

---

# Neurocognição e o emprego de aeronaves tecnologicamente avançadas: um novo campo a ser explorado na segurança de voo

Maurício Lorenzini Coelho<sup>1</sup>, Margareth Hasse<sup>2</sup>

1 Graduado em Ciências Aeronáuticas com ênfase em Aviação Militar; Mestre em Ciências Aeronáuticas pela UNIFA; Editor de Educação em Segurança de Voo da Revista Conexão SIPAER – CENIPA; Elemento Credenciado em Prevenção de Acidentes pelo CENIPA; Gestor de Segurança Operacional pela ANAC; Professor de Segurança de Voo no Curso Superior em Tecnologia de Pilotagem Profissional de Aeronaves da Faculdade de Ciências Aeronáuticas da Universidade Tuiuti do Paraná - UTP, Coordenador e Professor do Curso de Pós-Graduação de *Safety* em Aviação na UTP, Membro do Grupo Pesquisa em Segurança de Voo da UTP.

2 Graduada em Psicologia pela Universidade Tuiuti do Paraná e em Psicologia - Licenciatura pela Pontifícia Universidade Católica do Paraná; Mestre em Comunicação e Linguagens pela Universidade Tuiuti do Paraná, Doutoranda em Educação na Universidade Tuiuti do Paraná; Professora titular da disciplina Fatores Humanos no Curso Superior em Tecnologia de Pilotagem Profissional de Aeronaves da Faculdade de Ciências Aeronáuticas da Universidade Tuiuti do Paraná; Coordenadora do Curso de Pós-Graduação de *Safety* em Aviação na UTP, Membro do Grupo Pesquisa em Segurança de Voo da UTP.

---

**RESUMO:** A finalidade deste trabalho é apresentar parcela das atividades de pesquisa em desenvolvimento na Universidade Tuiuti do Paraná – UTP com a participação da Assessoria de Estudos de Segurança de Voo do CENIPA, com foco no emprego de aeronaves de pequeno porte tecnologicamente avançadas e as consequentes implicações para a segurança de voo. Os atuais estudos estão voltados para a análise bibliográfica relacionada com os processos neurocognitivos e suas relações com as novas tecnologias atualmente existentes em aeronaves tecnologicamente avançadas, na busca de compreender a interferência, ou favorecimento, dos processos sensoriais dos tripulantes em uma nova dinâmica de cabine, quando diante de sistemas automatizados embarcados e de demanda de carga de trabalho. Neste trabalho, realizado com base em estudos existentes de ocorrências aeronáuticas com aeronaves da categoria de transporte, são apresentados os mecanismos de alerta e atenção com suas características peculiares, e que são de extrema importância para a manutenção de uma condição de consciência adequada para as diversas etapas do voo. Propõe-se, assim, fornecer conhecimentos que possam ser utilizados por operadores aéreos e investigadores de acidentes aeronáuticos para a compreensão do processamento de informações pelo cérebro humano quando em condição automatizada de voo.

**Palavras Chave:** Neurocognição. Segurança de Voo. Automação. Tecnologia.

## Neurocognition and employment of technologically advanced aircraft: a new field to be exploited in flight safety

**ABSTRACT:** The purpose of this paper is to present a portion of the research activities under development at the Tuiuti University of Paraná - UTP, with the participation of CENIPA's Flight Safety Studies Advisory Committee, focusing on the operation of technologically advanced small aircraft and the consequent implications for flight safety.

The current studies are focused on the bibliographic analysis related with the neurocognitive processes and their relation with the new technologies currently existing in technologically advanced aircraft, in the search to understand the interference or favoring of the crew sensorial processes in a new cockpit dynamic, when faced with embedded automated systems and workload demand. In this paper, based on existing studies of aeronautical occurrences with transport category aircraft, alert and attention mechanisms is presented with their peculiar characteristics, which are extremely important for the maintenance of an adequate consciousness condition in different flight stages. It is therefore proposed to provide knowledge that can be used by air operators and aeronautical accident investigators to understand the information processing by the human brain when in an automated flight condition.

**Key words:** Neurocognition. Flight Safety. Automation. Technology.

**Citação:** Coelho, ML, Hasse, M. (2018) Neurocognição e o Emprego de Aeronaves Tecnologicamente Avançadas: Um Novo Campo a ser Explorado na Segurança de Voo. *Revista Conexão Sipaer*, Vol. 9, No. 3, pp. 82-90.

### 1 INTRODUÇÃO

Para iniciar os estudos que possibilitassem a compreensão da relação do ser humano com os novos sistemas embarcados nas aeronaves de pequeno porte, uma interação humano-computador, buscou-se analisar os relatórios finais de acidentes com as aeronaves tecnologicamente avançadas da categoria de transporte, dado o histórico existente na mudança da carga de trabalho e do desempenho de tarefas de seus tripulantes, demandando níveis cognitivos mais elevados de planejamento e monitoramento de sistemas.

Ao analisarmos os relatórios finais dos acidentes ocorridos com as aeronaves Airbus A-320 da TAM, Airbus A-330 da Air France, Boeing 777 da Asiana, ocorridos em 2007, 2009 e 2013 respectivamente, e identificarmos descrições de ocorrências relacionadas à automação, buscamos compreender qual o pano de fundo presente nesses eventos: o que se passa no cérebro do tripulante quando se concentra deliberadamente, e, por vezes, de forma prolongada, sobre alguma informação nos painéis?

Haveria alguma instância neuronal que decide quais informações alcançam a consciência e quais são? Que interferências pode sofrer a atenção quando o contexto se torna complexo devido a quantidade variada de informações, e o que pode ocorrer com a memória quando diante das mesmas condições? De que forma as intensões, necessidades e expectativas influenciam a percepção? Qual seria o modelo mental ideal para o gerenciamento da automação das cabines de comando das modernas aeronaves? Haveria a possibilidade de conflito entre modelos mentais distintos, provocando uma ruptura cognitiva em momentos de gerenciamento de crise na cabine automatizada?

Com esses questionamentos e dispostos a conjugar esforços para incentivar e facilitar a cooperação científica na realização de projetos de pesquisa com foco na segurança de voo, um grupo de pesquisadores da Universidade Tuiuti do Paraná - UTP e integrantes do Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos – CENIPA iniciou estudos relacionados com aeronaves de pequeno porte tecnologicamente avançadas e as consequentes implicações para a segurança de voo, reunindo profissionais das áreas de psicologia, pedagogia, treinamento aeronáutico e segurança de voo.

Os estudos tem por objetivo identificar fatores contribuintes de acidentes aeronáuticos, relacionados ao emprego de novas tecnologias, sob o enfoque da neurocognição. Dada a multidisciplinaridade das questões neurocientíficas e a participação de variados especialistas, acredita-se que a pesquisa permitirá compreender com mais clareza os fatores humanos que tenham relação com a integração de tripulantes aos ambientes automatizados das cabines de comando das aeronaves de pequeno porte, através dos estudos dos mecanismos neuronais, e melhor esclarecer como o cérebro organiza a traduz a realidade captada pelos sentidos humanos envolvidos nas atividades de pilotagem manual e automatizada (tato, visão, audição e a cinestesia).

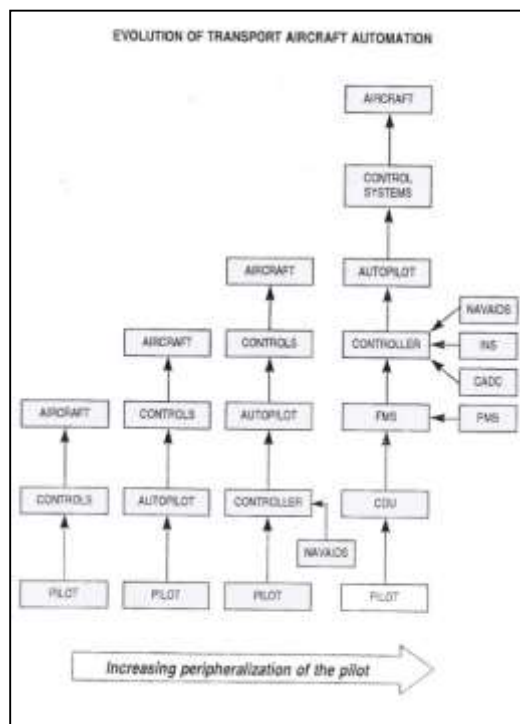
Espera-se, assim, que as respostas advindas das indagações possam facilitar a compreensão dos fenômenos neurocognitivos, auxiliando a elaboração de programas de treinamento mais adequados às aeronaves portadoras de aviônica *glass cockpit* e ao controle automatizado das funções do gerenciamento do voo, bem como auxiliar os investigadores de acidentes quando na busca de fatores que possam ter contribuído para uma ocorrência aeronáutica inserida num contexto de automação.

## 2 METODOLOGIA

Iniciados os trabalhos, identificou-se a necessidade de se buscar a fundamentação teórica da neurocognição, trabalhos acadêmicos já desenvolvidos sobre automação, incluindo os órgãos internacionais reguladores da aviação civil, os dados constantes dos relatórios finais de acidentes relacionados ao mesmo tema, e entrelaçá-los para o desenvolvimento de um modelo de provas que possibilite as condições ideais de voo simulado em ambiente automatizado.

Entendeu-se que, dessa forma, os conhecimentos daí advindos seriam compatíveis com a demanda gerada pela proposta da pesquisa e possibilitando, posteriormente, que gestores das áreas de treinamento, operações, segurança operacional e investigadores de acidentes aeronáuticos pudessem se beneficiar desse diálogo entre a neurocognição e a automação.

A etapa atualmente em andamento está sendo dedicada ao entendimento da contribuição da neurocognição nos eventos relacionados com a automação, apresentado parcialmente neste trabalho. Assim, o grupo tem-se apoiado nos conhecimentos da neurociência aplicada à aprendizagem, com escopo nos processos sensoriais, nos mecanismos de atenção, percepção e memória que possam influenciar os processos neurocognitivos dos tripulantes, diante do afastamento dos comandos de voo que se deu com a evolução da automação das aeronaves de transporte (figura 2).



**Figura 2** – Evolução da automação das aeronaves de transporte. (Fonte: ICAO Doc 9683-NA/950).

### 3 A AUTOMAÇÃO

A introdução da automação nas cabines de voo tem proporcionado uma elevada melhoria nos sistemas de segurança, na eficiência na navegação e economia nas operações. No entanto, ao mesmo tempo, impondo custos às operações que, muitas vezes, são manifestadas em forma de conflito com os modos de operação, erros de omissão (falhas do piloto para agir e intervir quando necessário) e surpresas com a automação.

A mudança de papel do tripulante, provocada pela automação, saindo do controle ativo e manual para o gerenciamento de sistemas automatizados, passa a exigir dele habilidades cognitivas não desenvolvidas em aeronaves com pouca ou quase nenhuma nova tecnologia embarcada, e que não se alinham facilmente com os modelos mentais<sup>1</sup> que os pilotos têm para a tarefa manual de voo (CAA, 2014). Os estudos realizados por Woods (1994), em simuladores de voo, confirmam que uma vez que as tarefas tendo sido delegadas aos sistemas automatizados, a capacidade humana em monitorá-los, muitas vezes, apresenta-se insuficiente para detectar problemas.

Nas discussões realizadas por Sheridan (1988), relativas ao conceito de supervisão dos sistemas de controle semiautomáticos, menciona que para cada função sequencial de supervisão, um modelo mental é assumido e um auxílio à decisão do computador é sugerido, mas alguns problemas com os modelos para alocação de atenção humana no controle da supervisão podem surgir. Caracteriza e discute alguns fatores que, em última instância, limitam a capacidade de modelar o comportamento humano em tais situações. Um primeiro fator é que as pessoas se preocupam com o fato de que os computadores podem fazer algumas tarefas muito melhor do que elas próprias, como a utilização da memória e a grande quantidade de cálculos numéricos realizados rapidamente. Um segundo fator é que o controle da supervisão tende a tornar as pessoas distantes das operações finais que deveriam supervisionar - distantes espacialmente, desincronizadas no tempo e interagindo com um computador ao invés de interagir com o próprio sistema. Um terceiro fator é que as pessoas perdem as habilidades perceptivo-motoras que em muitos casos lhes deram sua identidade.

Ainda com relação às questões investigadas sobre as limitações humanas em monitorar sistemas automatizados, a bibliografia encontrada fornece informações que corroboram com as colocações de Sheridan. Olson (2000), em sua pesquisa sobre a identificação e mitigação de riscos em automação de cabines menciona que além das restrições humanas para o monitoramento, existem dois motivos adicionais para esse desempenho relativamente fraco, e cita:

Primeiro, em cabines altamente automatizadas, a pesquisa mostra que os pilotos se afastaram do escaneamento geral dos instrumentos, passando a adotar uma estratégia de monitoramento baseada em expectativas, na qual eles verificam as indicações específicas dos painéis para confirmar se o sistema está funcionando como esperado. Como resultado, os pilotos são menos propensos a detectar ações automatizadas do sistema que vão além das expectativas dos pilotos. Por exemplo, a lógica em alguns FMC dita que, quando uma mudança é feita para uma determinada pista de pouso, todas as restrições verticais utilizadas até então são excluídas, pois podem não ser mais apropriadas. Uma vez que esta exclusão não é esperada, a pesquisa indica que os pilotos muitas vezes não verificam e, portanto, não detectam essa situação. Em segundo lugar, os sistemas automatizados geralmente fornecem feedback que não é suficientemente notável para atrair a atenção do piloto. Uma característica dos sistemas automatizados é que eles apresentam mais informações do que o piloto pode processar no tempo que lhe é disponível (sobrecarga de informações). Na ausência de indicações salientes (por exemplo, luzes intermitentes, mudanças de cor, etc.), os pilotos geralmente não prestam atenção a informações potencialmente relevantes.

Sobre o questionamento quanto a possibilidade de conflito entre modelos mentais distintos provocar uma ruptura cognitiva em momentos de gerenciamento de crise na cabine automatizada, e correlacionando com os motivos adicionais apresentado por Olson (2000) quanto ao fraco desempenho humano em monitorar sistemas automatizados, consta do Relatório Final do acidente do Airbus A-320 da TAM em 2007 que:

O sistema de automação do A-320 é complexo e leva o piloto a, inconscientemente, criar um modelo mental na tentativa de compreender a maneira como se processa a operação da aeronave e, assim, facilitar a sua interação com ela.

Ocorre que, como já foi visto, a mente humana só consegue formar modelos mentais simplificados, que podem até servir para a compreensão das

<sup>1</sup> Johnson-Laird sugere que as pessoas raciocinam com modelos mentais. Modelos mentais são como blocos de construção cognitivos que podem ser combinados e recombinaos conforme necessário. Como quaisquer outros modelos, eles representam o objeto ou situação em si; uma de suas características mais importantes é que sua estrutura capta a essência (se parece analogicamente) dessa situação ou objeto (Hampson e Morris, 1996, p. 243).

operações normais, mas que são insuficientes para situações mais complexas e não rotineiras.

Como consequência, diante de uma situação anormal, cresce a importância dos sistemas de alerta da própria aeronave como provedores das informações para a manutenção da consciência situacional pela tripulação, em vista da fragilidade de seu modelo mental.

O próprio fabricante reconheceu esta importância ao desenvolver uma melhoria para o FWC, por meio da rotina H2F3, que aciona um alarme específico com uma mensagem no ECAM, alertando os pilotos de que um manete estaria numa posição acima de "IDLE" durante o pouso.

Entretanto, as autoridades responsáveis pela aeronavegabilidade continuada do A-320 consideraram que a não implementação desta modificação não afetaria a segurança da operação, não tendo sido emitida uma Diretriz de Aeronavegabilidade (DA) para sua instalação. A emissão de uma DA tornaria o dispositivo mandatório e obrigaria o fabricante a instalá-lo em todos os A-320 em operação.

Desta forma, a rotina H2F3 representou, unicamente, uma melhoria oferecida pelo fabricante, por meio de boletim de serviço, a todos os operadores de A-320, cabendo a cada um deles decidir pela sua implementação (arcando com os respectivos custos) ou não.

No caso específico do PR-MBK, o FWC não dispunha da rotina H2F3 instalada.

Desde o momento do pouso até a colisão da aeronave, os pilotos deram mostras de que não tinham a compreensão do que estava acontecendo, ou o conhecimento de como o sistema estava impedindo a parada da aeronave.

Diante dos conhecimentos coletados e analisados até o presente momento dos trabalhos de pesquisa, constata-se que as propriedades de funcionamento das novas tecnologias embarcadas estão demandando um olhar científico diferenciado que permita um conhecimento mais aprofundado sobre o operador humano em ambiente de cabines automatizadas.

Assim, com base na contribuição dos conhecimentos da neurocognição, acredita-se que seja possível compreender alguns dos fatores contribuintes de acidentes que tenham relação com a automação, principalmente os que podem promover o desengajamento cognitivo do piloto com relação à operação de aeronaves e possibilitando, assim, elevar a segurança na operação de voo.

#### **4 NEUROCOGNIÇÃO APLICADA À APRENDIZAGEM**

O enfoque dado à aprendizagem, na revisão dos conhecimentos relativos a neurociências, advém do entendimento de que a tecnologia de automação embarcada requer um processo instrucional teórico e prático adequado, como citado por Wierne e Curry (1980) na proposição para um dos princípios da automação, relativo à classificação das tarefas de controle:

É necessário um treinamento extensivo para os operadores que trabalham com equipamentos automatizados, não só para garantir o bom funcionamento e configuração, mas para transmitir um conhecimento sobre a correta operação (para detecção de anomalia) e procedimentos de mau funcionamento (para diagnóstico e tratamento).

Portanto, o treinamento envolve processos neurocognitivos para a apreensão do funcionamento de sistemas automatizados e sua operação segura, pois a complexidade de muitos dos sistemas pode exigir um nível mais alto de compreensão inicial e habilidade operacional do que era necessário com as aeronaves menos modernas.

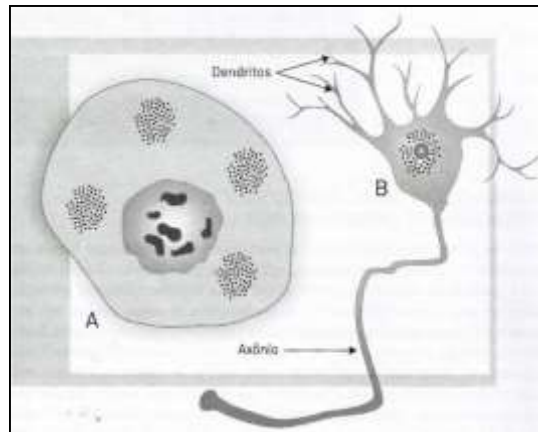
O entendimento da organização geral e funcional do sistema nervoso nos possibilita compreender como tomamos consciência das informações que chegam pelos órgãos dos sentidos e como processamos essas informações, comparando-as com as nossas vivências e expectativas, e como nosso corpo atua no ambiente através de respostas voluntárias e involuntárias, bem como nos traz o entendimento dos fatores que podem impedir uma adequada tomada de consciência (CONCENZA, 2011).

#### **5 OS PROCESSOS SENSORIAIS**

O intercâmbio que estabelecemos com tudo ao nosso entorno, nos diversos meios em que vivemos e transitamos ao longo de nossas vidas, é estabelecido pelo nosso sistema nervoso. Nessa interação, estabelecem-se as comunicações entre o meio ambiente externo ao redor e as partes internas do nosso organismo. O sistema nervoso possibilita, desta forma, a identificação das características do ambiente e a produção de respostas adaptativas de modo a garantirmos a nossa sobrevivência.

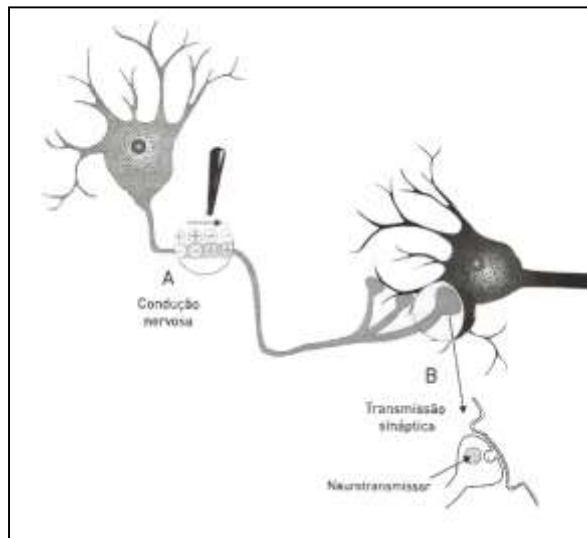
Ao longo da evolução animal, o nosso aparato sensorial se desenvolveu para que os órgãos dos sentidos pudessem captar a energia existente no ambiente através de sensores específicos. Apesar de não sermos capazes de perceber as muitas formas de energia existentes no ambiente, os nossos órgãos dos sentidos (visão, audição, tato, olfato, paladar e a cinestesia), através dos seus receptores, nos permitem captar determinadas frequências de energia e enviar essas informações específicas, pelas cadeias neuronais, até o córtex cerebral, onde se tornará consciente (GUERRA, 2000).

O cérebro, o componente mais importante do sistema nervoso, é o órgão que nos permite tomar consciência das inúmeras informações que chegam através dos órgãos dos sentidos, após transitarem por circuitos nervosos compostos por dezenas de bilhões de células nervosas denominadas **neurônios** (figura 3).



**Figura 3** – Célula comum (A) e Neurônio (B). (Fonte: COSENZA).

Nesse processo, cada neurônio dispara impulsos nervosos dezenas de vezes por segundo. Porém, a informação, para ser transmitida de um neurônio para outro, depende da porção final do prolongamento neuronal da célula denominado **axônio** (figura 3). Esses locais de encontro dos prolongamentos neuronais das células, onde acontece a passagem da informação entre elas, são denominados **sinapses** (figura 4).



**Figura 4** – Condução nervosa através de mecanismo elétrico (A) e transmissão sináptica (B). (Fonte: COSENZA).

Essa comunicação é feita por meio de uma substância química, um neurotransmissor, que liberado na região das sinapses atua na membrana da outra célula e regula a passagem da informação no sistema nervoso, tendo uma importância fundamental nos processos de aprendizagem (COSENZA, 2011, p. 13).

Esse processo do trânsito da informação pelo sistema nervoso é que permite passar da pura e simples captação de mensagem sensorial (forma, cor, som, sabor, odor, impressões táteis ou a posição e os movimentos do corpo) ao reconhecimento de algo familiar e dotado de sentido (FREEMAN, 2000), sendo esta interação com o nosso entorno uma experiência multissensorial.

Este é o aparato utilizado para interagir com o ambiente da cabine de comando de uma aeronave, seja ela instrumentada com tecnologia analógica ou digital. Tudo o que é manipulado, visto, ouvido e sentido nesse espaço de trabalho é percebido por áreas especializadas do córtex cerebral, que processam esses dados e dão a eles significados que permitem a decisão e a ação através de respostas mecânicas ou verbais.

Evidentemente que as representações visuais e funcionamento dos instrumentos analógicos diferem em muito dos novos sistemas de apresentação das informações do estado da aeronave durante o voo, fornecidas através dos diversos displays no painel de instrumentos e que variam conforme a arquitetura de automação adotada. Estes são cenários de operação distintos e que requerem uma mudança de postura para a manutenção da vigilância e atenção durante o voo.

## 6 O ESTADO DE ALERTA E DE ATENÇÃO

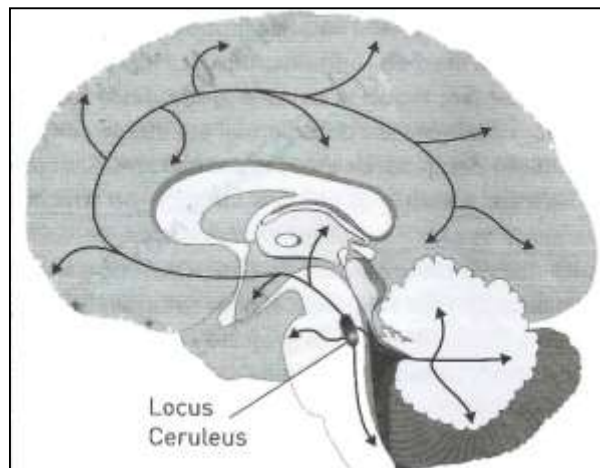
A quantidade de informações que chegam até nós pelos receptores sensoriais periféricos é de cerca de 400 bilhões de bits por segundo. Obviamente não percebemos nem processamos essa quantidade impressionante de informações. Estima-se que por nossa consciência passam apenas 2 mil bits por segundo (ARNTZ, 2007).

O nosso cérebro não tem a capacidade de processar ao mesmo tempo todas as informações que chegam pelas vias receptoras, apesar dos bilhões de células interligadas por trilhões de sinapses. O mecanismo utilizado, e que permite a seleção da informação que é importante, se dá pelo fenômeno da **atenção**. Segundo Guerra (2011) “através dele somos capazes de focalizar em cada momento determinados aspectos do ambiente, deixando de lado o que for dispensável”.

O sistema nervoso possui centros reguladores do processo de seleção da informação que permite que possamos, conscientemente, canalizar a atenção a determinados estímulos enquanto ignoramos outros. Há, ainda, a adaptação a uma estimulação prolongada por parte dos receptores sensoriais, que deixam de perceber o estímulo que neles chegam.

Quando se analisa a atenção, deve-se considerar um aspecto importante do funcionamento do cérebro: o nível de vigiância ou de alerta em que ele se encontra em determinado momento. O estado de alerta tanto pode contribuir quanto prejudicar a atenção e o processamento cognitivo. Assim, para que o cérebro possa manipular a atenção e focar a consciência em eventos notáveis e, ainda, em algumas características especiais que for julgada importante, deve-se manter um nível adequado de alerta (COSENZA, 2011).

O cérebro possui um sistema funcional, localizado no mesencéfalo, que é responsável pela regulação nos níveis de vigiância, ou alerta, denominado Locus Ceruleus (local azul) (figura 5).



**Figura 5** – Locus Ceruleus (Fonte: COSENZA).

Este grupo de neurônios de cor azulada produz um neurotransmissor, a noradrenalina, importante para a regulação do estado de alerta. Assim, este circuito neuronal que se dedica à regulação da vigiância, é o responsável por governar o estado de atenção do cérebro. Portanto, para que se tenha um nível de alerta compatível com o ambiente em que se encontra, ou ao momento em que está vivenciando algum evento, o ser humano deve estar com um estado de vigiância adequadamente ajustado à esta demanda.

De acordo com Hawkins (1987) “estados de alerta, ou vigiância, são especialmente importantes quando é considerada a carga de trabalho na cabine, que varia amplamente em diferentes fases do voo”.

Ao se estabelecer a relação estado de alerta versus fase do voo, deve-se considerar que a carga de trabalho necessária varia conforme a dificuldade da tarefa, da prioridade da tarefa e das contingências situacionais. Varia também de acordo com a demanda cognitiva, ou neurocognitiva, para a manutenção da atenção e dos recursos para o suporte ao processamento de informações, tais como a percepção, atualização da memória, planejamento, processo decisório e processamento das respostas. Além disso, essa relação é modulada por diferenças individuais, tais como o conjunto de habilidades e experiência individual (SALVENDY, 2012).

Estabelecido o estado de alerta adequado, a atenção pode ser regulada de “baixo para cima” e de “cima para baixo”. Na primeira condição, também chamada de **atenção reflexa**, os estímulos periféricos e suas respectivas características, como a novidade ou o contraste, desempenham um papel importante no processamento neuronal das informações. Ao ser regulada pelos aspectos centrais do processamento cerebral, “de cima para baixo”, a **atenção voluntária** se vale de aspectos internos do organismo, da opção pessoal estabelecida por um contexto específico ou por um objetivo a ser alcançado (GUERRA, 2011).

Assim, quando o *Ground Proximity Warning System* (GPWS) alerta um piloto, através dos recursos aural e visual, quando a aeronave se aproxima perigosamente do terreno ou de um obstáculo, a atenção reflexa é ativada para que as informações sejam processadas e uma resposta imediata seja adotada. Se o mesmo piloto procura por informações, nos displays dos sistemas

automatizados da aeronave, necessárias à uma tomada de decisão ou simplesmente para consultar algum parâmetro, ele está fazendo uso da atenção voluntária.

Mas o foco de atenção pode ser desligado de um determinado alvo e ser desviado para outro local e, ainda, ser mantido por tempo prolongado em um ponto, ao mesmo tempo em que outros estímulos provocadores de distração são inibidos. Os sistemas ou circuitos reguladores envolvidos nesses processos são o **circuito orientador** e o **executivo**, respectivamente.

O circuito orientador permite, ainda, que haja um redirecionamento do foco de atenção para outros sistemas sensoriais, podendo-se privilegiar a visão ao invés da audição, ou vice-versa.

O Relatório Final de acidente do voo AF 447, com uma aeronave Airbus 330-203 da Air France, cita na sua página 105, no item que trata da resposta a avisos auditivos:

Numerosos estudos foram realizados sobre a insensibilidade aos avisos auditivos e eles mostraram que a natureza agressiva, a raridade e a falta de confiabilidade dessas advertências podem levar os operadores a ignorar esses sinais. Em particular, no caso de uma pesada carga de trabalho, a insensibilidade aos avisos auditivos pode ser causada por um conflito entre estes avisos e as tarefas cognitivas em andamento. A capacidade de chamar a atenção para esta informação é muito desgastante, pois isso requer a utilização de recursos cognitivos que já estão envolvidos na tarefa que está sendo executada. O desempenho de uma dessas tarefas (solução do problema ou o aviso), ou de ambos, seria afetado.

Além disso, os estudos sobre o conflito visual-auditivo mostram uma tendência natural de favorecer percepção visual a auditiva quando a informação é contraditória e conflitante, ou visto como tal, quando apresentado para ambos os sentidos. A pilotagem, com elevada atividade visual, poderia levar os pilotos a um tipo de insensibilidade auditiva ao surgimento de avisos auditivos que são raros e em contradição com a informação da cabine.

Um estudo recente em eletrofisiologia em uma tarefa de pilotagem parece confirmar que o surgimento de tais conflitos visual-auditivos, em uma situação de carga de trabalho elevada, se traduz em um mecanismo de seletividade de atenção que favorece a informação visual e leva a desconsiderar avisos auditivos críticos.

Com relação a atenção executiva, afirma Cosenza (2011) que “exerce uma função importante nos mecanismos de autorregulação, ou seja, com a capacidade de modular o comportamento de acordo com as demandas cognitivas, emocionais e sociais de uma determinada situação”. Assim, pode-se inferir que fortes cargas emocionais negativas podem interferir na atenção ao processamento cognitivo, provocando uma degradação do mesmo.

Ainda, no mesmo Relatório Final, observa-se a seguinte observação mencionada na página 199:

A ocorrência da falha no contexto do voo em cruzeiro surpreendeu completamente os pilotos do voo AF 447. As dificuldades aparentes com o manuseio de avião em alta altitude, e em turbulência, levou a entradas excessivas de rolagem e de atitude de nariz alto comandadas pelo PF. A desestabilização resultante da trajetória de voo e a evolução na atitude de arfagem e da velocidade vertical foi adicionada aos erros de indicação de velocidade e mensagens do ECAM, o que não ajudou com o diagnóstico. A tripulação, progressivamente tornando-se desestruturada, provavelmente nunca entendeu que enfrentava uma "simples" perda de três fontes de informação de velocidade.

No minuto que seguiu a desconexão do piloto automático, a falha nas tentativas para entender a situação e a desestruturação da cooperação da tripulação foi crescente entre os tripulantes, até a perda total do controle cognitivo da situação.

Mesmo tendo diversos recursos para a sua regulação, o mecanismo atencional humano não apresenta o mesmo desempenho quando a atenção é dividida pela utilização de canais sensoriais diferentes, provocando a perda de aspectos importantes da informação. Esse comportamento ocorre, principalmente, se a demanda de um dos canais é aumentada (GUERRA, 2000). Ao tentar dividir a atenção, o cérebro sempre processará melhor uma informação de cada vez.

No acidente do Boeing 777 da empresa Asiana, ocorrido em 2013 no Aeroporto Internacional de São Francisco, em que minutos antes do impacto o Piloto em Comando assume manualmente o voo, o Relatório Final menciona que:

A pesquisa de fatores humanos demonstrou que os operadores de sistemas geralmente se tornam complacentes quanto ao monitoramento de sistemas automatizados altamente confiáveis quando eles desenvolvem um alto grau

de confiança nesses sistemas e quando tarefas manuais competem com tarefas automatizadas para a atenção do operador. Esse fenômeno ocorre tanto em operadores iniciantes como experientes e não pode ser facilmente superado através da prática (Parasuraman e Manzey 2010, 381-410).

Os recursos de atenção são limitados, de modo que deslocá-los para tarefas automatizadas e para tarefas controladas manualmente durante períodos de aumento da carga de trabalho pode ser visto como adaptativo, porque uma das funções da automação é facilitar a carga de trabalho do operador. No entanto, o uso de tais sistemas tem consequências adversas previsíveis sobre o desempenho humano. Especificamente, reduz o monitoramento e diminui a probabilidade de um operador humano detectar sinais de comportamento anômalo ou inesperado do sistema envolvendo os processos sob controle automático.

Nesse caso, o PF, PM e o observador acreditavam que o sistema A/T estava controlando a velocidade com empuxo, eles possuíam um alto grau de confiança no sistema automatizado e eles não acompanharam de perto estes parâmetros durante um período de carga de trabalho elevada. Assim, a monitoração inadequada das indicações de velocidade e potência por parte da tripulação de voo parece corresponder a esse padrão envolvendo dependência de automação.

O NTSB conclui que a monitoramento insuficiente da tripulação de voo das indicações de velocidade durante a aproximação provavelmente resultou da expectativa, do aumento da carga de trabalho, da fadiga e da dependência da automação.

Percebe-se, até aqui, que algumas limitações humanas podem provocar um maior risco para segurança quando os tripulantes interagem com os sistemas automatizados da aeronave. Compreender essas limitações, sob o enfoque das neurociências, poderá auxiliar na segurança das operações e na prevenção de acidentes no atual e futuro ambiente de tráfego aéreo.

## 7 PRÓXIMOS PASSOS

No decorrer dos atuais estudos comparativos que estão sendo realizados no entrelaçamento dos conhecimentos relacionados à neurocognição e à automação, outros serão incorporados e desenvolvidos ao longo da pesquisa com a finalidade de associar os processos neurocognitivos com as abordagens dominantes dos estudos relacionados aos modelos mentais propostos por Johnson-Laird (1983), a Interação Humano-Computador (IHC), da Engenharia Cognitiva proposta por Don Norman (1986), a automação, e a ergonomia e fatores humanos, bem como a construção e aplicação de um modelo de provas que possibilite a observação de tripulantes durante uma condição de voo simulado, em ambiente de cabine tecnologicamente avançada, para que sejam confrontados com os conhecimentos reunidos na fase de análise da bibliografia especializada disponível.

## 8 CONCLUSÃO

Embora sejam indiscutíveis os benefícios advindos com as novas tecnologias embarcadas, com importantes contribuições para segurança, precisão e eficiência dos sistemas, a automação também traz no seu conjunto novas oportunidades de erros, dada a mudança de papel do piloto. O tripulante, ao passar da posição de controlador do sistema para o de supervisor do sistema, torna-se responsável por instruir, monitorar e intervir com sistemas automatizados, deixando de atuar manualmente nos comandos de voo.

Esse novo papel requer dele habilidades cognitivas que não se alinham facilmente com os modelos mentais que os pilotos têm para a tarefa manual de voo sendo, assim, necessário compreender com mais clareza os fatores humanos que tenham relação com a integração de tripulantes aos ambientes tecnologicamente avançados das cabines de comando, através dos estudos dos mecanismos neuronais, e melhor esclarecer como o cérebro organiza e traduz a realidade captada pelos sentidos humanos envolvidos nas atividades de pilotagem manual e automatizada (tato, visão, audição e a cinestesia).

Com base no exposto sobre os processos neurocognitivos, mesmo que de forma resumida, em especial os estados de alerta e de atenção, entende-se que seja adequada uma compreensão por parte de tripulantes, gerentes de treinamento, de segurança operacional e de investigadores de acidentes aeronáuticos, dos mecanismos que o cérebro humano dispõe para a manutenção de uma consciência situacional condizente com as diversas circunstâncias encontradas durante o voo, sejam condições anormais ou de emergência que porventura possam acontecer, seja pela variação da demanda de carga de trabalho na cabine de comando automatizada.



**REFERÊNCIAS**

- ARNTZ, W. **Quem somos nós? A descoberta das infinitas possibilidades de alterar a realidade diária**. Rio de Janeiro: Prestígio Editorial, 2007.
- BRASIL. Comando da Aeronáutica. Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos. **Relatório Final A – Nº 67/CENIPA/2009**. Brasília. 2009.
- COSENZA, R. M.; GUERRA, L. B. **Neurociência e educação: como o cérebro aprende**. Porto Alegre: Artmed, 2011.
- CANADÁ. International Civil Aviation Organization. **Circular 234-AN/14 – Human Factors Digest nº 5**. Montreal. 1992.
- ESTADOS UNIDOS. National Transportation Safety Board. **Accident Report NTSB/AAR-14/01- PB2014-105984**. Washington. 2014.
- FRANÇA. Bureau d’Enquêtes et d’Analyses pour la sécurité de l’aviation civile. **Final Report F-GZCP**. Paris. 2012.
- FREEMAN, W. J. **How Brains Make Up Their Minds**. Columbia University Press, New York: 2001.
- HAWKINS, F. H. **Human factors in flight**. Inglaterra: Gower Technical Press. Ltd., 1987.
- INGLATERRA. Civil Aviation Authority. **Paper 2004/10 Flight Crew Reliance on Automation**). Safety Regulation Group, West Sussex: 2004.
- LAIRD, J.P.N. **Mental Models: Towards a Cognitive Science of Language, Inference, and Consciousness**. Estados Unidos: Lawrence Erlbaum Associates Inc.: 1983.
- NORMAN. D.A. **User Centered System Design: New Perspectives on Human-Computer Interaction**. Estados Unidos: Lawrence Erlbaum Associates Inc.: 1986.
- OLSON, W.A. **Identifying and Mitigating the Risks of Cockpit Automation**. Maxwell Air Force Base. Alabama. 2000.
- SALVENDY, G. **Handbook of Human Factors and Ergonomics - Fourth Edition**. Estados Unidos: John Wiley & Sons, Inc., 2012.
- SHERIDAN, T.B. **Handbook of Human-Computer Interaction, Chapter 8 – Task Allocation and Supervisory Control (páginas 159–173)**. Canadá: 1988.

....