

# Combate más allá del alcance visual: un ambiente complejo para decidir

*Combat beyond visual range: a complex environment for decision-making*

*Combate além do alcance visual: um ambiente complexo para tomada de decisão*

Helmer Barbosa Gilberto<sup>I</sup>

## RESUMEN

La investigación tuvo el objetivo de evaluar de qué manera los factores de complejidad presente en un área de combate *Beyond Visual Range* (BVR) influenciaron en la obtención de la conciencia situacional y en el proceso de decisión de los pilotos F-5M de la Fuerza Aérea Brasileña (FAB). Fue hecha investigación en campo con la finalidad de analizar la percepción de los 38 pilotos presentes en el EXOP BVR 1-2015. Con base en estos datos fueron inseridos, al universo de 52 pilotos operacionales en combate con misiles más allá del alcance visual, análisis referentes al proceso de formación de la conciencia situacional de Endsley (1995). El método de decisión de Rasmussen (1982) balizó el estudio de las respuestas de los pilotos que tuvo enfoque en el modelo de control cognitivo SRK. El análisis del resultado mostró que los once factores de complejidad presentados a los 38 pilotos perjudicaron la formación de la conciencia situacional en el nivel 3, pues dificultaron las proyecciones futuras de las acciones de los miembros de las escuadrillas en la arena. Con todo, los mismos factores influenciaron las decisiones dentro del modelo *Knowledge-Based Behavior* (KBB) que muestran acciones basadas en conocimientos anteriores.

**Palabras clave:** Factores de complejidad. Combate más allá del alcance visual. Conciencia situacional. Tomar decisiones.

## ABSTRACT

*The objective of this research is to evaluate how the complexity factors present in a Beyond Visual Range (BVR) combat arena influenced the achievement of situational awareness and the decision-making process of the F-5M pilots of the Brazilian Air Force (FAB). A field survey was carried out to analyze the*

*perception of the 38 pilots present at EXOP BVR 1-2015. Based on these data, analyzes referring to the process of formation of situational awareness of Endsley (1995) were inferred to the universe of 52 operational pilots in combat with missiles beyond the visual range. The decision-making method of Rasmussen's (1982) marked the study of the responses of pilots, which focused on the SRK cognitive control model. The analysis of the results highlighted that the eleven factors of complexity showed to the 38 pilots undermined the formation of the situational awareness at level 3, since those hindered the future projections of the squadrons members actions in the arena. However, the same factors influenced the decision-making within the Knowledge-Based Behavior (KBB) model, which evidences actions based on previous knowledge.*

**Keywords:** Complexity factors. Combat beyond visual range. Situational awareness. Decision-making.

## RESUMO

*A pesquisa teve como objetivo avaliar de que maneira os fatores de complexidade presentes numa arena de combate Beyond Visual Range (BVR) influenciaram na obtenção da consciência situacional e no processo de tomada de decisão dos pilotos de F-5M da Força Aérea Brasileira. Foi feita uma pesquisa de campo com a finalidade de se buscar analisar a percepção dos 38 pilotos presentes no EXOP BVR 1-2015. Foram inferidas, ao universo de 52 pilotos operacionais em combate com mísseis além do alcance visual, análises referentes ao processo de formação da consciência situacional de Endsley (1995). O método de tomada de decisão de Rasmussen (1982) balizou o estudo das respostas dos pilotos que focou o modelo de controle cognitivo SRK. A análise dos resultados evidenciou que os onze fatores de complexidade*

I. Escuela de Perfeccionamiento de Oficiales de la Aeronáutica (EAOAR) – Rio de Janeiro/RJ – Brasil. Teniente Coronel Aviador de la Fuerza Aérea Brasileña (FAB). Email: helmerbg@gmail.com

Recibido: 19/08/15

Aceptado: 14/12/16

Las siglas y abreviaturas contenidas en el artículo corresponden a las del texto original en lengua portuguesa.

*apresentados aos 38 pilotos prejudicaram a formação da consciência situacional no nível 3, pois dificultaram as projeções futuras das ações dos membros das esquadrilhas na arena. Contudo, os mesmos fatores influenciaram as tomadas de decisões dentro do modelo KBB que evidenciam ações baseadas em conhecimentos anteriores.*

**Palavras-chave:** Fatores de complexidade. Combate além do alcance visual. Consciência situacional. Tomada de decisão.

## 1 INTRODUCCIÓN

El combate con misiles más allá del alcance visual, *Beyond Visual Range* (BVR), exige de los pilotos una preparación específica en virtud de los aspectos relacionados a la complejidad del ambiente operacional, que, según Perrow (1984), es externa al operador y reside en el contexto.

Para Woods y Sarter (2005), la dificultad de operación de una aeronave requiere esfuerzo mental del piloto en el momento en que son exigidas competencias, habilidades y conocimiento cognitivo. En el vuelo BVR, estas situaciones son traducidas en la operación de radar, en la comprensión del sistema de auto defensa – *Radar Warning Receiver*<sup>1</sup> (RWR), entre otras envueltas en este tipo de misiones.

Woods (1998) afirma que ambientes complejos pueden generar carga de trabajo cognitivo y así influenciar en la solución de problemas complejos y degradar la performance del operador.

La búsqueda de mejoras tácticas y el empleo juicioso de misiles con capacidad BVR, de medio alcance, aproximaron a la Fuerza Aérea Brasileña (FAB) de otras más desarrolladas por las participaciones en ejercicios como la *CRUZEX FLIGHT*, *RED FLAG*, *SALITRE*, entre otros.

El Comando General de Operaciones Aéreas (COMGAR) visando perfeccionar estas capacidades, en 2014, ejecutó algunos Ejercicios Operacionales (EXPOP) específicos para promover el vuelo de combate BVR entre las Unidades de F-5M.

El amparo legal para este perfeccionamiento está presente en la Estrategia Nacional de Defensa (END) que predetermina el uso de sistemas de armas embarcadas [...] que permitan fuego con exactitud más allá del alcance visual (BRASIL, 2008, p. 29)

Las fallas se pueden resumir en los errores de operación del sistema de la aeronave, generados por los propios pilotos en el momento del lanzamiento del misil. Estos errores han resultado en la pérdida de la eficiencia del armamento

al alcanzar el objetivo. Se sabe que hay varios factores intervinientes en este ambiente que pueden cambiar el resultado final de la misión.

El objetivo de un piloto, en misiones de combate BVR, inicialmente, es de no ser derribado y, en seguida, validar un lanzamiento hecho por él. Pero, la complejidad del ambiente puede influenciar la obtención de los niveles más avanzados de conciencia situacional, según Schutte e Trujillo (1996).

Uno de los momentos de mayor complicación de tomar decisiones, dentro de una arena BVR, para un piloto de caza, es el lanzamiento de un misil BVR. Para eso es necesario que él tenga la comprensión de conciencia situacional establecida, que, según Rasmussen (1982) e Reason (1990), se procesa por tres niveles de control cognitivo.

De esta manera, el presente trabajo propone estudiar la relación entre la obtención de la conciencia situacional y las características de tomar decisiones de los pilotos de F-5M de la FAB a partir de la influencia de los factores de la complejidad presente en un vuelo operacional con capacidad BVR.

## 2 CONTEXTUALIZACIÓN DEL EXOP BVR 1-2015

En este trabajo el investigador usó un escenario simulado propuesto y establecido en EXOP BVR 1-2015 que contemplaba una arena dividida en dos territorios. Dos partidos envueltos (llamado de AZUL y ROJO) se enfrentaban en acciones de barredura, escolta y defensa aérea.

Los vuelos fueron realizados buscando el entrenamiento de los pilotos en maniobras que desarrollasen sus habilidades dentro de un escenario complejo para la formación de la conciencia situacional y para tomar decisiones, principalmente, en los momentos de un lanzamiento de misil de medio alcance.

Los pilotos intercambiaron los partidos, volando en la *Offensive Counter Air* (OCA) – país AZUL, o *Defensive Counter Air* (DCA) – país ROJO, así como cambiaban sus funciones de líder y ala táctico en las formaciones en que volaban. De esta manera, la investigación tuvo credibilidad una vez que todos los pilotos ejercieron posiciones distintas dentro de las escuadrillas.

## 3 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

Una característica real de un piloto de caza, durante el desarrollo de un vuelo BVR, es la capacidad de tomar decisiones delante de varios factores intervinientes.

<sup>1</sup> *Radar Warning Receiver*: Equipamiento aerotransportado de recepción y alarma de emisiones electromagnéticas de radares de otras aeronaves o de radares de suelo.

Existen tres factores de complejidad apuntados por Woods (1998 apud HENRIQSON et al., 2009, p. 434) y que serán estudiados en esta investigación, a saber: características del sistema, características de los operadores y características de las interfaces. Las características del sistema se relacionan con el dinamismo del proceso, el riesgo de la actividad y las incertidumbres de la tarea. Para estudiar las **características de los operadores** es necesario saber la cantidad de operadores y de jerarquía entre ellos. La cantidad y calidad de los paneles de control del sistema revelan las **características de la interfaz**.

En esta búsqueda, todas las características fueron levantadas por especialistas del método *Delphi* y presentadas en el Cuadro 1. Estas fueron colocadas en el contexto del EXOP BVR 1-2015 e investigadas por medio de cuestionarios enviados a los pilotos, después de los vuelos, para verificarse la influencia en la obtención de los tres niveles de conciencia situacional establecidos por Endsley (1995).

Los eventos en que hubo que tomar decisión por los pilotos, en este mismo contexto, fueron analizados y guiados por el método de control cognitivo de Rasmussen (1982) e Reason (1990).

Para Endsley (1995), la mejoría de la conciencia situacional ha sido un éxito en los programas de entrenamiento. Por eso, el contexto de vuelo de EXOP BVR1-2015 se caracterizó como un ambiente ideal para la calificación del entrenamiento de los pilotos de F-5M en vuelos de combate con misiles más allá del alcance visual.

La formación de conciencia situacional se relaciona con el desempeño en vuelo por tres aspectos: las necesidades del piloto, las informaciones necesarias a la percepción a ser medida y al mantenimiento del ambiente que será estudiado, según Endsley (1995).

La misma autora divide la conciencia situacional en tres niveles: percepción, comprensión y proyección.

En el nivel de la percepción (**nivel 1**) el piloto detecta evidencias y monitorea la situación. En el **nivel 2**, o de la comprensión, el piloto tiene la habilidad para comprender los datos e interpretarlos. Ya en el **nivel 3**, el piloto concibe una anticipación y hace una simulación mental para proyectar acciones futuras. Es llamado nivel de proyección, según Endsley (1999).

El método para el estudio de tomar decisiones de los pilotos fue definido por Rasmussen (1982 apud HENRIQSON et al., 2009, p. 435), que explica el tomar decisiones por medio de tres maneras de control cognitivo, conocido como **Método SRK**. Las demandas cognitivas relacionadas al grado de previsibilidad grande y respuestas psicomotoras realizadas de forma inconsciente son clasificadas como *Skill-Based Behavior* (SBB). Para situaciones de rutina donde haya algún entrenamiento en

que las acciones de tomar decisiones tienen como base reglas o procedimientos pre establecidos en la legislación, los autores las clasifican como *Rule-Based Behavior* (RBB). Ya en las situaciones inusitadas en que las acciones de tomar decisiones con base en el conocimiento táctico o explícito ese proceso es llamado de *Knowledge-Based Behavior* (KBB) (RASMUSSEN, 1982; REASON, 1990).

#### 4 METODOLOGIA

Los caminos metodológicos serán aclarados en este capítulo a medida que las acciones de búsqueda sean trazadas sobre el fenómeno estudiado.

Fue hecha una búsqueda de campo durante el EXOP BVR1-2015. La técnica utilizada fue la de la observación directa extensiva que buscó, a través de cuestionarios, los datos para análisis del investigador (LAKATOS, 2001).

Inicialmente, con la intención de determinar los factores de complejidad, analizados por los pilotos, fue hecho un levantamiento basándose en el Método *Delphi*. De acuerdo con Shimizu (2006) este método es utilizado para generación y esclarecimiento de temas por medio de la recolección de informaciones y opiniones de especialistas.

Shimizu (2006) afirma que o *Delphi* puede ser usado para pequeños grupos. Fue hecho, entonces, un cuestionario y enviado para dos pilotos de caza del 1º/4º Grupo de Aviación (1º/4º GAV) y dos controladores de vuelo BVR del 2º/6º Grupo de Aviación (2º/6º GAV). Se realizaron dos consultas con el objetivo de obtenerse la confluencia de las respuestas, ajustando el juicio colectivo de los envueltos (SANTOS, 2001).

El *software Google Forms* fue utilizado como forma de fomentar los cuestionarios. En la primera etapa del método, fueron identificados los factores de complejidad que los cuatro especialistas juzgaron importantes dentro de un ambiente de vuelo BVR. Después de recibir esto, fue confeccionada una matriz para que fuese sometida a la segunda etapa del método.

En esta etapa ella fue presentada a los especialistas para verificar la relevancia de los factores de complejidad.

Para eso, se adoptó el cálculo de Coeficiente de Concordancia (Cc) de cada uno de los valores presentados. Santos (2001) presenta este cálculo basado en los parámetros Vn (Cantidad de especialistas en desacuerdo con el criterio predominante) y Vt (cantidad total de especialistas). Santos (2001) también establece un Cc igual o superior al 60% para ser validado. Este cálculo fue realizado según la Ecuación 1 (SANTOS, 2001, p. 29).

$$Cc = (1 - Vn/Vt) \times 100 \quad (1)$$

A La matriz final sirvió para la confección de un cuestionario que tenía como objetivo obtener de los pilotos la percepción sobre como la obtención de la **conciencia situacional** e las características de **tomar decisiones** son influyentes por los **factores de complejidad** componentes de un vuelo BVR.

Al final, fueron contabilizados once factores de complejidad y presentados a los 38 pilotos de F-5M, presentes al EXOP BVR 1-2015, en cuestionarios luego después de los vuelos.

Se aplicó el método inductivo, pues, a partir de los datos particulares, constatados por la muestra, se presentó una inferencia al universo de 52 pilotos de F-5M de la FAB, operativos en combate BVR, que estaban aptos para participar del ejercicio. La muestra mínima deseada de 34 respondedores fue considerada para un grado de confiabilidad de 95% y con un 10% de margen de error, según lo preconizado por Cochran (1965). Para ello, se propusieron cinco situaciones en algunas etapas del vuelo.

Las respuestas se dividieron en dos fases. La primera se enfocaba a revelar, a través de la convergencia de las respuestas, de qué manera los factores de complejidad involucrados influenciaron en el nivel de formación de la conciencia situacional. El mismo método fue utilizado en la segunda fase de las respuestas, pues buscó apuntar de qué manera los mismos factores de complejidad influenciaron en el método de toma de decisión de los pilotos de F-5M.

El cuestionario se formuló de la siguiente manera:

a) En las cuestiones 1 y 2 se presentaron los factores de complejidad relativos a la interfaz. Las informaciones del *Data Link*<sup>2</sup> en la pantalla del *Tactical Situation Display* (TSD)<sup>3</sup>, el alcance del RDR y la actuación de *Chaff*<sup>4</sup> construyeron el escenario propuesto. En cuanto al posicionamiento de los pilotos sobre la formación de la conciencia situacional, las opciones fueron presentadas así: 1) Yo sólo podría detectar el posicionamiento de los miembros de mi escuadrilla y de los enemigos en la pantalla del RDR y del TSD; 2) Yo podría comprender las tácticas de mi escuadrilla y de la escuadra enemiga; 3) Yo podría analizar las tácticas de mi escuadrilla y la escuadra enemiga y prever las acciones futuras de la

mayoría de las aeronaves de la arena; y 4) Ninguna de las alternativas anteriores.

Para la obtención del método de control cognitivo para el lanzamiento de un misil BVR, las opciones fueron dispuestas de esta manera: 1) Yo tomaría la decisión de lanzar, basado en las informaciones proporcionadas por el *Data Link*, por el RDR de mi aeronave y en mi calidad personal en definir un buen blanco; 2) Yo tomaría la decisión de lanzar, basado en las informaciones proporcionadas por el *Data Link*, por el RDR de mi aeronave y de acuerdo con lo que prevé la Orden de Operaciones; 3) Yo tomaría la decisión de lanzar, basado en las informaciones proporcionadas por el *Data Link*, por el RDR de mi aeronave y en mi experiencia por haber participado en varias maniobras similares al EXOP BVR-1, así como por mis conocimientos adquiridos en los manuales sobre combate BVR de la FAB; y 4) Ninguna de las alternativas anteriores.

b) En la cuestión 3 se presentaron los factores de complejidad relativos a los operadores. Fraseología intensa en virtud del fallo de *Data Link* y alto número de contactos en el RDR. En cuanto al posicionamiento de los pilotos sobre la formación de la conciencia situacional, las opciones fueron presentadas así: 1) Yo podría continuar en el combate, pero solamente realizando el *Flow Plan*<sup>5</sup>, sin preocuparme por la *Shot Philosophy*<sup>6</sup>; 2) Yo podría continuar en el combate, pero solamente realizando el *Flow Plan* y la *Shot Philosophy*; 3) Yo podría continuar en el combate realizando el *Flow Plan*, la *Shot Philosophy* y planeando todas las acciones ofensivas combinadas en briefing, a ejemplo de la *Opportunity To Strike*<sup>7</sup>; y 4) Ninguna de las alternativas anteriores.

La obtención del método de control cognitivo de los pilotos siguió el mismo modelo de la letra **a**;

c) En las cuestiones 4 y 5 se presentaron los factores de complejidad relativos al sistema. Fraseología intensa, imposibilidad del controlador de informar las *Threat Calls*<sup>8</sup>, riesgo de colisión, arena con 16 aeronaves, pantalla del RDR saturada de contactos, fallo del *Data Link*.

Los modelos para la obtención de la conciencia situacional y del método de control cognitivo siguieron como lo establecido en la letra **b**.

<sup>2</sup> *Data Link*: sistema a bordo de la aeronave que permite efectuar intercambios de datos entre aeronaves de una misma formación, siempre que estén conectadas a la misma red.

<sup>3</sup> TSD: equipo en formato de pantalla digital, situado en el panel de la aeronave, que muestra al piloto las informaciones tácticas proporcionadas por el sistema de navegación, el *Data Link*, entre otros.

<sup>4</sup> *Chaff*: partículas metálicas lanzadas por aeronaves para realizar contramedidas, buscando engañar el radar de aeronaves enemigas y de suelo a través de la formación de una nube metálica.

<sup>5</sup> *Flow Plan*: es el plan de flujo de las aeronaves de caza, dentro de una arena BVR, determinado por el líder táctico durante el briefing de la escuadrilla, con la finalidad de obtener superioridad táctica en el área de conflicto.

<sup>6</sup> *Shot Philosophy*: es el plan establecido por el líder táctico durante el briefing de la escuadrilla, con la finalidad de establecer los momentos y las distancias de los lanzamientos de misiles BVR.

<sup>7</sup> *Opportunity To Strike*: mensaje emitido por el controlador de vuelo o por el líder táctico de la escuadrilla que presenta al piloto la oportunidad de abatir una aeronave enemiga que está en la inminencia de lanzar bombas sobre el país enemigo.

<sup>8</sup> *Threat Calls*: son llamadas realizadas por los controladores de vuelo BVR en alerta a las amenazas representadas por los incursos enemigos, las cuales tienen como objetivo la ejecución de maniobras defensivas por parte de los pilotos y con ello concurrir para el aumento de las posibilidades de supervivencia en la arena de combate.

**Cuadro 1** - Matriz de los factores de complejidad.

| CUESTIÓN | FACTOR DE COMPLEJIDAD | DESCRIPCIÓN   |
|----------|-----------------------|---|
| 1 y 2    | INTERFAZ              | RADARES DE SUELO/EMBARCADOS SUSCEPTIBLES A <i>CHAFF</i>     |
|          |                       | ELEVADO NÚMERO DE CONTACTOS EN EL RADAR DE A BORDO DEL F-5M |
|          |                       | POCO ALCANCE DEL RADAR DEL F-5M                             |
|          |                       | INFORMACIÓN DEL <i>DATA LINK</i> EN LA PANTALLA DEL CMFD    |
| 3        | OPERADORES            | INTERACCIÓN PILOTO/CONTROLADOR DURANTE EL VUELO             |
|          |                       | ELEVADO NÚMERO DE AERONAVES PARA UN CONTROLADOR             |
| 4 y 5    | SISTEMA               | RECIBIR LAS <i>THREAT CALLS</i> EN EL MOMENTO CORRECTO      |
|          |                       | ARENA BVR CON MÁS DE 4 <i>RED X 4 BLUE</i>                  |
|          |                       | UBICACIÓN DE LAS AERONAVES AMIGAS Y ENEMIGAS EN LA ARENA    |
|          |                       | RIESGO DE COLISIÓN  |
|          |                       | FRASEOLOGÍA SATURADA  |

Fuente: El autor.

Las respuestas de ellos fueron tabuladas, clasificadas y ordenadas para medir la percepción del grupo analizado. Se estableció un tratamiento estadístico, pues, según Correa (2003), se puede buscar una tendencia de concentración de valores de una distribución dada. Esto es, si se posiciona al principio, en el medio o al final de cierta distribución. En este análisis se utilizó la moda, pues demuestra el dato que ocurre con mayor frecuencia en un conjunto (CORREA, 2003).

En la investigación se identificaron algunas restricciones y así se clasificaron como limitaciones. Inicialmente, sólo fue posible abarcar el grupo de pilotos de caza que participó del EXOP BVR1-2015. Se observó también la limitación del método estadístico, que solo determinó las tendencias de concentración de las respuestas. Por último, no se analizó la correlación entre los fallos en los niveles de formación de la conciencia situacional y la clasificación de errores de respuesta de acuerdo con el método SRK.

La investigación, sin embargo, se mostró relevante, en la medida en que puede contribuir a aclarar las dificultades de los pilotos de caza en los momentos de mayor complejidad durante un vuelo BVR y así señalar de qué manera los lanzamientos de misiles de medio alcance podrán ser empleados de manera juiciosa, a través de la disminución de los errores causados por los factores de complejidad de este ambiente.

## 5 PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

La investigación se desarrolló con la finalidad de estudiar la relación entre la obtención de la **conciencia situacional** y las características de la **toma de decisión** de los pilotos de F-5M de la FAB a través de la influencia de los **factores de complejidad** presentes en un vuelo operacional con capacidad BVR. Para ello, se realizó una encuesta de campo, a través de un cuestionario

entregado a los pilotos que participaron de la Operación BVR 1, en el año 2015.

La representación de la muestra obtenida de 38 respondedores, de un universo de 52 pilotos operativos en vuelos BVR de la FAB, alcanzó un grado de confiabilidad del 99%, con margen de error del 10,95%, según lo preconizado por Cochran (1965).

Fue conferido un tratamiento estadístico a la investigación después de la tabulación de los datos, pues, según Correa (2003), se puede buscar una tendencia de concentración de valores de una distribución dada. En este análisis se utilizó la moda, pues demuestra el valor que ocurre con mayor frecuencia en un conjunto de datos (CORREA, 2003).

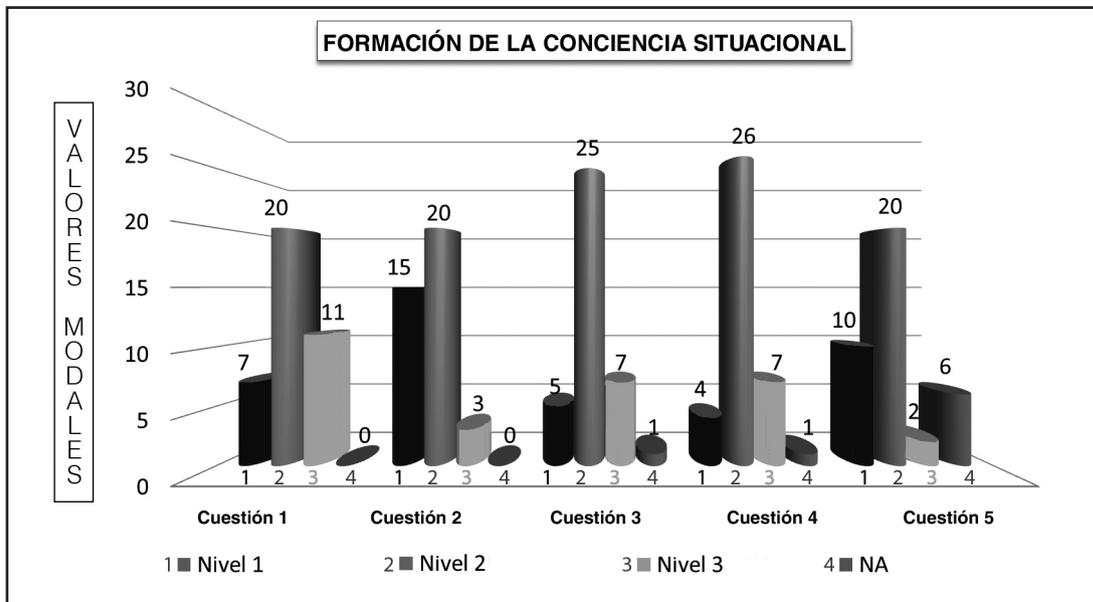
Los cuestionarios indican al investigador la cantidad de veces (repetición) que los respondedores, cuando están sometidos a cierto problema, se comportan en relación a lo que les fue presentado (BRYMAN, 2004).

En la primera fase del cuestionario, como se muestra en el Gráfico 1, se registró la activación de los tres niveles de la conciencia situacional, pero los pilotos concentraron sus resultados en el nivel 2. Esta prevalencia indica que todos los factores de complejidad presentados a los pilotos impidieron que tuvieran medios de concebir una anticipación y hacer simulaciones mentales para proyectar acciones futuras y de esa forma alcanzar el nivel 3 (ENDSLEY, 1999).

En las cuestiones 1 y 2, los pilotos solo lograrían comprender las tácticas de su escuadrilla y de la escuadra enemiga, sin tener la capacidad de analizar y proyectar las acciones futuras de la mayoría de las aeronaves de la arena.

En el caso de las cuestiones 3, 4 y 5, los pilotos lograron continuar en el combate y realizar el *Flow Plan* y la *Shot Philosophy*, sin tener condiciones de proyectar las acciones ofensivas combinadas en *briefing*, como la de recibir una *Oportunity To Strike*, involucrar combate con este tipo de blanco y continuar realizando el *Flow Plan* y la *Shot Philosophy*.

**Gráfico 1 - Valores modales relativos a la formación de la conciencia situacional.**



Fuente: El autor.

La dificultad encontrada por los pilotos de F-5M para obtener el nivel de la proyección puede ser corroborada, entonces, por Schutte y Trujillo (1996), que afirmaron que la complejidad del ambiente puede influenciar la obtención de los niveles más avanzados de conciencia situacional.

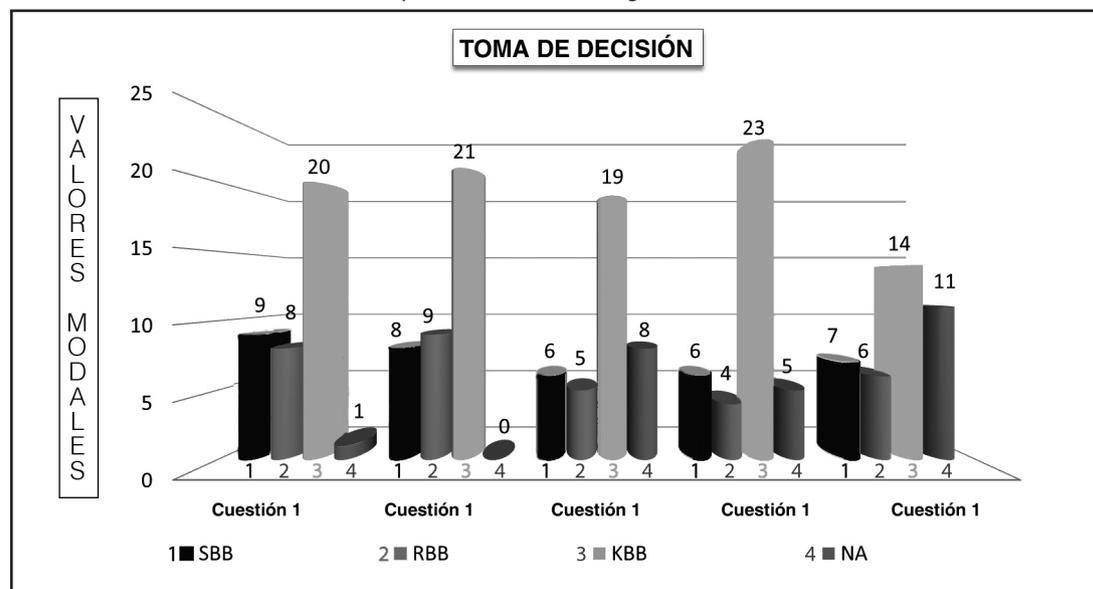
Endsley y Tilbury (2004) afirman que la comprensión de la conciencia situacional se procesa cognitivamente en los tres niveles de control cognitivo de Rasmussen (1982) y Reason (1990).

Rasmussen (1982) define que los modos de control cognitivo complementan el abordaje de los niveles de conciencia situacional definidos por Endsley (1995, 1999).

Para Woods y Sarter (2005), es a partir de la conciencia situacional que las decisiones y acciones de control son seleccionadas y activadas. Tales afirmaciones justifican el estudio de la segunda fase del cuestionario que aclaró en qué tipo de demanda cognitiva se concentraron las respuestas de los pilotos.

En la segunda fase del cuestionario, como se muestra en el Gráfico 2, los pilotos concentraron sus resultados en la demanda cognitiva del tipo *Knowledge-Based Behavior* (KBB). Esta prevalencia indica que los once factores de complejidad presentados a los pilotos, basados en situaciones inusitadas, posibilitaron que estos operadores

**Gráfico 2 - Valores modales de los tipos de demandas cognitivas.**



Fuente: El autor.

tuvieran medios para tomar sus decisiones, en la arena BVR, con base en conocimiento tácito o explícito (RASMUSSEN, 1982; REASON, 1990).

Los factores de complejidad presentados en las cuestiones 1 y 2 generaron situaciones de reglas claras y de mayor conocimiento de los pilotos, tales como RDR y *Data Link* operativos, según Rasmussen (1982 apud HENRIQSON et al., 2009 p 435). En este momento, las respuestas tuvieron menor dispersión entre las alternativas, lo que demuestra una clara definición para el comportamiento en KBB.

En las cuestiones 3 y 4, algunos factores de complejidad, conocidos de difícil gestión para los pilotos, como el fallo del *Data Link* y dificultad en recibir las *Threat Calls* fueron insertados y, según Rasmussen (1982 apud HENRIQSON et al., 2009, p. 435) representan reglas que no están definidas en manuales y exigen una abstracción de representación en niveles superiores, lo que exige conocimiento almacenado de los pilotos.

En la cuestión 5, el elevado número de aeronaves en la arena, la necesidad de mayor control de altitud y el fallo del *Data Link* fueron factores que generaron el mayor grado de indecisión de los operadores, como puede verse en el Gráfico 2. Una gran parte de ellos decidió por la opción Ninguna de las Respuestas Arriba (NA). Sin embargo, la prevalencia en el método KBB se basó en las decisiones definidas en los conocimientos relacionados con situaciones entrenadas y vividas anteriormente, según Rasmussen (1982 apud HENRIQSON et al., 2009, p. 435).

Los caminos metodológicos de esta investigación enfocaron los factores de complejidad contenidos en una arena de combate BVR dentro del proceso de formación de la conciencia situacional y las características de la toma de decisión de un piloto operacional en la aeronave F-5M.

Debido a la predominancia de la formación de la conciencia situacional en el nivel 2 y de la demanda cognitiva en el método KBB, se puede afirmar que los once factores de complejidad presentados a los 38 pilotos de F-5M, durante el EXOP BVR 1-2015, generaron una restricción en la obtención del nivel de proyección de las acciones futuras. Sin embargo, determinaron que los pilotos debían tomar sus decisiones en un nivel de abstracción alto, enfocadas en conocimientos previamente conocidos, basados en situaciones entrenadas y vividas anteriormente, alcanzando de esta manera el objetivo de la investigación.

## 6 CONCLUSIÓN

El estudio se inició abordando algunas características de la complejidad del ambiente BVR y la preparación específica para los pilotos de caza.

A través de los *debriefings* de los EXOP de 2014 se observaron algunas fallas de los pilotos en los momentos finales del lanzamiento de un misil de medio alcance, generando pérdida de eficiencia de los mismos.

Se decidió entonces enfocar el estudio sobre la formación de la conciencia situacional establecida por Endsley (1995) y el método de toma de decisión de los pilotos definido por Rasmussen (1982 apud HENRIQSON et al., 2009, p. 435) en el momento del lanzamiento de un misil con capacidad BVR.

Estos hechos generaron la inquietud en buscar la aclaración sobre la relación entre la obtención de la **conciencia situacional** y las características de la **toma de decisión** de los pilotos de F-5M de la FAB, a partir de la influencia de los **factores de complejidad** presentes en un vuelo operacional con capacidad BVR.

En la búsqueda por la fundamentación teórica, el concepto de factores de complejidad se reveló aplicable en la investigación, pues presenta tres aspectos plenamente coherentes con el vuelo BVR. En este sentido, los factores relacionados con las características del sistema, de los operadores y de las interfaces fueron presentados a los 38 pilotos de caza presentes en el EXOP BVR 1-2015.

El primer instrumento de investigación utilizado fue el método *Delphi*, para que los factores de complejidad contenidos en una arena BVR fueran planteados por cuatro expertos. La confluencia de las respuestas y la alineación de once factores se alcanzaron después de dos series de cuestionarios.

Como consecuencia de ello, se realizó una encuesta de campo, a través de un cuestionario presentado a los 38 pilotos de la muestra, después de los vuelos del EXOP BVR 1-2015, para que manifestaran sus desempeños en la formación de la conciencia situacional y para que tomaran sus decisiones de acuerdo con el método SRK.

Las informaciones recogidas por las respuestas de la primera fase de las preguntas revelaron que todos los once factores de complejidad presentados a los respondedores perjudicaron la formación del nivel 3 de formación de la conciencia situacional. Con eso, la proyección de las acciones futuras de las aeronaves de la arena fue perjudicada. De acuerdo con las respuestas, los pilotos lograrían ejecutar el *Flow Plan* y la *Shot Philosophy*, pero no tendrían condiciones de recibir un mensaje de *Opportunity To Strike* y de apuntar al blanco.

En la segunda fase de las respuestas, los pilotos concentraron sus resultados en la demanda cognitiva tipo *Knowledge-Based-Behavior* (KBB). Esta prevalencia demostró que las tomas de decisión, influenciadas por los once factores de complejidad, se basaron en el conocimiento tácito o explícito de los 38 pilotos de caza.

En cuanto a los hechos presentados, se afirma que, a pesar de haber una deficiencia en la formación de la conciencia situacional en el nivel de proyección (nivel 3), por la mayoría de los pilotos, las decisiones fueron tomadas en el más alto nivel conocido por el método SRK. Con ello, quedó definido que los pilotos llegaron a un alto grado de abstracción, basado en conocimientos previamente almacenados.

Se estableció de esta manera la relación entre la obtención de la **conciencia situacional** y las características de la **toma de decisión** de los pilotos de F-5M de la FAB, a partir de la influencia de los **factores de complejidad** presentes en un vuelo

operacional con capacidad BVR, siendo alcanzado el objetivo de la investigación.

Como principales enseñanzas, se proyecta que la aclaración de los niveles de formación de conciencia situacional alcanzados y los métodos de toma de decisión podrán ser aprovechados para la modificación del entrenamiento de los pilotos de F5-M y la preparación de los EXOP de la FAB.

Se sugiere, sin embargo, el perfeccionamiento de la investigación, que puede ser desarrollada en otros contextos, como por ejemplo la arena *Within Visual Range* (WVR), ataque aire-suelo, apoyo aéreo aproximado, entre otros.

## REFERÊNCIAS

BRASIL. Decreto nº 6.703, de 18 de dezembro de 2008. Aprova a Estratégia Nacional de Defesa, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 2008.

BRYMAN, A. Qualitative research on leadership: a critical but appreciative review. **The Leadership Quarterly**, v. 15, n. 6, p. 729-769, dez. 2004. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1048984304000840>>. Acesso em: 23 jun. 2015.

COCHRAN, W. G. **Técnicas de amostragem**. Tradução de Fernando A. Moreira Barbosa. Rio de Janeiro: Aliança para o Progresso, 1965.

CORREA, S. M. B. B. **Probabilidade e estatística**. 2. ed. Belo Horizonte: PUC Minas Virtual, 2003.

ENDSLEY, M. R. **Measurement of situation awareness in dynamic systems. Human factors**. Texas Teck University, 1995. p. 65-84. Disponível em: <[http://uwf.edu/skass/documents/HF.37.1995-Endsley-Measure\\_001.pdf](http://uwf.edu/skass/documents/HF.37.1995-Endsley-Measure_001.pdf)>. Acesso em: 06 jun. 2015.

\_\_\_\_\_. Situation awareness in aviation systems. In: GARLAND, D. J.; WISE, J. A.; HOPKIN, V. D. **Handbook of aviation human factors**. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, 1999. p. 257-276.

ENDSLEY, M. R.; TILBURY, D. M. **Modular verification of modular finite state**. New York: Plenum Press, 2004. p. 972-979.

HENRIQSON, E. et al. Consciência situacional, tomada de decisão e modos de controle cognitivo em ambientes complexos. **Produção**, v. 19, n. 3, p. 433-444, 2009.

LAKATOS, E. M. **Metodologia do trabalho científico**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2001.

PERROW, C. **Normal accidents: living with high-risk technologies**. Princeton, NJ: Princeton University Press, 1984.

RASMUSSEN, J. Human errors: a taxonomy for human malfunction in industrial installations. **Journal of Occupational Accidents**, v. 14, p. 311-333, 1982.

REASON, J. **Human error**. Cambridge, UK: Cambridge University, 1990. p. 302.

SANTOS, A. C. O uso do método Delphi na criação de um modelo de competências. **Revista de Administração**, São Paulo, v. 36, n. 2, p. 25-32, abr./jun. 2001. Disponível em: <<http://www.rausp.usp.br/download.asp?file=v36n2p25a32.pdf>>. Acesso em: 06 maio 2015.

SCHUTTE, P. C.; TRUJILLO, A. C. Flight crew task management in non-normal situations. In: HUMAN FACTORS AND ERGONOMICS ANNUAL MEETING, 40., 1996, Philadelphia. **Proceedings ...** Philadelphia: [s.n.], 1996. p. 244-248.

SHIMIZU, T. **Decisão nas organizações**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2006.

WOODS, D. D. Designs are hypotheses about how aircrafts shape cognition and collaboration. **Ergonomics**, n. 41, p. 168-173, 1998.

WOODS, D. D.; SARTER, N. Learning from automation surprises and going sour accidents. In: SARTER, N.; AMALBERTI, R. **Cognitive engineering in the aviation domain**. Hillsdale, NJ: Erlbaum, 2005.