

# Estruturação do Problema do Risco Aviário no Galeão utilizando a Metodologia SSM

Alessandro Giacotto<sup>1</sup>, Carlos Eduardo José da Silva<sup>1</sup>, Elias Hallack Neto<sup>1</sup>, Carmen Belderrain<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA), São José dos Campos/SP – Brasil

**Resumo** – O Aeroporto Internacional Tom Jobim, conhecido como Aeroporto do Galeão, é o maior complexo aeroportuário do Rio de Janeiro e o segundo maior do país em tráfego aéreo internacional. Localizado próximo de regiões de aterros sanitários, esse aeródromo está cercado pela Baía de Guanabara, onde comunidades de pescadores desenvolvem as suas atividades. O lixo e a atividade pesqueira atraem aves que sobrevoam o aeródromo, ameaçando a segurança dos voos, em razão do risco de colisões. O propósito deste trabalho é apresentar a estruturação dessa situação problemática e propor ações que possam mitigar o risco aviário mencionado, utilizando a metodologia SSM (*Soft Systems Methodology*). Além disso, é proposta a aplicação do modelo OSA-CBM (*Open System Architecture for Condition Based Maintenance*) como método complementar, a fim de monitorar a condição do sistema complexo após a implementação das ações mitigatórias, assegurando a manutenção a longo prazo da segurança de voo naquele aeródromo.

**Palavras-Chave** – Segurança, SSM, CBM.

## I. INTRODUÇÃO

O Aeroporto Internacional Tom Jobim, o maior do Estado do Rio de Janeiro, é um aeródromo do tipo de uso público, funcionando sob o código aeroportuário GIG, da *International Air Transport Association* (IATA), ou SBGL, da *International Civil Aviation Organization* (ICAO). A Figura 1 apresenta a localização desse aeródromo inserido no contexto geográfico da Baía de Guanabara.

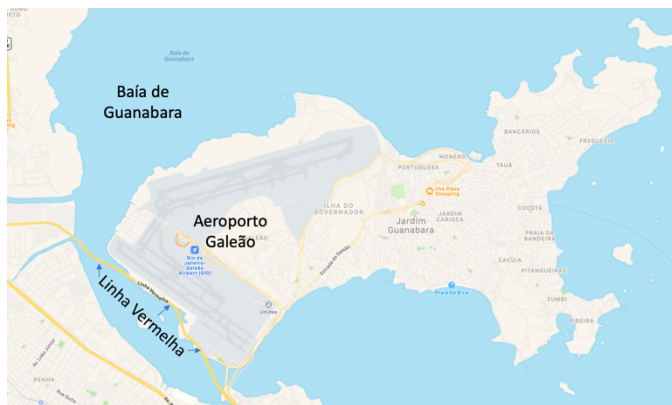


Fig. 1. Aeroporto Internacional Tom Jobim [1].

Esse aeroporto possui duas pistas. A primeira, delimitada pelas cabeceiras 10/28, tem a extensão de 4.000 metros e a largura de 45 metros. A segunda, de cabeceiras 15/33, tem 3.180 metros de extensão e 47 metros de largura [2]. Ele está

localizado próximo a regiões de preservação ambiental, e faz fronteira com aterros sanitários, também conhecidos como lixões, a uma distância menor do que dez quilômetros das cabeceiras das pistas de pouso e decolagem de aeronaves (ver referência regulamentar de Área de Segurança Aeroportuária [4] mais adiante) e, devido a essa proximidade, há incidência de urubus (*Coragyps Atratus*) que sobrevoam a área do aeroporto [3].

A menos de um quilômetro, paralela à pista de cabeceiras 15/33, corre a Via Expressa João Goulart, também conhecida como Linha Vermelha. Ainda próximos a essa mesma pista, encontram-se hospitais, escolas e comunidades onde vivem milhares de pessoas. Nesse contexto, é importante considerar o aspecto sociocultural dos habitantes da região, que têm por vício descartar grande quantidade de lixo na Baía de Guanabara, atraindo ainda mais aves, dentre outros animais, para a região aeroportuária.

Além disso, o aeródromo está cercado pela Baía de Guanabara, onde comunidades de pescadores desenvolvem diariamente as suas atividades. O tráfego de barcos pesqueiros no entorno do aeródromo atrai grande quantidade de aves marinhas que sobrevoam permanentemente as pistas de pouso e decolagem de aeronaves, tais como as garças brancas grandes.

Para completar esse cenário, a coleta de lixo nessa região é precária, pois o comprometimento e a capacidade das entidades responsáveis pela limpeza da região estão muito aquém da demanda diária programada de coleta de lixo.

A incidência de registros de colisões e quase colisões durante as operações aéreas em todo o país [3], demandou uma legislação própria para a definição das áreas prioritárias para o controle de fauna nas imediações dos aeródromos. Nesse sentido, o Plano Básico de Gerenciamento de Risco de Fauna define uma Área de Segurança Aeroportuária (ASA) como a “área circular do território de um ou mais municípios, definida a partir do centro geométrico da maior pista do aeródromo ou do aeródromo militar, com 20 km (vinte quilômetros) de raio, cujos uso e ocupação estão sujeitos a restrições especiais em função da natureza atrativa de fauna” [4].

As iniciativas empregadas até agora não foram suficientes para sanar o problema que apresenta as características de um problema complexo, conforme foram propostas por Mingers e Rosenhead [5], quando defenderam que tais problemas envolvem situações com múltiplos atores com perspectivas distintas, interesses conflitantes, em um ambiente incerto, e com características não quantificáveis.

Nesse sentido, o objetivo deste artigo é estruturar o problema do risco aviário no aeroporto Tom Jobim, além de

propor oportunidades de melhorias no Programa Nacional de Gerenciamento do Risco da Fauna (PNGRF). Para alcançar o objetivo, este trabalho propõe a aplicação do Método de Estruturação de Problemas (*Problem Structuring Method - PSM*), denominado *Soft Systems Methodology (SSM)*.

Complementarmente, este trabalho ainda propõe agregar os conceitos do modelo OSA-CBM (*Open System Architecture - Condition Based Maintenance*), a fim de monitorar o sistema complexo, em conjunto com o SSM. Assim, o método SSM empregado na solução do problema apresentado pode contribuir na compreensão de todo o sistema complexo, além de propor transformações. Dessa maneira, o conhecimento gerado pelo SSM pode ajudar o emprego do método OSA-CBM.

## II. REVISÃO DA LITERATURA

### A. Metodologia SSM

Para Checkland [6], o SSM pressupõe um processo ligado ao pensamento holístico, e envolve uma aprendizagem sistêmica, enquanto se promove uma intervenção na realidade de um problema complexo. Para esse autor, as ações humanas são tomadas, a partir de algum propósito declarado. Assim, no SSM é proposta a modelagem dos sistemas de atividades humanas, ou *Human Activity System (HAS)*, como conjuntos intimamente conectados. Complementando essa proposta, Water, Schinkel e Rozier [7] defendem que “o objetivo do SSM é iniciar um debate para criar uma visão e compreensão comum do contexto da situação problemática. O resultado de tal debate deveria ser a criação de consenso sobre a situação do problema”.

Hanafizadeh e Mehrabioun [8] também concluíram que, nos últimos anos, uma ampla variedade de estudos aplicou a metodologia SSM para resolver problemas complexos. Contudo, esses autores advertem que os fatores decorrentes da natureza do problema; o domínio inadequado do pesquisador sobre a metodologia utilizada; ou as próprias limitações do método podem exercer influência sobre a qualidade da solução do problema.

Corroborando com essa linha de pensamento, Mingers e Rosenhead [5] argumentam que a abordagem ou pensamento sistêmico está intimamente conectada com o desenvolvimento da ciência. Para esses autores, pensar sistemicamente é fundamental na solução de problemas complexos e não estruturados, não importando a área que demanda uma solução. Dessa forma, dentro do escopo deste trabalho, é saudável buscar soluções multidisciplinares e sistemicamente viáveis, diante da complexidade dos fatores que envolvem o risco de fauna para as operações aéreas no aeroporto Tom Jobim.

Nesse sentido, Checkland [6] propõe um modelo de sete estágios, através dos quais um processo cíclico de aprendizagem possibilita compreender e estruturar problemas complexos. Os primeiros dois estágios permitem “explorar” uma situação problemática extraída da realidade, mas sem uma estrutura prévia. Ainda no segundo estágio, a situação problemática é “expressa”, de forma clara, atraente e inteligível, utilizando-se uma figura representativa da

realidade percebida, com riqueza de detalhes, denominada figura rica. Ainda dentro do escopo desses dois estágios, é possível realizar as análises 1,2 e 3 que facilitam a compreensão do problema complexo.

Nesse contexto, na análise 1, buscam-se os possíveis responsáveis ou donos do problema, através de um exame de intervenção. Na análise 2, busca-se compreender o arcabouço social e político do problema. Na análise 3, busca-se mapear a estrutura de poder vigente sobre o aspecto sociopolítico. Essas análises, quando somadas à figura rica de detalhes, possibilitam um entendimento mais amplo da situação problemática. Assim, o foco do SSM é direcionado para a transformação de uma percepção não estruturada da realidade para uma imagem mais estruturada [7].

Seguindo uma perspectiva holística, no terceiro estágio proposto por Checkland [6], são construídas definições raízes de sistemas relevantes. Isso é possível por meio da técnica CATWOE (*Customers, Actors, Transformation, Weltanschauung, Owners e Environmental Constraints*), pela qual se constroem as bases para a elaboração de cada definição raiz, a partir da clarificação, respectivamente, dos clientes (C), dos atores (A), da transformação (T) necessária, da visão de mundo (W), dos proprietários (O) e das restrições ambientais (E).

Assim, cada sistema relevante da situação problemática é identificado, com as suas respectivas transformações. As transformações, em regra, devem conter somente uma entrada (input) e uma saída (output), sendo que a saída contém a entrada transformada. Obedecendo regras específicas, portanto, os CATWOE são construídos para cada transformação necessária. Em seguida, as definições raízes são construídas, para cada CATWOE. Para construir uma definição raiz, é preciso responder três perguntas: o que fazer? Como fazer? E, por que fazer? Dessa forma, uma definição raiz é construída da seguinte forma: “fazer P, na forma Q, para encontrar R” [6].

No quarto estágio do SSM, são construídos os modelos conceituais, ou sistemas de atividades humanas (*HAS - Human Activity Systems*). Essa construção pressupõe uma lista de atividades logicamente relacionadas, que podem ser expandidas para os modelos conceituais que devem ser comparados com a situação problemática real expressa no segundo estágio. Cabe ressaltar que os HAS devem ser controlados, segundo critérios de eficiência, eficácia, efetividade, ética ou elegância [6].

Então, no estágio 5, o que ocorre no mundo real é comparado com os HAS desenvolvidos no quarto estágio. Checkland [6] sugere que essa comparação seja realizada diante dos stakeholders, a fim de gerar debates sobre as possíveis transformações propostas, que amenizarão a situação problemática. Por fim, no sexto estágio, os stakeholders recomendam mudanças, que devem ser culturalmente viáveis e sistemicamente desejáveis. No sétimo estágio, são sugeridas ações para transformar a situação problemática, além de motivar as pessoas envolvidas no empreendimento das ações [6].

Em seu artigo, Hanafizadeh e Mehrabioun [8] identificaram diferentes áreas e níveis de aplicação do SSM, diante de situações problemáticas. Os resultados da sua

pesquisa revelaram a aplicação do SSM em áreas, tais como desenvolvimento sustentável, gestão do conhecimento e gerenciamento de projetos. Nesse sentido, este artigo sugere a utilização dessa metodologia, a fim de estruturar o problema do perigo de fauna nas operações aéreas do aeródromo do Galeão.

**B. Modelo OSA-CBM**

O modelo OSA-CBM (*Open System Architecture - Condition Based Maintenance*) idealizado pela MIMOSA (*Machinery Information Management Open Systems Alliance*), organização envolvida no desenvolvimento das normas para a manutenção baseada na condição, é constituído por um padrão de fluxo de informações voltadas à manutenção de um sistema complexo. Este fluxo passa por seis camadas: aquisição de dados, manipulação de dados, detecção do estado, avaliação da saúde, prognóstico e geração de recomendação [9] conforme mostrado na Figura 2.

A manutenção baseada na condição (CBM - *Condition Based Maintenance*) visa antecipar uma operação de manutenção, com base em evidências de degradação e desvios de performance do sistema monitorado [10]-[11].

Neste contexto, o monitoramento inteligente utilizando sensores é essencial para adquirir dados relevantes que contenham a caracterização de desvios operacionais: sensores acústicos e ultrassônicos, acelerômetros, câmeras, medições de corrente ou termopares são geralmente empregados para este fim [12]-[13]. Além desses dados, as condições ambientais e as informações contextuais, como temperatura, pressão ou umidade, fornecem informações muito úteis para enriquecer o processo de modelagem [14]. A partir dessas informações, KPIs (*Key Performance Indicators*) específicos são calculados e analisados para descobrir tendências que podem levar a uma possível falha crítica.

Para que a manutenção baseada na condição seja efetiva, devem-se adotar todos os tipos de fontes úteis de informação e fornecer os prognósticos necessários para assegurar a operação correta dos sistemas complexos monitorados.

Modelos prognósticos são o núcleo do processo, pois aplicam os métodos comportamentais e estatísticos para a predição e classificação de falhas ou desvios [15] e agregam o maior valor ao operador do sistema. De fato, para monitoramento da condição e diagnóstico, são utilizadas estratégias centradas na análise do modo de falha, efeitos e criticidade (*failure mode, effects, and criticality analysis - FMECA*). Neste cenário, a predição da vida útil restante (*remaining useful life - RUL*) dos ativos é um conceito chave no gerenciamento do ciclo de vida, pois é através dela que o operador tomará consciência situacional sobre o sistema monitorado.

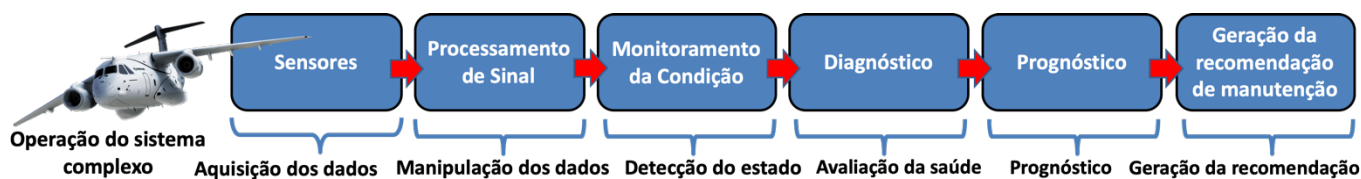


Fig. 2. Processo OSA-CBM para manutenção de um sistema complexo durante a fase operacional.

**III. METODOLOGIA**

A metodologia SSM não apresenta uma arquitetura que possa ser utilizada para manter e monitorar a condição obtida após a aplicação do método de estruturação do problema e implementação das ações corretivas. Por natureza, uma vez implementada a estratégia de correção do problema, a metodologia SSM não é aplicável para monitorar a nova condição do sistema complexo.

Este trabalho propõe uma metodologia constituída pelo SSM e o modelo OSA-CBM, para que seja possível assegurar de forma estruturada que os requisitos de operação do sistema complexo sejam mantidos ao longo de todo o seu ciclo de vida.

A proposta dessa metodologia consiste em uma primeira fase, onde o problema complexo é percebido ou detectado. Na segunda fase, esse problema é submetido à metodologia SSM. Após as transformações dos elementos dos HAS, o modelo OSA-CBM seria integrado ao SSM, para execução do monitoramento da condição. Se a arquitetura do OSA-CBM prognosticar uma piora da condição do sistema, a recomendação para tomada de decisão do operador apontará para nova implementação do SSM para novas transformações. A Figura 3 ilustra a metodologia proposta.

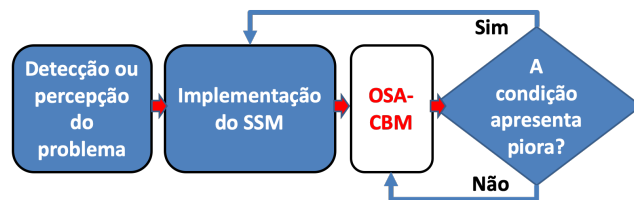


Fig. 3. Processo OSA-CBM para Manutenção de um Sistema Complexo durante a Fase Operacional

**IV. RESULTADOS ENCONTRADOS**

Neste trabalho, o problema complexo identificado foi estruturado através da metodologia SSM. Assim, no primeiro estágio do SSM, buscaram-se informações relevantes sobre o problema complexo, por meio do relato de quatro aeronavegantes, sendo três pilotos e um mecânico, ratificando o nível de tensão das tripulações, quanto ao risco de colisões com pássaros, principalmente nas operações de aproximação para o pouso e decolagem de aeronaves no aeroporto do Galeão.

No período de 28 de maio de 2018, até 27 de maio de 2019, o Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos (CENIPA) registrou, em todos os 2.656 aeródromos públicos e privados brasileiros, 8.034 colisões, quase colisões e avistamentos de pássaros durante as operações aéreas. Desse total, 525 desses eventos, ou seja, 6,5% ocorreram em SBGL.

Segundo Dolbeer [16], 74% das colisões com pássaros reportadas acontecem a baixa altura, o que potencializa o risco de desastres aéreos. Então, é relevante considerar os riscos de fauna em SBGL, pois a sua localização geográfica, com os diversos atrativos supramencionados, favorece a recorrência de sobrevoos permanentes de pássaros sobre as pistas de pouso e decolagem. Assim, é necessário compreender todas as variáveis envolvidas e os *stakeholders*.

Neste caso específico, além dos operadores militares sediados na Ala 11, diversas companhias aéreas comerciais utilizam as pistas desse aeródromo para desenvolverem as suas atividades. Cabe ressaltar também que, desde abril de 2014, a Concessionária Rio Galeão assumiu a responsabilidade pela gestão operacional do aeroporto, que antes era feita pela Empresa Brasileira de Infraestrutura Aeroportuária (INFRAERO).

Porém, como o problema do risco de fauna no aeroporto pressupõe também um teor de conscientização ecológica e sustentável, desponta o importante papel dos órgãos de controle ambiental, tais como o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA), em nível federal, e o Instituto Estadual do Ambiente (INEA), no âmbito estadual, a fim de conscientizar a população vizinha, quanto aos riscos de acumular lixo em locais inapropriados. Além desses interesses, a Prefeitura da Cidade também tem um importante papel, tanto na coleta adequada do lixo, quanto na fiscalização das atividades pesqueiras.

No segundo estágio do SSM, foi construída uma figura rica, a fim de expressar todos os aspectos relevantes do problema. Conforme ilustra a Figura 4, foram identificados três sistemas relevantes: aterro sanitário próximo do aeroporto, a menos de dez quilômetros das pistas de pouso; atividade pesqueira intensamente desenvolvida pelas comunidades vizinhas ao aeroporto; e descarte inadequado de lixo na Baía de Guanabara, o que está intimamente ligado às questões culturais locais.

No terceiro estágio foram construídas definições sucintas dos sistemas relevantes, e foram identificadas as definições raízes que esclarecem as necessárias transformações. Nesse sentido, os CATWOE relativos a cada sistema relevante, respectivamente, foram construídos, permitindo chegar à definição raiz de cada um.

A definição raiz do aterro sanitário próximo do aeroporto ficou explicada como um sistema que atende a população que descarta lixo na Baía de Guanabara, gerenciado pela Prefeitura da Cidade, que possibilite ordenar os aterros sanitários, realocando-os a uma distância segura do aeroporto do Galeão, colaborando com a segurança das operações aéreas naquele aeródromo, conforme a Figura 5.

A definição raiz da atividade da pesca próxima do aeroporto foi determinada como um sistema que atende os usuários do aeroporto, bem como os pescadores locais, gerenciado pela prefeitura da cidade, que regula as atividades pesqueiras no entorno do aeródromo, a fim de preservar as operações aéreas do perigo aviário, conforme a Figura 6.

Por fim, a definição raiz do descarte de lixo na Baía de Guanabara foi estabelecida como um sistema que atende a população que descarta lixo na cidade, gerenciado pela prefeitura da cidade e líderes comunitários, que possibilite

conscientizar a comunidade vizinha ao aeroporto, sobre os perigos causados pelo descarte inadequado de lixo na Baía de Guanabara, conforme a Figura 7.

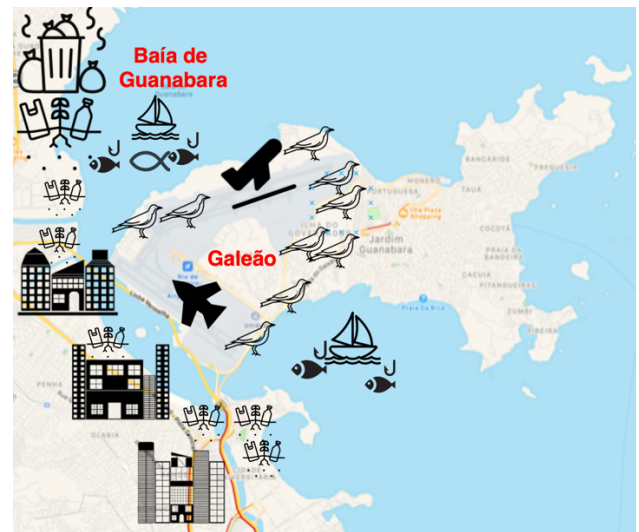


Fig. 4. Figura rica do risco aviário.

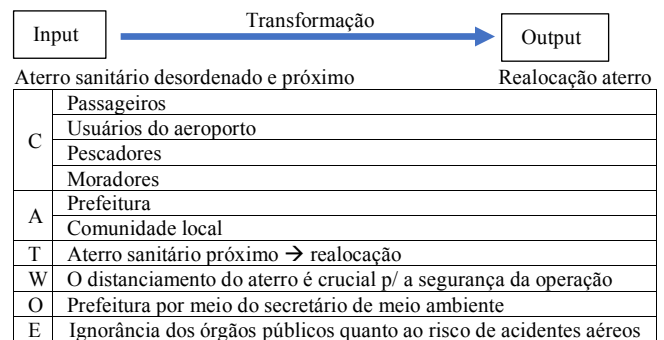


Fig. 5. CATWOE (S1) - Aterro sanitário próximo do aeroporto.

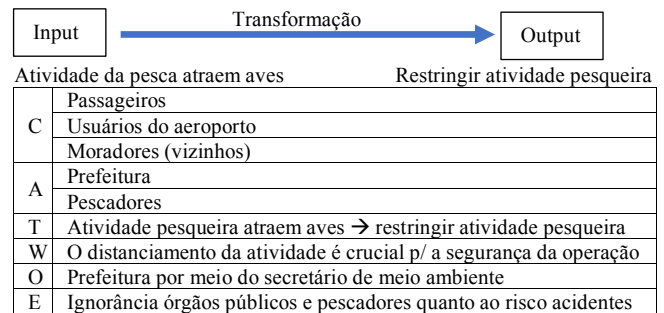


Fig. 6. CATWOE (S2) – Atividade de pesca próxima do aeroporto.

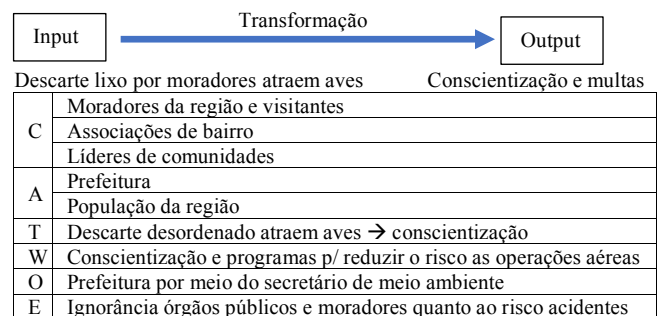


Fig. 7. CATWOE (S3) – Descarte de lixo na Baía de Guanabara.

No quarto estágio do SSM, elaboraram-se os modelos conceituais, ou sistemas de atividades humanas (HAS – *Human Activities Systems*) relacionadas com as transformações necessárias. Para cada HAS é analisado o atendimento dos critérios E5:

1. Eficácia: a saída está produzindo algo?
2. Eficiência: a quantidade de matéria usada está correta?
3. Efetividade: a saída está contribuindo como deveria?
4. Ética: essa transformação é moralmente correta?
5. Elegância: essa transformação é agradável?

As figuras 8, 9 e 10 mostram os modelos conceituais para os sistemas S1, S2 e S3 respectivamente.

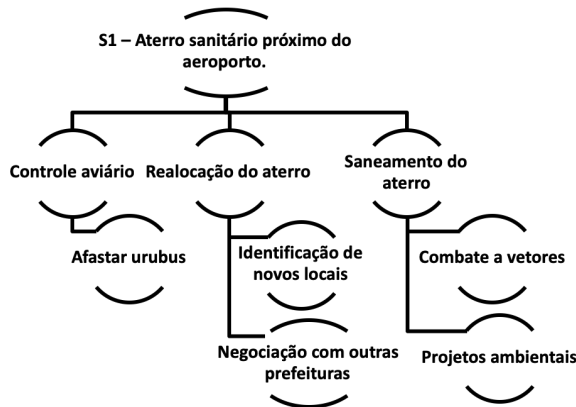


Fig. 8. Sistema de atividades humanas para o sistema S1.

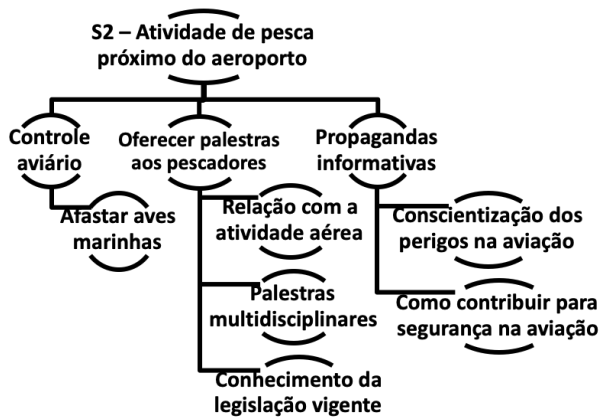


Fig. 9. Sistema de atividades humanas para o sistema S2.

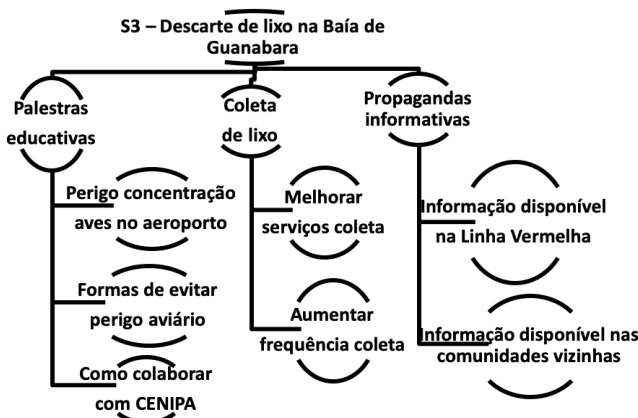


Fig. 10. Sistema de atividades humanas para o sistema S3.

No quinto estágio do SSM, os HASs foram comparados com as ocorrências no mundo real, e verificou-se a aderência do modelo conceitual às mudanças necessárias na realidade. Neste ponto, as mudanças sugeridas foram apresentadas aos quatro aeronavegantes entrevistados que corroboraram as ações sugeridas, bem como recomendaram as mudanças culturalmente viáveis e sistemicamente desejáveis. Dessa forma, no sexto estágio, consolidaram-se as informações na Tabela 1.

TABELA 1. ANÁLISE DO MODELO CONCEITUAL

<i>Modelo Conceitual</i>	<i>Desejáveis?</i>	<i>Viáveis?</i>
Realocar o aterro sanitário	Sim	Não
Delimitar a área de pesca em zonas que não tragam riscos para a aviação	Sim	Sim
Educar a população local	Sim	Sim

Por fim, no sétimo estágio do SSM, sugerem-se as seguintes ações para a melhoria da situação complexa:

- Priorização por parte do Estado e dos Municípios das ações de planejamento orçamentário, a fim de buscar melhor localização para os aterros sanitários das cidades.
- O Estado e Municípios deverão realizar reuniões de coordenação institucional, a fim de planejarem políticas públicas integradas.
- A Prefeitura do Rio de Janeiro, em parceria com o governo estadual, com a Marinha do Brasil e com o Consórcio RIO GALEÃO, deverá empreender ações de conscientização das colônias de pescadores, quanto ao risco aviário para a aviação.
- A Marinha do Brasil deverá empreender patrulhas marítimas, a fim de garantir que as atividades pesqueiras não se realizem próximas ao aeroporto.
- A Prefeitura do Rio de Janeiro deverá realocar os mercados pesqueiros, em local distante do aeroporto.
- As Prefeituras e o Consórcio RIOGALEÃO deverão empreender ações educativas nas comunidades vizinhas ao aeroporto, a fim de que se conscientizem acerca do correto descarte do lixo urbano.

Após as ações tomadas, é necessário o monitoramento da condição do sistema, que o modelo OSA-CBM provê, adotando como indicadores os sintomas do problema complexo identificados durante a implementação da metodologia SSM: número de pesqueiros na área de proibição para pesca, estimativa da quantidade de urubus na região do aeroporto, quantidade de lixo descartado, e número de reportes de acidentes ou quase acidentes. Considerando, portanto, tal complexidade sistêmica, é proposta a utilização do modelo OSA-CBM, com a implementação das seis camadas do fluxo de informação: aquisição de dados, manipulação de dados, detecção do estado, avaliação da saúde, prognóstico e geração de recomendação.

Para a aquisição de dados sobre a condição do sistema, é possível utilizar, por exemplo, um sistema de câmeras, a fim de monitorar o descarte inadequado de lixo próximo ao aeroporto. Também é possível estabelecer uma rotina de coleta de informações originadas a partir dos reportes dos pilotos

sobre o risco de colisão com aves. Também pode ser monitorada a atividade de pesca através da fiscalização da Marinha e dos próprios operadores aéreos.

Para que os dados sejam consolidados pode ser necessária alguma manipulação. Observações feitas através das câmeras podem ser convertidas em toneladas de lixo irregularmente depositadas no aterro. Os reportes dos pilotos podem ser normalizados e os dados das atividades de pesca podem ser convertidos em número de barcos que navegam na área de proibição por hora ou dia.

Com os dados consolidados e estruturados, é possível em seguida, construir um indicador, ou uma série de indicadores, que resumam o estado do sistema. Em outras palavras, é possível detectar a condição do sistema e verificar se o problema do risco aviário se reapresentou.

Caso o problema tenha se reapresentado, é necessário identificar a causa, ou em outras palavras, diagnosticar o porque o problema ocorreu novamente.

Dado o diagnóstico, o prognóstico objetiva analisar a condição futura do sistema. Qual a tendência da condição do sistema ao longo do tempo? Piora? Melhora ou estabilidade? Em quanto tempo a situação se tornará crítica? A análise de prognóstico permite, desta forma, estimar o tempo de reação para corrigir o problema.

Conforme a metodologia proposta, caso o diagnóstico seja favorável e o prognóstico não revele uma piora, a recomendação será por continuar com o monitoramento. Caso o diagnóstico confirme um estado de piora da condição e o prognóstico também confirme a acentuação desta tendência, deverá ser aplicado novamente o SSM para estruturação da nova situação problemática e implementação de ações corretivas.

#### V. CONCLUSÃO

O objetivo desse artigo foi propor uma metodologia híbrida SSM e OSA-CBM aplicada ao caso real de risco de colisão aviária no Aeroporto Internacional do Galeão, localizado na cidade do Rio de Janeiro, que está muito próximo a regiões de preservação ambiental, e do aterro sanitário em Gramacho, distante menos de dez quilômetros das cabeceiras das pistas. Como o aeródromo está cercado pela Baía de Guanabara, onde comunidades de pescadores desenvolvem suas atividades, tanto o lixo como a atividade pesqueira geram um grande risco de colisão aviária, por atraírem muitas aves de médio e grande porte, que sobrevoam o espaço aéreo do aeroporto, ameaçando a segurança dos voos.

Foi utilizada a Metodologia SSM como método para estruturação do problema, adotando-se como premissa a definição de Checkland (1999, p.3): “um sistema incorpora a ideia de um conjunto de elementos conectados que formam um todo, o qual exhibe propriedades que são propriedades desse todo, em vez de propriedades de suas partes componentes”.

Ampliando o olhar sistêmico, vale ressaltar que a noção de sistema é abstrata. Um sistema é uma realidade percebida pelo observador, um modelo mental desenvolvido a partir de ideias relacionadas entre si, que, como um filtro, promove ao observador a interpretação do mundo. Assim, podemos

concluir que o caso em estudo possui tantas percepções, quanto o número de observadores, percebendo e filtrando a realidade.

Por fim, cabe ressaltar a proposta de utilização do modelo OSA-CBM como método complementar ao SSM. Conclui-se que a metodologia OSA-CBM com as suas seis camadas (aquisição de dados, manipulação de dados, detecção do estado, avaliação da saúde, prognóstico e geração de recomendação) apresenta potencial significativo de contribuir com o monitoramento da condição do sistema complexo, após a implementação de ações corretivas sobre o mesmo.

Para futuros trabalhos é recomendada a implementação real do OSA-CBM em conjunto com a metodologia SSM e outras metodologias de estruturação de problemas, para verificação da potencialidade mencionada. No caso deste trabalho, foi mencionado o método SSM, mas estudos precisam ser conduzidos, a fim de verificar se este é realmente o melhor método para uma generalização da metodologia híbrida.

#### REFERÊNCIAS

- [1] Imagem da localização do Aeroporto Internacional Tom Jobim – 2019. Aplicativo *Maps*. Acesso em 14/08/2019.
- [2] Consórcio RioGaleão. Declaração de Capacidade Operacional do Aeroporto Internacional Tom Jobim. Rio de Janeiro, 2016. Disponível em: <http://www2.anac.gov.br/slot/novas/DeclaracoesDeCapacidade/arquivos/GIG.pdf>. Acessado: 2019-05-27.
- [3] Oliveira, H. R. B.; Silva, J. P.; Santos, L. C. B.; Novaes, W. G. “Colisões com fauna significativas registradas no Brasil até dezembro 2016. Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos, 2017.
- [4] Brasil. Lei nº 12.725, de 16 de outubro de 2012. Dispõe sobre o controle da fauna nas imediações de aeródromos. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, 17 out. Brasília, DF. 2012.
- [5] Mingers, J.; Rosenhead, J. “Problem structuring methods in action”. *European Journal of Operational Research*. v.152, p.530-554, 2004.
- [6] Checkland, P. (2000), *Soft systems methodology: a thirty-year retrospective*. *Syst. Res.*, 17: S11-S58.
- [7] Water, H.V., Schinkel, M., Rozier, R., 2007. Fields of application of SSM: A categorization of publications. *Journal of the Operational Research Society* 58 (3), 271–287.
- [8] Hanafizadeh P, Mehrabioun M (2017). Application of SSM in tackling problematical situations from academicians’ viewpoints. *Syst Pract Action Res* 1–42.
- [9] Shin, J e Hong-Bae J. Sierra B. (2015). On condition based maintenance policy. 129:123.
- [10] Galar, D., Del-Serra J., Sierra B., Diez-Olivan A., Jones, J. (2019). Data fusion and machine learning for industrial prognosis: Trends and perspective towards industry 4.0. 111:98-100.
- [11] A. Hernandez , D. Galar , *Techniques of Prognostics for Condition-Based Maintenance in Different Types of Assets*, LuleåTekniska Universitet, 2014.
- [12] C. James Li , S. Li , Acoustic emission analysis for bearing condition monitoring, *Wear* 185 (1) (1995) 67-74 .
- [13] W.T. Peter , Y. Peng , R. Yam , Wavelet analysis and envelope detection for rolling element bearing fault diagnosis their effectiveness and flexibilities, *J. Vib. Acoust.* 123 (3) (2001) 303-310.
- [14] M. Braglia , G. Carmignani , M. Frosolini , F. Zammori , Data classification and MTBF prediction with a multivariate analysis approach, *Reliab. Eng. Syst. Saf.* 97 (1) (2012) 27-35.
- [15] H. Yang , J. Mathew , L. Ma , Intelligent diagnosis of rotating machinery faults-a review, in: *3rd Asia-Pacific Conference on Systems Integrity and Maintenance (AC- SIM)*, 2002, pp. 385-392.
- [16] Dolbeer, R. A. Height Distribution of Birds Recorded by Collisions with Civil Aircraft. *Journal of Wildlife*, v. 70, n. 5, p. 1345-1350, 2006.