

## **SISTEMAS COGNITIVOS CORRELACIONADOS: UMA ABORDAGEM PARA A ANÁLISE DO DESEMPENHO DE EQUIPES EM OPERAÇÃO DE JATOS COMERCIAIS**

Eder Henriqson<sup>1</sup>  
Tarcisio Abreu Saurin<sup>2</sup>

**RESUMO:** A análise de sistemas cognitivos correlacionados possibilita a investigação do trabalho de equipe por meio da identificação dos padrões funcionais que emergem da interação “humano-trabalho-artefato”, tais como controle e resiliência. O objetivo deste estudo foi, pois, caracterizar o sistema cognitivo correlacionado formado por três agentes (piloto, copiloto e aeronave) e identificar fatores de impacto sobre o desempenho de equipes. A estratégia de pesquisa adotada foi a Análise de Tarefas Cognitivas, envolvendo análise de documentos, observações participantes em simulador de voo e entrevistas individuais semiestruturadas. Os resultados apontam que a operação de jatos comerciais pode ser analisada por meio das circularidades de controle da tripulação, resultando em três sistemas cognitivos: SC-A (piloto-trabalho-artefato), SC-B (copiloto-trabalho-artefato) e SC-C (tripulação-trabalho de equipe-artefato). Foi possível definir, também, 14 fatores que impactam sobre o trabalho de equipe, organizados em quatro construtos: controle operatório-sistêmico individual (consciência situacional, estratégia operatória e reserva cognitiva), controle operatório-sistêmico coletivo (consciência situacional compartilhada, comunicação e coordenação), resiliência (prevenção, adaptação, recuperação, eficácia operacional) e relações interpessoais (consciência de equipe, potência de grupo, liderança e assertividade).

**PALAVRAS-CHAVE:** Sistemas cognitivos correlacionados. Desempenho de equipes. Controle. Resiliência. Segurança operacional.

### **1 INTRODUÇÃO**

Estudos recentes têm identificado que a segurança das operações aéreas depende fortemente do trabalho de equipe de tripulantes e sua interação com o sistema tecnológico operado (HOLLNAGEL, 2005). Tendo isso em vista, os

---

<sup>1</sup> Piloto Comercial, Agente de Segurança de Voo e Mestre em Administração. Atualmente Professor Assistente e Coordenador do Departamento de Treinamento de Voo da Faculdade de Ciências Aeronáuticas da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul (PUCRS), Porto Alegre-RS, ehenriqson@pucrs.br.

<sup>2</sup> Doutor em Engenharia de Produção. Atualmente Professor Adjunto e Pesquisador do Departamento de Engenharia de Produção e Transportes da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Porto Alegre-RS, saurin@ufrgs.br.

programas de CRM (Crew Resource Management), implementados desde a década de 80, têm sido conceitualmente aprimorados e utilizados para o aperfeiçoamento do trabalho de equipes na aviação (HELMRICH; KLINECT; WIHELM, 1999).

Apesar da obrigatoriedade do CRM como prática de treinamento em muitos países há muitos anos, algumas críticas a essa ferramenta têm sido recorrentes. Dentre as limitações do CRM apontadas, destaca-se a falta de ênfase na dimensão cognitiva do trabalho, que considere: (i) os processos de construção compartilhada dos modelos mentais dos operadores; (ii) os processos de coordenação da atividade cooperativa entre os agentes do sistema; (iii) os padrões de controle do sistema; (iv) o erro humano com um produto de ruptura da cognição de equipe; e (v) a resiliência da equipe (KLEIN et al. 2004; ARTMAN, 2000; BJORKLUND; ALFREDSSON; DEKKER, 2007; DEKKER ; LUNDSTROM, 2007; EDWARDS et al., 2006; ENDSLEY ; GARLAND, 2000; McCOMB, 2008; SALAS, 2008; TANEJA, 2002).

Todos esses aspectos, por sua vez, são proeminentes na segurança das operações de sistemas tecnológicos complexos, tais como a aviação. Neste sentido, mais do que identificar rótulos como “consciência situacional” ou “tomada de decisão” é necessário compreender os microprocessos cognitivos que promovem tais fenômenos, os quais permitem aos operadores manter o controle da atividade (DEKKER ; HOLLNAGEL, 2004).

A engenharia de sistemas cognitivos (ESC) oferece um conjunto de métodos para a investigação desses aspectos ao propor um ferramental teórico baseado no conceito de cognição distribuída (HOLLNAGEL; WOODS, 1983; HUTCHINS, 1991). Na perspectiva da ESC, o foco da análise do trabalho de equipe é ampliado, em comparação ao CRM, por meio da identificação dos padrões funcionais, tais como controle e resiliência, tomando como unidade de análise os sistemas cognitivos correlacionados do contexto de trabalho (WOODS ; HOLLNAGEL, 2006).

O controle caracteriza-se pelo conjunto de fenômenos formados por padrões circulares reativos (feedback) e pró-ativos (feedforward) de interação “humano-

trabalho-artefato”, envolvendo a consciência situacional, a seleção de estratégias operatórias e o efeito da ação do operador frente à situação operativa (HOLLNAGEL, 1998). Já a resiliência, nesse contexto, se refere à capacidade adaptativa dos sistemas no enfrentamento das situações de trabalho, tais como o gerenciamento de incertezas, erros e ameaças (DEKKER, 2007).

A compreensão dos processos que promovem o controle e a resiliência no trabalho de equipe, na ótica dos sistemas cognitivos correlacionados, possibilita a investigação de aspectos, até então, inexplorados pelo CRM e pela visão behaviorista e motivacional subjacente ao mesmo. Este trabalho tem como objetivo, pois, caracterizar o sistema cognitivo correlacionado formado por três agentes (piloto, copiloto e aeronave) e identificar fatores de impacto sobre o desempenho de equipes.

## **2 MÉTODO**

A estratégia de pesquisa adotada no estudo é a Análise de Tarefas Cognitivas (ATC), que corresponde ao conjunto de métodos utilizados para investigar os diferentes processos cognitivos das inter-relações existentes em ambientes de trabalho conduzidos por operadores humanos, na manipulação de artefatos tecnológicos (CRANDALL; KLEIN; HOFFMAN, 2006). Os procedimentos para coleta de dados envolveram análise de documentos, observações participantes e entrevistas individuais semiestruturadas.

### **2.1 Análise de documentos**

Os documentos analisados foram manuais de aeronaves modelo Boeing 737-NG e Airbus A-319/20/21, bem como, registros de treinamento de pilotos. A análise dos documentos relativos à operação das aeronaves citadas teve como objetivo a compreensão do trabalho prescrito. Já os registros correspondem a relatórios de treinamento de pilotos obtidos junto a um centro de treinamento de aviação civil, compreendendo o período de Abril de 2006 a Novembro de 2008.

A amostra dos registros de treinamento representou a apreciação de desempenho de copilotos com idade entre 21 e 40 anos e tempo de experiência entre 170 e 3500 horas de voo. Os pilotos das fichas analisadas não possuíam experiência prévia em aeronaves a jato de grande porte. Ao todo, foram analisados 126 registros individuais de instrução de pilotos, correspondendo a 1.134 fichas individuais de avaliação de desempenho durante o treinamento; 567 sessões de treinamento de voo em simulador ACTD B737-NG e 2.268 horas de voo no simulador. A análise desse material consistiu na contagem e categorização dos constrangimentos relativos ao trabalho coletivo dos pilotos mais frequentemente apontados durante as sessões de instrução.

## **2.2 Observações participantes**

O trabalho observado correspondeu a 22 sessões de voo em simulador estático de aeronave Boeing 737-NG, totalizando cerca de 110 horas de observação, realizadas entre março e dezembro de 2008. O objetivo das observações foi aprofundar a compreensão dos fatores cognitivos do trabalho. O protocolo de observações envolveu os seguintes procedimentos: (1) solicitação de autorização para observação; (2) observação do briefing realizado pelos pilotos antes da missão; (3) observações dos voos simulados, identificando as ações desempenhadas por cada um dos pilotos, os incidentes ocorridos no decurso do trabalho e o trabalho de equipe; (4) observação do debriefing dos pilotos; (5) entrevista com os pilotos para exploração de aspectos de interesse do estudo e compreensão dos fatores cognitivos do trabalho.

As observações caracterizaram-se como participantes uma vez que o pesquisador atuou na condução do cenário da simulação, por vezes, ora exercendo o papel de instrutor, ora questionando os operadores durante o trabalho. Os participantes foram selecionados pelos critérios de serem pilotos e terem concluído o treinamento inicial de introdução à pilotagem de aeronave a jato tipo Boeing 737-NG. Foram realizadas filmagens de seis voos para auxiliar na descrição do trabalho,

totalizando aproximadamente 30 horas de vídeo, com posicionamento do equipamento de filmagem para tomada posterior dos pilotos, na perspectiva de visão do observador.

### **2.3 Entrevistas individuais semi-estruturadas**

As entrevistas tiveram como objetivo a identificação e a descrição: (i) dos constrangimentos do trabalho em termos de dificuldades e erros frequentes; (ii) dos fatores de impacto no desempenho do trabalho coletivo; (iii) dos fatores que interferem na capacidade de prevenção e recuperação de erros; e (iv) das possíveis inter-relações entre fatores identificados. Para tanto, foi elaborado um roteiro de entrevista semiestruturada com vinte e quatro perguntas abertas. Os participantes das entrevistas foram oito pilotos, organizados em dois grupos: peritos e novatos.

A etapa de coleta de dados desta fase foi interrompida seguindo o critério da “saturação teórica”, a qual é atingida a partir do momento em que novos dados não trazem explicações adicionais (CRANDALL; KLEIN; HOFFMAN, 2006). Os dados brutos da análise de conteúdo das entrevistas e dos registros de treinamento foram analisados e separados em 274 enunciados (metatexto), contendo unidades de significado associadas aos objetivos do estudo. Estes enunciados apresentaram evidências empíricas de existência de 14 fatores de impacto sobre o desempenho de equipes na perspectiva da ESC. As observações permitiram, ainda, ao pesquisador aprofundar a compreensão acerca desses fatores.

## **3 RESULTADOS E DISCUSSÕES**

### **3.1 Descrição do trabalho**

A organização prescrita do trabalho prevê a divisão de tarefas e responsabilidades entre os pilotos. Desta forma, comandante e copiloto assumem as funções de Pilot Flying (PF) e Pilot Monitoring Flight (PMF) de forma alternada durante as viagens da aeronave. O PF tem como atribuição básica a realização das

atividades de controle da aeronave em termos de atitude de voo, velocidade, altitude, rumos e trajetórias e programação dos sistemas automatizados. O PMF, por outro lado, tem como atribuição principal o monitoramento das atividades realizadas pelo PF, supervisionando suas atividades e assessorando-o em tarefas secundárias, tais como leitura de checklists e comunicação com órgãos de controle.

A divisão das tarefas entre PF e PMF busca reduzir a carga de trabalho e manter um dos pilotos na condição de back-up do outro. A lógica do projeto da cabine e a organização do trabalho permitem que as ações da tripulação sejam realizadas de forma sequenciada e precisa. Segundo os entrevistados, todavia, por mais padronizado que o trabalho seja, em geral, os operadores acabam por desenvolver meios próprios para realizar o trabalho.

Os operadores consideram que a coordenação de cabine é essencial para gerenciar a carga de trabalho. A percepção acerca da carga de trabalho também é influenciada pela relação entre o tempo do processo e o tempo do operador. O tempo do processo corresponde ao tempo dos ciclos das atividades realizadas e é determinado pelo intervalo de tempo decorrido na mudança de status dos ciclos (por exemplo, tempo entre o início da decolagem e o início da subida inicial). O tempo do operador é o tempo necessário para a realização das operações nos diferentes status dos ciclos (por exemplo, tempo que o operador leva para executar todas as ações previstas em um procedimento de decolagem). Segundo um dos entrevistados, quanto maior a diferença entre tempo de processo e tempo de operador, maior é a necessidade de uma capacidade de gerenciamento da carga de trabalho.

As características de automação da aeronave, em alguns momentos, geram aumento na carga de trabalho e necessidade de coordenação dos esforços coletivos. De acordo com os entrevistados, a automação, por possuir ações de controle sobre a máquina, apresenta características cognitivas que a caracterizam como um terceiro agente da equipe ( Klein et al., 2004). Os constrangimentos relativos à automação das cabines mais frequentemente apontados pelos entrevistados se referem aos erros de modos operacionais.

### 3.2 Caracterização do sistema cognitivo correlacionado

#### 3.2.1 Identificação dos sistemas cognitivos correlacionados

O sistema cognitivo correlacionado do estudo, dado o contexto de análise do trabalho, é formado por três subsistemas. Para facilitar a compreensão da descrição de cada subsistema, assume-se a condição do P1 (comandante), como PF da operação, e o P2 (copiloto), como PMF da operação.

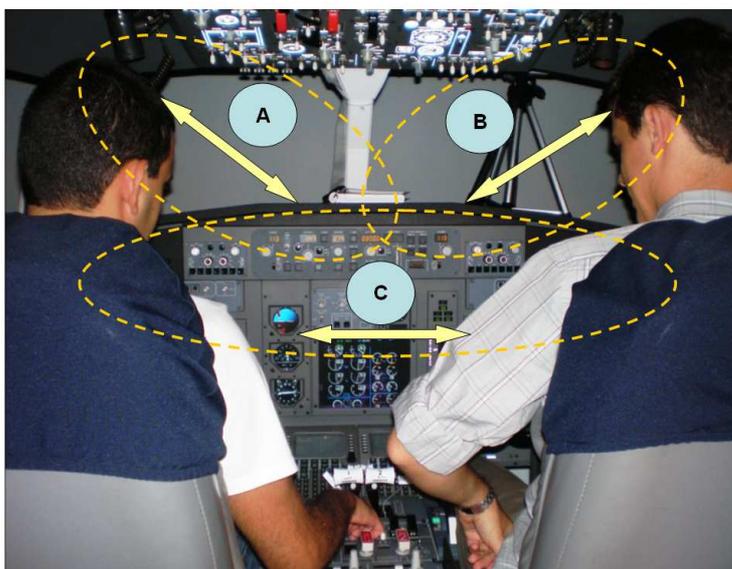


FIGURA 1 - Sistema cognitivo correlacionado

O sistema cognitivo A (SC-A) pode ser definido, pela realização do trabalho do piloto 1 (P1 – piloto da esquerda na figura 01) na manipulação dos controles da aeronave e de seus sistemas. O sistema cognitivo B (SC-B), da mesma forma, pode ser definido pela realização do trabalho do piloto 2 (P2 – piloto da direita na figura 01). Nessa classificação, a automação de cabine é tratada na perspectiva da coatuação com operadores, uma vez que a sincronia entre as atividades do operador e da máquina é necessária.

O terceiro sistema cognitivo (SC-C) pode ser definido pela coatuação dos pilotos (P1 e P2), inserindo-se nessa perspectiva as ações do trabalho coletivo. Cada um dos sistemas cognitivos possui objetivos próprios que se inter-relacionam, formando um contexto maior que possibilita a emergência da resiliência em maior ou menor grau.

### 3.2.2 Padrões de controle nos sistemas cognitivos A e B

Os mecanismos fundamentais de desempenho dos sistemas cognitivos A e B referem-se à capacidade de seus operadores de manter ou recuperar o controle contextual do processo (HOLLNAGEL, 1998). O controle contextual desses sistemas pode ser caracterizado através dos construtos e estratégias cognitivas dos operadores na gestão de suas atividades. A precisão dos construtos é determinada pelo nível de consciência situacional do operador e a precisão do modelo mental relativo à atividade de condução e controle do sistema. Já as estratégias cognitivas são identificadas nos planos de ações escolhidos e implementados ao nível do sistema cognitivo.

Os padrões de controle dos três sistemas cognitivos são inter-relacionados. O modo de controle do SC-A é influenciado pelo modo de controle do SC-C, através do modo de controle do SC-B. Essa situação pode ser exemplificada, por exemplo, em eventos nos quais a dinâmica do processo é alta envolvendo o SC-B em alta carga de trabalho, tais como em um procedimento de penetração jato. Neste caso, a demanda intensa de ações de assessoramento do PMF ao PF pode resultar num nível de controle desordenado em SC-B, influenciando a sua capacidade de supervisionar e de assistir às necessidades do SC-A. Como resultado, a carga de trabalho do PF aumenta, forçando os níveis de controle de SC-A para padrões oportunistas ou até mesmo desordenados.

Essa inter-relação entre os padrões de controle dos sistemas SC-A e SC-B se manifesta na perspectiva do trabalho coletivo, influenciando fatores como o compartilhamento da consciência situacional e dos modelos mentais, a coordenação de cabine e a comunicação. Tais fatores resultam em um padrão coletivo de controle no SC-C, o que, por sua vez, resulta na resiliência e no desempenho das equipes formadas por pilotos.

### 3.2.3 Padrão de controle no sistema cognitivo C

O controle do SC-C pode ser explicado a partir de processos como: o compartilhamento da consciência situacional e dos modelos mentais, a

comunicação e a coordenação entre os agentes da equipe. A necessidade dos SC-A e SC-B desempenharem atividades colaborativas faz com que os operadores tenham que construir compreensões compartilhadas da situação através da aproximação de modelos mentais. Todavia, modelos mentais compartilhados dependem do compartilhamento da consciência situacional dos atores. Neste sentido, pode-se perceber que os pilotos utilizam frequentemente estratégias de construção de representações conjuntas, bem como atualizações constantes dessas, tais como a realização de briefings, call out ou anúncios.

A consciência situacional se manifesta nos três sistemas cognitivos. Nos sistemas A e B, refere-se à consciência dos operadores nas suas capacidades de construção de representações da situação e projeção dos eventos presentes. No sistema C, refere-se à busca de compartilhamento dessas representações e projeções de forma integrada. O processo de comunicação caracteriza-se como um mecanismo pelo qual a informação é veiculada e processada ao nível do sistema cognitivo correlacionado. Tal processo, presta-se para a formação compartilhada da consciência situacional e dos modelos mentais da atividade, contribuindo ainda para o processo de coordenação entre os agentes. A coordenação refere-se aos processos de sincronização e de ordenamento das ações dos sistemas cognitivos A e B em termos de espaço e tempo. Pode-se identificar que a coordenação requerida entre os sistemas cognitivos A e B manifesta-se sobretudo como padrão emergente no sistema cognitivo C e é caracterizada pela divisão de tarefas e áreas de responsabilidades estabelecidas entre o P1 e o P2. Durante as observações participantes, foi identificado que os diferentes modos de controle condicionam o padrão de desempenho dos sistemas cognitivos A, B e C, exigindo maior ou menor sincronia e coordenação entre ambos.

Através desses mecanismos/processos macrocognitivos o padrão de controle do SC-C pode ser caracterizado. Todavia, a perspectiva do modelo de controle contextual (HOLLNAGEL, 1998) não deve ser utilizada para definir os padrões de controle ao nível desse sistema, pois as circularidades de controle aqui definidas dependem do padrão de controle manifestado em SC-A e SC-B. Assim, o

modelo de controle estendido de Hollnagel e Woods (1983) é mais adequado por considerar a simultaneidade das circularidades de controle manifestadas em SC-C e conseqüentemente na perspectiva do sistema cognitivo correlacionado como um todo. Cabe ressaltar que a resiliência do SCC pode ser inferida a partir da análise dos padrões de controle do sistema cognitivo correlacionado, uma vez que tais padrões descrevem o modo de controle e o nível dessa circularidade na perspectiva de equipe. Neste sentido, todo trabalho é conduzido de forma controlada, sendo as perturbações causadas pela dinâmica, ou, a incerteza presente nas situações apresenta resiliência, uma qualidade adjunta ao controle do sistema.

Nas falas dos entrevistados são encontradas evidências que corroboram a necessidade da existência de uma reserva técnica nos sistemas cognitivos A e B, de forma a possibilitar margens para que o trabalho colaborativo ocorra de forma prevista. A reserva técnica pode ser considerada como uma qualidade desejável nos sistemas cognitivos correlacionados A e B, definida pela capacidade desses sistemas de superação das dificuldades e realização do trabalho sem saturação de esforços cognitivos por parte de seus operadores. Para ilustrar este aspecto, foram observados diversos episódios durante as sessões de treinamento em simulador de voo, nos quais um dos pilotos perdia o controle das atividades que estava executando. Nestas ocasiões, percebia-se como resultado imediato um comprometimento em suas capacidades de gerar ações colaborativas para assessoramento ou supervisão da atividade do outro piloto. Como decorrência dessa situação, duas condições se apresentavam: em alguns casos o outro piloto, por possuir uma reserva técnica maior no momento do evento, concentrava a gestão de seus recursos cognitivos no auxílio à recuperação da condição de perda de controle do colega; em outros casos, a reserva técnica ou a capacidade de gerar esforços colaborativos do piloto em condição controlada eram baixas, levando-o a não colaborar ou a realizar ações desordenadas. Em ambos os casos havia aumento no tempo requerido para resolução das dificuldades ou, até mesmo, a deterioração dos padrões gerais de desempenho manifestados pelo sistema cognitivo correlacionado.

Pode-se perceber, assim, que caso o SC-A encontre dificuldades de controle na realização do seu trabalho por falta de reserva técnica, o trabalho do SC-B poderá ser prejudicado. Nesta condição, a eficácia de desempenho do sistema cognitivo correlacionado diminuirá. Por outro lado, a existência de reserva técnica no SC-B poderá fazer com que este implemente um aumento de esforços de cooperação com SC-A, auxiliando-o na superação das dificuldades. Revela-se aí um mecanismo compensatório de controle e superação de dificuldades do trabalho que se manifesta, sobretudo, no nível das atividades realizadas em equipes, representando a resiliência manifestada no sistema cognitivo correlacionado.

#### 3.2.4 Modos do trabalho coletivo

O trabalho está organizado em ciclos de preparação de cabine, taxi-out (saída para a pista de decolagem), decolagem, subida, cruzeiro, descida, aproximação, pouso, taxi-in (do pouso até a parada da aeronave na posição de desembarque) e corte dos motores. Cada ciclo determina um conjunto de atividades desempenhadas ao nível dos três sistemas cognitivos analisados.

Ao longo de todos esses ciclos, diferentes modos de trabalho de equipe foram identificados a partir das entrevistas e observações de voos em simuladores. Tais modos caracterizam-se pelo grau de interdependência, fluxo de tarefas e propósito das ações no contexto da coordenação. Assim, quatro modos de trabalho coletivo foram identificados: compartimentado, compartimentado de cruzamento, reativo sincronizado e proativo sincronizado.

O trabalho coletivo de natureza compartimentada caracteriza-se pelo baixo grau de interdependência de ações entre os agentes da equipe, pela realização de tarefas em paralelo pelos operadores e pelo propósito divergente das ações. Um exemplo identificado nas entrevistas e corroborado pelas observações participantes ocorre durante o trabalho realizado pelos pilotos após o pouso da aeronave. Neste ciclo há uma acentuada redução nos processos macrocognitivos da equipe, tais como comunicação, consciência compartilhada e coordenação, na medida em que ambos os pilotos passam a realizar tarefas independentes. De fato, o comandante

controla o táxi da aeronave e o copiloto executa ações de configuração da aeronave após o pouso, tais como o desligamento de alguns sistemas e recolhimento de flapes. Nesse ciclo, o propósito das ações é divergente para o contexto da coordenação, pois as ações desempenhadas por um dos operadores causam pouco impacto nas ações desempenhadas pelo outro.

No modo de controle compartimentado de cruzamento, as ações realizadas pelos operadores possuem um grau médio de interdependência, são realizadas em paralelo e os propósitos são convergentes. Um exemplo desse modo de controle ocorre durante o ciclo de preparação de cabine. Neste ciclo, cada piloto executa ações na sua área de responsabilidade, sendo que após cada operador concluir suas respectivas atividades é feita uma leitura do checklist para conferência conjunta dos procedimentos realizados por ambos de forma individual. O propósito das ações é considerado como convergente, pois alguns procedimentos realizados por um operador podem interferir na realização dos procedimentos do outros, como por exemplo, a programação do FMC.

No modo de controle reativo sincronizado, os procedimentos realizados pelos pilotos possuem alto grau de interdependência, são executados de forma paralela e possuem propósitos convergentes. Constitui-se em um modo reativo, pois a coatuação entre os operadores manifesta-se na reação sincronizada às reações do outro e da aeronave. Um exemplo desse modo ocorre no ciclo de decolagem, quando a sequência de procedimentos da operação exige que o PF solicite verbalmente ajustes de configuração da aeronave (recolhimento de trem, flapes, ajustes no MCP, entre outros) mediante a realização de anúncios padronizados realizados pelo PMF. Tais anúncios do PMF são feitos com base na dinâmica evolutiva da situação de voo, aguardando uma reação de controle por parte do PF e assim sucessivamente.

O modo trabalho proativo sincronizado é caracterizado pelo alto grau de interdependência das ações, fluxos de ações sequenciais e propósitos de ações convergentes. Um exemplo desse modo de trabalho ocorre durante os briefings de aproximação para pouso, quando os pilotos estudam conjuntamente, de forma

detalhada, a carta do procedimento de aproximação e preparam os sistemas de rádio e navegação para o pouso. As ações são proativas pois são baseadas na antecipação de eventos futuros do trabalho.

A análise do material das entrevistas e as observações das simulações permitem concluir que os quatro modos que definem a natureza do trabalho de equipe na cabine de aeronaves similares a Boeing 737 e Airbus A319/20/21 ocorrem durante o voo. A ocorrência de um modo específico é função da situação de trabalho vivenciada pelos operadores e de suas opções de estratégias de controle.

### **3.3 Fatores de impacto no desempenho de equipes**

Os quatorze fatores identificados podem ser organizados em quatro grandes construtos: fatores do controle operatório-sistêmico individual (COSI), fatores do controle operatório-sistêmico coletivo (COSC), fatores de relações interpessoais (RI) e fatores de resiliência (RE).

#### **3.3.1 Construto COSI: Fatores de controle operatório-sistêmico individual**

Os fatores de controle operatório-sistêmico individual referem-se ao desempenho dos sistemas cognitivos SC-A e SC-B, aparecendo em 125 (45,6%) dos 274 enunciados do conteúdo documental analisado. Este construto inclui os seguintes fatores: (a) consciência situacional e modelo mental individual, (b) as estratégias operatórias, e (c) reserva técnica do operador.

Consciência situacional e modelo mental individual referem-se ao nível de compreensão do operador acerca de uma situação de trabalho. O primeiro nível de consciência situacional é caracterizado pela percepção de sinais, tais como, alarmes, modificação de dados em displays e detecção de comunicação verbal. A compreensão acurada da sua situação de trabalho revela que o operador possui consciência situacional de segundo nível. Já a projeção futura dos eventos, por sua vez, revela que o operador possui consciência situacional de terceiro nível, indicando que o operador faz uma representação dinâmica de sua atividade. As

estratégias operatórias evidenciam as opções para lidar com incertezas, dinamicidades e carga de trabalho. Na análise de conteúdo das entrevistas e de registros de treinamento, o referido fator aparece em 127 (46,3%) unidades de significado. A reserva técnica é definida pela capacidade do operador de realizar suas atividades sem saturação cognitiva. Uma evidência da reserva técnica consiste nas ações de monitoramento e compensatórias nas atividades do colega de equipe. Na análise de conteúdo das entrevistas e registros de treinamento o referido fator aparece em 72 (26,2%) dos enunciados.

### 3.3.2 Construto COSC: Fatores de controle operatório-sistêmico coletivo

Os fatores de controle operatório-sistêmico coletivo referem-se ao desempenho do sistema cognitivo SC-C. O COSC aparece em 123 (44,8%) dos 274 enunciados do conteúdo documental analisado, refletindo a macrocognição emergente no contexto da equipe. Tais fatores incluem: (a) a comunicação, (b) a consciência situacional compartilhada e (c) a coordenação.

A comunicação refere-se ao processo de transferência e compreensão de informações entre os agentes do sistema. Na análise de conteúdo das entrevistas e registros de treinamento o referido fator aparece em 64 (23,3%) dos enunciados. Como evidências de comunicação têm-se os processos de transferência de informação entre os agentes da equipe e a compreensão da informação, podendo ser investigadas por meio de observação direta e entrevista.

A consciência situacional compartilhada refere-se ao processo pelo qual os operadores constroem modelos mentais da situação, que é em parte compartilhado e em parte distribuído, e a partir do qual podem gerar antecipações do estado futuro. Na análise de conteúdo das entrevistas e registros de treinamento o referido fator é apontado em 113 (41,2%) dos enunciados. Como evidências desse fator têm-se o compartilhamento da consciência situacional por meio de call out's padronizados durante a operação e o compartilhamento dos modelos mentais por meio da realização de briefings e construção de planos entre os agentes.

É possível perceber que os relatos sugerem a necessidade da construção conjunta de uma representação entre os operadores. Tal representação constitui-se no ponto de partida do processo de coordenação e sinergia do trabalho coletivo, tornando-se um referencial para o desempenho das ações dos operadores. As falas revelam também evidências de um sentimento de desconforto pelos operadores, quando não compreendem a situação de trabalho do colega. As observações e a análise dos registros de treinamento permitiram também a identificação de que a consciência situacional de um operador pode, através do compartilhamento, elevar a consciência situacional do outro sobre sua situação de trabalho.

A coordenação representa o funcionamento articulado de diferentes elementos de um sistema, envolvendo o fluxo de informação, a ação ou a matéria de forma ordenada e sincronizada entre os operadores. Constitui-se na materialização do comportamento coletivo na condução do sistema ao encontro de suas metas e objetivos. Na análise de conteúdo das entrevistas e registros de treinamento o referido fator aparece como unidade de significado em 136 (49,6%) enunciados. Como evidências de coordenação têm-se a sincronia entre os processos realizados pelos agentes da equipe, a adaptação dinâmica das estratégias operatórias em curso de um agente em função das ações realizadas pelo outro e a presença de ações compensatórias entre os agentes.

### 3.3.3 Construto RI: Fatores de relações interpessoais

O construto de fatores interpessoais representa a manifestação de aspectos relativos à interação “humano-humano” no que se refere ao domínio psicossocial. O RI aparece em 52 (18,9%) dos 274 enunciados das entrevistas e registros de treinamento analisados. Têm-se como fatores desse construto: (a) a coesão social, (b) a assertividade, (c) a liderança e (d) a potência de grupo.

A coesão social e a consciência de equipe referem-se ao senso de responsabilidade dos operadores para com os objetivos e metas do trabalho, manifestado através de comportamentos como presteza, apoio mútuo e motivação para o trabalho em equipe. Na análise de conteúdo das entrevistas e registros de

treinamento o referido fator aparece como unidade de significado em 18 (6,5%) enunciados. Como evidências desse fator têm-se a afinidade entre os membros da equipe e o clima de grupo.

A assertividade representa o senso de responsabilidade e o comprometimento dos operadores para com os objetivos e metas do trabalho. O referido fator aparece em 11 (4%) dos enunciados das entrevistas e registros de treinamento, tendo como principais evidências a atitude de presteza entre os agentes da equipe, a comunicação aberta ao diálogo a realização de críticas construtivas, a resolução de conflitos por meio da argumentação e a expressão de preocupações e solicitação de opiniões.

A liderança refere-se às características manifestadas por um operador no sentido de influenciar o estilo de trabalho na cabine, aparecendo como fator de impacto presente em 17 (6,2%) dos enunciados relativos ao conteúdo analisado das entrevistas e registros de treinamento. Têm-se como evidências desse fator a promoção de autoavaliação e os feedbacks entre os operadores, o encorajamento da participação e o estilo de diretividade do líder.

A potência de grupo se manifesta no sentimento que a equipe possui de competência para a realização do trabalho. Esse fator aparece na análise de conteúdo das entrevistas e nos registros de treinamento em 24 (8,7%) dos enunciados. Como evidências desse fator têm-se a motivação dos operadores para realizar tarefas de forma coletiva e a confiança dos agentes na competência da equipe. Uma questão central relacionada a esse fator refere-se à confiança que um operador tem na capacidade de trabalho do outro. Segundo os entrevistados, a confiança de um piloto na competência do outro, por um lado, potencializa a divisão de tarefas e atribuição de responsabilidades; mas, por outro lado, pode acarretar na redução das atividades de monitoramento e supervisão mútua dos operadores.

#### 3.3.4 Construto RE: Fatores de resiliência

Na análise das entrevistas e dos registros de treinamento a resiliência aparece em 49 (17,8%) dos 274 enunciados. O construto de fatores de resiliência

representa a manifestação de aspectos relativos ao resultado da eficácia do trabalho de equipe no sistema cognitivo correlacionado. Neste sentido, a resiliência constitui-se em um construto observado como resultado do desempenho articulado do sistema cognitivo correlacionado. Assim, têm-se como fatores de resiliência a capacidade da equipe de prevenir, se adaptar ou se recuperar de eventos indesejados. Da mesma forma, pode-se identificar a eficácia operacional da equipe como um fator adicional de resiliência relacionados ao sucesso do grupo em atingir os objetivos, considerando a relação entre metas de produção e segurança.

De acordo com os entrevistados o trabalho de equipe é considerado como um mecanismo pelo qual os erros são prevenidos e recuperados. Torna-se evidente nessa fala, ainda, o reconhecimento dos mecanismos de coordenação como fatores-chave da resiliência da equipe ao salientar a importância do comportamento compensatório entre os operadores.

A prevenção refere-se à capacidade da equipe de evitar eventos indesejados durante as situações de trabalho. Como evidências de prevenção têm-se a ocorrência de eventos indesejados e as atividades de gerenciamento de ameaça desempenhadas pela tripulação. A prevenção é apontada como fator de resiliência em 52 (18,9%) dos enunciados das entrevistas e dos registros de treinamento analisados. A adaptação refere-se às improvisações no modo de trabalho para enfrentamento das situações indesejadas ou potencialmente indesejadas, pela modificação do modo de trabalho coletivo ou a estratégia operatória dos agentes. O referido fator é mencionado em 36 (13,1%) dos enunciados das entrevistas e dos registros de treinamento analisados. A recuperação refere-se a capacidade de gerenciamento de erros durante o enfrentamento de situações indesejadas de trabalho de modo a exacerbar o erro (efeito negativo para a resiliência), corrigir o erro ou minimizar suas consequências. O referido fator é citado em 13 (4,7%) dos enunciados das entrevistas e dos registros de treinamento analisados, podendo ser investigado através de observação direta e entrevista.

### 3.3.5 Inter-relações entre os fatores de impacto

A análise das evidências até aqui coletadas permitiu, além da descrição dos fatores de impacto no desempenho de equipe na perspectiva da ESC, a identificação de inter-relações entre os construtos. O construto RI aparece relacionado ao construto COSI em 1,4% dos enunciados, ao construto COSC em 5,8% dos enunciados e ao construto RE em 2,9% dos enunciados. O construto COSI aparece relacionado do construto COSC em 29,9% dos enunciados e ao construto RE em 7,3%. Já o construto COSC, por sua vez, aparece relacionado ao construto RE em 7,3% dos enunciados. Assim, é possível propor as seguintes inter-relações entre os construtos, conforme ilustrado na figura 02.

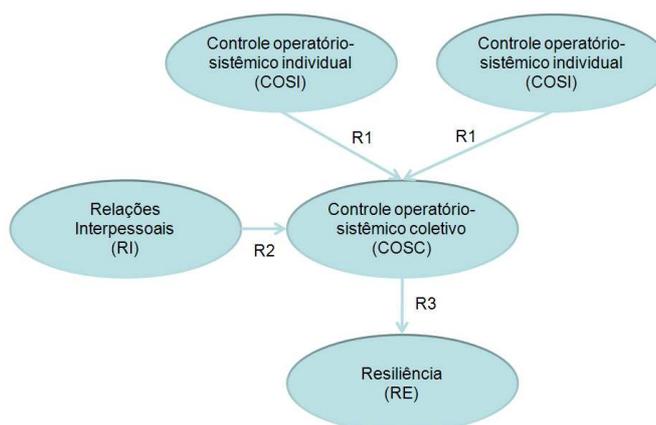


FIGURA 2 - Inter-relações entre construtos

A primeira relação (R1), apresentada na figura 02, propõe que o controle operatório-sistêmico individual (COSI) dos sistemas cognitivos A e B (por isso duplamente apresentado na figura 02) influencia o controle operatório-sistêmico coletivo do sistema C (COSC). Assim, pode-se presumir que fatores macrocognitivos como comunicação, consciência situacional compartilhada e coordenação são dependentes de fatores cognitivos individuais. Neste sentido, o compartilhamento de consciência situacional e dos modelos mentais envolve um processo de integração, diferenciação e reintegração das representações individuais. Neste sentido, o desempenho de equipes na perspectiva da ESC presume a necessidade de um “encaixe cognitivo” entre os agentes da equipe, que

pode ser caracterizado pelo perfeito acoplamento dos sistemas cognitivos correlacionados.

A segunda inter-relação (R2) sugere que a relação entre o controle operatório-sistêmico e a resiliência é moderada pelas relações interpessoais. Quando as relações interpessoais e os aspectos psicossociais da equipe são favoráveis, os processos macrocognitivos são mais intensos e mais precisos, resultando em um melhor controle operatório-sistêmico coletivo.

A terceira inter-relação (R3) aponta que o controle operatório-sistêmico coletivo influencia o desempenho de equipe em termos de eficácia e resiliência. Os processos macrocognitivos conduzem as ações de controle do sistema cognitivo C, sendo influenciados pelas atitudes dos agentes da equipe em relação ao contexto social no qual o trabalho acontece. A dinâmica de controle dos sistemas cognitivos A, B e C, em última instância, são os mecanismos centrais da constituição do processo de resiliência. É necessário, portanto, entender as circularidades de controle dos sistemas cognitivos correlacionados para compreender a resiliência na perspectiva do trabalho coletivo.

#### **4 CONCLUSÕES**

Os resultados do trabalho sugerem que, sob a perspectiva dos sistemas cognitivos correlacionados, a operação de aeronaves glass cockpit de grande porte pode ser analisada por meio das circularidades de controle, resultando em três sistemas cognitivos SC-A (piloto e artefato tecnológico), SC-B (copiloto e artefato tecnológico) e SC-C (ambos os pilotos e artefatos). Cada um desses sistemas influencia e é influenciado pelos demais, formando um sistema cognitivo correlacionado.

A partir de múltiplas fontes de evidências (por exemplo, entrevistas, observações de voos em simulador e análise de documentos) foi possível definir 14 fatores que impactam sobre o trabalho de equipe, organizados em quatro construtos. É importante enfatizar que vários desses fatores de impacto se manifestam durante o trabalho normal dos operadores, ao invés de apenas em

situações emergenciais ou imprevistas. Assim, a investigação dos mesmos tende a contribuir para a compreensão das adaptações dos operadores frente a situações rotineiras e não rotineiras, ampliando a compreensão acerca dos motivos que levam à resiliência das equipes.

Os construtos COSI (consciência situacional, estratégia operatória e reserva técnica), COSC (consciência situacional compartilhada, comunicação e coordenação) e RE (prevenção, adaptação, recuperação e eficácia operacional) compreendem a manifestação de fatores cognitivos distribuídos no sistema. De outro lado, os fatores psicossociais estão incorporados no construto RI (consciência de equipe, potência de grupo, liderança e assertividade). O gerenciamento e avaliação desses fatores normalmente ocorrem por meio de treinamentos de CRM, que enfatizam comportamentos e atitudes presentes na interação entre humanos.

Contudo, não existem métodos de avaliação dedicados a todos os fatores incorporados nos construtos COSI, COSC e RE, nem mesmo estratégias de avaliação da inter-relação entre esses fatores e os fatores interpessoais apontados no construto RI, especialmente, na perspectiva da investigação de sistemas cognitivos correlacionados. A análise de tais fatores pode levar ao desenvolvimento de novas filosofias e métodos gerenciais que avancem em relação às práticas atuais da aviação, pontuando a cognição distribuída como a força-motriz da eficácia das equipes na condução das atividades.

Os fatores de impacto no desempenho das equipes de pilotos na visão dos sistemas cognitivos correlacionados revelam, pois, resultados complementares à abordagem tradicional do CRM e superam algumas de suas fragilidades. A ESC revela ter potência como paradigma teórico para dar conta da investigação dos processos cognitivos distribuídos no sistema, complementando a abordagem comportamental/atitudinal explicada por meio de fatores psicossociais da interação entre os agentes. Desse modo, amplia-se o poder de explicação do desempenho de equipes a partir de fatores, tais como consciência situacional individual, estratégia operatória, coordenação, comunicação, consciência situacional compartilhada e resiliência.

Algumas fragilidades do CRM como abordagem de treinamento para o desempenho de equipes na aviação são superadas na perspectiva da coatuação entre humanos, artefatos tecnológicos e trabalho, possibilitando a apreciação da interação entre o operador e a automação de cabine (por exemplo, ao colocar o artefato tecnológico na categoria de agente do processo de coordenação) e operador e sistema organizacional numa nova perspectiva (por exemplo, ao assumir a organização do trabalho e o contexto da atividade de condução do sistema, como pressupostos para análise dos processos cognitivos promotores das circularidades de controle em COSI e COSC).

Esse estudo revelou, também, a existência de quatro modos de trabalho coletivo, classificados em função do grau de interdependência das ações, do fluxo das tarefas e do propósito convergente ou divergente das atividades para o contexto da coordenação. Tais modos ocorrem várias vezes durante um voo, sendo alterados em função do ciclo do trabalho ou da situação enfrentada pelos operadores. É possível que os fatores de impacto identificados neste estudo atuem de forma mais ou menos intensa em cada um desses modos. Assim, as evidências permitem presumir que, quanto mais intensos forem os fenômenos cognitivos manifestados no controle operatório-sistêmico coletivo, maior será a interdependência das ações e convergência dos objetivos, e vice-versa.

Dada a natureza exploratória deste estudo, a principal necessidade de pesquisas futuras identificada, diz respeito à investigação da relação entre os modos de trabalho coletivo e os fatores de impacto, enfatizando a compreensão das circunstâncias que motivam a alternância entre os modos por parte da equipe. Tal investigação requer o desenvolvimento de um protocolo para análise dos fatores de impacto durante simulações de voo e situações reais de trabalho, podendo incluir abordagens qualitativas e quantitativas.

Nesse sentido, este estudo também contribuiu ao identificar hipóteses que podem ser avaliadas durante a investigação dos fatores e impacto, tais como: (a) o controle operatório-sistêmico coletivo depende do COSI; (b) a resiliência é o resultado das circularidades de controle, dependendo primariamente dos fatores

manifestados em nível do sistema cognitivo C; (c) os fatores relativos ao construto RI são moderadores dos processos macrocognitivos e não promovem a eficácia das equipes de forma direta. Essa última hipótese pressupõe que o desempenho de equipes é função primária dos processos cognitivos distribuídos no sistema, podendo explicar porque equipe cujos membros não possuem alto grau de empatia entre si podem apresentar, apesar disso, desempenho superior.

## REFERÊNCIAS

- ARTMAN, H. Team situation assessment and information distribution. **Ergonomics**, v.48, n.8, 2000. p.1111-1128.
- BJORKLUND, C.; ALFREDSSON, J.; DEKKER, S. W. A. Shared mode awareness in air transport cockpits: An eye-point of gaze study. **International Journal of Aviation Psychology**, v.16, n.3, 2006. p.257- 269.
- CRANDAL, B., KLEIN, G., HOFFMAN, R. R. **Working Minds: A Practitioner's Guide to Cognitive Task Analysis**. Cambridge: MA:The MIT Press, 2006.
- DEKKER, S. W. A.; HOLLNAGEL, E. Human Factors and folk models. **Cognition, Technology and Work**, v. 6, 2004, p. 79-86.
- \_\_\_\_\_. **Just culture: Balancing safety and accountability**. Aldershot, UK: Ashgate, 2007.
- \_\_\_\_\_.; LUNDSTROM, J.T. From threat and error management (TEM) to resilience. **Human Factors and Aerospace Safety**, v.6, n.3, 2007. p.261-274.
- EDWARDS, B. D. et al. Relationships among tem ability composition, team mental models, and team performance. **Journal of Applied Psychology**, v.91, n.727, 2006.
- ENDSLEY, M. R.; GARLAND, D. J. (Ed.). **Situation Awareness Analysis and Measurment**. Mahawah, NJ, USA: Lawrence Erlbaum Associates, 2000. p.147-173.
- HELMREICH, R. L.; KLINECT, J. R.;WILHELM, J. A. Models of threat, error, and CRM in flight operations. In: **Proceedings of the Tenth International Symposium on Aviation Psychology**. Columbus, OH: The Ohio State University, 1999. p.677-682 (UTHFRP Pub240).
- HOLLNAGEL, E. Context, Cognition, and Control. In: WAERN, Y. (Ed.). **Co-operation in process management: cognition and information technology**. Taylor and Francis: London, 1998.
- \_\_\_\_\_. Modeling the orderliness of human action. In: SARTER, N. B.; AMALBERTI, R. **Cognitive systems engineering in aviation domain**. Lawrence Earlbaum: New Jersey, 2005.
- \_\_\_\_\_.; WOODS, D. D. Cognitive systems engineering. New wine in new bottles. **International Journal of Man-Machine Studies**, 1983, n.18, p.583-600.
- HUTCHINS, E. The social organization of distributed cognition. In: RESNICK, L.; LEVINE, J.;

TEASLEY, S.D. (Ed.). **Perspectives on Socially Shared Cognition**. Washington, DC, USA: APA Press, 1991.

KLEIN et al. **Common ground and coordination in joint activity**. In press, 2004.

McCOMB, S. A. Shared Mental Models and Their Convergence. In: LETSKY, M. P. et al. (Ed.). **Macro cognition in teams: theories and methodologies**. Aldershot, UK: Ashgate, 2008. p.35-50.

SALAS, E. On Teams, Teamwork, and Team Performance: Discoveries and Developments. **Human Factors**, v. 50, n.3, Jun 2008, p. 540–547.

TANEJA, N. Human Factors in Aircraft Accidents: a Holistic Approach to Intervention Strategies. In: **Proceedings of the 46<sup>th</sup> Annual Meeting of the Human Factors and Ergonomics Society**. Santa Monica, EUA: Human Factors and Ergonomics Society, 2002.

WOODS, D. D.; HOLLNAGEL, E. **Joint Cognitive Systems: patterns in cognitive systems engineering**. Boca Raton: CRC Taylor & Francis, 2006.

## **JOINT COGNITIVE SYSTEMS: AN APPROACH FOR THE ANALYSIS OF TEAM PERFORMANCE IN COMMERCIAL JETS OPERATION**

**ABSTRACT:** Analysis of joint cognitive systems makes it possible to investigate teamwork by identifying the functional patterns that emerge from the “human-work-artifact” interaction, such as control and resilience. Thus, the aim of this study was to characterize the joint cognitive system formed by three agents (pilot, copilot, and aircraft) and to identify impact factors on teamwork performance. The research method adopted cognitive task analysis strategies, especially documental analysis, in loco observations in flight simulations and semi-structured individual interviews. The data point out that the operation of commercial jets can be analyzed by means of aircrew control loops, resulting in three cognitive systems: SC-A (pilot-work-artifact), SC-B (copilot-teamwork-artifact), and SC-C (aircrew-teamwork-artifact). It was also possible to define 14 factors that impact on teamwork, organized in four constructs: individual systemic-operating control (situation awareness, operating strategy, and cognitive reserve), collective systemic-operating control (shared situation awareness, coordination, and communication), resilience (prevention, adaptation, recovery, and operational efficiency) and interpersonal relationships (team consciousness, group potency, leadership, and assertiveness).

**KEYWORDS:** Joint cognitive systems. Teamwork performance. Control. Resilience. Operational safety.