



ANÁLISE DO ACIDENTE DO P-51D NA INGLATERRA EM 2017 PELOS CONCEITOS DE ERGONOMIA COGNITIVA

Matheus Prim Markoski dos Santos ¹

Luis Felipe Tarle Magalhães ²

Victor Ishizuca Teles ³

Alexandre Fonseca Póvoa da Silva ⁴

RESUMO: Em 2017, após falhas intermitentes no motor durante sua apresentação no show aéreo de Duxford, Inglaterra, o piloto do P-51 Mustang precisou fazer um pouso forçado em uma fazenda próxima à pista de pouso, ocasionando danos apenas à aeronave e sem vítimas. Acidentes aéreos são costumeiramente analisados sob o ponto de vista da ergonomia cognitiva, buscando elucidar os aspectos que, normalmente, provocam ou contribuem para o erro humano. Entretanto, pode-se destacar que as ações do piloto neste acidente, na maior parte, funcionam como bons exemplos dentro dos conceitos de ergonomia cognitiva. A partir desses conceitos, com base na revisão bibliográfica a respeito de desempenho e erro humano, atenção, observação de operações em cabines de pilotagem e em salas de controle de centrais nucleares, os autores analisaram reportagens, as lições aprendidas e dois vídeos do acidente, disponíveis na internet.

PALAVRAS-CHAVE: Acidente Aéreo; Erro Humano; Piloto

INTRODUÇÃO

A aviação é um domínio no qual se aplicam diversos conceitos de ergonomia. Inicialmente, os conceitos antropométricos, relacionando tópicos como as formas e tamanhos dos elementos de controle e dos mostradores e o alcance funcional do tripulante com estes itens foram alvo de estudos e constam há algum tempo em guias de projeto e normas, como a MIL-STD-1472 (Departamento de Defesa dos EUA, 2012). Mesmo em uma cabine de pilotagem que atenda a todos esses princípios ergonômicos, ainda assim, existe margem para que aconteça o que é conhecido como “erro do piloto” (Fitts e Jones, 1947).

Desde então, vários fatores contribuíram para melhoria na segurança da aviação, mas os acidentes ainda existem. Sobretudo na aviação comercial e militar é sob o ponto de vista da ergonomia cognitiva e dos sistemas complexos e automatizados que os acidentes são analisados e estudados, principalmente por meio da base propiciada pelos estudos de Bainbridge (1983), Rasmussen (1983), Wickens (1988, 2010), Reason (1990) e continuamente aperfeiçoada, como

¹ Marinha do Brasil, matheus.markoski@marinha.mil.br

² Marinha do Brasil, tarle@marinha.mil.br

³ Fundação PATRIA, ishizuca@outlook.com

⁴ Marinha do Brasil, alexandre.povoa@marinha.mil.br

no caso do “Sistema de Classificação e Análise de Fatores Humanos” (Human Factors Analysis and Classification System, HFACS, Shappel, 2000 e Lower et al, 2018).

Os autores deste estudo analisaram dois vídeos (Air Safety Institute, 2018; High Flight, 2017), o relatório (AAIB, 2017) e duas reportagens (Airscape 2019; Hirschman, 2018) sobre o acidente, avaliando as ações observadas nos vídeos e descritas pelo piloto com base nos conceitos ergonômicos exibidos na revisão bibliográfica.

DESCRIÇÃO DO ACIDENTE

Em 9 de julho de 2017, durante a parte final do segundo dia de apresentações no show aéreo de Duxford, Inglaterra, a aeronave P-51D Mustang fazia parte de uma passagem em formação com outras aeronaves históricas sobre a pista. Antes da execução da manobra, o piloto realizou a troca de tanque de combustível, procedimento padrão realizado a cada 30 minutos de voo, selecionando o tanque da asa direita. Após a passagem, a formação de aeronaves subiu para uma altura de aproximadamente 300 metros e, para manter-se em posição, o piloto precisou ajustar continuamente a manete de potência. Durante um desses acionamentos a aeronave teve a primeira anomalia no funcionamento do motor, que rapidamente voltou a operar, mas passou a apresentar um comportamento intermitente. O piloto realizou uma tentativa de aproximação da pista, porém o planeio da aeronave era insuficiente para o pouso, dada a inconfiabilidade da propulsão e a baixa altura. Como alternativa, o piloto buscou algum ponto favorável para um pouso de emergência nos campos de trigo próximos. Já em procedimento de descida, baixo e próximo a pista, o motor parou em definitivo, fazendo com que ocorresse o pouso em uma fazenda (AAIB, 2017, Airscape, 2019 e Hirschman, 2018), sem vítimas e apenas com danos à própria aeronave.

Este é um dos 30 acidentes ocorridos em exibições aéreas naquele ano por todo o mundo, no qual 34% ocorreram por falha mecânica, o dobro da média histórica para este tipo de falha (Barker, 2018).

A AERONAVE

O P-51D Mustang, matrícula G-TFSI (Fig. 1) era um avião de caça monoposto originalmente entregue à Força Aérea dos EUA em 1945, permanecendo em operação até 1956. Em 2007, após seis anos de trabalhos para revisão, atualização e conversão do modelo original P-51D para modelo biposto-treinador (TF-51D), a aeronave foi transferida para o aeródromo de Duxford, Inglaterra (AAIB, 2017). O avião foi enviado aos EUA para reparo e, no ano seguinte, se exibiu no mesmo show (AIRSCAPE, 2019).



Figura 1 - TF-51D Mustang “Miss Velma”, matrícula G-TFSI, um dia antes do acidente
Fonte: Leonard (2017), com permissão de distribuição CC BY-NC 2.0 (CC, 202?b)

O P-51 Mustang é um caça norte-americano da Segunda Guerra Mundial, originalmente projetado pela North American Aircraft para a Força Aérea Real da Inglaterra em 1940. Em apenas 117 dias ele foi projetado e o protótipo fez seu primeiro voo. Após o envolvimento dos EUA nessa guerra, ele passou a ser usado pela Força Aérea do Exército dos EUA, sendo empregado com muito sucesso tanto no teatro Europeu como no Asiático. Mais de 14.000 unidades foram produzidas, sendo o modelo P-51D o mais produzido, com 8.302 unidades (Smithsonian, 201?). Por causa do fim da guerra e da introdução dos caças a jato logo após o fim dela, esses caças foram vendidos como excedentes para diversas forças aéreas, empresas e até particulares. Atualmente, vários P-51 ainda são mantidos em condições de voo por particulares, museus, fundações ou empresas, seja para corridas ou exibições aéreas, sendo este o caso no qual se enquadra este modelo em particular. As Fig. 2 e 3 destacam elementos que serão posteriormente mencionados: a manete de potência, a alavanca de abertura da capota e as aberturas das metralhadoras nas asas.



Figura 2 - Cabine de um P-51D. As setas mostram a manete de potência (esquerda) e manivela de abertura da capota (direita)

Fonte: Adaptado de Smithsonian (201?), com permissão de distribuição CC0 (CC, 202?a)



Figura 3 - Abertura das metralhadoras nas asas do P-51D

Fonte: Adaptado de Smithsonian (201?), com permissão de distribuição CC0 (CC, 202?a)

O PILOTO

O piloto era Mark Levy, voando para a empresa de restauração de aeronaves Anglia Aircraft, proprietária da aeronave (Airscape, 2019). Ele é piloto da companhia British Airways e possui larga experiência em exibições aéreas em outras aeronaves, participando destas desde 1989. Possui o total de 21.000 horas de voo em diversas aeronaves, porém apenas 9 no Mustang até o dia do acidente (AAIB, 2017 e Hirschman, 2018).

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Rasmussen começa seu estudo enfatizando que os seres humanos não atuam, ou se comportam, simplesmente como dispositivos de entrada e saída do tipo determinístico e que o nosso comportamento é modificado em função dos sinais emanados dos objetivos a serem alcançados, que foi definido como comportamento teleológico (Rosenbluth e Wiener 1943, apud Rasmussen, 1983). Nesse contexto, ele procurou distinguir as categorias do comportamento humano de maneira qualitativa e o fez em **três níveis de desempenho humano**, que são **habilidade**, **regra** e **conhecimento**. O diferente uso da informação disponível nesses níveis de desempenho tem distinções, que o levou a defini-las como **sinais**, **signos** e **símbolos**, tudo isso dentro do modelo conhecido como **SRK**, do inglês *Skill, Rule e Knowledge* (habilidade, regra e conhecimento).

Com base nesse estudo e nas áreas de pesquisa de erro que o dividiam em “deslizes e lapsos” e “engano”, Reason propôs o sistema genérico de modelagem de erro (**GEMS - Generic Error-Modeling System**), no qual ele cria uma estrutura de compreensão das falhas em cada um daqueles níveis de desempenho humano. Um conceito interessante é o **esquema mental “forte-mas-errado”** (*Strong-but-wrong*) para resolução de problemas, no qual procedimentos acumulados em anos de prática podem ser disparados e aplicados em momentos inadequados, em função de, por exemplo, fora de contexto ou por falta de informações para se diagnosticar adequadamente o problema.

Nessa mesma obra, também é trazida a distinção entre o **erro ativo**, aquele cujas consequências são observadas imediatamente, e os **latentes**, que são erros ocasionados não necessariamente pelos operadores, mas por outras pessoas envolvidas no processo, que podem

até mesmo serem os projetistas, que causam falhas que ficam ocultas e se revelam em determinados momentos. O alinhamento de falhas ativas e latentes, que é uma possível sequência que culmina em um acidente, ficou conhecida como “**teoria do queijo suíço**”, pois as diversas camadas de “defesa” de um sistema podem conter, por diversos motivos, falhas e imperfeições que acabam não evitando o acidente que deveriam prevenir.

A partir dessa distinção de falha ativa e latente e da teoria do queijo suíço, foi desenvolvido o sistema de análise e classificação de fatores humanos (**HFACS**) empregada na aviação, que é descrito por Shappell (2000) e Lower et al. (2018). O principal motivo para o desenvolvimento deste sistema é o fato de a teoria do queijo suíço trazer poucos detalhes de como aplicá-la no mundo real de maneira prática (Kelly, 2019). Este sistema descreve **quatro níveis de falhas**: os atos inseguros, as pré-condições para os atos inseguros, supervisão pouco segura e influências organizacionais. Ainda deve-se considerar que existem situações em que o “problema não é completamente entendido e procedimentos formais e opções de resposta não estão disponíveis” (Shappell, 2000).

Os níveis de desempenho humano são, de certa forma, disparados pelas informações oriundas do contexto no qual se insere o equipamento e o operador. Mas a plena disponibilidade de informações não é garantia de que o operador estará no nível de habilidade mais adequado, pois os seres humanos têm forte limitação na capacidade de processamento delas, causando uma **sobrecarga de informações**. Wickes et al. (2010) classifica nossa **atenção** em função do tratamento dado a essas informações, ou seja, aos estímulos externos (ou parte deles), como **atenção seletiva, focada e dividida**. Contudo, a amostragem dos sinais dentro dessas modalidades de atenção é afetada por limitações da memória e condições de stress (Wickens, 1988). Com relação à atenção e ao desempenho em tarefas, Latorella (1999) afirma que interrupções pelo canal auditivo aumentam o tempo de execução e o cometimento de erros nessas tarefas. É interessante observar naquele estudo de Wickens que a atenção a um estímulo pode acontecer de maneira inconsciente e, de certa forma, ativando a memória de longo prazo, num nível chamado de **pré-atencional**. Este nível é observado por Woods (1995), quando ele relata que operadores de usinas nucleares percebem que algo está acontecendo, também, por meio dos sons produzidos na forma de “cliques” pelos dispositivos eletromecânicos que comandam as barras de controle, que ajustam a potência de um reator nuclear. Sem necessariamente olhar para os parâmetros da planta nuclear, os operadores rapidamente têm a noção que o sistema automático está, por algum motivo, atuando na movimentação dessas barras. Isso é chamado por Mumaw (2000), em seu estudo de campo com operadores de usina nuclear, como “tirar proveito de **indicações não mediadas**” (*exploit unmediated indications*) isto é, informações obtidas mesmo quando não existem instrumentos para tal, como uma bomba ressoando e o ruído de indicadores eletromecânicos operado intensamente. Gaver et al. (1991), na pesquisa onde eles sintetizam **sons intrínsecos** do sistema num ambiente simulado e melhoram a eficiência da operação, por criarem “ícones acústicos” adequados, menciona que os sons feitos pelos motores de automóveis não são projetados, mas eles são devidamente empregados pelas pessoas para saber se estão funcionando corretamente ou não.

Além da questão da sobrecarga de informações, afetando a atenção e a capacidade de processamento delas, os sinais podem ser ambíguos, trazendo significados que não auxiliam no diagnóstico de um problema e a consequente tomada de decisão para resolvê-lo (Orasanu, 1998). Em situações de alto-risco e pressão do tempo, como durante as ações em operações anormais e em emergências, muitas vezes as decisões são tomadas com base na comparação do que eles conseguem identificar como um padrão que elas já aprenderam, conhecido como modelo de decisão baseada em reconhecimento (**RPD**, *Recognition-primed decision model*, KLEIN, 2008).

Bainbridge argumenta que mesmo em sistemas muito automatizados, ainda existem ocasiões para erro e, ironicamente, tais ocasiões podem ainda aumentar, em função da **perda**

da habilidade motora dos operadores por deixarem de ser parte ativa do controle de algum processo e passam apenas a monitorar e intervir no sistema, quando a automação falha. Destacamos as habilidades cognitivas da **memória de longo prazo** (*long-term knowledge*) e de **trabalho** (*working storage*) neste estudo.

Quanto à **observação cognitiva de uma operação em cabine de pilotagem**, podemos citar o estudo de Hutchins (1995), que se baseia na análise de manuais do avião McDonnell Douglas MD-80 e na observação direta do pouso, dentro da cabine de pilotagem. Neste estudo, diferentes etapas, procedimentos e dispositivos empregados são analisados do ponto de vista da ergonomia cognitiva. Essa observação mostra que este avião, o MD-80, na trajetória de pouso, precisa mudar a configuração dos flaps dependendo do peso e da velocidade da aeronave. Embora estes valores constem no manual, que é disponível aos pilotos durante todo o tempo, faz-se necessário um método que diminua a carga de trabalho e a memória de curto e longo prazos dos tripulantes, nesta fase do voo com grande pressão do tempo. Isso é feito por meio da colocação de indicadores ao redor do velocímetro. Quando cada velocidade é atingida, o tripulante monitorando o velocímetro informa o valor ao outro, que ajusta os flaps.

ANÁLISE DAS AÇÕES DO PILOTO SOB O PONTO DE VISTA DE ERGONOMIA COGNITIVA

Logo no início do primeiro vídeo (Air Safety Institute, 2018) o piloto atua muito na manete de potência (Fig. 2) e é possível observar, pela câmera montada no capacete, que ele está observando outro avião e procura manter o voo em formatura com ele (também visto em High Flight, 2017), numa **atenção focada**. Então, aos 47 segundos, o motor apresenta a primeira falha e podemos ver o piloto claramente em nível de **habilidade**, pois atua na manete de potência, tentando retornar à potência requerida para manter o voo em formação. Mas o motor logo retorna a funcionar, no entanto, opera de maneira intermitente. Após 30 segundos o piloto percebe que o desempenho do motor não é mais confiável e “padrões de comportamento” surgem, fazendo com que ele mantenha a aeronave em uma velocidade adequada para a manutenção da sustentação em voo, mexa na alavanca de abertura da capota (Fig. 2) e comece a procurar por opções para pouso em emergência nos campos ao redor. Isso denota o nível de desempenho em **regra**, que dispara o **RPD**. A abertura da capota é importante neste caso, pois danos ao seu mecanismo de abertura em um pouso forçado podem deixar o piloto preso à cabine. Isso vai de encontro ao manual, que recomenda alijá-lo, mas ele julgou não ser uma boa solução, procurando evitar que uma peça de quase 150 kg caísse numa rodovia adjacente, com muito tráfego. Na classificação **HFCAS**, isto se enquadra com uma **violação excepcional**, dentro de um **ato inseguro** (Kelly, 2019). Porém, o motor volta a funcionar (1:32 do vídeo). Assim, ele afirma que não é um pane total do motor, sendo uma “pane parcial e intermitente do motor, que é muito pior que uma pane total”, além do motor não exibir nenhum outro sintoma da possível causa dessa intermitência. Ao afirmar que isso é muito pior que o primeiro tipo de pane, percebe-se que, agora, o nível de habilidade passou a ser o de **conhecimento**. Até esse momento, os **sinais** e os **signos** são oriundos exclusivamente dos ruídos do motor, pois o piloto não menciona o uso de instrumentos para buscar mais informações e nem pode ser vista uma observação mais atenta dele a algum instrumento. Os movimentos de cabeça indicam maior preocupação no voo em formação em que se encontrava e procurar um local de pouso. Posteriormente, na entrevista, ele afirma que poderia ser um problema episódico, como água no combustível. Esse é o nível de **habilidade**, oriundo, certamente, na experiência com aviões de potência menor, mas o Mustang consome “40 galões (150 litros) de combustível por hora”, então, não poderia uma pequena ingestão de água causar um problema assim. Esse é o **esquema mental** chamado por Reason de “**forte-mas-errado**”. A comunicação com o controle de tráfego aéreo ficou prejudicada, pois o piloto está **sobrecarregado** de informações, operando no nível

de **conhecimento** e atenção **focada**. Ele relata que é capaz de ouvir, mas não escutar, processar e responder a essa comunicação. Nesse caso, o controle de tráfego observa que ele está vindo para o pouso, mas o trem de pouso não está baixado. No nível de **habilidade**, o piloto mantém o trem de pouso recolhido para não correr o risco de capotar no pouso, algo comum nesse tipo de aeronave.

Embora seja um piloto de linha aérea, voando grandes aviões comerciais com alto nível de **automação** e **complexidade**, ele mantém o hábito de, mensalmente, executar parafusos e pousos com motor desligado, a fim de **não perder a habilidade motora** (Bainbridge, 1983). Momentos antes do pouso, ele baixa completamente os flaps, de maneira que o avião perca um pouco mais de velocidade antes de tocar o solo, mais uma vez, operando em nível **regra**.

Além do ruído do motor, o piloto usa “indicações não mediadas” (Gaver, 1991 e Mumaw, 2000) ao perceber que o horizonte “sobe” pelo para-brisa ao mesmo tempo que houve o assobio feito pelo ar passando pela saída dos canos das metralhadoras no bordo de ataque das asas (Fig. 3). Isso ocorre, no P-51, quando o avião está com alto ângulo de ataque, ocorrendo normalmente nos pousos, indicando que o fluxo laminar das asas se aproxima do estol (Hirschman, 2018). Combinando essas duas informações, alto ângulo de ataque e perda de altitude, ele percebeu que o momento de pousar estava próximo.

CONCLUSÃO

Analisar este acidente sob o ponto de vista de ergonomia cognitiva permite exemplificar e contextualizar vários conceitos largamente empregados. Desse modo e aliado ao sistema de análise HFACS, percebe-se que, neste caso, não houve o alinhamento das falhas previstas na teoria do “queijo suíço” e que as ações do piloto, que levaram a um pouso somente com consequências à própria aeronave, em sua maior parte, podem ser considerados bons exemplos aos conceitos empregados.

REFERÊNCIAS

AAIB (Air Accidents Investigation Branch), **Boletim EW/G2017/07/06**, 12 out. 2017. Disponível em: https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/650139/AAIB_Bulletin_10-2017.pdf> Acesso em: 27 abr. 2021.

AIR SAFETY INSTITUTE, **P-51 Engine Out, Off-Airport Landing - full analysis**, YouTube, 2018. Disponível em: <https://youtu.be/BBpqvPujZgM>> Acesso em: 21 abr. 2021, 35:04 minutos.

AIRSCAPE, **Valuable lesson**, 04 jan. 2019, AirScape Magazine. Disponível em: <https://airscapemag.com/2019/01/04/decisions-decisions/>> Acesso em: 21 abr. 2021.

BAINBRIDGE, Lisanne. Ironies of automation. In: **Analysis, design and evaluation of man-machine systems**. Pergamon, 1983. p. 129-135.

BARKER, DES. **Air show accidents & incidents 2017**. World Airnews, 2018

CC, Creative Commons. **CC0 1.0 Universal (CC0 1.0) Dedicacão ao Domínio Público**, 202?. Disponível em: https://creativecommons.org/publicdomain/zero/1.0/deed.pt_BR> Acesso em: 01 mai. 2021.

CC, Creative Commons. **Atribuição-NãoComercial 2.0 Genérica (CC BY-NC 2.0)**, 202?. Disponível em: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc/2.0/deed.pt_BR> Acesso em: 01 mai. 2021.

Departamento de Defesa dos EUA. **MIL STD-1472G: Design Criteria standard human engineering**. EUA: DoD, 2012.

GAVER, William W.; SMITH, Randall B.; O'SHEA, Tim. **Effective sounds in complex systems: The ARKola simulation**. In: Proceedings of the SIGCHI Conference on Human factors in Computing Systems. 1991. p. 85-90.

FITTS, P. M.; JONES, R. E. Analysis of errors contributing to 460" pilot-error" experiences in operating aircraft controls. **AAF Air Materiel Command Memo Report TSEAA-694-12, Dayton, Ohio**, v. 2, n. 9, 1947.

HIRSCHMAN, D. **Inside a P-51 engine-out, off-airport landing**. Air Safety Institute, EUA, 17/05/2018. Disponível em: <<https://www.aopa.org/news-and-media/all-news/2018/may/17/inside-a-p-51-engine-out-off-airport-landing>> Acesso em: 21 out. 2021.

HIGH Flight. **Skilful Emergency Landing - P51 Mustang 'Miss Velma' - Flying Legends 2017**, YouTube, 2017. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=3LdrY79g99Q>> Acesso em 26 abr. 2021, 3:25 minutos.

HUTCHINS, Edwin. **How a cockpit remembers its speeds**. Cognitive science, v. 19, n. 3, p. 265-288, 1995.

KELLY, Damien; EFTHYMIOU, Marina. **An analysis of human factors in fifty controlled flight into terrain aviation accidents from 2007 to 2017**. Journal of safety research, v. 69, p. 155-165, 2019.

KLEIN, Gary. **Naturalistic decision making**. Human factors, v. 50, n. 3, p. 456-460, 2008.

LATORELLA, Kara A. **Investigating interruptions: Implications for flightdeck performance**. NASA, 1999.

LEONARD, Andy. **TF-51D 'Miss Velma' (G-TFSI)**. 08 jul. 2017. 1 fotografia. Disponível em: <<https://www.flickr.com/photos/rover75/35649969592/in/photolist-29n5PU-8hNoBu-4nTt2x-55c2RE-Wjgq2j-Wjgqtb-WjgpW9>>. Acesso em 01 mai. 2021.

LOWER, Michał; MAGOTT, Jan; SKORUPSKI, Jacek. **A system-theoretic accident model and process with human factors analysis and classification system taxonomy**. Safety science, v. 110, p. 393-410, 2018.

MUMAW, Randall J. et al. **There is more to monitoring a nuclear power plant than meets the eye**. Human factors, v. 42, n. 1, p. 36-55, 2000.

ORASANU, Judith; MARTIN, Lynne. **Errors in aviation decision making: A factor in accidents and incidents**. In: Proceedings of the workshop on human error, safety, and systems development. 1998. p. 100-107.

RASMUSSEN, Jens. **Skills, rules, and knowledge; signals, signs, and symbols, and other distinctions in human performance models**. IEEE transactions on systems, man, and cybernetics, n. 3, p. 257-266, 1983.

REASON, James. **Human error**. Cambridge university press, 1990.

SMITHSONIAN. **North American P-51D-30-NA Mustang**. 201?. Disponível em: <https://airandspace.si.edu/collection-objects/north-american-p-51d-30-na-mustang/nasm_A19600300000> Acesso em 01 mai. 2021.

SHAPPELL, Scott A.; WIEGMANN, Douglas A. **The human factors analysis and classification system--HFACS**. 2000.

WICKENS, Christopher D.; FLACH, John M. Information processing. In: WIENER, Earl L.; NAGEL, David C. (Ed.). **Human factors in aviation**. Academic Press, 1988., p. 111-155.

WICKENS, Christopher D. et al. **Engineering psychology and human performance**. 3ª edição. Prentice Hall, 2010.

WOODS, David D. **The alarm problem and directed attention in dynamic fault management**. Ergonomics, v. 38, n. 11, p. 2371-2393, 1995.