

30 de setembro a 4 de outubro
Ponta Grossa - PR - Brasil

APLICANDO A DINÂMICA DE SISTEMAS PARA COMPREENDER A QUEBRA DA COMPANHIA AÉREA BRASILEIRA AVIANCA

APPLYING SYSTEMS DYNAMICS TO UNDERSTAND THE BREAKING OF THE BRAZILIAN COMPANY AVIANCA

ÁREA TEMÁTICA: ESTUDOS ORGANIZACIONAIS

Karine Somensi, Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil, karinesomensi@hotmail.com

Mauricio Uriona Maldonado, Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil, mauricio.uriona@gmail.com

Carlos Manuel Taboada Rodriguez, Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil, carlos.taboada@ufsc.br

Resumo

A Dinâmica de Sistemas (DS) vem sendo utilizada por pesquisadores de diversas áreas como gestão, medicina, engenharia, como uma combinação de método, teoria e filosofia que permitem entender o relacionamento e comportamento dos sistemas dinâmicos. Dado a complexidade que envolve o setor aéreo, considerado um dos mercados mais complexos de atuação, o presente trabalho teve como objetivo aplicar a DS para compreender as variáveis que levaram a companhia aérea Avianca a decretar a falência em Dezembro de 2018 e quais medidas poderiam ser adotadas pela companhia para evitar tamanho prejuízo financeiro. Por meio da construção do Diagrama Causal foi possível identificar as principais variáveis que influenciam o comportamento do mercado aéreo brasileiro e a partir da construção do modelo matemático identificar a variável “combustível” como sendo o principal influenciador dos altos custos operacionais da Avianca.

Keywords: *Dinâmica de Sistemas; Companhia aérea; Avianca.*

Abstract

The Systems Dynamics (SD) has been used by researchers from several areas, such as management, medicine and engineering, as a combination of method, theory and philosophy that allows to understand the relationship and behavior of systems dynamic. Given the complexity involved in the airline sector, which is considered one of the most complex markets, the present study aimed to apply DS to understand the variables that led Avianca to decree bankruptcy in December 2018 what measures could be adopted by the company to avoid significant financial loss. Through the construction of the Causal Diagram, it was possible to identify the main variables that influence the behavior of the Brazilian air market and, from the construction of the mathematical model, we were able to identify the variable "fuel" as the main influencer of the high operating costs of Avianca.

Keywords: *System Dynamics; Airline; Avianca.*

1. INTRODUÇÃO

O mercado aeronáutico é considerado um dos setores mais dinâmicos do mundo, com margens de lucro pequenas e custos operacionais elevados (Mckinsey & Company, 2010, Casagrande, 2018). Apesar dessa complexibilidade, estima-se que em 2019, 1% do PIB mundial será direcionado para o transporte aéreo, sendo previsto para o ano de 2019 um lucro líquido de US 0,2 bilhões (Iata, 2019).

No Brasil, ao longo dos últimos anos, desde as mudanças estruturais que iniciaram em 1999, com a deliberação de mercado, liberações tarifárias, até mais recentemente com as mudanças de gestão impulsionadas pelos leilões de concessão, o setor bem enfrentando uma serie desafios (Cunha, Valente, Silva, Rocha & Carvalho, 2019).

Apesar das companhias da América Latina desfrutarem de uma leve melhoria nos últimos anos, o aumento dos preços de *commodities* como o petróleo e a fraqueza cambial levaram as companhias aéreas brasileiras a significativas perdas em 2018, o que não só afetou a qualidade dos serviços oferecidos como também o desempenho financeiro das companhias (Stamolampros & Korfiatis, 2019).

Com altos prejuízos financeiros, a Avianca brasil, a quarta companhia aérea do Brasil, solicitou em Dezembro de 2018, recuperação judicial com um prejuízo estimado em 188 milhões. Tendo que devolver parte significativa da sua frota de aeronave para as empresas de leasing por falta de pagamento, a companhia foi obrigada a reduzir e cancelar o número de voos ofertados. Essas decisões da companhia afetaram drasticamente o setor aéreo brasileiro, consumidores tiveram seus voos cancelados e viram os preços das passagens se elevar.

Dessa forma, dada a representatividade dos setor para a econômica brasileira e as sérias consequências que disrupções nesse mercado podem ocasionar, compreender melhor as variáveis sejam elas, endógenas (internas) e exógenas (externas) que moldam o mercado aéreo brasileiro, é fundamental para entender a dinâmica desse mercado e traçar políticas efetivas a longo prazo, de modo a minimizar possíveis impactos negativos e disrupções no mercado. Assim, o presente estudo tem como pergunta de pesquisa: Como a DS pode auxiliar na compreensão da relação entre as políticas adotadas pela companhia aérea Avianca e a quebra da companhia? Assim, o presente estudo tem como objetivo, aplicar a Dinâmica de Sistemas (DS) para compreender os fatores que levaram a companhia a decretar a falência e quais medidas poderiam ser adotadas pela companhia para evitar tamanho prejuízo financeiro.

A utilização da DS parte do pressuposto de que há um problema, ou uma situação que precisa ser entendida, ajustada ou melhorada e na maioria das vezes, a mente humana não é capaz de lidar e entender como esses sistemas funcionam (Forrester, 1991). Diversos estudos na literatura, como os trabalhos de Lyneis (2000) e Horschig *et al.*, (2019) vem aplicando a DS para entender tais comportamentos e atrasos de feedback (Onat, Egilmez & Tatari, 2014).

Além da seção da Introdução, esse trabalho é composto pela seção 2 que apresenta o Referencial Teórico, a seção 3 que compreende o método da pesquisa (fases do processo de modelagem), a seção 4 apresenta os resultados dos cenários de modelagem e por fim a 5 seção com as conclusões do trabalho seguida das referências da pesquisa.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

A seguir são apresentados os dois pilares que sustentam o presente trabalho. (i) Dinâmica de Sistemas e, (ii) O mercado aéreo brasileiro.

2.1 DINÂMICA DE SISTEMAS

À medida que a dinâmica do mercado aumenta, decisões precisam ser tomadas cada vez mais rápido, consequência disso, é que as decisões tomadas hoje, estão desencadeando problemas com reações a longo prazo (Sterman, 2002).

Advoga-se que a maioria das dificuldades organizacionais advém de eventos internos e na grande maioria das vezes os problemas são decorrentes das próprias ações que são tomadas na crença que irão solucionar os problemas. Como mencionado por Sterman (1989), os próprios feedback de um sistema social tendem a provocar equívocos, influenciando a tomada de decisão ineficaz (Forrester, 1971, Forrester, 1991).

A compreensão destes fatores é possível a partir de uma rica fonte de informação, onde políticas podem ser incorporadas como variáveis endógenas (internas) e variáveis (exógenas) e analisadas a curto, médio e longo prazo a partir de dados mentais e *softwares* de simulação (Forrester, 1991).

Sob a ótica da DS, os sistemas são formados por muitos laços de realimentação que interagem entre si ao longo do tempo. Diferentemente do modelo tradicional de causa e efeito, em sistemas dinâmicos os fatores ou variáveis interferem um aos outros, formando uma rede de causalidade recíproca. Quanto as fontes de informação utilizadas pela DS, estão: (i) base de dados escrito e; (ii) base de dados mental. Enquanto a primeira auxilia no fornecimento de parâmetros e séries temporais e deve ser usadas com cuidado em análises de complexos sistemas de feedback e sistemas não-lineares (Forrester, 1991), a segunda configura-se como uma rica fonte de informação a respeito das políticas e regras que implicam na tomada de decisão, possibilitando assim, a identificação de causa e efeito entre as variáveis (Forrester, 1971, Forrester, 1991, Olaya, 2015).

Reconhece assim, que a forma de enxergar os sistemas vai muito além de informações e observações provenientes de dados e do método de indução. A DS reconhece que a construção de um modelo é uma atividade criativa e a qualidade destes modelos está ligado diretamente com a utilização e modelagem do pensamento operacional, que exige determinadas habilidades para definir os processos de decisão e expressá-lo de uma forma adequada para que represente a realidade da melhor forma possível.

Nesse contexto, vários estudos vem aplicando a DS. Leynes (2000) utilizou a DS para identificar mudanças estruturais importantes na indústria de fabricação de aeronaves, Ercan, Onat e Tatari (2016) aplicaram a DS para apresentar projeções futuras para reduzir o CO₂ nos EUA. Já Horschig , Welfle, Billing e Thran (2019) buscou avaliar as possibilidades econômicas de utilização de CO₂ gerada por plantas de biometano na Alemanha.

2.2 MERCADO AÉREO BRASILEIRO

O setor aéreo brasileiro destaca-se por sua representatividade e por promover o desenvolvimento econômico do país. De acordo com o relatório divulgado pela ANAC, a demanda do transporte aéreo brasileiro no mês de Abril de 2019, teve um aumento de 0,8 % quando comparada ao mesmo mês do ano anterior, foram movimentados cerca de 7,3 milhões de passageiros em voos domésticos (Anac, 2019).

Apesar de sua representatividade, o setor aéreo é considerado um dos setores mais instáveis para as empresas operarem devido a fatores de mercado e que são altamente dinâmicas e influenciadores de preços. Entre esses fatores, citam-se: (i) gargalos de infraestrutura; (ii) Aumento de preços de combustíveis; (iii) taxa de câmbio; (iv) concentração do mercado aéreo doméstico entre poucas companhias; (v) altos custos com arrendamento de aeronaves (Mckinsey & Company, 2010, Gramani, 2012).

De uma perspectiva histórica, entre os anos de 1997 a 2002, antes das liberações tarifárias, a taxa de crescimento do mercado aéreo foi de apenas 4%. Já entre 2003 a 2010, com a liberação tarifária, essa taxa passou para 10% tornando o mercado mais competitivo (Mckinsey & Company, 2010). Nos anos seguintes o país entrou em uma crise econômica que ocasionou uma queda expressiva na demanda pelo transporte aéreo. Em 2018, o setor voltou a ter um crescimento expressivo (4,3%) em relação a 2017, recuperando assim as taxas obtidas no ano de 2010 (Cunha *et al.*, 2019).

Em relação as companhias que operam neste mercado, até 2002 (período mais regulado) seis grandes companhias competiam no mercado: Gol, Varing, TAM, Transbrasil, Rio Sul e Vasp. A partir das novas condições impostas com a liberação tarifária novas companhias foram introduzidas no mercado (Pagliari & Graham, 2019). Esse novo cenário levou algumas empresas a decretar falência e serem incorporadas por outras companhias, como foi o caso da Varing, incorporada pela Gol. Assim, no ano de 2010, Gol e Latam detinham 80% de participação no mercado doméstico. A partir de 2008 com a entrada da Azul no mercado aéreo essa concentração foi reduzida (Mckinsey & Company, 2010). A Figura 1 apresenta a participação de mercado doméstico das principais companhias aéreas brasileiras no mês de Abril de 2018.

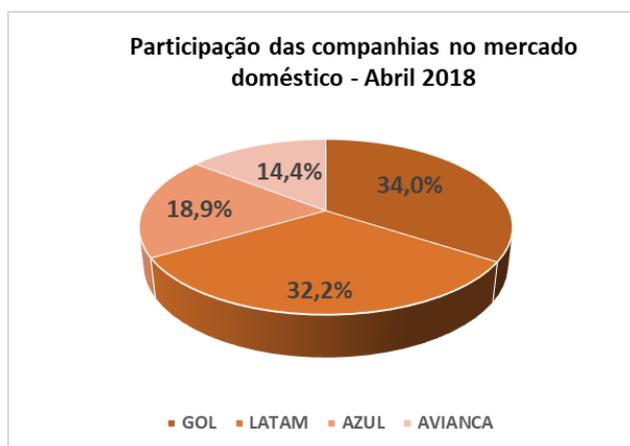


Figura 1- Participação das principais companhias aéreas brasileiras no mercado doméstico

Fonte: Anac, 2019.

De acordo com os dados divulgados pela Anac, a Gol foi a empresa que mais transportou passageiros em 2018, seguida pela Latam, Azul e Avianca. Apesar de não estarem contempladas no gráfico 7, outras empresas como Passaredo e Map participam no mercado aéreo doméstico com 0,4%.

3 METÓDO DA PESQUISA

O método da presente pesquisa baseia-se na construção de um modelo de sistema dinâmico a partir do *Software* Stella. O intuito do modelo foi demonstrar as variáveis que moldam e tornar o

mercado aéreo um setor altamente dinâmico bem como demonstrar dentre as variáveis quais tiveram mais influência na quebra da Avianca.

Os dados obtidos para construir o modelo foram extraídos a partir das informações contábeis divulgadas pela *Ocean Air Linhas Aéreas S.A* em 2008, pelo Anuários de transporte aéreo divulgados pela ANAC no ano de 2018 e 2019. Os passos para construção do processo de modelagem propostos por Sterman (2000) são demonstrados na Figura 2.

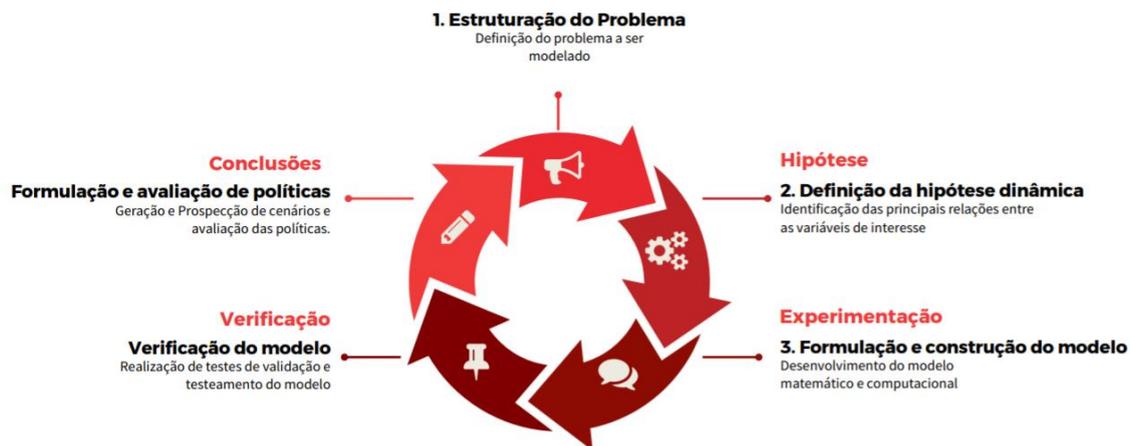


Figura 2- Etapas do processo de modelagem

Fonte: Sterman (2000).

Cabe salientar que as fase de “Verificação” do modelo não foi aplicada no presente estudo. A seguir é apresentado a aplicação de cada etapa.

3.1 ESTRUTURAÇÃO DO PROBLEMA

A Avianca Brasil, chamada oficialmente Ocean Air Linhas Aéreas, é uma companhia aérea brasileira com sede na cidade de São Paulo. Segundo dados da Anac (2017) a Avianca opera no mercado brasileiro desde o ano de 1998 (Anac, 2017).

Até o ano de 2017, a companhia alcançou participação de 12,9 % no mercado doméstico e 2,6 % no mercado internacional, com uma receita de 3,7 bilhões de reais. Em voos domésticos, com uma frota de 44 aeronaves, transportou 10,6 milhões de passageiros e 217 mil em voos internacionais, atuando em 28 aeroportos brasileiros e 9 aeroportos internacionais (Anac, 2017).

De acordo com o Valor Econômico (2018) o aumento dos custos operacionais da empresa aumentaram 96% no segundo trimestre de 2018 dada a variação cambial (que influencia o custo do arrendamento das aeronaves) e o aumento do preço do combustível, estimado em R\$ 772 milhões. Em dezembro de 2018 a companhia aérea decretou recuperação judicial devido a um prejuízo estimado em cerca de 188 milhões.

De acordo com as demonstrações financeiras da empresa entre o final de 2016 a Setembro de 2018, os passivos da Avianca para as empresas de leasing de aeronaves foram para R\$ 415 milhões. Dada os altos custos operacionais, a Avianca viu sua participação no mercado despencar, como pode ser verificado na Figura 3, que demonstra a participação de mercado doméstico das companhias aéreas no mês de Abril de 2019.

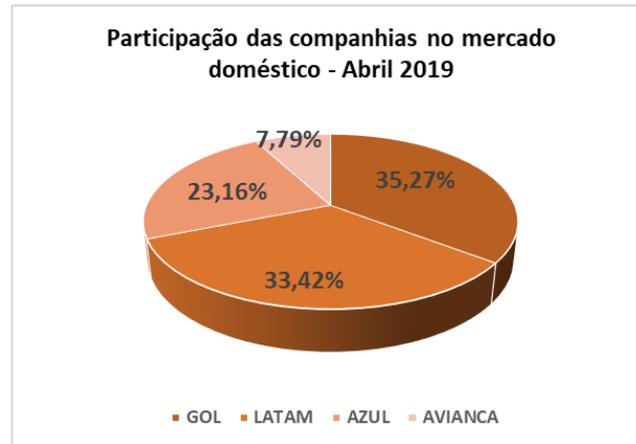


Figura 3- Participação das principais companhias aéreas brasileiras no mercado doméstico

Fonte: Anac, 2019.

A participação de mercado da Avianca passou de 14,4% em Abril de 2018 para 7,8% em Abril de 2019, uma queda de 54,2%, ocasionada por uma redução demanda e oferta de 45,5%. Enquanto isso, as companhias Azul, Latam e Gol apresentaram crescimento, de 23%, 3,7% e 3,7%, respectivamente (Anac, 2019).

3.2 DEFINIÇÃO DA HIPÓTESE DINÂMICA

Um dos principais influenciadores dos custos das companhias aéreas é o custo do combustível das aeronaves, que correspondem por grande parte dos custos operacionais que de acordo com McKinsey & Company (2010) equivalem a cerca de 30% a 40% dos custos (Zhu, Pei, Liu & Zhou, 2019).

Desde os ano de 2000, devido as fortes oscilações do preço de petróleo no mercado internacional, o custo da querosene de aviação no Brasil sofreu fortes oscilações. Em 2008, o preço do petróleo no mercado internacional, chegou a atingir sete vezes mais do que em 2002. Já em 2010, atingiu um nível de 3,5 vezes quanto comparado ao ano de 2002 (Mckinsey & Company, 2010). A Figura 4 apresenta a variação do preço do barril de petróleo entre os meses de Maio de 1994 a Maio de 2018.



Figura 4 -Variação do preço do barril de petróleo

Fonte: Elaborado pelo autor. Baseado nos dados obtidos no index mundi (2018).

No ano de 2017, o Brasil foi um dos países mais afetados com o aumento do preço do petróleo dado a variação do preço do combustível em 20% em relação ao início do ano (Iata, 2018). Em 2018, segundo dados divulgados pelo Valor Econômico, o combustível representou **57,52%** dos custos da companhia.

Além da exposição a variação dos preços do combustível, a taxa de câmbio (dólar-real), é outra variável que afeta significativamente os custos das companhias. O mercado aéreo é altamente dependente de insumos importados, que por vez, são diretamente afetados pela variação do câmbio. Além disso, os custos de arrendamento das aeronaves também são influenciados pela taxa de câmbio que, segundo McKinsey & Company (2010), representam entre 4 a 10% dos custos da companhia.

Todas as variáveis citadas acima, são formadas por muitos laços de realimentação, representados por ciclos, que podem ser positivos, ou seja, representam um crescimento reforçado ou negativos para fins de estabilização do sistema (Vaz & Maldonado, 2016). A interação destas variáveis são apresentadas pela Figura 5.

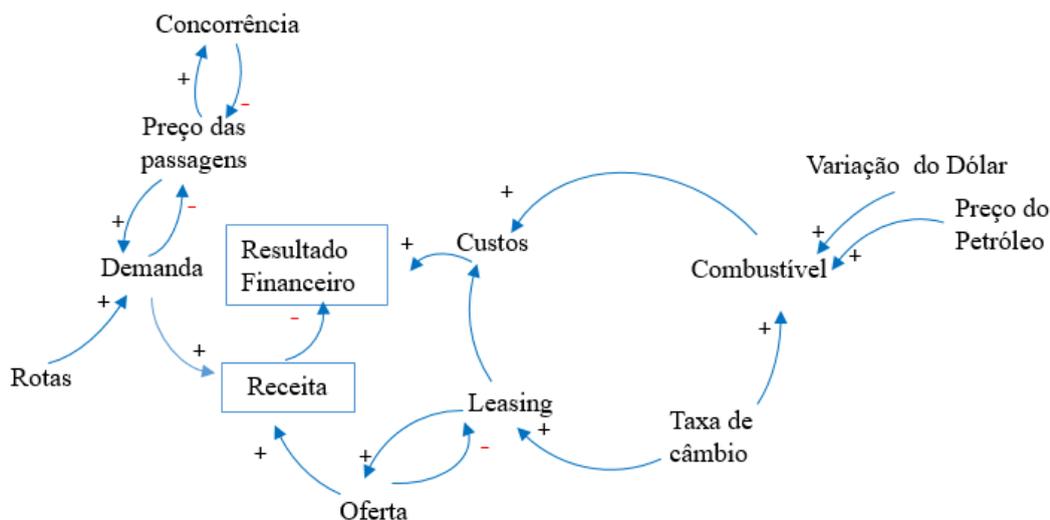


Figura 5- Diagrama Causal

Os resultados financeiros da companhia dependem da receita e dos seus custos operacionais. Como já mencionado anteriormente, os custos da companhia são altamente influenciados pelo variação do dólar, pelo aumento do preço do barril do petróleo e também pela taxa de câmbio. Quanto maior a variação dessas variáveis maior é o custo do combustível e conseqüentemente os custos da companhia. Além dos custos decorrentes do preço do combustível, estão os custos com o arrendamento das aeronaves, que são influenciadas pela taxa de câmbio. Essas relações demonstram a presença de *loops* positivos, ou seja, quando um cresce a outra irá crescer proporcionalmente.

Em contra partida está a receita da companhia, que está atrelada a demanda e oferta. Fatores como por exemplo, o aumento da concorrência acarreta na redução dos preços da passagem e vice-versa, passagens a preço mais baixos irão aumentar a demanda da companhia, esse

comportamento demonstra um *loop* negativo no qual as variáveis tem crescimento inversamente proporcional.

3.3 FORMULAÇÃO E CONSTRUÇÃO DO MODELO

A partir das variáveis geradas no diagrama causal, juntamente com os dados obtidos no relatório contábil da *Ocean Air Linhas Aéreas S.A.*, em 2008 e pelo Anuários de transporte aéreo divulgados pela ANAC foi gerado o modelo com as entradas e saídas do sistema. Observa-se no entanto, devido a indisponibilidade de determinados dados que o modelo foi simplificado para conseguir demonstrar os altos custos operacionais enfrentados pela Avinca a partir do segundo trimestre de 2018. A tabela 1 apresenta as variáveis do modelo.

DADOS FINANCEIROS DA COMPANHIA- RELATIVO AO SEGUNDO TRIMESTRE DE 2018	
Receita Operacional	1.652 bilhões
Custos totais	1.342 bilhões
Custo com Combustível	772 milhões
Custo com arrendamento de aeronaves	403 milhões
Gastos	156,7 milhões
Período Simulado	10 anos
dt	0.25

Tabela 1- Tabela 1- Parâmetros de simulação

Fonte: Anac (2019) e OceanAir Linhas Aéreas (2018).

A partir destes dados foi possível gerar os modelos para simulação no *software* Stella, como demonstrado na Figura 6.

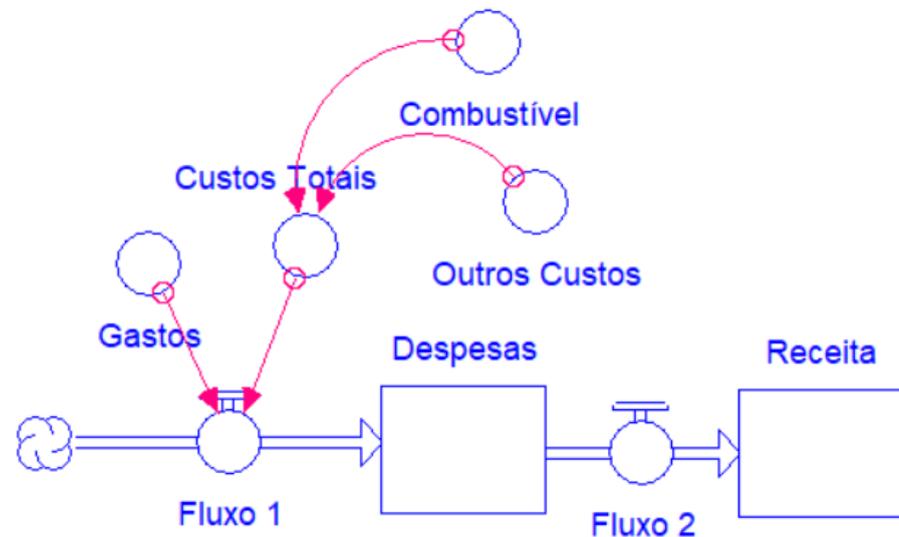


Figura 6 - Modelo de simulação

No primeiro momento, o objetivo do modelo foi analisar os resultados financeiros da empresa por meio de uma taxa de custo de combustível de 57,65 (dado relativo ao segundo trimestre de 2018). Em um segundo momento, as taxas do combustível foi reduzida para 20 e 30% dos custos operacionais para avaliar o impacto nos custos totais.

A partir dos modelos simulados, foram gerados os gráficos e analisados os resultados obtidos. Esses resultados serão apresentados na seção dos resultados.

3.4 FORMULAÇÃO E AVALIAÇÃO DE POLÍTICAS

Os resultados obtidos a partir do Cenário são apresentados na Figura 7, os quais apresentam o comportamento do resultado financeiro a partir das receitas e despesas da companhia.

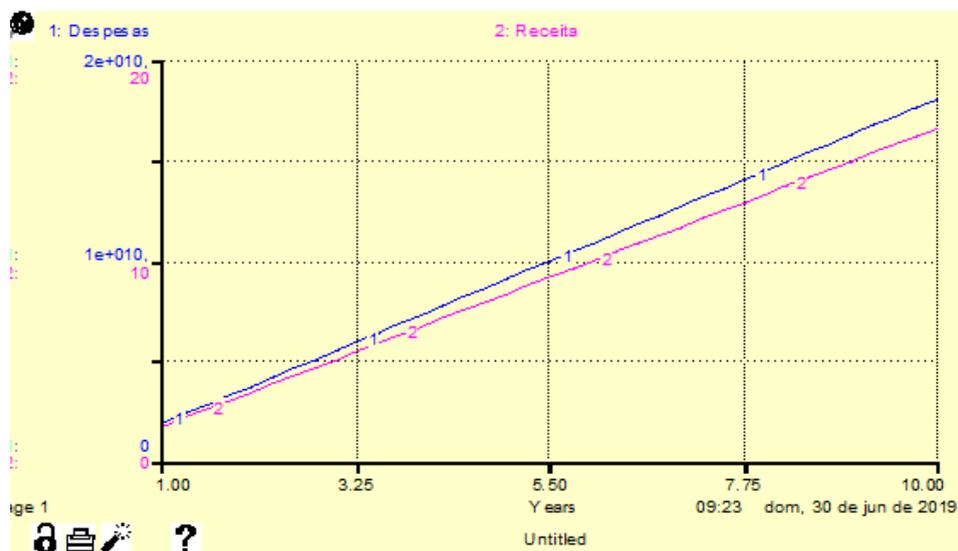


Figura 7- Resultados do Cenário 1

Como observado na Figura 7, uma taxa de 57,65% (percentual que o preço do combustível representou nos custos totais da companhia no segundo trimestre de 2018) as despesas da companhia supera a receita da companhia logo a partir do primeiro ano analisado e vão aumentando a medida que aumenta o dt analisado. Mesmo atingindo R\$ 1,652 bilhões de receita no segundo trimestre de 2018, aumento de 111% quando comparado ao mesmo trimestre do ano anterior, os custos operacionais da empresa continuaram a crescer drasticamente devido a mudanças no mercado. Mesmo depois da crise, não preocupada com seus custos operacionais, a Avianca continuou ofertando os seus serviços no mesmo padrão contribuindo assim para a piora no cenário.

Como comentado anteriormente, o combustível representa uma parcela significativa dos custos da companhia e desse modo trata-se de um dos principais riscos para o setor. Ainda segundo a OceanAir Linhas Aéreas (2018), até 31 de Dezembro de 2017, a Avianca não fazia uso de instrumentos derivativos, para prevenir os riscos decorrentes das flutuações do preço do petróleo e as variações na taxa de câmbio. Como consequência, no final de setembro de 2018, o passivo circulante da empresa superava o ativo circulante em R\$ 1.877.718.

Dado a representatividade dos custos de combustível representa para a companhia, no segundo cenário, a taxa de combustível foi reduzida para 35%, ou seja uma redução de 22,65%. A Figura 8 demonstra o resultado para esse novo cenário.



Figura 8- Resultados do cenário 2

Observa-se que a estratégia de reduzir a taxa dos custos decorrentes do consumo de combustível das aeronaves resulta em uma melhoria significativa nos custos da companhia que no final do segundo começa a apresentar receita positiva. Além de outras estratégias que poderiam ter sido adotadas pela empresa, está a adoção de ações voltadas para redução dos custos decorrentes da taxa de câmbio que, apesar de representar valor inferior ao custo do combustível representa uma parcela significativa nos custos das companhias.

A partir dos resultados obtidos fica evidente que, apesar do combustível ser uma variável volátil as mudanças de mercado, as políticas adotadas pela Avianca não levaram em consideração o risco relacionado as flutuações no preço do petróleo. Logo, a não adoção de instrumentos derivativo expôs a companhia aérea a altos custos que causaram um impacto adverso nos fluxos de caixa, posição patrimonial e financeira que levaram a companhia a solicitar recuperação judicial.

CONCLUSÕES

Os resultados do modelo, permitiram visualizar parcialmente a dinâmica do mercado aéreo. A partir das análises geradas pelo modelo DS, fica evidente que as próprias políticas adotadas pela Avianca levaram a empresa a decretar falência. Essa informação vai ao encontro do pressuposto da DS que defende a ideia de que as próprias decisões e ações internas das empresas acabam acarretando problemas a médio e longo prazo.

O presente trabalho auxiliou a demonstrar a complexidade enfrentada pelo mercado aéreo. Advoga-se que a capacidade das companhias recuperem os custos decorrentes do aumento do combustível e a variação no câmbio continuará a ser um desafio para o setor, o que aumenta ainda mais a pressão pela redução dos custos operacionais e a adoção de instrumentos derivativos.

Inserida em um mercado altamente dinâmico, a quebra de uma companhia aérea traz consigo uma série de consequências, não somente para a empresa mas para todo o setor. Entre essas consequências estão os altos custos de passagens e a falta de prestação de serviço. Como apresentado no trabalho, a participação da Avianca no mercado aéreo nacional caiu em 54,2% em Abril de 2019.

Devido à dificuldade de obter os dados necessários para rodar o modelo incorporando todas as variáveis, uma das limitações do presente estudo foi considerar somente algumas variáveis contempladas no diagrama causal. Além dos custos da companhia, uma série de outros fatores e comportamentos podem ser analisados por meio da DS, como variações nos preços das passagens, demanda, arrendamento de aeronaves, etc. Outra limitação do trabalho foi analisar somente o mercado nacional, já que a Avianca operava em apenas em alguns voos internacionais.

REFERÊNCIAS

- Anac. (2017). Anuário do transporte aéreo 2017. Recuperado em 11 de Junho, 2019, de <https://www.anac.gov.br/assuntos/dados-e-estatisticas/mercado-do-transporte-aereo/ultimas-publicacoes/anuario-do-transporte-aereo-2013-2017>.
- Anac. (2019). Demanda e oferta do transporte aéreo - Empresas Brasileiras, Abril 2019. Recuperado em 10 de Junho, 2019, de <https://www.anac.gov.br/assuntos/dados-e-estatisticas/demanda-e-oferta-do-transporte-aereo>.
- Casagrande, V. (2018). Por que tantas companhias aéreas vão à falência no Brasil e no mundo? Blog todos a bordo. Recuperado em 04 de Junho, 2019, de <https://todosabordo.blogosfera.uol.com.br/2018/12/14/crise-companhias-aereas-falencia-recuperacao-judicial/>.
- Cunha, R. C., Valente, M. V., Silva, P. C., Rocha, J. W., & Carvalho, F. G. (2019). Evaluation of the Brazilian airport management: challenges and impact on quality of services. (2019). In: *23rd World Conference of the Air Transport Research Society*. Amsterdam, 2-5 de Julho de 2019.
- Ercan, T., Onat, N. C., & Tatari, O. (2016). Investigating carbon footprint reduction potential of public transportation in United States: A system dynamics approach. *Journal of cleaner production*, v. 133, p. 1260-1276.
- Forrester, J. W. (1971). Counterintuitive behavior of social systems. *Technological Forecasting and Social Change*, v. 3, p. 1-22.
- Forrester, J. W. (1991). *System dynamics and the lessons of 35 years*. In: *A systems-based approach to policymaking*. Springer, Boston, MA, p. 199-240.

- Gramani, M. C. N. (2012). Efficiency decomposition approach: a cross-country airline analysis. *Expert Systems with Applications*, v. 39, n. 5, p. 5815-5819.
- HORSCHIG, T., WELFLE, A., BILLING, E., & THRAN, D. (2019). From Paris agreement to business cases for upgraded biogas: Analysis of potential market uptake for biomethane plants in Germany using biogenic carbon capture and utilization technologies. *Biomass and Bioenergy*, v. 120, p. 313-323.
- Iata (2019). Economic Performance of the Airline Industry. Recuperado em 07 de Junho, 2019, de <https://www.iata.org/publications/economics/Reports/Industry-Econ-Performance/Airline-Industry-Economic-Performance-Jun19-Report.pdf>
- Iata. **Annual Review 2018**. Sydney: IATA, 2018. 68 p. Recuperado em 06 de Junho, 2019, de <https://www.iata.org/publications/Documents/iata-annual-review-2018.pdf>.
- Index Mundi (2018). Petróleo bruto mensal- Real brasileiro por Barril (2019). Recuperado em 06 de Junho, 2019, de <https://www.indexmundi.com/pt/pre%C3%A7os-de-mercado/?mercadoria=petr%C3%B3leo-bruto&meses=300&moeda=brl>.
- Lyneis, J. M. (2000). System dynamics for market forecasting and structural analysis. *System Dynamics Review: The Journal of the System Dynamics Society*, v. 16, n. 1, p. 3-25.
- Mckinsey & Company. (2019). Estudo do Setor de Transporte Aéreo do Brasil. Rio de Janeiro: Mckinsey & Company, 2010. 381 p. Recuperado em 06 de Junho, 2019, de <https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/handle/1408/7666>
- Ocean Air Linhas Aéreas S.A. Informações contábeis intermediárias, 2018. Recuperado em 16 de Junho, 2019, de <https://www.anac.gov.br/assuntos/dados-e-estatisticas/demonstracoes-contabeis/demonstracoes-contabeis-de-empresas-aereas-2018>.
- Olaya, C. (2015). Cows, agency, and the significance of operational thinking. *System Dynamics Review*, v. 31, n. 4, p. 183-219.
- Onat, N. C., Egilmez, G., & Tatari, O. (2014). Towards greening the US residential building stock: a system dynamics approach. *Building and Environment*, v. 78, p. 68-80.
- Pagliari, R., & Graham, A. (2019). An exploratory analysis of the effects of ownership change on airport competition. *Transport Policy*, v. 78, p. 76-85.
- Stamolampros, P., & Korfiatis, N. (2019). Airline service quality and economic factors: An ARDL approach on US airlines. *Journal of Air Transport Management*, v. 77, p. 24-31.
- Sterman, J. D. (2002). All models are wrong: reflections on becoming a systems scientist. *System Dynamics Review*, v. 18, n. 4, p. 501-531.
- Sterman, J. D. (2000). *Business dynamics: systems thinking and modeling for a complex world* (Vol. 19): Irwin/McGraw-Hill Boston.
- Vaz, C. R., & Maldonado, M. U. (2016). O que é a dinâmica de sistemas? Reflexões sobre sua evolução e sobre as oportunidades de aplicação na gestão de operações. In: *Simpósio de Administração da Produção, Logística e Operações Internacionais*, 2016, São Paulo. XX SIMPOI.
- Zhu, Q., Pei, J., Liu, X.; & Zhou, Z. (2019). Analyzing commercial aircraft fuel consumption during descent: A case study using an improved K-means clustering algorithm. *Journal of Cleaner Production*, v. 223, p. 869-882.