

## A coordenação como um fenômeno cognitivo distribuído e situado em *cockpits* de aeronaves

Coordination as a distributed cognitive phenomena situated in aircraft cockpits

Eder HENRIQSON<sup>1</sup>

Tarcisio Abreu SAURIN<sup>2</sup>

Johan Nicklas BERGSTROM<sup>3</sup>

**RESUMO:** *A compreensão dos fenômenos macrocognitivos, em especial a coordenação entre agentes em ambientes complexos, tais como a aviação, tem recebido crescente atenção dos pesquisadores da área de fatores humanos. O foco dessas pesquisas tem sido a identificação dos requisitos de coordenação e dos mecanismos implícitos desse processo. Este trabalho tem por objetivo descrever como a coordenação pode ser interpretada como um fenômeno cognitivo distribuído e situado no cockpit de aeronaves de transporte comercial. A descrição desse fenômeno apóia-se no material empírico coletado em uma série de estudos realizados pelos autores entre os anos de 2007 e 2010, com foco na análise da atividade e do trabalho em cockpits de aeronaves modernas. Nesse sentido, o estudo parte da integração da perspectiva da teoria dos sistemas cognitivos correlacionados com quatro requisitos de coordenação descritos na literatura: representação compartilhada (common ground), interpretabilidade, diretividade e sincronia. A automação, além dos pilotos, é concebida como um terceiro agente da cabine. Como resultados dessa integração, são propostos quatro modos de coordenação no cockpit, os quais ocorrem em diferentes etapas de um voo.*

**PALAVRAS-CHAVE:** *sistemas cognitivos correlacionados; coordenação; cognição distribuída e situada; macrocognição.*

**ABSTRACT:** *Understanding macrocognitive phenomena, especially the coordination among agents in complex environments, such as aviation, have gained growing attention from researchers in the field of human factors. Research works have focused on identifying coordination requirements and the implicit mechanisms within this process. The present paper aims at describing how coordination may be interpreted as a situated and distributed cognitive phenomenon in the cockpit of commercial aircrafts. The description of the phenomenon draws on empirical material collected from a series of studies carried out by the authors between the years 2007 and 2010, with a focus on the analysis of the activity and the work in cockpits of modern aircrafts. In this respect, the study starts by integrating the perspective of joint cognitive systems theory with the four coordination requirements described in the literature: common ground, interpretability, directivity and synchrony. Automation, along with the pilots, is conceived of as a third cabin agent. As a*

---

<sup>1</sup> Pontifical Catholic University of Rio Grande do Sul, College of Aeronautical Sciences, Human Factors & Complex Systems Laboratory, Brazil, ehenriqson@puers.br

<sup>2</sup> Federal University of Rio Grande do Sul, Industrial Engineering and Transportation Department, Brazil, saurin@ufrgs.br

<sup>3</sup> Lund University, Leonardo da Vinci Laboratory for Complexity and Systems Thinking, Sweden, johan.bergstrom@leonardo.lth.se

Submetido em: Novembro/2010. Aceito em: Dezembro/2010.

*result of this integration, four coordination modes in the cockpit, occurring at different flight stages, are proposed.*

**KEY WORDS:** *joint cognitive systems; coordination; distributed and situated cognition; macrocognition.*

## **1 Introdução**

Estudos recentes têm identificado que a segurança das operações aéreas depende fortemente do trabalho de equipe dos tripulantes e a sua interação com o sistema tecnológico operado (Flin & Martin, 2001; Henriqson & Saurin, 2009; Goldshmit & Johnson, 2002; Paries & Amalberti, 2005; Sarter & Amalberti, 2005). Tendo isso em vista, os programas de treinamento em CRM (*Crew Resource Management*), iniciados na década de 1980, têm sido conceitualmente aprimorados e utilizados para o aperfeiçoamento do trabalho de equipe na aviação, em especial em cockpits de aeronaves de transporte aéreo comercial (Baker & Dismukes, 2002; Flin, O'Connor, & Crichton, 2008; Helmreich, Klinect, Wihelm, 1999; Salas, Wilson, Bruke, Wightman, 2006).

Apesar da obrigatoriedade do CRM como prática de treinamento em diversos países do mundo há muitos anos, algumas críticas a essa ferramenta são frequentes, tanto em relação ao seu conteúdo, como em relação ao seu resultado. Tais críticas ao conteúdo cercam-se ao redor da validade de alguns conceitos, como por exemplo “consciência situacional” (Dekker & Hollnagel, 2004; Dekker & Woods, 2002), e a falta de ênfase em dimensões macrocognitivas da tarefa, tais como: (i) os processos de construção de representações (Artman, 2000; Klein, Feltovich, Bradshaw, Woods, 2005); (ii) a coordenação das atividades entre os agentes do sistema, considerando a automação como um terceiro agente da equipe (Klein, 2001; Klein, Woods, Bradshaw, Hoffman, Feltovich, 2004; Rosen, Fiore, Salas, Letsky, Warner, 2008); (iii) a capacidade de controle da equipe sobre contextos operativos dinâmicos e complexos (Hollnagel, 1998, 2002, 2005); e (iv) a resiliência como capacidade da equipe de superação e adaptação aos desafios que a atividade impõe (tais como, pressão de tempo, tomada de decisão em contextos de incerteza, gerenciamento de tarefas múltiplas, prevenção e recuperação de erros) (Bergstrom, Dahlström, Henriqson, Dekker, 2010; Dekker & Lundstrom, 2007; Dekker, Dahlström, van-Winse, Nyce, 2008; Salas, 2006; Loukopulus, Dismuskes & Barshi, 2009).

Em relação ao resultado, as críticas sugerem que não há evidências empíricas que comprovem a correlação positiva entre o CRM e a redução de índices de acidentes na indústria aeronáutica ao longo dos últimos 30 anos (Helmreich, Klinect, Wihelm, 1999; Salas et al., 2006). Da mesma forma, alguns pesquisadores apontam que não há, nem mesmo, um consenso no meio científico sobre o que o é um bom CRM (Dekker, 2008).

Por outro lado, estudos relacionados ao desempenho de equipes em ambientes complexos têm ampliado o foco de investigação para a análise de fenômenos macrocognitivos (Letsky & Waerner, 2008; Salas & Fiore, 2004; Fiore, Smith-Jentsch, Salas, Warner, Letsky, 2010). Desse modo, os pesquisadores apostam na necessidade de melhoria contínua da arquitetura social (e.g. composição da equipe,

relacionamento interpessoal) e cognitiva (e.g. comunicação, coordenação, controle) do trabalho em equipe (Goldshmit & Johnson, 2002; Fiore et al., 2010). A ênfase na análise da dimensão cognitiva revela a preocupação dos pesquisadores no sentido de compreender como os seres humanos controlam e manipulam seus ambientes operativos.

A teoria dos sistemas cognitivos correlacionados (*Joint Cognitive Systems* – JCS) oferece um olhar diferenciado para a análise cognitiva dos acontecimentos emergentes das interações entre humanos, tecnologias e trabalho (Hollnagel & Woods, 1983, 2005; Woods & Hollnagel, 2006). Essa perspectiva tem como premissas: (i) a cognição como um fenômeno situado e distribuído (Hutchins, 1995a, 1995b); (ii) o foco na análise das interações do sistema, posicionando humano e tecnologias como elementos igualmente contribuintes para o desempenho (Henriqson, van-Winsen, Saurin & Dekker, 2010a; Woods, Tinapple, Roesler, Feil, 2002); (iii) a ênfase na análise das representações emergentes das interações e nos padrões de coordenação e controle do sistema (Henriqson, Saurin, Schuler & Dekker, 2010b; Woods & Hollnagel, 2006).

Um sistema cognitivo pode ser definido de forma estrutural e funcional (Hollnagel & Woods, 2005; Woods & Hollnagel, 2006). Estruturalmente, um sistema cognitivo é formado pela inter-relação de três elementos fundamentais: humano, trabalho e artefato. Funcionalmente, um sistema cognitivo pode ser definido pelo conjunto de interações meta-orientada desses elementos em um determinado contexto. O trabalho cooperativo envolve interações múltiplas entre mais de um sistema cognitivo, dando origem a um novo nível de interação: os sistemas cognitivos correlacionados.

Esta pesquisa tem por objetivo, pois, descrever como a coordenação pode ser interpretada como um fenômeno cognitivo distribuído<sup>4</sup> e situado<sup>5</sup>, caracterizado pelo ordenamento emergente de padrões de controle em sistemas cognitivos correlacionados. A descrição desse fenômeno apóia-se nos quatro requisitos de coordenação identificados nos trabalhos de Klein et al. (2004) e Klein et al. (2005): representação compartilhada (*common ground*), interpretabilidade, diretividade e sincronia. Para os referidos autores, a automação, além dos pilotos, poderia ser concebida como um terceiro agente da cabine.

Apesar de proporcionarem insights para a análise da coordenação em cockpits, a perspectiva dos JCS acerca da coordenação ainda necessita de validação empírica. Neste sentido, pretende-se descrever a coordenação, partindo da integração das perspectivas da teoria dos sistemas cognitivos correlacionados (Woods & Hollnagel, 2006) e os quatro requisitos de coordenação (Klein et al., 2004; Klein et al., 2005). Como resultados dessa integração, são propostos quatro modos de coordenação no cockpit de aeronaves de transporte comercial, os quais ocorrem em diferentes etapas de um voo.

---

<sup>4</sup> O conceito de cognição distribuída baseia-se na perspectiva da cognição como um processo igualmente partilhado na interação entre humanos e artefatos. Reconhece o conceito de artefato cognitivo e a emergência do fenômeno cognitivo a partir da coordenação entre estruturas de representação internas e externas (Hutchins, 1995a).

<sup>5</sup> O conceito de cognição situada baseia-se na teoria da actividade de Vigotsky e Leontev. Concebe a cognição como resultado (emergente) da actividade, do contexto e da cultura.

## 2 Método de Pesquisa

Esta pesquisa foi fundamentada no material empírico coletado e analisado em estudos recentes, realizados pelos autores entre os anos de 2007 e 2010. Tais estudos envolvem a análise do desempenho de equipes e a análise do cálculo das velocidades de decolagem em aeronaves de transporte aéreo comercial na perspectiva da engenharia de sistemas cognitivos (ver Henriqson & Kurek, 2010; Henriqson & Saurin, 2009a, Henriqson & Saurin, 2009b; Henriqson, Saurin & Carim Júnior, 2010; Henriqson & Saurin, 2010; Henriqson et al., 2010a, Henriqson et al., 2010b).

O universo dos dados coletados nesses estudos compreende, aproximadamente, 60 horas de entrevistas com pilotos, instrutores de voo e gerentes de operação, 64 observações de vôos simulados em dispositivos de treinamento similares a aeronaves Boeing 737NG, 12 etapas de observação *in loco* em voos de linha na América do Sul e Europa, análise de documentos técnicos de empresas e fabricantes de aeronaves (tais como, Manuais de Operação, SOPs, instruções normativas), participação em treinamento de qualificação de pilotos para operação de aeronaves Boeing 737NG e Airbus A319/20/21 em um Centro de Treinamento de Voo, e participação em treinamentos de Crew Resource Management (CRM) junto a duas autoridades de aviação civil e três empresas aéreas. Adicionalmente, salienta-se a experiência do pesquisador como piloto de aeronaves e instrutor de voo há mais de 10 anos.

## 3 O cockpit como um sistema cognitivo correlacionado

As atividades no cockpit caracterizam-se pelo uso intensivo de tecnologias e requerem, tipicamente, dois pilotos para a divisão de tarefas. Cada um deles tem áreas de responsabilidades de manipulação de controles e monitoramento de displays de instrumentos.

As tecnologias utilizadas são *hard* e *soft* (Vicente, 2005). As tecnologias *hard* são definidas pelos instrumentos e artefatos físicos manipulados para a realização do trabalho, tais como, computadores de bordo e piloto automático. Já as tecnologias *soft* representam tecnologias não físicas, tais como a padronização para a execução de um procedimento.

Comandante e co-piloto alternam a cada etapa as funções de *Pilot Flying* (PF) e *Pilot Monitoring Flight* (PMF). O PF tem como atribuição básica a realização das atividades de controle da aeronave em termos de atitude de voo<sup>6</sup>, velocidade, altitude, rumos, trajetórias, programação dos sistemas automatizados, entre outros. O PMF, por outro lado, tem como atribuição principal o monitoramento das atividades realizadas pelo PF, supervisionando-o e assessorando-o em tarefas secundárias, tais como a leitura de checklists e a comunicação com órgãos de controle. A divisão de tarefas entre PF e PMF tem por finalidade reduzir a carga de trabalho e manter um dos pilotos na condição de back-up do outro, ampliando assim, a capacidade operacional do sistema frente aos constrangimentos do trabalho.

---

<sup>6</sup> Atitude de voo – ângulo de arfagem e rolagem da aeronave em relação à linha do horizonte.

A automação é um terceiro agente da cabine, pois tem capacidades de realizar tarefas cooperativas no sistema, tais como ações de controle, processamento de informação e tomada de decisão (Cook, 1996; Deshmukh, McComb, Wernz, 2008; Klein et al., 2004; Nemeth, Cook, O'Connor & Klock, 2004; McNesse, 1986).

A interação meta-orientada, entre pilotos, artefatos e trabalho, delimita os sistemas cognitivos que se correlacionam no cockpit. Tais sistemas interagem de forma a realizar o trabalho e se constituem em unidades responsáveis pelo controle do sistema, caracterizadas por uma dinâmica própria de coordenação. Neste sentido, três sistemas cognitivos correlacionados podem ser identificados, conforme ilustrado na figura 1. Para facilitar a descrição de cada sistema cognitivo, assume-se a condição do comandante como PF e do co-piloto como PMF da operação.

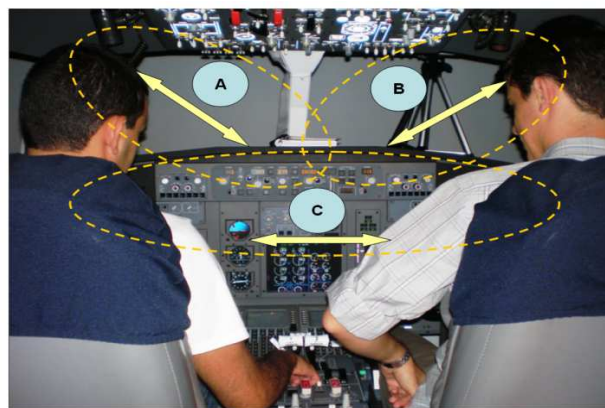


Figura 1: O cockpit como um sistema cognitivo correlacionado

O Sistema Cognitivo A (SC-A) pode ser definido pela realização do trabalho do PF na manipulação dos controles da aeronave e seus sistemas. O Sistema Cognitivo B (SC-B), da mesma forma, pode ser definido pela realização do trabalho do PMF no monitoramento e assessoramento às atividades do SC-A. Já o Sistema Cognitivo C (SC-C) caracteriza-se pelas interações emergentes entre os sistemas cognitivos A e B.

As interações existentes dentro dos sistemas cognitivos A e B possuem dinâmicas de coordenação, definindo o co-agenciamento entre operadores e artefatos. Por outro lado, as interações existentes em nível do Sistema Cognitivo C estão relacionadas a coordenação entre os sistemas cognitivos, representando um nível mais abrangente de coordenação.

#### 4 A coordenação nos sistemas cognitivos A e B

Nos sistemas cognitivos A e B, a estrutura da coordenação é definida entre piloto e automação, no contexto típico de interação humano-máquina. É neste nível que representações locais surgem como resultado da interseção entre aquilo que é representado pela máquina (dados e informações que a automação

apresenta ao operador) e pelo agente humano (imagens mentais do ambiente externo, frutos de um processo ativo de construção (Neisser, 1976)) (figura 2).



Figura 2: Representação do sistema cognitivo

A representação local, nos sistemas A e B, é fruto de um processo cognitivo situado e distribuído. Esta representação é sempre parcial e incompleta, pois nem as máquinas nem os humanos que as operam são capazes de criar “imagens perfeitas” do mundo real. Assim, a noção de “mundo real” se resume aqui aos acontecimentos produzidos no contexto da interação e a produção do significado resultante.

É a partir da representação local que três processos da coordenação são ativados: a interprevisibilidade, a diretividade e a sincronia. O primeiro reforça a natureza dinâmica da representação, buscando tornar visível à outra parte qual será a ação seguinte do sistema. A interprevisibilidade entre humano e automação pode ser explorada em dois sentidos: da máquina para o humano e do humano para a máquina. O primeiro caso ocorre quando a automação apresenta sinais daquilo que está programado para acontecer no sistema. Por exemplo, o piloto automático informa que está entrando no modo de captura de altitude e irá nivelar a aeronave no nível de voo pré-selecionado. O segundo caso ocorre quando o agente humano do sistema sinaliza para a automação suas intenções futuras e pode ser ilustrado pelas programações que são realizadas pelos pilotos nos computadores de bordo. Por exemplo, ao calcular as velocidades de decolagem e confirmá-las na programação do FMC, os pilotos estão sinalizando para o sistema em que valores de velocidades a decolagem será comandada.

A diretividade refere-se à iniciativa de comando (ou ordenação) de ação gerada também em dois sentidos: da automação para o piloto e do piloto para a automação. O primeiro caso ocorre quando um determinado alerta manifesta a necessidade de intervenção de controle no sistema (ex. o alerta de captura do localizador do ILS<sup>7</sup> na aproximação final para pouso ordena ao piloto a seleção do modo de captura da rampa de aproximação). Ressalta-se que as programações pré-definidas no sistema de gerenciamento de voo para navegação lateral e vertical, bem como os ajustes de proa, altitude e velocidade no painel de piloto automático, ativam os comandos do diretor de voo (*Flight Director – FD*). O FD ordena ao piloto ações e parâmetros de controle necessários para manter o voo nas condições pré-estabelecidas.

---

<sup>7</sup> Instrument Landing System – Sistema de aproximação e pouso por instrumentos, dotado de indicador trajetória eletrônica de navegação lateral (localizador/*localizer*) e navegação vertical (rampa de planeio/*glide path*).

No segundo caso, a diretividade manifesta-se nos inputs de programação e nas intervenções do operador sobre a operação do sistema, determinado e ordenando o quê será feito, como será feito e quando será feito.

A operação de uma aeronave ocorre em um contexto dinâmico, no qual as ações por parte do piloto e da automação precisam estar sincronizadas com o processo. Três parâmetros temporais precisam, assim, ser sincronizados: o tempo do piloto, o tempo da automação e o tempo do processo (Amalberti, 1996; Hollnagel, 2002; 2005). Por exemplo, quando o tempo do piloto é inferior ao tempo do processo e da automação, o operador terá sensação de sobrecarga e será levado a trabalhar mais rápido. Isso ocorre, por exemplo, em mudanças de pista de decolagem de última hora, que obrigam a tripulação a reprogramar o FMC. Por outro lado, o tempo do processo inferior ao tempo do operador propiciará condições para a realização de tarefas em paralelo ao processo central. Por exemplo, o piloto pode monitorar o abastecimento da aeronave e realizar a programação do FMC durante o intervalo de tempo do abastecimento. O tempo do processo e o tempo da automação também precisam ser sincronizados. Por exemplo, a interceptação da trajetória eletrônica de aproximação final para pouso fora da configuração prevista de flap e velocidade poderá ocasionar falha nos modos de operação do FMC para captura da rampa de planeio, pela falta de sincronia entre os tempos da automação e do processo.

## 5 A coordenação no sistema cognitivo C

O sistema cognitivo C (SC-C) é meta-orientado ao trabalho cooperativo entre os pilotos. O SC-C é formado pelos dois pilotos realizando tarefas de natureza colaborativa, tais como, troca de informações, assessoramentos, divisão de tarefas. As representações aqui surgem como resultado da interseção daquilo que é representado nos contextos locais de SC-A e SC-B (figura 3), sendo, neste nível, ativamente construídas, aprimoradas e re-elaboradas, como foco na coordenação entre os pilotos.

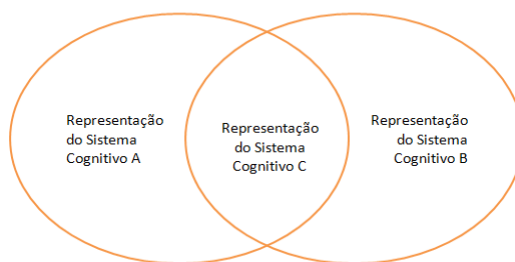


Figura 3: Representação no Sistema Cognitivo C

A intervisibilidade ocorre de forma explícita e implícita. No primeiro caso, ela é ativada pela geração de anúncios padronizados ou não-padronizados daquilo que um dos pilotos intenciona fazer ou faz. De forma implícita, as ações e movimentos corporais relacionados à intenção da ação (ex. levar a mão em direção ao seletor de velocidades do piloto automático) sinalizam entre os agentes aquilo que está por ser

realizado. Neste sentido, alguns estudos apontam que interprevisibilidade gerada por intenção de ação entre pilotos era potencialmente superior em cockpits de tecnologia analógica do que digitais, pois pilotagem exigia maior necessidade de movimentos e ações de manipulação de controles e sistemas devido ao menor nível de automação empregada (Hutchins, 1995b; Hutchins, Holder, Perez, 2002; Klein *et al.*, 2005).

A diretividade entre os pilotos é tipicamente associada aos respectivos papéis de PF e PMF e perfis de liderança. Essa característica se manifesta, principalmente, na solicitação de ações de um piloto ao outro (o que será feito?) (ex. o PF solicita ao PMF, “ajustar flapes em 15°”), na delegação de tarefas entre os pilotos (quem faz o quê?) (ex. os pilotos definem no briefing de descida quem será o responsável por ajustar as frequências de rádio-navegação nos auxílios de aproximação final) e na atribuição de ritmo ao processo (quando será feito?) (ex. quando o PF informa que irá manter a alta velocidade na descida até atingir o fixo de aproximação inicial do procedimento).

Similarmente ao que ocorre nos SC-A e SC-B, a diretividade no SC-C ocorre tanto por meio de comandos verbais, como por meio de gesticulações (ex. sinalizar com o dedo indicador para cima, informando que a subida para mudança de nível deve ser iniciada, enquanto coteja ao controlador de tráfego aéreo a instrução recebida). Um misto de comunicações verbais e não verbais ocorre, pois o contexto da operação muitas vezes exige a realização de tarefas simultâneas.

Por sua vez, da mesma forma em que a relação entre o tempo do processo, o tempo dos operadores e o tempo da automação deve ser levada em consideração no contexto dos sistemas SC-A e SC-B, a sincronia das ações desempenhadas “entre” os sistemas SC-A e SC-B torna possível o alinhamento dos processos de trabalho realizados ao nível do SC-C, e vice-versa. A padronização do trabalho cria uma arquitetura lógica que facilita a sincronização e também a interprevisibilidade entre SC-A e SC-B, uma vez que instaura um script para os acontecimentos, sobre o qual um sistema cognitivo pode antecipar a ação do outro, criando assim, um ordenamento de ações.

## **6 Modos de funcionamento da coordenação no cockpit**

O trabalho no cockpit está organizado nos 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 e um contexto diferenciado de operação.

Ao longo de todos esses ciclos, diferentes modos de funcionamento da coordenação podem ser identificados. Tais modos caracterizam-se pelo (a) grau de interdependência entre as ações desempenhadas pelos sistemas cognitivos A e B, (b) fluxo de tarefas do ciclo de atividade e (c) propósito das iniciativas de coordenação ao nível do sistema cognitivo C. O grau de interdependência das ações desempenhadas pelos sistemas SC-A e SC-B refere-se ao nível no qual as tarefas realizadas por um sistema cognitivo dependem das tarefas realizadas pelo outro, e vice-versa. A interdependência manifesta-se em todas as fases do voo em maior ou menor grau. Um exemplo de alto grau de interdependência ocorre na decolagem, quando o PF



depende de ações sincronizadas do PMF para acelerar recolher trem de pouso, flapes e acelerar a aeronave. Os outputs de um sistema são inputs para ou outro sistema.

Já o fluxo de tarefas representa o processo dinâmico de realização das ações por parte dos sistemas cognitivos A e B. Quando ambos os sistemas SC-A e SC-B desempenham atividades circunscritas aos seus contextos locais, o fluxo das tarefas caracteriza-se por ser predominantemente paralelo. Por outro lado, quando as ações desempenhadas no contexto local de SC-A e SC-B se relacionam mutuamente compartilhando recursos, o fluxo é dito integrado.

O propósito das iniciativas de coordenação pode ser convergente ou divergente. No primeiro caso há as ações de coordenação mediadas pelo compartilhamento de objetivos da tarefa. No segundo caso, a coordenação ocorre, mas os objetivos da tarefa estão circunscritos aos contextos locais de SC-A e SC-B.

Assim, quatro modos de coordenação podem ser identificados: (i) coordenação compartimentada em sistemas cognitivos, (ii) coordenação compartimentada de cruzamento, (iii) coordenação reativa sincronizada e (iv) coordenação pró-ativa sincronizada.

| <b>Modos de funcionamento da coordenação</b> | <b>Grau de interdependência entre as ações desempenhadas por SC-A e SC-B</b> | <b>Fluxo de tarefas do ciclo de atividade</b> | <b>Propósito das iniciativas de coordenação ao nível do SC-C</b> |
|--|--|---|--|
| Compartimentada em sistemas cognitivos       | Baixo  | Paralelo                                      | Divergente   |
| Compartimentada de cruzamento                | Médio  | Paralelo                                      | Divergente   |
| Reativa sincronizada                         | Alto   | Paralelo                                      | Convergente  |
| Pró-ativa sincronizada                       | Alto   | Integrado/Sequencial                          | Convergente  |

Figura 04: Modos de coordenação do sistema cognitivo correlacionado

### 6.1 Modo de funcionamento 1: Coordenação compartimentada em sistemas cognitivos

A coordenação compartida em sistemas cognitivos é caracterizada pelo baixo grau de interdependência de ações desempenhadas por SC-A e SC-B, pela realização de tarefas em paralelo pelos SC-A e SC-B no ciclo em que atividade ocorre e pelo propósito divergente de coordenação ao nível do SC-C.

Um exemplo identificado na fala dos entrevistados e corroborado com as informações obtidas durante as observações participantes é o trabalho realizado após o pouso da aeronave. Neste instante, parece haver uma acentuada redução nos processos de coordenação ao nível de SC-C, na medida em que ambos os SC-A e SC-B passam a realizar tarefas específicas nos seus contextos locais. O SC-A, controlando o taxi da aeronave e o SC-B executando ações de configuração da aeronave após o pouso, tais como o desligamento de alguns sistemas e recolhimento de flapes.

Ao contrário de outros momentos, nesse modo do trabalho o propósito das ações é divergente para o contexto da coordenação, pois as ações desempenhadas por um dos sistemas cognitivos A ou B causam

pouco impacto nas ações desempenhadas pelo outro. Ainda assim, a coordenação está presente, pois se as ações compartimentadas em SC-A ou SC-B não forem realizadas essa condição gerará estranheza por alguma das partes, por fugir do script de ações, ativando requisitos de diretividade.

Na coordenação compartimentada, o desempenho das ações do sistema cognitivo correlacionado depende prioritariamente do contexto local de coordenação dos sistemas SC-A e SC-B. Ao nível do SC-C os processos de coordenação caracterizam-se pela baixa necessidade de representações compartilhadas e a baixa diretividade e sincronia entre os sistemas cognitivos A e B. O processo de interprevisibilidade depende primariamente do script da tarefa.

## **6.2 Modo de funcionamento 2: Coordenação compartimentada de cruzamento**

No modo de coordenação compartimentado de cruzamento, as ações realizadas pelos sistemas cognitivos A e B possuem um grau médio de interdependência, são realizadas em paralelo e as iniciativas de coordenação são convergentes. Um exemplo desse modo de controle pode ser evidenciado durante o ciclo de preparação de cabine. Nesta etapa, os sistemas SC-A e SC-B executam ações exclusivamente em seus contextos locais. Após a execução dessas ações, a leitura do checklist para simples conferência conjunta dos procedimentos realizados por ambos sistemas em seus contextos locais representam a coordenação cruzada entre SC-A e SC-B ao nível de SC-C.

O grau de interdependência entre as ações realizadas no contexto local dos sistemas A e B é tido como médio, pois o desempenho das ações de SC-A influencia SC-B, e vice-versa. Todavia, as ações são desempenhadas em fluxo paralelo, sendo que os resultados das ações de SC-A e SC-B convergem para a realização de ações com propósitos compartilhados, havendo, então, o cruzamento dos processos. O propósito para o contexto da coordenação é, pois, considerado como convergente, pois alguns procedimentos realizados por um sistema cognitivo podem interferir na realização dos procedimentos do outros. Por exemplo, o PF somente poderá finalizar a programação do FMC, inserindo as velocidades calculadas para a decolagem, após a definição dos parâmetros de operação pelo PMF<sup>8</sup>.

Os processos de coordenação entre os sistemas A e B são caracterizados neste modo por: compartilhamento da representação ao final da realização da tarefa (“no cruzamento”); interprevisibilidade baseada no script da atividade; diretividade vinculada ao processo de sincronização; e sincronização necessária para que os tempos de finalização dos processos ao nível do contexto local de SC-A e SC-B culminem no cruzamento dos resultados.

## **6.3 Modo de funcionamento 3: Coordenação reativa sincronizada**

No modo de coordenação reativo sincronizado, os procedimentos realizados pelos sistemas cognitivos A e B possuem alto grau de interdependência, são executados em fluxo paralelo e possuem propósitos

---

<sup>8</sup> Para uma descrição completa dos processos de cálculo das velocidades de decolagem ver Henriqson & Saurin (2010).

convergentes para o contexto da coordenação. Este modo constitui-se em um processo reativo de trabalho coletivo, pois co-atuação interdependente entre SC-A e SC-B manifesta-se na reação sincronizada às reações de ambas as partes.

Um exemplo desse modo é a 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 painel de piloto automático, 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 da aeronave, aguardando uma reação de controle por parte do PF e assim sucessivamente, como pode ser exemplificado na figura 05.

| PMF (Comandante)   | PF (Co-piloto)  |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>“Takeoff RWY___, HDG___.”</b><br/>(Aciona cronômetro)</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>“HDG___.”</b><br/>(Aciona cronômetro, anota horário Partida/DEP)</li> </ul>   |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Avança Thrust Levers até 40% de N1. (Ao estabilizar seleciona o modo TO/GA)</li> <li>• Verifica o N1, se atingiu a N1 pré-selecionada para Takeoff.</li> <li>• <b>“Thrust Set.”</b></li> <li>• <b>“80Kt.”</b></li> <li>• Verifica no FMA o modo THR HLD. (+/- 84Kt)</li> <li>• <b>“V1.”</b></li> <li>• <b>“Rotate.”</b></li> <li>• <b>“Positive Climb.”</b></li> <li>• Recolhe o trem de pouso e confirma.</li> <li>• <b>“Gear UP”</b></li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Verifica a N1.</li> <li>• <b>“Check.”</b></li> <li>• Monitora a velocidade.</li> <li>• Roda a aeronave com suavidade.</li> <li>• Solicita <b>“Gear UP”</b><br/>(Noturno também solicita “Landing Lights Off”)</li> </ul> |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Seleciona no MCP o modo LNAV ou HDG e confirma após verificar o FMA.</li> <li>• <b>“LNAV.”</b></li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Solicita <b>“LNAV” ou “HDG.”</b></li> <li>• Seleciona no MCP autopilot em CMD.</li> </ul>  |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Seleciona no MCP o modo N1, ajusta a velocidade para a calculada pelo Bug UP (+/- 200kt) e ajusta os flaps para posição 1, verifica o FMA.</li> <li>• <b>“Flaps 1 set.”</b></li> <li>• <b>“Flaps UP set.”</b></li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Solicita <b>“N1, Bug UP, Flaps 1.”</b></li> <li>• Quando a velocidade atingir a velocidade do Bug F1, solicitar <b>“Flaps UP.”</b></li> </ul>  |

Pela análise da figura 05 é possível perceber que a coordenação ao nível de SC-A e SC-B refere-se à interação cognitiva entre operadores humanos e máquinas ao nível do contexto local. Todavia, quando analisado em nível de SC-C possível observar que os processos de coordenação caracterizam por: grande necessidade de compartilhamento de representações entre os três agentes; grande necessidade de interprevisibilidade entre os três agentes; a diretividade como um meio pelo qual os agentes se tornam

interprevisíveis, sincronizam as ações e regulam o controle da tarefa; a sincronia como um elemento fundamental para o desempenho coordenado do sistema.

#### 6.4 Modo de funcionamento 4: Coordenação pró-ativa sincronizada

O modo de coordenação pró-ativo sincronizado é caracterizado pelo alto grau de interdependência das ações entre os operadores, fluxo de ações seqüencial de integrado e propósitos de ações convergentes para o contexto da coordenação. Neste modo os operadores co-atuam de forma interdependente e seqüenciada por meio da construção de uma representação compartilhada da situação operativa, da elaboração de planos de ação e do estabelecimento de responsabilidades entre os agentes do sistema. 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 pró-ativas, pois são baseadas na antecipação de eventos futuros do trabalho.

Os processos de coordenação se caracterizam nesse modo pela necessidade de esforços cognitivos no sentido de gerar representações compartilhadas do plano de ação; pela diretividade caracterizada pelo estabelecimento do plano de ação em si, pela interpretabilidade ser projetada para o curso de ação futura e pela sincronia na construção de planos de ação e alinhamento em tempos de processo e tempo de operação. Em alguns casos, para lidar com um tempo de processo desafiante, os operadores podem projetar estratégias para “esticar” este tempo (tais como iniciar procedimentos de espera sobre um fixo de aproximação enquanto a aeronave é preparada para o pouso), re-sincronizando os tempos de operação.

#### 6.5 Os ciclos do trabalho e os modos de funcionamento da coordenação no cockpit

A análise trabalho revela que os modos de coordenação ao nível de SC-C dependem do ciclo do trabalho e das atividades realizadas em cada ciclo (figura 06).

| <b>Ciclos do trabalho</b>       | <b>Atividades</b>                | <b>Modos de coordenação</b>   |
|---------------------------------|----------------------------------|-------------------------------|
| Preparação da cabine e taxi-out | Organização da cabine            | Compartimentado               |
|                                 | Preparação do painel             | Compartimentado               |
|                                 | Programação do FMC               | Compartimentado de cruzamento |
|                                 | Briefings                        | Proativo sincronizado         |
|                                 | Acionamento                      | Reativo sincronizado          |
|                                 | Taxi-out                         | Compartimentado               |
| Decolagem e subida              | Alinhamento da aeronave na pista | Compartimentado               |
|                                 | Corrida de decolagem             | Reativo sincronizado          |
|                                 | Recolhimento de flapes           | Reativo sincronizado          |
|                                 | Subida por instrumentos          | Reativo sincronizado          |
| Cruzeiro                        | Controle da navegação            | Compartimentado               |
|                                 | Desvios de formações meteorol.   | Proativo sincronizado         |

|                              |                                   |                               |
|------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------|
|                              | Planejamento da descida           | Proativo sincronizado         |
| Descida                      | Controle da trajetória de descida | Reativo sincronizado          |
|                              | Briefing de aproximação           | Proativo sincronizado         |
|                              | Preparação do painel              | Compartimentado de cruzamento |
|                              | Programação do FMC                | Compartimentado de cruzamento |
| Aproximação e pouso          | Procedimento de aproximação       | Reativo sincronizado          |
|                              | Arremetida                        | Reativo sincronizado          |
|                              | Pouso                             | Reativo sincronizado          |
|                              | Corrida após o pouso              | Compartimentado               |
| Taxi-in e parada da aeronave | Taxi-in                           | Compartimentado               |
|                              | Corte dos motores                 | Compartimentado               |
|                              | Preparação da cabine              | Compartimentado de cruzamento |

Figura 06: Ciclos do trabalho, atividades e natureza do trabalho coletivo

Neste caso, a análise da coordenação como um fator emergente da interação em sistemas cognitivos correlacionados reforça a necessidade de investigação do contexto no qual a atividade ocorre.

## 7 Discussões e Considerações Finais

Este estudo descreveu a coordenação a partir da integração das perspectivas da teoria dos sistemas cognitivos correlacionados (Woods & Hollnagel, 2006) e os quatro requisitos de coordenação (Klein et al., 2004; Klein et al., 2005), para a identificação de modos de funcionamento da coordenação em diferentes ciclos do trabalho no cockpit de aeronaves de transporte comercial.

A coordenação opera como um fenômeno cognitivo situado, pois o contexto da atividade ao nível de cada sistema cognitivo do cockpit oferece condições para ações resultantes da interação entre humanos e artefatos. Ao mesmo tempo em que o contexto da interação oferece orientações para a ação, ele é também modelado pela ação realizada. Neste caso, não existe precedência na interação, apenas o acontecimento. As representações locais, que condicionam o contexto mais amplo da coordenação no cockpit, são resultados de interações entre representações internas (estrutura de interpretação própria do indivíduo) e externas (elementos do contexto da ação, tais como símbolos, números, dados e formas), sempre parciais e incompletas.

Ao mesmo tempo, a coordenação revela-se como um fenômeno cognitivo distribuído, pois as propriedades cognitivas dos sistemas cognitivos são diferentes das propriedades cognitivas dos humanos que participam deste sistema. Essa visão é, ainda, reforçada ao se conceber as propriedades cognitivas da automação de cabine e esta como um terceiro agente participante do processo de coordenação. Outra contribuição dessa visão fica evidenciada na perspectiva do trabalho colaborativo, no qual as representações compartilhadas entre os agentes devem servir de substrato para a coordenação de expectativas (antecipação e realização de planos).

A coordenação caracteriza-se pelo ordenamento emergente de padrões de controle nos sistemas cognitivos correlacionados. O controle manifesta-se como o processo de regulação da ação em direção aos objetivos e metas locais e globais do sistema. Ao nível dos sistemas cognitivos A e B a coordenação dá suporte ao controle. Por outro lado, ao nível do sistema cognitivo C o controle dá suporte à coordenação, na medida em que os requisitos de coordenação demandam esforços cognitivos dos agentes em A e B. Dessa forma, não existe controle sem coordenação e vice-versa.

Este estudo revelou ainda evidências empíricas que confirmam os quatro requisitos de coordenação identificados nos trabalhos de Klein et al. (2004) e Klein et al. (2005) – representação compartilhada (*common ground*), interprevisibilidade, diretividade e sincronia. Tais categorias oferecem uma perspectiva interessante como critérios de avaliação do desempenho de coordenação, treinamento de operadores e projeção de sistemas técnicos, ao reconhecer que estes requisitos estão intrinsecamente relacionados à promoção da coordenação ao nível dos três sistemas. Da mesma forma, estes requisitos apresentam-se, também, válidos como categorias para análise de contextos de coordenação envolvendo o papel de “agente” dos artefatos tecnológicos, tais como a automação de cabine.

Por outro lado, como fruto de um processo de interação gerado por representações externas e internas, nos diferentes níveis do sistema cognitivo correlacionado, a coordenação não deve ser entendida como função da “atividade mecanizada” – concepção típica das teorias positivistas da atividade que valorizam as estruturas e as relações de causa-e-efeito típicos do paradigma mecanicista. Ao contrário, a coordenação é perspectivada no nível de análise do sistema cognitivo e não há nem mesmo um modo único de funcionamento da coordenação. Tal fato ressalta a coordenação como um processo contínuo de adaptação e flexibilidade entre os operadores, o sistema técnico e o trabalho (ver Zieba, Polet, Vanderhaegen, Debernard, 2010).

Neste sentido, a coordenação não deve ser compreendida ou projetada como um processo canônico definido pelo rigor de compasso e coreografia entre as ações. Ela não pode, nem mesmo, ser modelada com precisão. O requisito da coreografia deve ser pensado na medida em que garanta um grau de ordenamento de ação sem comprometer a adaptação e a flexibilidade, caso contrário, poderá haver a ocorrência de custos adicionais de coordenação relacionados à sincronização do processo. A coordenação na perspectiva da máquina cartesiana só aumentará o desajuste sócio-técnico. O estudo da coordenação deve focar, então, na investigação dos sistemas cognitivos correlacionados com ênfase na compreensão de como os processos de interação ocorrem, observando-se os requisitos de coordenação e os diferentes modos de funcionamento da mesma.

Adicionalmente, este estudo revela limites conceituais no conceito de coordenação com um processo essencialmente dependente de circularidades de controle, tal como definido por Hollnagel (1998, 2002, 2005) e Woods e Hollnagel (2006). Na perspectiva desses autores a coordenação em sistemas cognitivos correlacionados seria essencialmente dependente da capacidade de controle local dos sistemas cognitivos. De forma complementar, este estudo revela evidências de que no nível de interação dos sistemas cognitivos A e

B a coordenação precede o controle. Da mesma forma, mais do que um processo resultante de interações complexas de causa-e-efeito, a coordenação é emergente e não pode ser precisamente modelada e prevista.

Como diretrizes de investigação para estudos futuros propõem-se que: (a) a coordenação seja sempre investigada em contextos e domínios específicos, para então partir para generalizações mais amplas; (b) a perspectiva mecanicista de coordenação por meio da análise de relações de causa-e-efeito seja abandonada, pois somente aumenta a rigidez do processo reduzindo a capacidade de flexibilidade e adaptação; (c) criar procedimentos de trabalho flexíveis, provendo meios de adaptação do sistema técnico e do operador à situação de trabalho.

### **Referências bibliográficas**

Amalberti, R. (1996). *La condite de systèmes à risques*. Paris: PUF.

Artman, H. (2000). Team situation assessment and information distribution. *Ergonomics*, v.48, n.8, 1111-1128.

Bergstrom, J.N., Dahlström, N., Henriqson, E., Dekker, S.W.A. (2010). Team coordination in escalating situations : an empirical study using mid-fidelity simulation. *Journal of Contingencies and Crisis Management*, in press.

Baker, D., & Dismukes, R. (2002). A Framework for Understanding Crew Performance Assessment Issues. *International Journal of Aviation Psychology*, 12(3), 205-222.

Cook, R. (1996). Adapting to the new technology in the operating room. *Human Factors*, 38 (4), 593-613.

Dekker, S. W. A. (2008). Perspective on: Crew Resource Management Gold Rush: Resisting Aviation Imperialism. *ANZ Journal of Surgery*, 78(12), 638-639.

Dekker, S.W.A. & Hollnagel, E. (2004). Human factors and folk models. *Cognition, Technology, and Work*, 6, 79-86.

Dekker, S. W. A., & Lundström, J. T. (2007). From threat and error management (TEM) to resilience. *Human Factors and Aerospace Safety*, 6(3), 261-274.

Dekker, S. W. A., & Woods, D. D. (2002). MABA-MABA or abracadabra? Progress on human automation coordination. *Cognition, Technology, and Work*, 4, 240-244.

Dekker, S.; Dahlström, N.; Van-Winse, R.; Nyce, J.M (2008). Crew resilience and simulation training in aviation. In E. Hollnagel, C.P. Nemeth, S. Dekker (Eds.) *Resilience Engineering Perspectives: Volume 1 – Remaining Sensitive to the Possibility of Failure*. Aldershot: Ashgate Publishing Co.

- Deshmukh, A.V., McComb, S.A. & Wernz, C. (2008). Agents as collaborating team members. In M.P. Letsky & N.W. Warner (Eds.) *Macro cognition in teams: theories and methodologies* (pp. 106-125). Aldershot, UK: Ashgate.
- Flin, R. & Martin, L. (2001). Behavioral Markers for Crew Resource Management: A Review of Current Practice. *International Journal of Aviation Psychology*, 11(1), 95-118.
- Flin, R., O'Connor, P. & Crichton, M. (2008) *Safety at the sharp end: a guide to non-technical skills*. Burlington, USA: Ashgate.
- Fiore, S.M., Smith-Jentsch, K.A., Salas, E., Warner, N.W., Lestky, M.P. (2010). Towards an understanding of macro cognition in teams: developing and defining complex collaborative processes and products. *Theoretical Issues in Ergonomics Science*, 11(4), 250-271.
- Goldsmith, T., & Johnson, P. (2002). Assessing and Improving Evaluation of Aircrew Performance. *International Journal of Aviation Psychology*, 12(3), 223-240.
- Helmreich, R., Merritt, A., Wilhelm, J. (1999). The Evolution of Crew Resource Management Training in Commercial Aviation. *International Journal of Aviation Psychology*, 9(1), 19-32.
- Henriqson, E. & Kurek, J. (2010). As interconexões do conhecimento tácito e explícito em nível individual e coletivo: o treinamento de gerenciamento de recursos de equipes na aviação. In C.S. Antonello. *Manual de Aprendizagem Organizacional*. Porto Alegre: Bookman. In press.
- Henriqson, E., & Saurin, T.A. (2009a). Impact factors on teamwork performance in glass cockpit aircraft from the cognitive systems engineering perspective. In *Proceedings of the 17<sup>th</sup> Triennial congress of the International Ergonomics Association, Aerospace Human Factors, 9-14 August 2009*. Beijing, China: International Ergonomics Association.
- Henriqson, E., & Saurin, T.A. (2009b). Fatores de impacto sobre o desempenho de equipes de pilotos de aeronaves na perspectiva da engenharia de sistemas cognitivos correlacionados. In *A Engenharia de Produção e o Desenvolvimento Sustentável: Integrando tecnologia e gestão*. Salvador, BA, Brasil: Anais do XXIX Encontro Nacional de Engenharia de Produção.
- Henriqson, E., & Saurin, T.A. (2009c) Sistemas cognitivos correlacionados: uma abordagem para a análise do desempenho de equipes em operação de jatos glass cockpit. *Revista Conexão Sipaer*, v.01, 62-84.
- Henriqson, E., & Saurin, T.A. (2010). Prototypical situations in aeronautical accidents and incidents during take-off speeds calculations. *Journal of Applied Aviation Studies*, submitted.



Henriques, E., Saurin, T.A. & Carim Júnior, G.C. (2010). Identificação dos modos de coordenação do trabalho coletivo em uma cabine de comando a partir da teoria dos sistemas cognitivos correlacionados. In. XVI Congresso Brasileiro de Ergonomia. *Anais do XVI Congresso Brasileiro de Ergonomia, VII Fórum Brasileiro de Ergonomia, IV ABERGO Jovem e ULABERGO*. Rio de Janeiro, RJ: Associação Brasileira de Ergonomia.

Henriques, E., van-Winsen, R., Saurin, T.A., & Dekker, S. (2010a). How a cockpit calculates its speeds and why errors while doing this are so hard to detect. *Cognition, Technology, and Work*, in press.

Henriques, E., Saurin, T.A., Schuler, B., & Dekker, S. (2010b). The gravitation axis of cognitive systems engineering: conceptual discussions and the possibility of a new research agenda in complex socio-technical systems. *Theoretical Issues in Ergonomic Science*. Submitted.

Hollnagel, E. (1998). Context, cognition, and control. In Y Waern (Ed.) *Co-operative in process management: Cognition and information technology* (pp.27-51). London: Taylor & Francis.

Hollnagel, E. (2005). Modeling the orderliness of human action. In. N.B. Sarter & R. Amalberti (Eds.) *Cognitive Systems Engineering in the aviation domain* (pp. 65-98). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

Hollnagel, E. (2002). Time and Time Again. *Theoretical Issues in Ergonomic Science*, 3 (2), 143-158.

Hollnagel, E., & Woods, D.D. (1983). Cognitive systems engineering: New wine in new bottles. *International Journal of Man-Machine Studies*, 18, 583-600.

Hollnagel, E., & Woods, D.D. (2005). *Joint Cognitive Systems: foundations of cognitive systems engineering*. Boca Raton, FL: Taylor & Francis.

Hutchins, E. (1995a). How a cockpit remembers its speeds. *Cognitive Science*, 19, 265-288.

Hutchins, E. (1995b). *Cognition in the wild*. Cambridge, MA: MIT Press.

Hutchins, E., Holder, B.E., Perez, R.A. (2002). *Culture and Flight Deck Operations (Prepared for the Boeing Company, Sponsored Research Agreement 22-5003)*. San Diego: University of California. Retrieved from [http://hci.ucsd.edu/lab/hci\\_papers/EH2002-2.pdf](http://hci.ucsd.edu/lab/hci_papers/EH2002-2.pdf)

Klein, G., Woods, D.D., Bradshaw, J., Hoffman, R.R., Feltovich, P.J. (2004). Ten Challenges for Making Automation a “Team Player” in Joint Human-Agent Activity. *IEEE Intelligent Systems*, 19(6), 91-95.

- Klein, G., Feltovich, P.J., Bradshaw, J.M., Woods, D.D. (2005). Common ground and coordination in joint activity. In W. Rouse & K. Boff (Eds.). *Organizational Simulation*. New York: John Wiley & Sons.
- Letsky, M.P. & Warner, N.W. (2008) Macrocognition in teams. In M.P. Letsky & N.W. Warner (Eds.) *Macrocognition in teams: theories and methodologies (pp.1-13)*. Aldershot, UK: Ashgate.
- Loukopoulos, L. D., Dismukes, R. K., Barshi, I. (2009). *The multitasking myth: Handling complexity in real-world operations*. Aldershot, UK: Ashgate Publishing Co.
- McNeese, M.D. (1986). Human Intelligence: a human factors perspective for developing intelligent cockpits. *IEEE Aerospace and Electronic Systems*, 1 (9), 6-12.
- Neisser, U. (1976). *Cognition and Reality*. San Francisco: W. H. Freeman.
- Nemeth, C., Cook, R., O'Connor, M., Klock, P.A. (2004). Using cognitive artifacts to understand distributed cognition. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics*. 34 (6), 726-735.
- Paries, J. & Amalberti, R. (2005). Aviation safety paradigms and training implications. In. N.B. Sarter & R. Amalberti (Eds.) *Cognitive Systems Engineering in the aviation domain (pp. 253-286)*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Rosen, M.A., Fiore, S.M., Salas, E., Letsky, M.P., & Warner, N.W. (2008). Tightly coupling cognition: understanding how communication and awareness drive coordination in teams. *International Journal of Command and Control*, 2 (1), 1-30.
- Salas, E., & Fiore, S.M. (2004) (Eds.) *Team Cognition: understanding the factors that drive process and performance*. Washington, DC: American Psychological Association.
- Salas, E., Wilson, K. A., Burke, C. S., Wightman, D. C. (2006). Does Crew Resource Management Training work? An update, an extension and some critical needs. *Human Factors*, 48(2), 392-412.
- Sarter, N.B. & Amalberti, R.; (2005) (Eds.) *Cognitive Engineering in the Aviation Domain*. Mahwah, NJ, USA: Lawrence Erlbaum.
- Vicente, K. (2005). *Homens e Máquinas*. Rio de Janeiro: Ediouro.
- Woods, D.D. & Hollnagel, E. (2006). *Joint cognitive systems: patterns in cognitive systems engineering*. Boca Raton, FL: Taylor & Francis.

Woods, D.D., Tinapple, D., Roesler, A., Feil, M.. (2002). *Studying cognitive work in context: Facilitating insight at the intersection of people, technology and work*. Cogn. Syst. Eng. Lab. Inst. Ergon., Ohio State University, Columbus. Retrieved from <http://csel.eng.ohio-state.edu/woodscta>

Zieba, S., Polet, P., Vanderhaegen, F., Debernard, S. (2010). Principles of adjustable autonomy: a framework for resilient human-machine cooperation. *Cognition, Technology, and Work*, 12, 193-203.