

# Identificação e quantificação de riscos na aviação militar utilizando os métodos *Value Focused Thinking* e *Inference Fuzzy System*

Mário Henrique de Oliveira Coutinho da Silva<sup>1,3,4</sup>, Thiago Fontes Macêdo<sup>2,3,4</sup>,  
Moacyr Machado Cardoso Júnior<sup>3,4</sup> e Ligia Maria Soto Urbina<sup>3</sup>.

<sup>1</sup>Comando de Aviação do Exército (CAvEx), Taubaté-SP - Brasil

<sup>2</sup>Instituto de Pesquisas e Ensaios em Voo (IPEV), São José dos Campos/SP - Brasil

<sup>3</sup>Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA), São José dos Campos/SP - Brasil

<sup>4</sup>Grupo de estudos em Análise de Riscos (GEAR), São José dos Campos/SP - Brasil

**Resumo** – Atualmente, o processo de avaliação do risco, no contexto da aviação militar, carece de ferramentas eficazes de identificação dos fatores de risco e, é pautado, muitas vezes, em avaliações subjetivas dos atores do processo. O objetivo deste estudo é analisar a utilização de métodos para identificação dos riscos, como o *Value Focused Thinking* (VFT), e de quantificação de riscos, como o *Inference Fuzzy System*, para diminuição das incertezas humanas associadas a avaliação destes riscos. A aplicação integrada destas duas ferramentas possibilitou a identificação dos principais fatores de risco e da avaliação destes, em um estudo de caso de uma campanha de certificação do par de aeronaves SC-105 e KC-130 para a atividade de reabastecimento em voo. Ao final, com a metodologia proposta, identificou-se o nível de risco médio, pressupondo-se que a análise ganhará em robustez e credibilidade, oferecendo ao decisor elementos fundamentais para a seleção de estratégias mais adequadas.

**Palavras-Chave** – Risco operacional, VFT, *Inference Fuzzy System*.

## I. INTRODUÇÃO

A ideia do risco pode ser descrita como uma situação em que há probabilidade mais ou menos previsível de perda ou ganho, assim como num jogo de azar, numa decisão de investimento ou em contratos de seguros.

No ambiente operacional, o risco adquire uma dimensão maior, pois envolve o desenrolar da missão com a garantia de condições aceitáveis de segurança, tornando fundamental a aplicação de um eficiente gerenciamento do risco operacional.

Garantir a segurança das operações é, certamente, a necessidade prioritária de qualquer atividade. No entanto, tão importante quanto manter um nível adequado de segurança é prover um elevado grau de confiança aos operadores e usuários dos sistemas, de forma a permitir que as ações finalísticas ocorram dentro de um padrão mínimo de aceitabilidade, visto que a atuação conforme padrões de segurança é, muitas vezes, motivada tanto por questões de regulamentação como pela própria necessidade de sobrevivência do negócio ou das instituições.

Os bancos mundialmente estão se dando conta de que o correto gerenciamento do risco operacional pode não apenas reduzir o impacto de perdas financeiras, como também responder aos questionamentos e expectativas dos acionistas.

Em algumas situações, o maior problema não é o tamanho das perdas, mas como o mercado reage à notícia das perdas. Se a percepção do mercado for de que o risco operacional está fora de controle, as reações podem ser dramáticas. [13]

Assim, é primordial que seja desenvolvido no âmbito organizacional a confiança dos integrantes em um eficaz sistema de gerenciamento do risco e prevenção de acidentes. O processo de avaliação do risco no contexto militar carece de ferramentas eficazes de identificação dos fatores de risco e, é pautado muitas vezes em avaliações subjetivas dos atores do processo. Portanto, torna-se fundamental que o sistema de gerenciamento identifique os fatores de risco relevantes de maneira eficaz e diminua a incerteza inerente da falta de dados estatísticos e da avaliação subjetiva dos especialistas, tornando-a mais confiável aos operadores. Dessa forma, o alto escalão decisor, responsável pelo custeio e implantação de medidas eficientes de mitigação, pode, com maior embasamento, buscar uma operação com controle maior dos riscos associados.

Ante o cenário exposto, o objetivo deste estudo é analisar a utilização de métodos para identificação dos riscos, como o *Value Focused Thinking* (VFT), e de quantificação de riscos, como o *Inference Fuzzy System*, para diminuição das incertezas humanas associadas a avaliação destes riscos.

## II. GERENCIAMENTO DO RISCO NO IPEV E NO CIAVEX

O gerenciamento do risco na aviação militar tem uma origem comum, o Método SIPAER de Gerenciamento do Risco, sendo adaptado para os diferentes contextos e ambientes operacionais vivenciados no emprego de cada força.

No que tange o Centro de Instrução de Aviação do Exército (CIAvEx), o gerenciamento do risco segue o prescrito na Norma Interna do Comando de Aviação do Exército de 2017, que, basicamente, designa o comandante da aeronave como responsável por avaliar e calcular o risco envolvido no voo momentos antes da decolagem [4]. Utiliza-se para isso da Ficha de Gerenciamento do Risco (FGR) [4], que se caracteriza por ser extremamente generalista e desprovida de metodologia para seus cálculos.

No Instituto de Pesquisas e Ensaios em Voo, unidade responsável pelos ensaios em voo da Força Aérea Brasileira, o gerenciamento do risco segue o Programa de Segurança de Voo em Ensaios (PSVE), para a análise do nível de risco antes

do início de cada atividade de ensaios [3]. O PSVE [3] utiliza como base a ferramenta *Test Hazard Analysis* (THA), mundialmente utilizada em testes de aeronaves. Contudo, a atividade de ensaios envolve, constantemente, situações inéditas, o que pode resultar em avaliações empíricas dos especialistas, carregadas em incertezas.

### III. APLICAÇÃO DO VFT

A metodologia *Value Focused Thinking*, desenvolvida por Ralph L. Keeney, busca abordar a tomada de decisão iniciando com a identificação dos valores pessoais ou institucionais, para que esses possam tornar-se os fundamentos basilares da definição dos objetivos e, por fim, a criação de alternativas para a solução dos problemas.

Quando você se deparar com uma situação difícil de decisão, comece pensando em seus valores. Não comece pensando em alternativas, pois isso limitará você. Pergunte o que você espera alcançar no contexto de decisão que você enfrenta. Anote uma lista de suas respostas. Em seguida, esforce-se para pensar em qualquer outra coisa que deve estar na lista [11].

O uso dessa técnica destina-se a solução de problemas com aplicações complexas, em virtude da existência de diferentes alternativas, múltiplos objetivos e stakeholders, tal qual se observa no gerenciamento do risco da atividade aérea na aviação militar.

Diferencia-se da tomada de decisão tradicional, que, em geral, partem da escolha de alternativas pré-estabelecidas e, normalmente, limitadas, gerando uma tomada de decisão desvinculada com a realidade, por enaltecer a importância dos valores como ponto de partida para a análise e tomada de decisão.

Segundo Keeney [12], os valores são essenciais para guiar o processo de tomada de decisão. A explicitação dos valores deve iniciar com o processo de identificação de objetivos, que pode ser feito por meio de entrevistas com os tomadores de decisão e os stakeholders, seguidos da estruturação dos objetivos e por fim a geração de alternativas.

O autor apresenta os procedimentos de aplicação com base em 4 passos, conforme Fig. 1: definição dos valores; identificação dos objetivos; elaboração da hierarquia de objetivos e a construção da rede de objetivos.

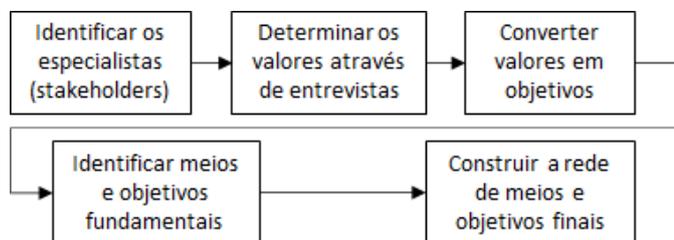


Fig. 1. Processo do VFT.

Fonte. Adaptado de L. Drevin, H.A. Kruger, T. Steyn [8].

Após a conclusão desse processo obtêm-se subsídios suficientes para a elaboração das alternativas e confecção de um plano de ação.

Dessa forma percebe-se a importância da avaliação do contexto, e do direcionamento correto dos objetivos, através dos valores, para a definição de uma linha de ação coerente e voltada para a realidade.

Os objetivos representam uma declaração do que se deseja obter e são caracterizados por um contexto, um objeto e uma direção de preferência e se dividem em objetivos fundamentais e objetivos meio [12].

Outro ponto fundamental, preconizado pela metodologia VFT, refere-se à estruturação dos objetivos entre fundamentais e meios, e sua hierarquização, de forma a se obter uma visão clara de sua relevância e assim desenvolver um modelo de tomada de decisão que comporte múltiplos objetivos.

No corrente estudo, a aplicação da citada técnica foi utilizada em parte da análise de risco da campanha de certificação de reabastecimento em voo do par SC-105 e KC-130, ambos da Força Aérea Brasileira.

#### A. Definição dos stakeholders

“O termo *stakeholder* refere-se a indivíduos ou grupos de indivíduos que têm uma demanda legítima sobre a empresa” [14]. “Essa legitimidade é estabelecida por meio da existência de uma relação de troca” [15].

Dessa forma pode-se inferir que os *stakeholders* são grupos que, ao mesmo tempo em que se sujeitam às normas, cultura e fundamentos da organização, possuem capacidade de influir no desenvolvimento dessa organização.

Assim, com vistas a garantir a confiabilidade dos resultados e a relevância das opiniões colhidas, os *stakeholders* ou especialistas devem apresentar interesse e capacidade de influenciar a organização, tomando-se por base a Fig. 2 de poder-interesse:

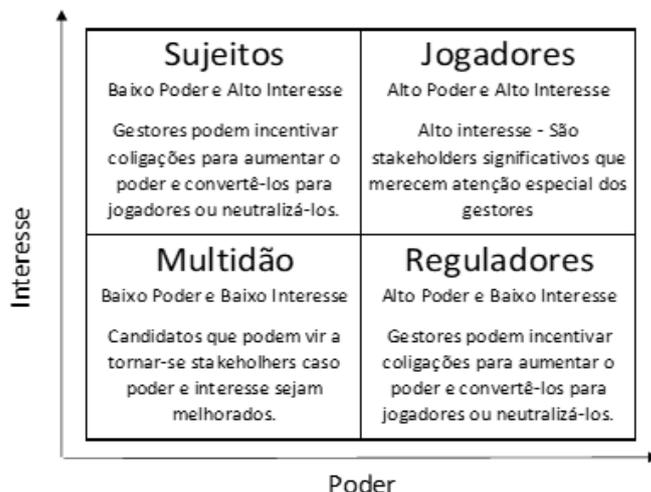


Fig. 2. Tabela de Poder/Interesse.  
Fonte. F. Ackermann and C. Eden [9].

Dentro desse contexto, foram adotados critérios para seleção dos especialistas, como: formação técnica como pilotos de ensaios em voo, participação prévia em uma atividade de certificação de um par de aeronaves para o reabastecimento em voo e serem proativos na prática de ferramentas de gerenciamento de risco.

Desta forma, o uso do VFT, com estes especialistas, tem potencial de evoluir para uma condição de alto poder e alto interesse, permitindo executar um eficiente gerenciamento e atendendo, portanto, o processo proposto.

### B. Definição dos valores

Kenney [11] afirma que o que norteia o processo decisório são os valores, considerados como princípios diretivos para a avaliação das possíveis alternativas e suas consequências.

Segundo essa premissa, e considerando que o CIAvEx e o IPEV são parte integrante, respectivamente, da instituição Exército Brasileiro (EB) e da Força Aérea Brasileira (FAB), é oportuno considerar, inicialmente, os valores destas Forças Armadas (FA), para, posteriormente, agregar os valores dessas duas escolas.

Segundo o Vade-Mécum de Cerimonial Militar do Exército [5] as instituições militares possuem valores que influenciam o comportamento e a conduta pessoal de cada integrante, e o culto a eles garante a eficiência e eficácia das FA.

Assim são considerados valores militares: patriotismo, civismo, Fé na missão, amor a profissão, espírito de corpo, aprimoramento técnico-profissional e coragem.

O CIAvEx e o IPEV, como vetores aéreos das citadas instituições, por suas peculiaridades inerentes ao voo, buscam pautar suas ações, também, pelos valores basilares da filosofia de segurança de voo. Tais valores podem ser traduzidos no trinômio, grafado no emblema do Centro de Investigações e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos (CENIPA): “o Homem, o Meio, a Máquina”.

Dessa forma, foram tomados como fundamentais para a estruturação do problema apresentado nesse estudo, além dos sete valores das FA, os seguintes valores: a valorização da vida humana, a salvaguarda do material e o respeito ao ambiente operacional.

### C. Identificação dos objetivos

Com a finalidade de realizar a conversão dos valores em objetivos, o questionário da Tabela I foi aplicado nos três especialistas selecionados, tendo sempre como foco o objetivo estratégico do problema: garantir a eficaz identificação dos perigos e gerenciamento dos riscos da campanha de certificação de reabastecimento em voo do par SC-105 e KC-130.

Para classificar os objetivos entre fundamentais e meios foi empregada a técnica *WITI - Why is that important?* (“por que isso é importante”), como se observa pelas perguntas 11 e 13 da Tabela I.

TABELA I. QUESTIONÁRIO DE IDENTIFICAÇÃO DOS OBJETIVOS. FONTE. AUTORES.

1	O que se espera alcançar com o gerenciamento do risco na campanha de certificação de reabastecimento em voo do par SC-105 e KC-130?
2	Qual a alternativa de gerenciamento de risco perfeita considerando-se a referida campanha? Quais as vantagens e desvantagens dessa alternativa?
3	Qual a alternativa de gerenciamento de risco terrível considerando-se a referida campanha? Quais as vantagens e desvantagens dessa alternativa?
4	O que está errado ou certo na maneira como se gerencia os riscos em campanhas de reabastecimento em voo? O que precisa de ajustes?
5	Quais ocorrências, que o Sr já vivenciou, ou se recorda, que demonstraram um bom funcionamento do citado gerenciamento do risco?
6	Quais ocorrências, que o Sr já vivenciou, ou se recorda, que demonstraram um mau funcionamento do citado gerenciamento?
7	O que pode ocorrer que preocupa o Sr?
8	Quais as limitações encontradas para se gerenciar o risco em uma campanha de reabastecimento em voo do par SC-105 e KC-130?
9	O que causa preocupação em seus superiores e subordinados em relação campanha de reabastecimento em voo do par SC-105 e KC-130?
10	Na visão do Sr quais são os atuais riscos, em relação a campanha de reabastecimento em voo do par SC-105 e KC-130?
11	Porque considera esses riscos importantes? Como pretende gerenciá-los?
12	Como o Sr classifica hierarquicamente esses riscos, do mais importante para o menos importante?
13	Como o Sr mensurou a importância dos riscos? Por que, por exemplo, o risco “A” é duas vezes mais importante que o “B”?
14	Que palavra o Sr consideraria chave para um gerenciamento de risco eficiente, mesmo não sendo realista? Que palavra elencaria para uma realidade do gerenciamento do risco em campanhas de reabastecimento em voo?

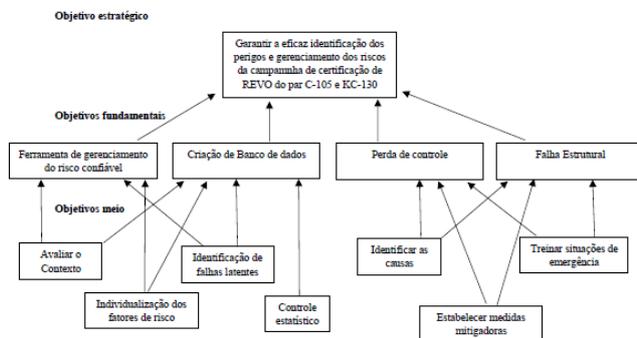
### D. Elaboração da hierarquia de objetivos

A Tabela II mostra a hierarquia de objetivos construída com base nas respostas dos especialistas da Tabela I.

TABELA II. HIERARQUIA DE OBJETIVOS.  
 FONTE. AUTORES.

1	Ferramenta de gerenciamento risco confiável
1.1	Avaliar o contexto
1.2	Identificação de falhas latentes
1.3	Individualização dos fatores de risco de acordo com o contexto
2	Criação de banco de dados
2.1	Avaliar o contexto
2.2	Identificação de falhas latentes
2.3	Controle estatístico das principais ocorrências
2.4	Controle estatístico dos fatores de risco identificados
3	Perda de controle
3.1	Identificar as causas que podem levar a perda de controle
3.2	Estabelecer medidas mitigadoras
3.3	Treinar situações de emergência que envolvam perda de controle
4	Falha estrutural
4.1	Identificar as causas que podem levar a falhas estruturais
4.2	Estabelecer medidas mitigadoras
4.3	Treinar situações de emergência que envolvam falhas estruturais

### E. Construção da rede de objetivos


 Fig. 3. Rede de objetivos.  
 Fonte. Autores.

## IV. APLICAÇÃO DO INFERENCE FUZZY SYSTEM (IFS)

Após a identificação dos fatores de risco, é necessária a utilização de uma ferramenta para a avaliação destes fatores. A aplicação da técnica de inferência *Fuzzy* de Mamdani permite trabalhar com as incertezas dos dados muitas vezes qualitativos e suportados na opinião de especialistas [2].

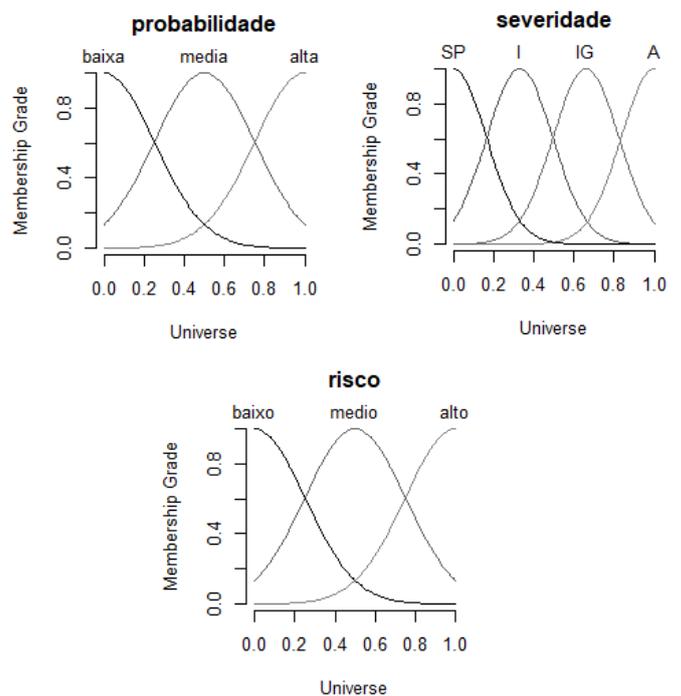
O IFS é um método realizado em três etapas sendo elas: *fuzzification*, *inference* e *defuzzification*. Para a fase *fuzzification* foram utilizadas como variáveis linguísticas, as dimensões da matriz de risco do PSVE, do IPEV, conforme figura 4, sendo elas: probabilidade, severidade e o risco resultante.

As funções de pertinências das variáveis linguísticas foram ajustadas através de uma função gaussiana, conforme

Fig. 5, para representar as camadas de probabilidade (alta, média e baixa), severidade (acidente, incidente grave, incidente e situação de perigo) e risco (alto, médio e baixo).

As médias das funções foram igualmente distribuídas em um universo de 0 a 1 com intersecções de 50%.

		PROBABILIDADE DE OCORRÊNCIA		
		ALTA	MÉDIA	BAIXA
SEVERIDADE	ACIDENTE	ALTO RISCO	MÉDIO RISCO	BAIXO RISCO
	INCID. GRAVE			
	INCIDENTE			
	SIT. PERIGO			

 Fig. 4. Matriz de risco.  
 Fonte. PSVE [3].

 Fig. 5. Funções linguísticas.  
 Fonte. Autores.

Para a fase *inference*, os três especialistas foram questionados sobre a probabilidade e a severidades de ocorrência dos fatores de risco perda do controle e falha estrutural.

Foi solicitado aos especialistas que informassem, em uma escala de zero a um, qual seria a probabilidade e a severidade dos citados fatores de risco ocorrerem em uma campanha de certificação REVO, sem considerar ações mitigadoras.

Também foi informado que o 1 corresponderia a probabilidade alta e a severidade mais grave (acidente) e o zero a probabilidade baixa e severidade mais branda (situação de perigo), considerando a granulação da Fig. 4.

Para a fase *defuzzification*, foi utilizada a função *centroid*, por permitir uma melhor visualização da concentração do risco inferida por cada especialista, e por fornecer o risco mais alto dentre os métodos testados. Após

essa fase, foi realizada a média dos resultados dos três especialistas para cada fator de risco, de modo a agregar as opiniões.

Foi considerado que os especialistas foram selecionados baseados na sua formação técnica e experiência progressa, desta forma, foi atribuído o mesmo peso na opinião de cada um. Caso contrário, poderia ser aplicada uma média ponderada para agregação das suas opiniões. A Tabela III expõe os resultados da etapa *defuzzification* e da agregação.

TABELA III. DADOS DOS ESPECIALISTAS.  
FONTE. AUTORES.

Especialista	Perda de Controle			Falha Estrutural		
	Probabilidade	Severidade	Defuzzification	Probabilidade	Severidade	Defuzzification
1	0.75	0.75	0.5	0.25	0.9	0.46
2	0.2	0.8	0.5	0.2	0.8	0.5
3	0.3	0.7	0.43	0.3	0.7	0.5
		Média	0.47		Média	0.48

Na Fig. 6, observa-se uma alta concentração dos resultados dos dois fatores de risco no nível médio conforme é demonstrado na função de pertinência abaixo.

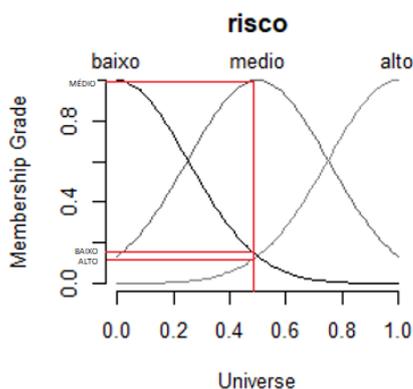


Fig. 6. Resultados da IFS e médias dos especialistas para os dois fatores de risco.

Fonte. Autores.

## V. CONCLUSÃO E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

O processo metodológico de identificação dos perigos, com o uso da ferramenta VFT, possibilitou um maior envolvimento dos especialistas com compartilhamento de experiências e conhecimento, tornando os fatores de risco identificados mais direcionados a atividade a ser executada e, portanto, mais realistas.

Com a implementação do *Inference Fuzzy System*, procurou-se representar de maneira mais realista a representação dos níveis de risco associados a cada fator. Devido à natureza muitas vezes inédita da atividade de ensaios, a opinião dos especialistas é na maioria das vezes a única fonte de dados.

Desta forma, o método proposto vem facilitar o processo de visualização do risco e consequentemente a tomada de decisão pelas autoridades competentes.

Como sugestão de novos trabalhos, incentiva-se a utilização dos métodos propostos em uma gama maior de missões, envolvendo objetivos finais diferentes, de forma a se comprovar a eficácia em uma amostragem maior e diferenciada.

Além disso, sugere-se buscar uma maneira mais robusta de agregar as saídas dos especialistas, bem como um estudo mais apurado do impacto da utilização de outras técnicas na fase *defuzzification* da técnica IFS.

## REFERÊNCIAS

- [1] Almeida S., Morais D. C. e Almeida A. T. Agregação de pontos de vista de stakeholders utilizando o Value-Focused Thinking associado à mapeamento cognitivo, 2014.
- [2] Abul-Haggag, O.Y. Application of Fuzzy Logic for Risk Assessment using Risk Matrix. International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering, 2013, Volume 3, versão 1, p. 49-54.
- [3] Brasil, Comando da Aeronáutica, Instituto de Pesquisas e Ensaios em Voo. Programa de Segurança de Voo em Ensaios. São José dos Campos. SP, 2019, p. 13.
- [4] Brasil. Exército Brasileiro. Comando de Aviação do Exército. Norma Interna do Comando de Aviação do Exército 7002. Taubaté. SP, 2017.
- [5] Brasil. Exército Brasileiro. Comando do Exército. Vade-Mécum de Cerimonial Militar do Exército Valores, Deveres e Ética Militares (VM 10), 2002.
- [6] Brasil. Ministério da Defesa. Manual de Abreviaturas, Siglas, Símbolos e Convenções Cartográficas das Forças Armadas. Brasília. DF, 2008.
- [7] Bryson, J.M., Cunningham, G.L., Lokkesmoe, K.J.. What to do when stakeholders matter: the case of problem formulation for the African American men project of Hennepin county. Minnesota. Public Administration Review 62, 2002, p. 568 e 584.
- [8] Drevin, L., Kruger, H.A., Steyn, T. Value-focused assessment of ICT security awareness in an academic environment. In: North-West University, Private Bag X6001. Potchefstroom 2520, South Africa, 2006.
- [9] Fran Ackermann and Colin Eden. Strategic Management of Stakeholders: Theory and Practice, 2011.
- [10] Gonçalves, T. J. M.. Adaptação do Value Focused Thinking à identificação de Objetivos de Desempenho da Qualidade, 2010.
- [11] Keeney, R. L., Value-Focused Thinking - A Patch to Creative Decision Making. Harvard University Press, Cambridge, UK, 1992.
- [12] Keeney, R. L.. Value-Focused Thinking: Identifying Decision Opportunities and Creating Alternatives. European Journal of Operational Research. 92, 1996, p. 537-549.
- [13] Pedote, C.. Análise e Gerenciamento do Risco - Gestão do Risco Operacional em Instituições Financeiras, 2002, p. 7-10.
- [14] Freeman, E., Strategic Management - A Stakeholder Approach. London: Pitman Publishing, 1984.
- [15] Hill, C. W. L., & Jones, T. M.. Stakeholder-agency theory. Journal of Management Studies, 1992, 29(2), p. 131-154.