heliport.

Keywords: Offshore Air Transport, Discrete-event Simulation, Logistics Transports, São Tomé Heliport

1. INTRODUÇÃO

A Petrobras, maior prospectora e produtora de óleo e gás do Brasil, possui a maior parte da produção de óleo e gás no mar. Uma expressiva parcela encontra-se em águas profundas e ultra profundas e o transporte da força de trabalho para as unidades marítimas de produção e exploração é realizado exclusivamente por modal aéreo (em helicópteros de grande e médio porte) nas regiões Sul e Sudeste.

Devido ao grande volume de voos *offshore* realizados, a Petrobras possui forte representatividade no setor de aviação, conforme pode ser verificado no Gráfico 1. Desta forma torna-se essencial o estudo e aprofundamento das questões relativas ao transporte aéreo de passageiros, que possui total impacto no negócio da empresa: petróleo e gás.

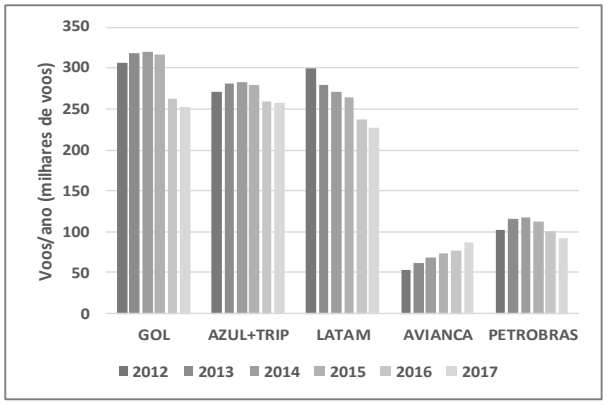


Gráfico 1: Comparativo de voos[1] de Empresas Aéreas Brasileiras e voos *offshore*[2] da Petrobras.

2. MOTIVAÇÃO E OBJETIVO

Com o crescimento econômico acelerado na primeira década de 2000, as infraestruturas dos principais aeroportos do Brasil se apresentavam saturadas e com necessidades de investimentos para atender às expectativas de continuidade do crescimento da demanda de transporte aéreo (MCKINSEY, 2010). Paralelamente, devido ao crescimento do setor de óleo e gás com a descoberta de novas jazidas petrolíferas mais distantes da costa, a projeção era de aumento da demanda de aeronaves e, consequentemente, de infraestrutura aeroportuária (HERMETO, 2015b). Vale ressaltar que os aeródromos com operação de transporte aéreo *offshore* já apresentavam, na época, limitações, tanto no lado ar quanto no lado terra.

Em 2012 iniciou-se o Programa de Excelência em Operações Logísticas (PEOLOG) na Petrobras. Este programa foi constituído por diversas frentes de estudos para a melhoria das operações logísticas *offshore*, uma delas dedicada ao transporte aéreo de pessoas. Foi neste contexto que surgiu a necessidade de avaliar a capacidade da infraestrutura dos aeródromos nos quais a Petrobras possuía operação, assim como o fluxo de passageiros nos mesmos.

Este artigo objetiva apresentar o estudo de capacidade do Heliponto[3] Privado de Farol de São Tomé (código ICAO: SBFS), realizado através de simulação discreta e estocástica dos processos do aeródromo. O foco da análise foi avaliar a capacidade da lado ar e lado terra do aeródromo, assim como identificar os gargalos dos processos.

3. HELIPONTO FAROL DE SÃO TOMÉ

O Heliponto de São Tomé é o aeródromo mais próximo dos campos de produção da Bacia de Campos, conforme pode ser visto na Figura 1. Devido à proximidade, São Tomé é, atualmente, o aeródromo com maior volume de voos e movimentação de passageiros da Petrobras.



Figura 1: Mapa[4] da Bacia de Campos.

[1] Total de decolagens por empresa aérea. Fonte: ANAC.
[2] Como prática na indústria de Óleo e Gás, cada voo *offshore* é contabilizado como um circuito completo (aeródromo – unidade(s) marítima(s) – aeródromo), sendo portanto composto por 2 ou mais trechos de decolagem a pouso. Como os voos da aviação regular são contabilizados por trecho, multiplicou-se o total de voos *offshore* da Petrobras por 2, com o objetivo de equiparar as métricas de comparação.
[3] O aeródromo é designado comercialmente como Heliporto, contudo trata-se de um Heliponto Privado conforme definição do artigo 31 da Código Brasileiro da Aeronáutica.
[4] Fonte: ANP.

São Tomé apresentava, em 2012, carências na infraestrutura do lado ar e, principalmente, no lado terra. Na época do estudo estava sendo construído um novo TPS com 527 m². O novo TPS, que foi utilizado como base para o estudo do presente artigo, foi inaugurado em 2014.



Figura 2: Imagem de satélite do Heliponto Farol de São Tomé.



Figura 4: Layout antigo do Heliponto de São Tomé (acima) layout atual (abaixo).

No lado ar, como pode ser visto na Figura 2, há 1 ponto de decolagem e pouso (45 x 45m) e uma *taxiway*. A área pavimentada (pátio, pista e *taxiway*) destinada à circulação das aeronaves possui cerca de 18.600 m², contando com 12 vagas e 1 hangar. Contudo, em 2013, época na qual o estudo foi realizado, o layout do pátio era diferente, proporcionando apenas 7 vagas (Figura 4).

A partir do aumento da capacidade de processamento de passageiros (com o novo TPS) foram realizados estudos para a mudança de layout do pátio, proporcionando um aumento de vagas, que culminou no aumento da frota e demanda na base.

4. MAPEAMENTO DOS PROCESSOS E COLETA DE DADOS

Para a construção do modelo de simulação foram realizados, previamente, estudos de campo para mapear os processos e coletar dados. A Tabela 1 e Tabela 2 apresentam o número de recursos e tempos que foram coletados[5] e considerados no modelo de simulação. A Figura 3 apresenta o fluxograma, simplificado, dos processos no Heliponto Farol de São Tomé, que foi a base da construção do modelo.

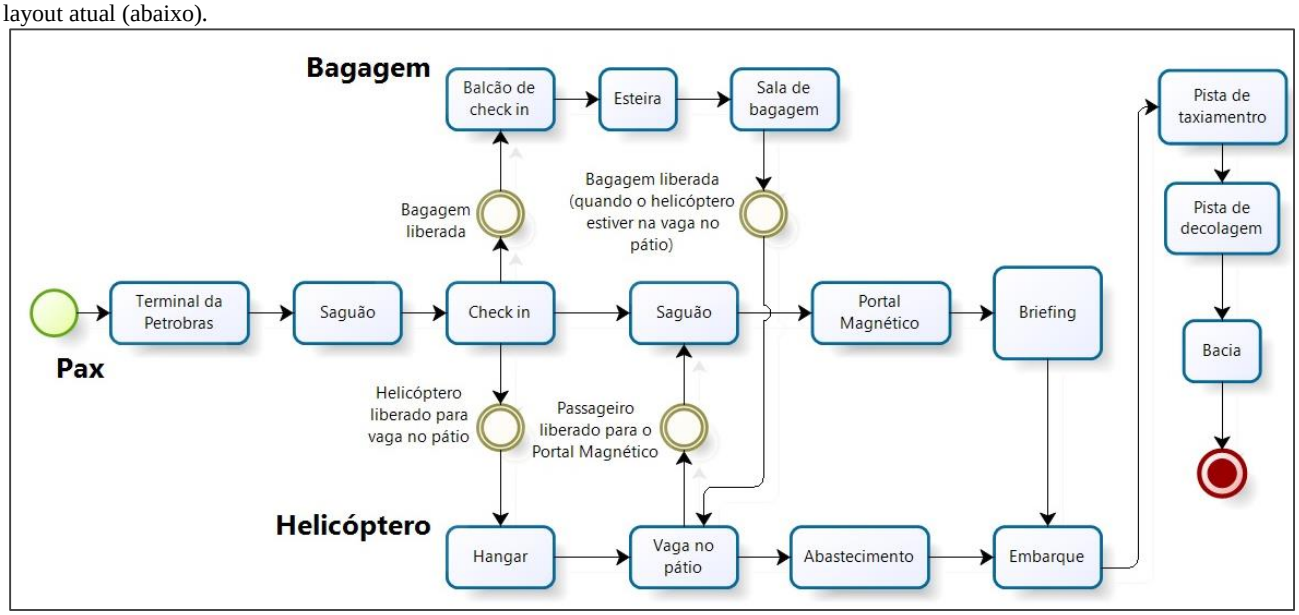


Figura 3: Fluxograma dos processos no Heliponto Farol de São Tomé.

[5] Os tempos foram coletados através de observação *in loco* (através da cronometragem dos processos) com exceção do tempo de voo, cuja a distribuição foi estimada através de registros em bancos de dados. A

Tabela 1: Dados de entrada do modelo – Tempos e velocidades.

Parâmetros de Entrada do Modelo	Valor	Unidade
Tempo de *Check-In*	N(31,14.7)	seg/pax
Tempo entre o fim do *Check-In* e chamada para o *Briefing* de Segurança	N(20,13)	min/grupo
Tempo do vídeo de *Briefing* de Segurança	N(7.4,0.92)	min/grupo
Tempo para desocupação da sala de briefing	N(20,9)	seg/grupo
Tempo no portal magnético	Figura 5	seg/pax
Tempo da passagem das bagagens na esteira (97% das bagagens)	7.7	seg/mala
Tempo de conferência das bagagens na esteira (3% das bagagens)	180	seg/mala
Velocidade de trajeto dos passageiros no terminal e pátio	80	m/min
Tempo de embarque e desembarque dos passageiros nos helicópteros	25	seg/pax
Tempo para embarque e desembarque das bagagens no carrinho	N(16,10.6)	seg/mala
Tempo de abastecimento	N(7.06,1.32)	seg/(pax*h. voada)
Tempo de conexão da mangueira de abastecimento	1	min
Velocidade de trajeto do caminhão de abastecimento	333.33	m/min
Velocidade de trajeto das aeronaves	250	m/min
Tempo de decolagem	N(57.6,8.6)	seg/helic..
Tempos de voo	Figura 5	min/helic.

Tabela 2: Dados de entrada do modelo – Recursos.

Parâmetros de Entrada do Modelo	Valor
Guichês de check-in	4
Salas de briefing de segurança	2
Número de assentos das salas de briefing de segurança	36
Número de aeronaves	7
Vagas para helicópteros no pátio	6 + 1*
Taxiways	1
Caminhões de abastecimento	1
Carrinhos de bagagens	2

*Vaga de espera, sem possibilidade de abastecimento, embarque de bagagens e passageiros

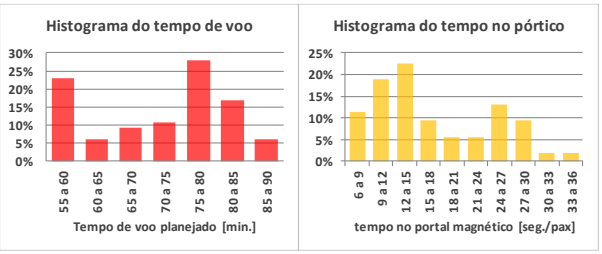


Figura 5: Histogramas do tempo de voo (esquerda) e tempo no portal magnético (direita).

5. MODELO DE SIMULAÇÃO

A capacidade do sistema de transporte aéreo é função de três capacidades: terminal de passageiros (Lado terra), pista e pátio (Lado Ar) e tráfego aéreo. É comum na literatura encontrar trabalhos de simulação para avaliar uma das capacidades acima apontadas. Entretanto, avaliações conjuntas são pouco comuns.

Wibowo (2011) analisou a capacidade da pista do aeroporto internacional de Soekarno-Hatta (código ICAO: WIII), através de algoritmos genéticos, no qual concluiu que a pista possui capacidade de 64 operações por hora e que a gestão do aeroporto deveria aumentar a capacidade para o atendimento ao aumento das demandas futuras. Em contrapartida, Norvisal (2013) analisou, através de um modelo de simulação no ProModel® [6], o terminal de passageiros do mesmo aeroporto, concluindo que o gargalo era o check-in, porém sem analisar o lado ar.

O modelo desenvolvido neste estudo avaliou a capacidade de terminal e pátio em conjunto com a capacidade de voo, estando fora apenas as limitações relacionadas a controle de tráfego aéreo. O tráfego aéreo, cuja analise não pode ser individualizada[7] para um aeródromo, foi estudado por Hermeto (2014), utilizando simulação fast-time para os aeródromos[8] que atendem à Bacia de Campos.

O software que foi utilizado para a construção do modelo, o ProModel® [9], é um simulador de processos (simulação discreta e estocástica). Os dados de entrada no software são os tempos (médias ou distribuições), o número e a disposição dos recursos fixos (portais magnéticos, balcões de check-in, etc.) e móveis (ônibus para deslocamento dos passageiros, carrinhos para o transporte das bagagens, etc.) e entidades processadas (passageiros, helicópteros, bagagens). A Figura 6 apresenta imagem do layout do modelo de simulação.

É importante ressaltar que o modelo de simulação desenvolvido não avalia o nível de

velocidade de trajeto dos veículos e aeronaves no pátio são os limites estabelecidos por norma.

[6] ProModel® versão 7.5.

[7] O controle de tráfego aéreo de toda a Bacia de Campos é centralizada no aeroporto de Macaé.

[8] Aeródromos: Heliponto Farol de São Tomé (SBFS), Aeroporto de Macaé (SBME), Aeroporto de Campos dos Goytacazes – Bartolomeu Lisandro (SBCP) e Aeroporto Internacional de Cabo Frio (SBCB).

[9] ProModel® versão 9.2.

conforto[10] do terminal de passageiros. Também não foi considerado, em cenários de alteração das variáveis de entrada, limites de segurança operacional no pátio (ex.: velocidade máxima de deslocamento de aeronaves e veículos e tempo mínimo entre decolagens). Outro ponto relevante é que a demanda é empurrada de acordo com a criação no modelo de novos passageiros no TPS (método *Push*), ao contrário da realidade operacional, em que a demanda por voos é puxada pelo cliente (método *Pull*). Essas estratégias garantem que sejam avaliados os processos mais restritivos do Heliponto, assim como a capacidade máxima teórica do aeródromo (em voos) de acordo com o aumento da demanda e frota.

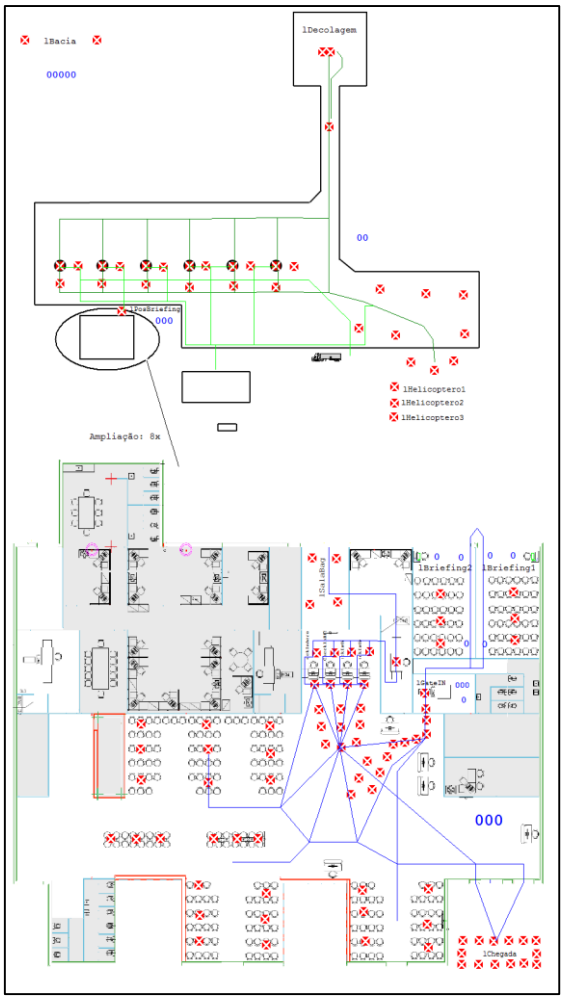


Figura 6: Layout do modelo de simulação.

6. VALIDAÇÃO DO MODELO

Foi analisada a aderência dos resultados do modelo de simulação às realizações operacionais, com o objetivo de validação e correção de erros. O principal dado de saída avaliado para realizar a validação foi número total de voos/dia. As Figura 7 e Figura 8 apresentam, respectivamente, o resultado do cenário base do modelo e de um dia de operação com o mesmo número de voos.

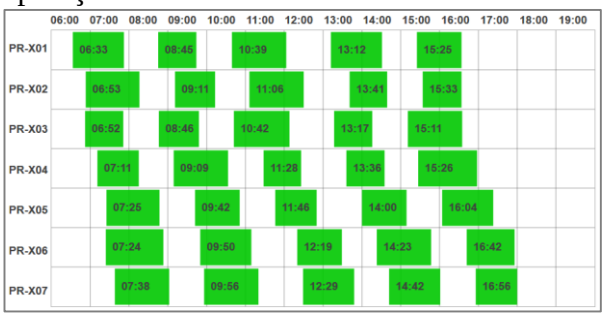


Figura 7: Diagrama de Gantt dos voos do cenário base validado do modelo de simulação (35 voos).

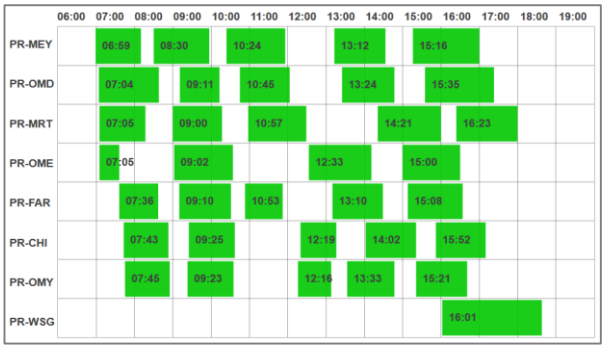


Figura 8: Diagrama de Gantt dos voos do dia 19/12/2012 (35 voos).

É importante ressaltar que na época do estudo ainda não havia sido implantado o atual modelo de programação de atendimento de passageiros (HERMETO, 2015a). Dessa forma, como pode ser visto na Figura 8, haviam ineficiências na alocação da frota e irregularidades no sequenciamento dos voos.

A média operacional na época (nov/2011 a fev/2012) era de 30,36 voos/dia, o desvio padrão 3,4 e o máximo 37 voos/dia. A média do modelo validado é 35,14 voos/dia (média de 100 dias), o que representa o percentil 92% da amostra dos dados operacionais.

Outro ponto importante para a validação do modelo é o número de replicações utilizado para gerar os dados de saída. Utilizou-se 100 replicações para cada cenário analisado (o que equivale à simulação de 100 dias, já que cada replicação representa a janela diurna de um dia). Para 890 replicações[11] a média de voos/dia foi 0,05% superior à média para 100

[10] Níveis de conforto definidos pelo *Airport Development Reference Manual* – IATA, 2014.

[11] O limite de replicações no ProModel® são 999.

replicações, garantindo a boa convergência[12]. A Tabela 3 apresenta os resultados do cenário validado (que foi o cenário base para a comparação com os cenários de variação de parâmetros de entrada).

Tabela 3: Resultados do modelo de simulação – cenário base validado.

Parâmetros de Saída do Modelo	Valor
Decolagens	35,14
Passageiros embarcados	421,68
Número máximo de passageiros no saguão	84
Número máximo de passageiros aguardando a passagem pelo pórtico	60

7. RESULTADOS

Um dos objetivos do modelo de simulação foi detectar e classificar as principais restrições do Heliponto, principalmente para verificar se o TPS que estava sendo construído na época teria condições de processar um aumento de demanda. Sendo assim, os tempos de cada processo foram alterados individualmente para se identificar o impacto no número de voos (Gráfico 2). Também foi avaliado, em outra análise complementar, a influência de cada macro-processo (lado ar, lado terra, tráfego aéreo + voo) na produtividade (total de voos/dia), alterando de forma conjunta os tempos (Gráfico 3). Como pode ser visto nos dois gráficos, os processos do lado ar e tráfego aéreo + voo possuem maior impacto na produtividade do que os processos no terminal de passageiros (lado terra).

Outro importante resultado do modelo é a variação do total de voos atendidos por dia com a frota e demanda[13], ou seja, sua curva de capacidade. O conceito da curva de capacidade é apresentado por Kim e Hansen (2008) para os aeroportos de New York, a partir da análise de dados do ASPM[14] de demanda e realização de voos para uma janela temporal de 15 minutos. Conforme pode ser visto no Gráfico 4 o aumento do número de voos atendidos decorrente do crescimento da frota ocorre de forma linear no início da curva. Ou seja, todo voo que é demandado é atendido. A partir de um volume de demanda a curva passa a não ser mais linear, apresentando um comportamento assintótico, devido à saturação dos recursos do aeródromo.

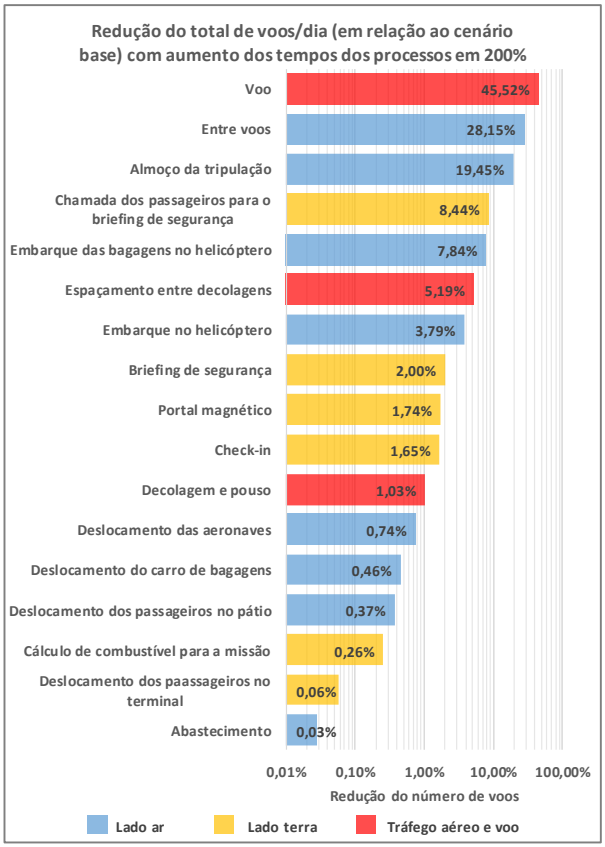


Gráfico 2: Redução do total de voos/dia em relação ao cenário base a partir do aumento de 200% do tempo de cada processo.

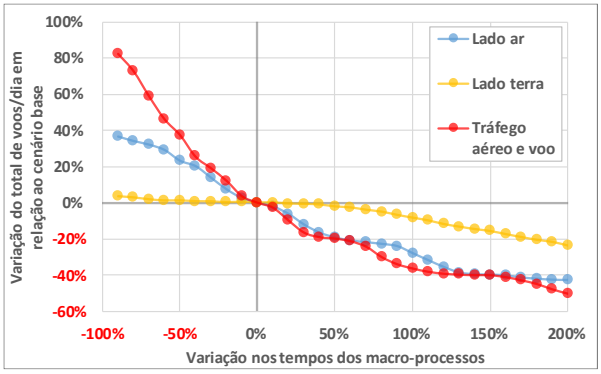


Gráfico 3: Variação do total de voos/dia em relação ao cenário base versus a variação nos tempos dos macro-processos.

[12] Como todas as distribuições utilizadas no modelo são estáveis, é garantida a convergência pela Lei dos Grandes Números.

[13] Com o acréscimo de aeronaves no modelo, o número de passageiros é elevado, aumentando a demanda de voos.

[14] O ASPM (*Aviation System Performance Metrics*) é um banco de dados, que contempla 77 aeroportos dos EUA, de voos realizados (ou seja, não inclui cancelamentos) da FAA (*Federal Aviation Administration*).

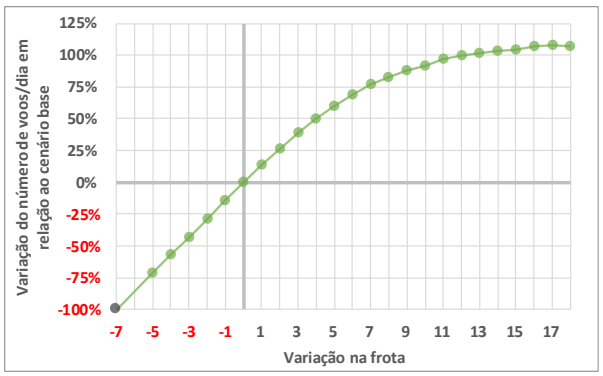


Gráfico 4: Variação do total de voos/dia em relação ao cenário base versus a variação do número de aeronaves da frota.

Além da limitação do atendimento à demanda devido à capacidade da infraestrutura ofertada, há também restrições em virtude da queda do nível de serviço. Conforme pode ser visto no Gráfico 5, o atraso médio cresce de forma exponencial quando comparado com a realização de voos/dia.

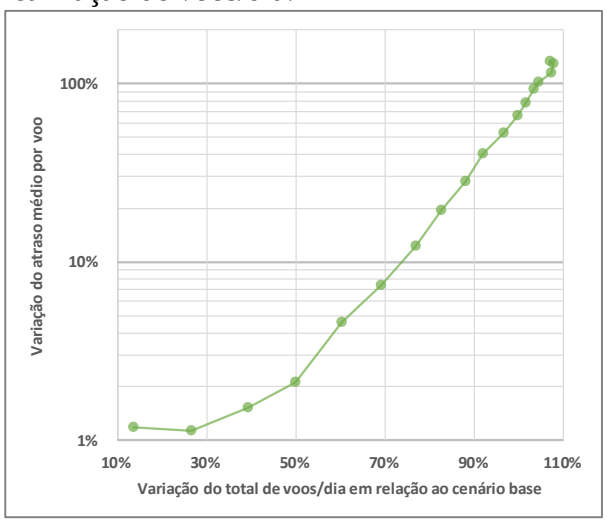


Gráfico 5: Variação do atraso médio por voo versus variação do total de voos/dia em relação ao cenário base.

8. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Conforme apresentado inicialmente, São Tomé é o aeródromo mais próximo da Bacia de Campos, tornando-o o menos custoso para no transporte dos passageiros para as Unidades Marítimas. Análises internas apontavam, em 2016, que a transferência das demandas de outros aeródromos da Bacia de Campos para São Tomé, através do aumento do número de vagas no pátio (de 7 para 10), seria capaz de promover a redução de no mínimo 2,7% do custo total da frota da Bacia de Campos. Através dos resultados do modelo de simulação validou-se a possibilidade de mudança de layout do pátio, para aumentar o número de vagas. A mudança foi implantada em 2016 proporcionando um aumento de 5 vagas no pátio.

Além disso, com a visão dos processos mais restritivos do aeródromo é possível promover projetos de melhoria operacional focados em processos específicos com o objetivo de reduzir os tempos e aumentar a produtividade.

Recomenda-se para trabalhos futuros a adequação do modelo de simulação para que possam ser analisados cenários de expansão do pátio, pista e número de *taxiways*, visto que, atualmente o lado ar é o gargalo da infraestrutura do aeródromo. Também propõem-se parametrizar os resultados para possibilitar a identificação dos níveis de conforto IATA do terminal de passageiros.

9. REFERÊNCIAS

ANAC – Agência Nacional de Aviação Civil. Dados Estatísticos. Disponível em: < http://www.anac.gov.br/assuntos/dados-e-estatisticas/dados-estatisticos/dados-estatisticos>. Acessado em 03/07/2018.

ANP – Agência Nacional do Petróleo. WebMaps. Disponível em: <http://webmaps.anp.gov.br/>. Acessado em 04/07/2018.

BELGE - ENGENHARIA & SISTEMAS; PROMODEL CORPORATION. Guia de Referência Rápida do ProModel for Windows. São Paulo: Belge - Engenharia & Sistemas, 2010.

FAA – Federal Aviation Administration. ASPM System Overview. Disponível em: <http://aspmhelp.faa.gov/index.php/ASPM_System_Overview#System_Documentation>. Acessado em 16/07/2018.

HERMETO, N.S.S.; BASTOS Y.B. Planejamento de Alocação de Frota para Transporte Aéreo *Offshore*. Simpósio de Transporte aéreo, 2015a, São José dos Campos. In: Anais do XIV SITRAER. Rio de Janeiro: E-Papers, 2015a. p. 262-269. ISSN 2448-1912.

HERMETO, N.S.S. et al. Planejamento de Rede Logística de Transporte Aéreo de Passageiros *Offshore*. In: HAMACHER, S.; FERREIRA FILHO, V.J.M. Aplicações de Pesquisa Operacional na Indústria Internacional de Petróleo e Gás. Rio de Janeiro: Elsevier, 2015b. Cap. 9, p.145-167. ISBN 987-85-352-8137-8

HERMETO, T.S., MÜLLER, C. *Analysis of offshore helicopter air traffic operations at the Campos Basin*. In: *18th Air Transport Research Society World Conference*, 2014, Bordeaux, França.

KIM, A.; HANSEN, M. Deconstructing Delay: A Case Study of Demand and Throughput at the New York Airports. 3rd International Conference on Research and Air Transportation, 2008, Fairfax, EUA. In: Annals of the 3rd ICRAT. Fairfax: E-Papers, 2008.

<http://www.icrat.org/icrat/3rd-international-conference/> ISBN: 978-0-615-20720-959

MCKINSEY & COMPANY, INC.; BANCO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL (BRASIL). Estudo do setor de transporte aéreo do Brasil: relatório consolidado. Rio de Janeiro: Mckinsey & Company, 2010. <https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/handle/1408/7666> Acessado em 13/07/2018. ISBN 978-85-63579-00-3.

NOVRISAL, D. et al. "*Simulation of new system departure terminal Soekarno-Hatta International Airport*", *Industrial Engineering and Engineering Management* (IEEM), 2014. In: IEEE International Conference on, pp. 404-408, 2014.

WIBOWO, I.S. et al. *Design Simulation Program of Runway Capacity Using Genetic Algorithm at Soekarno-Hatta*. *International Journal of Electrical and Computer Engineering*, 2011. In: IJECE, vol. 1, pp. 202-212. ISSN: 2088-8708