

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
ESCOLA DE ENGENHARIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

Guido César Carim Júnior

**PROCEDIMENTOS COMO RECURSOS PARA  
AÇÃO: UM ESTUDO SOBRE COMO O *COCKPIT* DE  
UMA AERONAVE COMERCIAL GERENCIA  
SITUAÇÕES ANORMAIS E DE EMERGÊNCIA**

Porto Alegre

2016

Guido César Carim Júnior

Procedimentos como Recursos para Ação: Um Estudo Sobre Como o *Cockpit* de Uma Aeronave Comercial  
Gerencia Situações Anormais e de Emergência

Tese submetida ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da  
Universidade Federal do Rio Grande do Sul como requisito parcial à obtenção do título de  
Doutor em Engenharia, na área de concentração em Sistemas de Produção.

Orientador: Professor Tarcisio Abreu Saurin, Dr.

Porto Alegre

**2016**

Guido César Carim Júnior

Procedimentos como Recursos para Ação: Um Estudo Sobre Como o *Cockpit* de Uma Aeronave Comercial  
Gerencia Situações Anormais e de Emergência

Esta tese foi julgada adequada para a obtenção do título de Doutor em Engenharia e aprovada em sua forma final pelo Orientador e pela Banca Examinadora designada pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

---

**Prof. Tarcisio Abreu Saurin, Dr.**

Orientador PPGEP/UFRGS

---

**Prof. Jose Luis Duarte Ribeiro, Dr.**

Coordenador PPGEP/UFRGS

**Banca Examinadora:**

Professor Carlos Torres Formoso, Dr. (NORIE/UFRGS)

Professor Éder Henriqson, Dr. (FACA/PUCRS)

Professor José Orlando Gomes, Dr. (PPGI/UFRJ)

## Dedicatória

À minha namorada Amanda, minha mãe  
Célia, minha irmãzona Layza e ao meu pai  
Guido. Vocês foram minhas asas quando eu  
não podia voar e meus olhos quando não  
consegua enxergar. Por tudo o que vocês  
fizeram e fazem, serei eternamente grato.

## AGRADECIMENTOS

À Capes que, por meio da bolsa de estudos do Programa de Doutorado Sanduíche no Exterior, me permitiu vivenciar uma cultura diferente e me dedicar exclusivamente por 11 meses.

Ao meu orientador Tarcisio Abreu Saurin pela confiança e auxílio durante toda a jornada.

Ao Professor Sidney Dekker e ao Dr. Drew Rae, pelo incentivo, discussões e apoio durante minha estadia no *Safety Science Innovation Laboratory*.

À PUCRS, em especial à família FACA e ao amigo Éder Henriqson pelo apoio incondicional nessa caminhada.

Aos amigos Cmte. Augusto Nunes, Cmte. Caio Rosante, Cmte. Francisco Silva e Dr. Fernando Madeira pelas longas discussões, conselhos e contribuições ao trabalho.

Aos pilotos que participaram do estudo por terem dedicado seu tempo de descanso para contribuir com a pesquisa.

Aos amigos de trabalho do Safety, ao Diretor de DQSO, à Diretoria de RH e ao CEO que me concederam a licença não-remunerada e me permitiram alcançar meus sonhos.

Aos professores e colegas da UFRGS pela paciência e por compartilhar o conhecimento.

Aos amigos da Griffith University Michelle Oberg, Jonathan Gao, Cassandra Soo, Verena Schochlow e, em especial, Jop Havinga pelo apoio, contribuições e amizade.

Ao Cenipa, em especial a Cel. Laura, pelo apoio e por ter permitido a apresentação dos resultados preliminares no seminário Latino-Americano de Fatores Humanos em 2014.

Por último e, não menos importante, a todos meus amigos e familiares que, mesmo sem saber, foram importantes nessa caminhada. A conquista é nossa.

## RESUMO

Na aviação, os procedimentos para situações anormais e de emergência, geralmente organizados em *checklists* compilados no *Quick Reference Handbook* (QRH), são elaborados e revisados como mecanismos de controle organizacional. Esta abordagem, no entanto, tem mostrado limitações em servir como solução para todos os tipos de situações, principalmente para problemas não estruturados. Neste cenário, o conceito ‘procedimentos como recursos para a ação’ tem sido visto como uma abordagem alternativa, embora tenha sido desenvolvida apenas de forma incipiente. Assim, o objetivo geral desta tese foi propor um protocolo para revisão dos procedimentos disponíveis em *cockpits* de aviões comerciais como apoio aos pilotos durante a gestão de anomalia. Para atingir o objetivo, a pesquisa adotou a *Design Science Research* e foi dividida em quatro etapas: compressão do problema, sugestão e desenvolvimento, avaliação e conclusão. Um estudo etnográfico cognitivo conduzido em uma companhia aérea brasileira propiciou melhor entendimento do problema por meio de observações participantes, entrevistas retrospectivas, entrevistas em grupo, dados secundários e documentos técnicos. Os resultados mostraram como fatores contextuais fora do escopo do QRH geraram demandas extras e requereram estratégias de adaptação dos sistemas cognitivos correlacionados. Fragmentos do QRH e de recursos adicionais foram intercalados para apoiar essas estratégias. As sugestões de melhorias envolveram a reorganização do QRH, dos *checklists* e dos recursos adicionais, a fim de melhor apoiar o reconhecimento de anomalias, o diagnóstico de problemas e o curso de ação. As sete etapas do protocolo foram desenvolvidas com base nos princípios teóricos e empíricos derivados do estudo e, em seguida, o protocolo foi avaliado de acordo com cinco critérios. Enquanto o artefato teve um bom desempenho em dois critérios, três deles revelaram a necessidade de ajustes, que podem ser superados com novas aplicações em diferentes contextos. Em conclusão, o estudo atingiu os objetivos geral e específicos, contribuiu para a classe de problemas ao operacionalizar o conceito ‘procedimentos como recursos para a ação’ e contribuiu para solucionar o problema prático ao proporcionar um artefato para ajudar as companhias aéreas a revisar seus procedimentos e outros recursos de modo a melhor apoiar os pilotos na gestão de anomalias.

**Palavras-chave:** *Quick Reference Handbook*, procedimentos como recursos para ação, situações anormais e de emergência, *design science research*, aviação.

## ABSTRACT

In aviation, procedures for abnormal and emergency situations, generally organized in *checklists* compiled in the Quick Reference Handbook (QRH), are designed and redesigned as mechanisms of organizational control. This approach, however, has shown some drawbacks as a solution for any situation, specially for unstructured problems. In this scenario, the concept ‘procedures and resources for action’ has been seen as an alternative approach, although it has been incipiently developed. Thus, the general objective of this thesis was to propose a protocol for redesigning the procedures available in commercial aircraft cockpits as means of supporting pilots during anomaly management. To achieve the objective, the research adopted the Design Science Research approach and was divided into four stages: awareness of the problem, suggestion and development, evaluation and conclusion. A cognitive ethnographic study conducted in a Brazilian airline provided better understanding of the problem through participant observations, retrospective interviews, group interviews, secondary data and technical documents as sources of data. The results showed how contextual factors beyond the QRH scope generated extra demands and required adaptive strategies from the joint cognitive systems. Fragments from the QRH and from additional resources were interleaved to support these strategies. The design implications involved the reorganization of the QRH, the *checklist* and the additional resources in order to better support the anomaly recognition, the problem diagnosis and the course of action. The seven steps of the protocol were developed based on the theoretical and empirical principles derived from the study and, then, the protocol was evaluated according to five criteria. While the artefact performed well in two criteria, in three of them revealed opportunities of improvement, which can be overcome with more applications in different settings. In conclusion, the study achieved general and specific objectives, contributed to the class of problems by operationalizing the concept ‘procedures as resources for action’ and contributed to solve the practical problem by providing an artefact that help airlines to redesign procedures and other resources in order to better support pilots during anomaly management.

**Keywords:** *Quick Reference Handbook*, procedures as resources for action, abnormal and emergency procedures, design science research, aviation.

## LISTA DE ABREVIATURAS

AFM - *Airplane Flight Manual* (Manual de Voo da Aeronave)

ANAC - Agência Nacional de Aviação Civil

AOM - *Airplane Operations Manual* (Manual de Operações da Aeronave)

APU - *Auxiliary Power Unit* (Unidade de Energia Auxiliar)

ASRS - *Air Safety Report System* (System de Relatos de Segurança de Voo)

ATC - *Air Traffic Control* (Controle de Tráfego Aéreo)

CAA - *UK Civil Aviation Authority* (Autoridade de Aviação Civil Inglesa)

CDM - *Critical Decision Method* (Método da Decisão Crítica)

Cenipa - Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos

CHAT – *Checklist Audit Tool* (Ferramenta para Auditar o *Checklist*)

CRM - *Company Resource Management* (Gerenciamento de Recursos da Companhia)

DPPM - *Dispatch Deviation Procedures Manual* (Manual de Procedimentos para Despacho com Desvios)

DSO - Diretoria de Segurança Operacional

DSR - *Design Science Research* (Ciência do Artificial)

EAS Project - *Emergency and Abnormal Situations Project* (Projeto voltado a Situações Anormais e de Emergência)

ECAM - *Electronic Centralized Aircraft Monitoring* (Sistema Eletrônico Centralizado de Monitoramento da Aeronave)

EICAS - *Engine Indication and Crew Alerting System* (Sistema Eletrônico de Indicação do Motor e de Alerta aos Pilotos)

ESC - Engenharia de Sistemas Cognitivos (*Cognitive Systems Engineering*)

FDA - *Flight Data Acquisition* (Gravador de Dados de Voo)

FOQA - *Flight Operations Quality Assurance* (Garantia da Qualidade Operacional de Voo)

HUD - *Head Up Display* (Anteparo a Nível dos Olhos)

JCS - *Joint Cognitive Systems* (Sistemas Cognitivos Correlacionados)

LOSA - *Line Operations Safety Audit* (Auditoria da Segurança das Operações de Linha)

MAU - *Modular Avionics Unit* (Unidade de Aviônicos Modular)

MCC - *Maintenance Coordination Centre* (Centro de Coordenação de Manutenção)

MEL - *Minimum Equipment List* (Lista de Equipamentos Mínimos)

MMEL - *Master Minimum Equipment List* (Lista Mestre de Equipamentos Mínimos)

MGO - Manual Geral de Operações

MPO - Manual de Processos de Operações de Voo

NTSB - *National Transportation Safety Board* (Conselho Nacional de Segurança nos Transportes)

OODA Loop - *Observe, Orient, Decide and Act Loop* (Circularidade relacionado a Observar, Orientar, Decidir e Agir)

PF - *Pilot Flying* (Piloto no Comando)

PM - *Pilot Monitoring* (Piloto no Auxílio)

PTO - Programa de Treinamento Operacional

QRH - *Quick Reference Handbook* (Manual para Rápida Consulta)

SPDA - *Secondary Power Distribution Assembly* (Dispositivo Secundário para Distribuição de Energia)

SPEED - *Suivi de Procédures Ecrites dans les Environnements Dynamiques* (Modelo de Seguimento de Procedimentos Escritos em Meios Dinâmicos)

TLB - *Technical Logbook* (Livro de Registos Técnicos de Manutenção)

WAD - *Work-As-Done* (Trabalho Como Realizado)

WAI - *Work-As-Imagined* (Trabalho Como Imaginado)

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1:</b> Modelagem da falha de um dos motores (à direita) e a respectiva tradução das ações em um <i>checklist</i> (à esquerda).....	14
<b>Figura 2:</b> Apresentação do processo de desenvolvimento do QRH.....	17
<b>Figura 3:</b> Exemplo de <i>checklist</i> segundo o método patenteado .....	18
<b>Figura 4:</b> Exemplo do <i>Checklist Audit Tool</i> (CHAT) .....	20
<b>Figura 5:</b> Exemplo de páginas do QRH e do <i>checklist</i> no qual foram aplicados os requisitos estabelecidos pela autoridade aeronáutica inglesa (CAA).....	21
<b>Figura 6:</b> Representação gráfica do modelo de gerenciamento de procedimentos .....	22
<b>Figura 7:</b> Mapa conceitual com os conceitos, modelos e teorias relacionados à teoria da atividade .....	33
<b>Figura 8:</b> Modelo de gestão de anomalias e a interação entre os processos.....	38
<b>Figura 9:</b> Modelo de gestão de anomalias modificado a partir de diferentes teorias e conceitos .....	51
<b>Figura 10:</b> Delineamento da pesquisa baseada na DSR.....	55
<b>Figura 11:</b> Arranjo típico de um <i>cockpit</i> segundo o manual do fabricante .....	75
<b>Figura 12:</b> As informações apresentadas na tela EICAS.....	75
<b>Figura 13:</b> A área da tela EICAS voltada para apresentar as mensagens.....	75
<b>Figura 14:</b> Lógica do sistema de inibição de mensagens EICAS segundo o manual do fabricante .....	76
<b>Figura 15:</b> Exemplo de títulos dos <i>checklists</i> para uma situação não anunciada (acima) e uma situação anunciada (abaixo).....	76
<b>Figura 16:</b> Exemplo da capa do QRH onde constam alguns <i>checklists</i> .....	77
<b>Figura 17:</b> Exemplo de índice geral para títulos que iniciam com ‘E’ .....	78
<b>Figura 18:</b> Exemplo de dois itens que deve ser memorizados pelos pilotos.....	79
<b>Figura 19:</b> Exemplo de um <i>checklist</i> simples composto por 3 seções .....	79
<b>Figura 20:</b> Exemplo de um <i>checklist</i> composto por 4 seções.....	80
<b>Figura 21:</b> Exemplo de um <i>checklist</i> de 4 seções composto por ações condicionais.....	80

<b>Figura 22:</b> Um exemplo de ações para ‘resetar’ o sistema (1) e questões dicotômicas para avaliar a efetividade do ‘reset’ (2).....	81
<b>Figura 23:</b> Extrato de um <i>checklist</i> com ações para desligar e isolar o(s) sistema(s) falho(s) .....	81
<b>Figura 24:</b> Extrato de um <i>checklist</i> onde consta a lista de itens inoperantes e os <i>checklists</i> que não devem ser cumpridos .....	82
<b>Figura 25:</b> Exemplo de configuração e de cálculo da distância de pouso para uma mensagem específica (acima). A página da tabela de performance que deve ser utilizada complementarmente (abaixo) .....	83
<b>Figura 26:</b> Exemplo de <i>checklist</i> que direciona a outro <i>checklist</i> .....	83
<b>Figura 27:</b> Exemplo de <i>checklist</i> que traz a expressão ‘ <i>LAND AT THE NEAREST SUITABLE AIRPORT</i> ’ .....	84
<b>Figura 28:</b> Dois trechos de diferentes <i>checklists</i> : condição que repete o título e a mensagem (à esquerda); condição que fornece informações adicionais sobre a falha (à direita).....	103
<b>Figura 29:</b> As seções de configuração de pouso e cálculo da distância de pouso nos dois <i>checklists</i> são contraditórios .....	104
<b>Figura 30:</b> Extrato do manual MEL com um exemplo da lista de mensagens EICAS ....	107
<b>Figura 31:</b> Disposição teórica das situações segundo o grau de estruturação do problema e o tipo de abordagem sobre procedimentos .....	113
<b>Figura 32:</b> Área cinza de prováveis interpretações e suas delimitações .....	116
<b>Figura 33:</b> Mapa conceitual das contribuições teóricas e empíricas desse estudo aos conceitos teóricos disponíveis na literatura .....	118
<b>Figura 34:</b> As etapas do protocolo e suas interrelações .....	131

# SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>1</b>
1.1	CONTEXTO	1
1.2	PROBLEMA DE PESQUISA	4
1.3	QUESTÕES DE PESQUISA	5
1.4	OBJETIVOS	5
1.5	DELIMITAÇÃO	6
1.6	ESTRUTURA DA TESE	7
<b>2</b>	<b>DESEMPENHO HUMANO E OS PROCEDIMENTOS PARA SITUAÇÕES ANORMAIS E DE EMERGÊNCIA: UMA REVISÃO CRÍTICA DA ABORDAGEM TRADICIONAL</b>	<b>8</b>
2.1	CONSIDERAÇÕES INICIAIS	8
2.2	<i>QUICK REFERENCE HANDBOOK (QRH)</i>	8
2.3	MÉTODOS TRADICIONAIS PARA ELABORAÇÃO E REVISÃO DE PROCEDIMENTOS PARA SITUAÇÕES ANORMAIS E DE EMERGÊNCIA	11
2.3.1	<b>Método 4P</b>	<b>12</b>
2.3.2	<b>Método para Definir a Sequência Correta de Ações em Procedimentos de Emergência</b>	<b>13</b>
2.3.3	<b>Método Derivado do <i>Emergency and Abnormal Situations Project</i></b>	<b>15</b>
2.3.4	<b>Métodos para Formatação e Guia de Estilo do QRH para Pilotos</b>	<b>16</b>
2.3.5	<b>Método Baseado no Modelo SPEED</b>	<b>18</b>
2.3.6	<b>CAP 676: Regulamento Emitido pela Autoridade de Aviação Civil Inglesa</b>	<b>19</b>
2.3.7	<b>Modelo Genérico de Gestão de Procedimentos</b>	<b>22</b>
2.4	DESEMPENHO DE PILOTOS NA UTILIZAÇÃO DE <i>CHECKLISTS</i> : ABORDAGEM BASEADA NA TAREFA	25
2.4.1	<i>Suivi de Procédures Ecrites dans les Environnements Dynamiques (SPEED)</i>	25
2.4.2	<i>Observe, Orient, Decide and Act (OODA) Loop</i>	27
2.5	ANÁLISE DOS PRESSUPOSTOS ASSUMIDOS NOS MÉTODOS TRADICIONAIS E MODELOS BASEADOS NA TAREFA	27
2.6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	30
<b>3</b>	<b>PROCEDIMENTOS COMO RECURSOS PARA AÇÃO NA GESTÃO DE ANOMALIAS</b>	<b>32</b>
3.1	CONSIDERAÇÕES INICIAIS	32
3.2	TEORIAS DA ATIVIDADE	34
3.3	ENGENHARIA DE SISTEMAS COGNITIVOS	36

3.4	GESTÃO DE ANOMALIAS NA PERSPECTIVA DA ESC.....	37
3.4.1	<b>Reconhecimento de Anomalias.....</b>	<b>39</b>
3.4.2	<b>Cursos de Ação.....</b>	<b>41</b>
3.4.3	<b>Diagnóstico .....</b>	<b>41</b>
3.4.4	<b>Reportório de Estratégias e Raciocínios .....</b>	<b>42</b>
3.5	PROCEDIMENTOS COMO RECURSOS PARA AÇÃO .....	44
3.6	CONTRASTE ENTRE O MODELO DE GESTÃO DE ANOMALIAS REVISADO E OS MODELOS DE DESEMPENHO SPEED E OODA LOOP .....	46
3.7	COMPARAÇÃO DO MODELO DE GESTÃO DE ANOMALIAS COM OS MÉTODOS TRADICIONAIS PARA ELABORAÇÃO E REVISÃO DE PROCEDIMENTOS.....	48
3.8	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	50
<b>4</b>	<b>MÉTODO DE PESQUISA.....</b>	<b>53</b>
4.1	<i>DESIGN SCIENCE RESEARCH</i> .....	53
4.2	ETAPAS DA PESQUISA .....	54
4.2.1	<b>Compreensão do Problema .....</b>	<b>55</b>
4.2.2	<b>Sugestão e Desenvolvimento .....</b>	<b>69</b>
4.2.3	<b>Avaliação .....</b>	<b>70</b>
4.2.4	<b>Conclusão .....</b>	<b>71</b>
<b>5</b>	<b>RESULTADOS: COMPREENSÃO DO PROBLEMA.....</b>	<b>73</b>
5.1	ESTRUTURA MATERIAL E SOCIAL FORMAL PARA A GESTÃO DE ANORMALIDADES E EMERGÊNCIAS: TRABALHO-COMO-IMAGINADO .....	73
5.1.1	<b>A Estrutura do QRH, dos <i>Checklists</i> e do Sistema de Alarmes .....</b>	<b>73</b>
5.1.2	<b>Método Para Elaboração e Revisão do QRH: Fabricante.....</b>	<b>85</b>
5.1.3	<b>Método Para Elaboração e Revisão do QRH: Empresa Aérea.....</b>	<b>86</b>
5.1.4	<b>Como os Pilotos Deveriam Gerenciar Situações Não-Normais?.....</b>	<b>87</b>
5.1.5	<b>Treinamento Para Situações Anormais e de Emergência.....</b>	<b>89</b>
5.2	GESTÃO DE ANOMALIAS: TRABALHO-COMO-REALIZADO .....	90
5.2.1	<b>Caracterização Inicial das Situações Analisadas .....</b>	<b>91</b>
5.2.2	<b>Fatores Contextuais Não Antecipados pelo QRH.....</b>	<b>91</b>
5.2.3	<b>Estratégias Para Lidar Com os Fatores Contextuais.....</b>	<b>95</b>
5.2.4	<b>Seções do QRH Utilizadas para Apoiar as Estratégias .....</b>	<b>102</b>
5.2.5	<b>Recursos Adicionais Utilizados.....</b>	<b>105</b>
5.3	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	108
<b>6</b>	<b>DISCUSSÃO DOS RESULTADOS .....</b>	<b>109</b>
6.1	<i>WORK-AS-IMAGINED</i> : DA TEORIA À PRÁTICA.....	109
6.2	PROBLEMAS REAIS SÃO NÃO-ESTRUTURADOS.....	111
6.3	MODELO DE GESTÃO DE ANOMALIAS REVISADO .....	114

6.4 ASSOCIAÇÃO ENTRE FATORES CONTEXTUAIS, ESTRATÉGIAS E RECURSOS PARA AÇÃO .....	118
6.5 PROCEDIMENTOS E OUTROS RECURSOS PARA A GESTÃO DE ANOMALIAS .....	120
6.6 IMPLICAÇÕES PARA A REVISÃO DOS PROCEDIMENTOS E OUTROS RECURSOS PARA A GESTÃO DE ANOMALIAS .....	121
<b>7 PROTOCOLO PARA REVISÃO DOS PROCEDIMENTOS PARA SITUAÇÕES ANORMAIS E DE EMERGÊNCIA DISPONÍVEIS NO COCKPIT: SUGESTÃO E DESENVOLVIMENTO.....</b>	<b>126</b>
7.1 PRINCÍPIOS E DESDOBRAMENTOS: PROCEDIMENTOS E RECURSOS ADICIONAIS PARA A GESTÃO DE ANOMALIAS.....	126
7.2 PROTOCOLO: ATIVIDADES NECESSÁRIAS .....	130
7.3 POSSÍVEIS RESISTÊNCIAS NA IMPLANTAÇÃO DO PROTOCOLO.....	137
7.4 AVALIAÇÃO DO PROTOCOLO .....	138
<b>8 CONCLUSÕES .....</b>	<b>143</b>
8.1 ALCANCE DOS OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	143
8.2 CONTRIBUIÇÕES DO ESTUDO.....	144
8.2.1 <b>Contribuições Teóricas Para a Classe de Problemas .....</b>	<b>145</b>
8.2.2 <b>Contribuições Para Solucionar o Problema Prático .....</b>	<b>147</b>
8.2.3 <b>Avaliação do Artefato Proposto .....</b>	<b>148</b>
8.3 LIMITAÇÕES .....	149
8.4 ESTUDOS FUTUROS .....	150
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>152</b>
<b>APÊNDICE A: EXEMPLO DE EVENTO VIVENCIADO PELO PESQUISADOR E REGISTRADO NO DIÁRIO DE CAMPO .....</b>	<b>163</b>
<b>APÊNDICE B: ROTEIRO DE ENTREVISTAS DO CDM .....</b>	<b>165</b>
<b>APÊNDICE C: ROTEIRO PARA ENTREVISTAS EM GRUPO: DESENVOLVEDORES DO QRH NO FABRICANTE .....</b>	<b>166</b>
<b>APÊNDICE D: ROTEIRO DE ENTREVISTAS EM GRUPO: GERENTE DE FLIGHT STANDARD E AUXILIAR .....</b>	<b>167</b>
<b>APÊNDICE E: EXEMPLO DE ALGUMAS PÁGINAS DO QRH .....</b>	<b>168</b>
<b>APÊNDICE F: EXEMPLO DE ALGUMAS PÁGINAS DO MEL.....</b>	<b>176</b>
<b>APÊNDICE G: EXEMPLO DE UMA PÁGINA DE REPORTE DO TLB.....</b>	<b>178</b>

# 1 INTRODUÇÃO

## 1.1 CONTEXTO

A extensiva utilização da padronização do trabalho é considerada como um dos fatores responsáveis pelo baixo índice de acidentes na aviação comercial (Amalberti, 2001). Sua principal representação são os procedimentos para lidar com situações não-normais<sup>1</sup>, conhecidos como *Quick Reference Handbook* (QRH). Esse manual compila *checklists*<sup>2</sup>, tabelas de desempenho e informações sobre limitações da aeronave. Os *checklists* consistem de cartões laminados onde as instruções, dispostas em listas ou em fluxogramas, guiam os pilotos na resolução de cada mensagem apresentada pelos sistemas de alarmes (Burian, 2006a). De modo mais genérico, as instruções objetivam evitar que a falha continue se propagando, recuperar o sistema falhado ou continuar o voo com o sistema inoperante (Heymann *et al.*, 2007). Ao piloto cabe reconhecer a condição pelas indicações visuais e sonoras, compreender a situação, decidir o *checklist* e implementar as ações. O “[...] ciclo continua por meio da recuperação e execução do(s) correto(s) *checklist(s)*” (CAA, 2006, p. 1-2).

Procedimentos, assim como os contidos no QRH, são entendidos como mecanismos de controle organizacional, pois restringem a possibilidade de ação dos operadores a um espaço seguro, além de evidenciar os limites de segurança da atividade (Hale, 1990; Weichbrodt, 2015). Isso ocorre principalmente porque são racionalizações da atividade submetidas à avaliação de riscos e, conseqüentemente, os meios menos arriscados de realizar o trabalho (Praino e Sharit, 2016). A racionalização da atividade

---

<sup>1</sup> Situações não normais cobrem tanto situações anormais como de emergência. Ambas se diferenciam pelo grau de risco (iminência e gravidade), tempo disponível e são tipicamente utilizadas na aviação e na literatura relacionada. Apesar de não serem comumente tratadas na literatura científica, nesta tese utilizamos o termo ‘situação anormal’ para evidenciar eventos que não aparentaram (tanto em prospecto quanto em retrospecto) trazer conseqüências ruins em um curto espaço de tempo. Já emergência significa situação potencialmente danosa e, para a qual, houve pouco tempo disponível. Para discussões mais profundas, ver Burian *et al.* (2003).

<sup>2</sup> Os termos QRH, *checklists* e procedimentos são usados de modo intercambiável e como sinônimos de procedimentos operacionais formais e descritos em manuais.

ainda produz um sistema de trabalho com alto grau de regularidade e alta previsibilidade (Hollnagel, 2004), aspectos desejáveis em sistemas de trabalho sob a perspectiva do movimento taylorista (Hale, 1990).

Além de mecanismos de controle, os procedimentos são um meio de manter documentado o conhecimento sobre como desempenhar o trabalho, evitando assim ‘reinventar a roda’ (Hale e Borys, 2013a; Weichbrodt, 2015). Mais especificamente na aviação, o *checklist* ainda é visto como uma ferramenta essencial para a coordenação entre os pilotos e evitar o erro humano (Degani e Wiener, 1993; De Brito, 2002; Burian, 2006a; Hales e Pronovost, 2006). Já na dimensão ética, os procedimentos são vistos como objetos de responsabilização, pois procuram definir claramente quem deve ser culpado caso ocorra eventos com consequências negativas (Dien, 1998; McCarthy *et al.*, 1997).

Ainda que seja reconhecido que os ótimos índices de segurança em organizações de alto risco sejam influenciados pela abordagem de procedimentos como controle organizacional, são também reconhecidas algumas limitações (Amalberti, 2001). Os atuais sistemas de gestão de procedimentos em organizações de alto risco têm sido caracterizados como puramente aditivos e têm gerado um excesso de padronização, tanto quantitativa quanto restritivamente, resultando no aumento da complexidade do trabalho (Bieder e Bourrier, 2013). Mesmo em situações onde não há excessos, os procedimentos não conseguem prever todas as situações possíveis, pois são abstrações pouco relacionadas ao contexto real de trabalho e são sempre incompletos (Suchman, 1987; Dekker, 2003; Wright e McCarthy, 2003). Já do ponto de vista do operador, eles não seguem os procedimentos de forma irrestrita e sem julgar a sua aplicabilidade ao contexto (Hutchins, 1995a; De Brito, 2002). É por estas características que argumenta-se haver sempre uma lacuna entre prática e procedimento (Hollnagel *et al.*, 2006).

Como meio de superar essas limitações, meios de elaborar ou revisar os procedimentos têm sido objeto de considerável atenção da literatura em ciência da segurança. A fim de melhorar a eficácia dos procedimentos, a literatura aponta para a necessidade de: (a) combinar as abordagens *top-down* e *bottom-up* para gestão dos procedimentos (Blakstad *et al.*, 2010; Hale e Borys, 2013b); (b) adequar o nível de prescritividade (Grote, 2014; Weichbrodt, 2015), a fim de evitar o excesso (Bieder e Bourrier, 2013) e subespecificações (van der Lely, 2009); (c) educar os operadores para melhor compreender as razões acerca do conteúdo dos procedimentos (Weichbrodt, 2015) e como adaptar os procedimentos quando necessário (Saurin e González, 2013); (d) envolver os operadores no processo de concepção e revisão dos procedimentos (Hale e

Borys, 2013b; Weichbrodt, 2015); (e) melhorar a interface operadores-*checklists* por meio de mudanças físicas e tipográficas (Degani e Wiener, 1990; Degani, 1992; De Brito, 2002; CAA, 2005; 2006; Burian, 2006b). Assim, estas medidas esperam preencher a lacuna entre as práticas e procedimentos, o que, em última análise, podem aumentar os níveis de segurança (Hale e Borys, 2013b; Weichbrodt, 2015).

Como maior desvantagem, a abordagem dos procedimentos como controle organizacional não questiona o *status quo* deles como práticas necessárias e suficientes para manter adequados níveis de segurança em organizações de alto risco. Ao contrário, as novas propostas continuam reforçando a abordagem dos procedimentos como mecanismos de controle e a necessidade de mais e melhores procedimentos. Consequentemente, há algumas limitações que continuam sem solução por meio dessa abordagem, tais como: (a) o conhecimento necessário para realizar o trabalho é muito maior do que o encapsulado nos procedimentos prescritos (Wright *et al.*, 1998; Knudsen, 2009), sendo assim, seguir procedimentos é parte da atividade e não a atividade fim (Wright e McCarthy, 2003); (b) o conhecimento demonstrado por *experts* transcende o conhecimento baseado em regras. Há uso de profundo conhecimento do funcionamento dos sistemas e das particularidades da situação, todos frutos de larga experiência tácita (Dreyfus e Dreyfus, 1989; Flyvbjerg, 2001); (c) ao invés de tentar reduzir a diferença entre procedimentos e prática, as organizações devem investir esforços para tentar entender por que ela existe (Dekker, 2003); (d) em algumas circunstâncias, seguir procedimentos disponíveis estritamente e forçar o seu seguimento pode causar danos ao invés de trazer segurança (Dien, 1998; Dekker, 2014).

Apesar de amplamente utilizada na aviação, há pouca evidência empírica sobre a real efetividade do QRH e dos *checklists* para garantir a segurança. Ao contrário, há evidências que sugerem limitações à capacidade dos procedimentos em prover soluções adequadas para algumas situações anormais e de emergência. Em um evento recente e de grande repercussão, os tripulantes do voo Qantas 32, em 2010, tiveram que optar por seguir estritamente os procedimentos de emergência previstos ou improvisar (Donoghue, 2012). A quebra de uma das partes do motor 2 do A380 durante a decolagem fez detritos atingirem o motor 1 (ambos na asa esquerda), a asa esquerda e a fuselagem, resultando em 750 cabos rompidos, a perda de 70 sistemas, e mais de 40 perfurações no tanque de combustível (ATSB, 2013). O sucesso do gerenciamento da emergência se deu pelo uso da larga experiência da tripulação que deixou os *checklists* e o sistema de alarmes de lado para criar novos meios de lidar com o problema (De Crespigny, 2012). Weick (1993)

nomeia esse tipo de situação, onde desviar-se dos procedimentos é o único meio de garantir a sobrevivência, como “largar os equipamentos para sobreviver”, em alusão ao desastre ocorrido com uma equipe de combate a incêndio que pereceu em Mann Gulch.

## 1.2 PROBLEMA DE PESQUISA

Diante das limitações da abordagem de procedimentos como controle organizacional e de evidências não validadas cientificamente, é necessário ponderar sobre a real capacidade dos procedimentos em prover soluções para diversos tipos de situações. Segundo Dekker (2005), procedimentos são ótimos meios de resolver problemas estruturados, os quais foram racionalizados e para os quais existe uma solução previamente concebida. Entretanto, não são tão úteis para problemas não previstos, aqueles cujas soluções precisam ser criadas (McCarthy *et al.*, 1998), como ocorreu no voo Qantas 32. Nesse sentido, é preciso uma alternativa para elaborar e revisar os procedimentos, principalmente aqueles relacionados a situações anormais e de emergência, que reforcem a capacidade adaptativa das organizações e operadores frente a imprevistos ou problemas inesperados (Woods *et al.*, 2006).

Uma abordagem alternativa, conhecida como ‘procedimentos como recursos para a ação’, refere-se aos procedimentos como um conjunto de fragmentos de informação que apoiam os operadores no planejamento e execução de um curso de ação razoável dadas as particularidades do contexto (Suchman, 1987; Hutchins, 1995a; McCarthy *et al.*, 1998; Wright e McCarthy, 2003). Consequentemente, prática e procedimentos não são equivalentes (Wright *et al.*, 1998). Ao invés de focar na aplicação de procedimentos pelos operadores, sob essa abordagem as organizações devem se concentrar em como os procedimentos poderiam apoiar a atividade de gestão de anomalias (Woods, 1994; Woods e Hollnagel, 2006).

A mudança de abordagem se faz necessária uma vez que situações de anormalidade e de emergência são inerentemente incertas, com alto grau de variabilidade, e escassez de recursos, principalmente o tempo (Dekker, 2006; Woods *et al.*, 2006). Aliado a isso, a natureza do problema apresentado aos pilotos é geralmente ambígua e a situação impõe estresse e alta carga de trabalho a eles (Burian *et al.*, 2003). Frente a essas condições, os procedimentos, entendidos como sistema de informação, deveriam apoiar as estratégias aplicadas pelos operadores ao invés de restringir ou controlá-las (Rasmussen, 2000).

Apesar do potencial dessa nova abordagem, o conceito foi desenvolvido apenas de forma incipiente. Embora proponham uma classificação dos diferentes recursos para ação, Wright *et al.* (1996; 2000) e Fields *et al.* (1997) apenas empregam-na na análise da interface humano-computador durante a utilização de *softwares* editores de texto, atividade pouco relacionada ao trabalho desempenhado por pilotos. Já Wright *et al.* (1998) e Wright e McCarthy (2003) provêm poucas evidências empíricas sobre como os *checklists* foram utilizados pelos pilotos para resolver situações anormais e de emergência. Eles apenas citam que os *checklists* foram utilizados de modo fragmentado e intercalado, quando a situação envolveu mais de uma mensagem de falha. Da mesma forma, os autores não explicitam se os pilotos recorreram a outros tipos de recursos para gerenciar essas situações. Finalmente, os estudos não propõem sugestões de melhoria ao QRH nem ao sistema de trabalho dos pilotos que seja diferente das proposições feitas pelos estudos orientados pela abordagem de procedimentos como mecanismos de controle. Wright e McCarthy (2003), por exemplo, sugerem aumentar a usabilidade dos procedimentos diante das dificuldades dos pilotos em navegar por entre os *checklists*.

### 1.3 QUESTÕES DE PESQUISA

Assumindo que o conceito ‘procedimentos como recursos para ação’ proveria a flexibilidade e adaptação necessárias aos pilotos durante a gestão de situações anormais e de emergência, haja visto que as mesmas são inerentemente desafiadores, inesperadas e muitas vezes não estruturadas, a questão geral é: como reprojeter os procedimentos atualmente disponíveis nos *cockpits* de aeronaves comerciais de modo a auxiliar os pilotos a resolver situações não-normais tanto previstas como imprevistas?

Permeando a questão central, é possível elaborar as seguintes questões específicas:

- 1) Como os pilotos gerenciam situações não-normais na prática e qual o papel dos procedimentos, e de outros recursos, nesse gerenciamento?
- 2) Como operacionalizar o conceito de ‘procedimento como recursos para ação’ na gestão de anomalias?

### 1.4 OBJETIVOS

O objetivo geral desta tese é propor um protocolo para revisar procedimentos disponíveis em *cockpits* de aeronaves comerciais como meio de apoiar os pilotos na atividade de gestão de situações anormais e emergência, tanto previstas como imprevistas.

Complementar ao objetivo geral, os seguintes objetivos específicos foram propostos:

- 1) Descrever e explicar como ocorre o gerenciamento de situações não-normais reais e como os procedimentos, bem como outros recursos, são utilizados nesta atividade.
- 2) Propor, operacionalizar e avaliar os princípios teóricos-empíricos necessários à revisão dos procedimentos para situação não-normais atualmente disponíveis no *cockpit* das aeronave comerciais de tal forma que eles sirvam como recursos para a gestão de anomalias.

## 1.5 DELIMITAÇÃO

Os procedimentos tácitos referidos por alguns estudos (ver Hale e Borys, 2013a) são tratados nesta tese como *expertise* e proficiência do operador, tendo em vista evitar confusões com o conceito de procedimentos documentados.

Reconhece-se que há uma grande diversidade de aeronaves comerciais e empresas aéreas na atividade aérea. Para cada aeronave há características específicas relacionadas aos sistemas, padrões operacionais, taxonomia e lógica de funcionamento. Ainda que seja o mesmo modelo de aeronave, duas companhias aéreas não conseguem operá-la da mesma forma, devido às diferenças entre as configurações internas nas aeronaves, equipamentos adicionais, contextos operativos, objetivos estratégicos e o plano de negócio. Portanto, para alcançar o objetivo geral proposto por este trabalho foi preciso delimitar o desenvolvimento do artefato a apenas um modelo de aeronave pertencente a uma única empresa aérea brasileira. A especificidade do estudo, no entanto, também pode contribuir para outros modelos de aeronave e, inclusive, outros setores industriais.

Mesmo que estejam presentes e sejam importantes, fatores relacionados a fadiga e estresse, relações hierárquicas e de poder, condições fisiológicas, e psicossociais ficaram fora do escopo do trabalho. Reconhece-se a influência deles sobre os resultados do estudo, porém é assumido que os mesmos encontram-se dentro de limites aceitáveis e legais, são fatores presentes em qualquer tipo de organização e que outras estruturas dentro do sistema de aviação civil podem controlá-los de forma direta.

## 1.6 ESTRUTURA DA TESE

Esta tese está organizada em oito capítulos. O Capítulo 2 apresenta os métodos tradicionais para reprojeto de procedimentos para situações anormais e de emergência na aviação atualmente disponíveis na literatura (técnica e científica) e os modelos de desempenho humano (na aviação) que fundamentam alguns desses métodos. Também são apresentadas as características comuns ao QRH e aos sistemas de alarmes. Ao final, o Capítulo sumariza os pressupostos adotados pelos métodos tradicionais de elaboração e revisão de procedimentos para situações anormais e de emergência e os modelos de desempenho humano.

O Capítulo 3 apresenta os fundamentos do desempenho humano na gestão de situações não-normais, a partir do conceito de procedimentos como recursos para ação e da perspectiva da engenharia de sistemas cognitivos. Ao final do capítulo, os pressupostos desse modelo alternativo de desempenho humano em situações não-normais são contrastados com os dos modelos de desempenho humano e dos métodos de elaboração e revisão de procedimentos descritos no Capítulo anterior. O Capítulo 4 apresenta o método de pesquisa, o qual foi baseado na *Design Science Research* e teve como estratégia de coleta de dados a etnografia cognitiva. Já o Capítulo 5 apresenta os resultados do estudo de campo conduzido em uma empresa aérea brasileira. O Capítulo 6 apresenta a discussão dos resultados e serve de subsídio para o Capítulo 7, o qual propõe e avalia o protocolo teórico-empírico para a revisão dos procedimentos para situações anormais e de emergência atualmente disponíveis no *cockpit* como recursos para ação na gestão de anomalias. Por fim, o Capítulo 8 apresenta as conclusões.

## **2 O DESEMPENHO HUMANO E OS PROCEDIMENTOS PARA SITUAÇÕES ANORMAIS E DE EMERGÊNCIA: UMA REVISÃO CRÍTICA DA ABORDAGEM TRADICIONAL**

### **2.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS**

Este Capítulo tem como objetivo evidenciar os pressupostos assumidos nas referências que descrevem métodos tradicionais para elaboração ou revisão de procedimentos para situações anormais e de emergência na aviação e os modelos de desempenho humano que procuram explicar como os pilotos utilizam os procedimentos nessas situações. Para isso, foram considerados artigos acadêmicos e publicações técnicas na aviação, incluindo legislações internacionais.

Inicialmente, o Capítulo apresenta uma breve descrição da estrutura de procedimentos atualmente disponíveis nas aeronaves comerciais, focando no QRH e nos *checklists* que o compõe e na relação destes com os sistemas de alarme existentes. Na sequência, seis métodos para elaborar e revisar procedimentos são apresentados. Por mais que alguns estudos contemplem todo o processo de gestão de procedimentos e situações normais, o Capítulo procurou focar somente nas suposições assumidas e desdobradas em sugestões de elaboração dos procedimentos e *checklists* para situações não-normais. O quarto tópico consiste na descrição de dois modelos de desempenho humano utilizados como referência por alguns desses métodos. O quinto tópico consiste na análise crítica dos modelos de desempenho humano e os métodos tradicionais, evidenciando as semelhanças entre eles. Por último, o Capítulo apresenta as considerações finais.

### **2.2 QUICK REFERENCE HANDBOOK (QRH)**

O QRH consiste em um manual que compila *checklists* em papéis cartão cujo objetivo é oferecer soluções para problemas técnicos, sejam eles identificados pelo sistema de alarme da aeronave ou não (De Brito, 2002). Além dos *checklists*, o QRH contém

tabelas e gráficos de desempenho, limitações técnicas e procedimentos complementares para as mais diversas situações (Burian, 2006a).

O *checklist* para situações anormais e de emergência consiste em uma lista de ações concebida para orientar a configuração da aeronave em caso de falha ou mau funcionamento de componentes ou sistemas (Burian, 2006b). Ao mesmo tempo em que são considerados guias para orientar a resolução de falhas, os *checklists* também são considerados como ferramentas essenciais para evitar o erro dos pilotos (De Brito, 2000). Sendo assim, ainda que seja permitido desvios em caso de emergência, seguir o *checklist* durante uma situação não-normal é mandatório e essencial para a segurança de voo (Degani e Wiener, 1994).

Normalmente a estrutura e o conteúdo do *checklist* mudam segundo o grau de severidade da situação. Em situações anormais, assume-se que o tempo disponível é suficiente para executar um *checklist*. Já em uma emergência, o tempo é escasso e assume-se a iminência de um acidente, fazendo com que haja um cuidado maior na elaboração do conteúdo do *checklist*, evitando longos e indistinguíveis textos (Burian *et al.*, 2003). Apesar do cuidado na preparação dos procedimentos para emergências, essas situações são eventos raros (De Brito, 1998) e muitos pilotos experimentam apenas uma ou duas delas em toda sua carreira (Burian, 2005).

Ainda que haja outros procedimentos para lidar com falhas, o *checklist* é o formato mais comum de dispor os procedimentos para situações anormais e de emergência na aviação (Degani e Wiener, 1993). Esses *checklists* podem ser encontrados em papel ou em formato eletrônico (Burian, 2004), sendo que, neste último caso, eles estão integrados aos *displays* da aeronave (CAA, 2005). Alguns modelos de aeronaves, tais como o A320 da Airbus, utilizam um sistema híbrido, no qual os *checklists* eletrônicos são utilizados apenas para orientar ações críticas e iniciais dos pilotos e depois são complementados pelos manuais em papéis (De Brito, 1998).

Em modelos mais recentes de aeronaves, o aviso e diagnóstico da falha ocorrem por meio de sistemas eletrônicos de alarmes, tais como o *Electronic Centralized Aircraft Monitoring* (ECAM) em aeronaves Airbus (De Brito, 1998) ou o *Engine Indication and Crew Alerting Systems* (EICAS) em aeronaves Boeing (CAA, 2005) e Embraer, por exemplo. Esses sistemas são responsáveis por continuamente disponibilizar informações sobre sistemas críticos do avião, tais como os motores, ao mesmo tempo em que monitoram os milhares de parâmetros em busca de problemas, mau funcionamento ou simplesmente uma configuração incomum. Quando um problema é identificado, o sistema

alerta aos pilotos por meio de avisos aurais e luminosos e por mensagens de falha (Ford, 1984).

Segundo Singer e Dekker (2000), os atuais sistemas de alarmes disponíveis podem ser caracterizados segundo quatro tipos de métodos para apresentar a falha por meio de mensagens. O primeiro método apresenta todas as mensagens sem qualquer tipo de filtragem. Cada mensagem possui um grau de severidade pré-determinado representado por cores e são ordenadas cronologicamente. O segundo método é semelhante ao método anterior, exceto por inibir as mensagens que não requeiram ação dos pilotos em situações críticas e por dispô-las primeiro por cores e depois por cronologia. O terceiro apresenta apenas uma mensagem crítica por vez, incluindo as respectivas ações imediatas para conter a falha. O quarto método apresenta somente as falhas para as quais há ações irreversíveis, tais como desligamento dos motores, pois o sistema de alarmes age automaticamente para conter o problema. Além disso, à medida que o sistema age, ele apresenta as mensagens de reconfiguração e do estado atual são disponíveis aos pilotos pelos indicadores. É o único sistema que reconhece a combinação de múltiplas falhas, segundo Singer e Dekker (2000).

Apesar de quase todos os *checklists* serem relacionados a uma única mensagem apresentada pelo sistema de alarmes, o QRH também traz *checklists* para situações não possíveis de serem detectadas eletronicamente, tais como problemas em partes da aeronave não monitoradas. Independente da rapidez para realizar as tarefas, quase todas as ações consistem em configurar a aeronave e testar sistemas e componentes. Em algumas situações, o *checklist* apenas solicita que os pilotos monitorem ou aumentem a atenção para as consequências da falha, sem prover qualquer indício da causa do problema ou a consequência (Ford, 1984). Em outras, o *checklist* provê informações sobre o desempenho da aeronave (Degani e Wiener, 1993). Quanto menos tempo ou mais crítica a situação se apresentar à tripulação, mais rapidamente os pilotos devem realizar essas ações, a ponto de algumas tarefas serem realizadas de memória, ou *memory itens* como são conhecidas (Burian *et al.*, 2003).

De acordo com Hollnagel (2004; 2008), procedimentos e *checklists* geralmente são as primeiras estruturas a serem modificadas diante da ocorrência de eventos com resultados indesejados. O baixo custo da mudança e a aparente certeza de que, uma vez alterados, o sistema está seguro novamente motivam as inúmeras recomendações de mais especificação dos procedimentos ou mais procedimentos em si. Entretanto, como salientado por Hale e Borys (2013a), os procedimentos não podem ser vistos como os únicos meios de controlar

os riscos ou como soluções para todos os tipos de eventos. Outros mecanismos de controle do risco também devem ser avaliados antes de propor modificações aos procedimentos.

### 2.3 MÉTODOS TRADICIONAIS PARA ELABORAÇÃO E REVISÃO DE PROCEDIMENTOS PARA SITUAÇÕES ANORMAIS E DE EMERGÊNCIA

A necessidade de métodos sistemáticos e formais para desenvolvimento de procedimentos na aviação adveio, principalmente, de recomendações emitidas pelo *National Transportation Safety Board* (NTSB, órgão federal americano responsável pela investigação de acidentes em sistemas de transporte, inclusive na aviação) após uma sequência de acidentes na década de 80. As Comissões de Investigação dos acidentes *Northwest* voo 255, em 1987 (NTSB, 1988), *Delta Airlines* voo 1141, em 1988 (NTSB, 1989), e *USAir* voo 5050 (NTSB, 1990) concluíram que os procedimentos não estavam adequadamente organizados, dificultando seu cumprimento pelos pilotos.

Até então, os procedimentos eram elaborados de um modo *ad hoc*, sem qualquer sustentação de teoria, princípios, métodos, ferramentas ou escrutínio de profissionais de fatores humanos (Degani e Wiener, 1994). Grandes fabricantes de aeronaves comerciais, reconhecidamente desenvolviam seus procedimentos baseando-se somente na experiência de seus engenheiros e pilotos de teste (Degani *et al.*, 1999). Havia, portanto, uma falta de rigor metodológico e sistemático na elaboração de procedimentos para situações normais, anormais e de emergência (Heymann *et al.*, 2007).

Diante desse cenário, seis métodos para elaboração e revisão de procedimentos para situações anormais e de emergência foram identificados na literatura, a saber: (i) método 4P; (ii) método para definir a correta sequência de ações em procedimentos de emergência; (iii) método derivado do projeto situações anormais e de emergência; (iv) métodos para formatação e guia de estilo do QRH para pilotos; (v) método baseado no modelo de seguimento de procedimentos escritos em meios dinâmicos (*Suivi de Procédures Ecrites dans les Environnements Dynamiques* - SPEED); (vi) método de gestão de *checklists* apresentado pela autoridade de aviação civil inglesa (UK Civil Aviation Authority – CAA) através do regulamento inglês CAP 676 (CAA, 2006); e (vii) método gestão de procedimentos genérico de Hale e Borys (2013b).

### 2.3.1 Método 4P

O primeiro método formal propondo requisitos para a apresentação de procedimentos em *cockpits* foi proposto na década de 90 por meio de uma série de estudos conduzidos por Asaf Degani e Earl Wiener sobre a elaboração, gerenciamento e utilização dos *checklists* em empresas aéreas e fabricantes americanos (Degani, 1989; 1992; Degani e Wiener, 1990; 1993; 1994; 1995; 1997a; 1997b; 1998). O método *Philosophy, Policy, Procedures and Practices* (Método 4P) procura fornecer orientações para o desenvolvimento, modificação e gerenciamento de *checklists* tanto pelos fabricantes quanto pelas empresas aéreas (Degani e Wiener, 1997b).

O primeiro aspecto considerado pelo método é a necessidade de alinhamento entre os procedimentos e a filosofia e política operativas como meio de garantir a aderência dos pilotos. Segundo Degani e Wiener (1994, p. 186), enquanto os “[p]rocedimentos determinam como as tarefas serão cumpridas[...]”, a filosofia e política operacionais “[...]são especificações genéricas da maneira pela qual a gerência espera que as coisas sejam feitas” (p. 185).

O segundo aspecto do método é a utilidade do uso do procedimento em si. “[O] uso do *checklists* [...] é um tarefa em si e não apenas uma ferramenta de aprimoramento da memória [...]” (Degani e Wiener, 1990, p. 48), a qual deve ser analisada da mesma forma. Sendo assim as sugestões de elaboração dos *checklist* estão baseadas nas seguintes premissas (Degani e Wiener, 1997b): (i) o uso do *checklist* é dividido de acordo com a fase de voo; (ii) a leitura, verbalização e resposta dos itens listados inclui os métodos ‘questão-resposta’ ou ‘leitura silenciosa’; e (iii) o encerramento da leitura também pode consistir em diferentes formas, tais como a verbalização ‘finalizado’ ou ‘manter em espera’.

O método ainda propicia orientações para a elaboração e implementação dos *checklists*. No primeiro caso, são propostas orientações para (Degani e Wiener, 1997a): (a) definição das características tipográficas do texto presente nos documentos onde constam os *checklists*, tais como tamanho, serigrafia, realce e fonte das letras, utilização de letras maiúsculas ou minúsculas, espaçamentos, contrastes, cores e tamanho das linhas (Degani, 1992); (b) adequação dos *checklists* de acordo com a organização, pois inicia-se com o fabricante definindo somente o essencial para então a empresa adequá-lo as sua realidade operativa (Degani e Wiener, 1990; 1995); (c) definição do conteúdo do *checklists*, para evitar excessos ou falta de informação, bem como a sequência e a interação com automação e sistemas da aeronave (Degani e Wiener, 1993); e (d) revisão contínua dos

procedimentos, seja por demandas externas, tais como as provenientes do órgão regulador ou fabricante, ou internas, tais como desvios identificados em eventos de segurança ou incorporação de novas tecnologias (Degani e Wiener, 1998).

Já a implementação, consiste em testar os procedimentos por meio de simuladores de voo, documentar as justificativas utilizadas na elaboração ou revisão dos procedimentos e os princípios assumidos, e comunicar aos pilotos os novos procedimentos ou as mudanças feitas, preferencialmente justificando os motivos. Além disso, a implementação também envolve a certificação dos procedimentos pela autoridade aeronáutica (Degani e Wiener, 1997a).

Apesar dos procedimentos serem entendidos como meios pelos quais os pilotos irão operar as aeronaves para alcançar o resultado almejado pela alta administração, Degani e Wiener (1994) concluem que em situações de emergência é aceito que os pilotos desviem dos procedimentos. A sugestão dos autores é que a alta administração da empresa explicithe na política operacional quais circunstâncias os pilotos são autorizados a desviar.

### **2.3.2 Método para Definir a Sequência Correta de Ações em Procedimentos de Emergência**

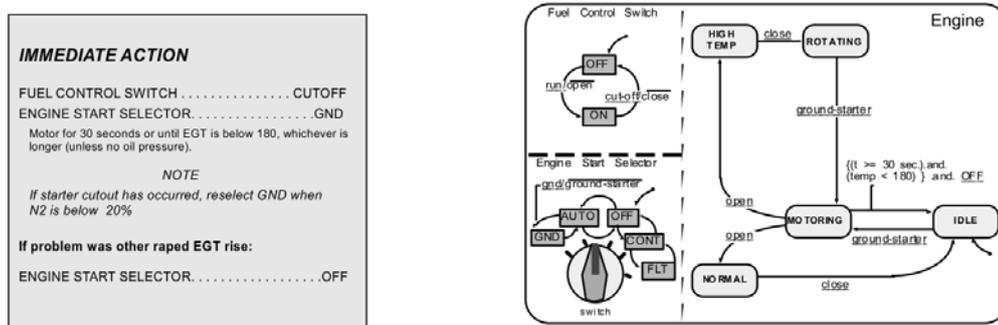
Ainda que o método anterior tenha sido considerado um marco no desenvolvimento de *checklists* por meio de metodologias formais e sistemáticas, seu foco estava nas situações normais, com apenas pequenas considerações às situações não-normais. Sendo assim, a elaboração de procedimentos para situações não-normais continuava sendo realizado de modo informal, sem um tratamento adequado (Degani *et al.*, 1999). Derivado do método anterior, Degani, Heymann, Barshi, Meyer e Shafto desenvolveram um método para analisar, verificar e projetar procedimentos para situações de emergência (Degani, 2012; Degani *et al.*, 1999; 2000; 2005; Heymann e Degani, 2002; Heymann *et al.*, 2007).

A abordagem dos pesquisadores consistiu em utilizar a teoria do estado finito da máquina para modelar o comportamento das falhas e da aeronave. A abordagem permite a descrição das finitas possibilidades de configuração (estados) da aeronave a partir da identificação dos eventos que afetam seu estado normal de operação e seus sistemas. O comportamento apresentado pela aeronave é determinístico, pois depende única e exclusivamente pela ação de seu usuário ou por sinais externos (Degani *et al.*, 2005).

Aplicada ao desenvolvimento dos procedimentos de emergência, a abordagem permite entender qual o estado (comportamento) da aeronave após a ocorrência de uma

falha total ou parcial em um sistema da aeronave (motores, hidráulico, pneumático, etc.) ou em seus componentes, o qual move o estado da aeronave da região de operação normal para a região de anormalidade ou emergência. Cada ação no sistema gera uma transição a um novo estado, podendo ser uma transição controlada (resultante de ação do piloto) ou dinâmica (resultante da ação automática dos sistemas do avião ou influenciada por fatores externos). O novo estado, portanto, é avaliado em relação ao grau de controle, estabilidade e risco. Os procedimentos, neste contexto, servem para direcionar o estado da aeronave para uma região de controle, alta estabilidade e baixo risco (Degani *et al.*, 1999).

Após identificar e avaliar o estado corrente do sistema após a falha, o método consiste em propor uma sequência de ações que visem (Heymann *et al.*, 2007): (a) bloquear a possibilidade de transição dinâmica do estado atual da aeronave para uma região catastrófica (geralmente incorre em restrição de tempo, as ações são drásticas e possuem sérias consequências); (b) estabilizar o sistema que falhou, bloqueando a possibilidade de degradação ainda maior do sistema, pois o mesmo pode estar instável e não funcional; e (c) recuperar o sistema para a região mais desejável, mesmo que não seja possível a recuperação total. Por último, é importante revisar a sequência de ações de modo adequá-las aos procedimentos normais e ao contexto. Um exemplo da modelagem utilizada pelo método e sua tradução em *checklist* pode ser visualizada na **Figura 1**.



**Figura 1:** Modelagem da falha de um dos motores (à direita) e a respectiva tradução das ações em um *checklist* (à esquerda)  
Fonte: Degani *et al.* (1999)

Degani *et al.* (2005) atentam para o fato de que em todas as etapas do processo, o *checklist* deve considerar a influência de um ambiente imprevisível e a possibilidade de eventos internos dinâmicos pela baixa qualidade de informações disponíveis sobre o sistema falho.

Ainda que seja um método eficaz sob o ponto de vista técnico, Heymann *et al.* (2007) concordam que a utilização de uma abordagem exclusivamente técnica e básica de

interação humano-máquina limita o desenvolvimento de procedimentos efetivos, seguros e sistêmicos. Portanto, é preciso entender melhor o processo cognitivo e as limitações humanas, bem como ocorre a coordenação entre os pilotos no *cockpit* e deles com a automação durante o curso de ação para resolver as falhas. Além disso, é necessário identificar situações problemáticas que reduzem a efetividade dos procedimentos e nas quais há mais potencial de erros na utilização dos *checklists*.

### 2.3.3 Método Derivado do *Emergency and Abnormal Situations Project*

Complementar e paralelamente aos estudos anteriores, uma terceira sequência de estudos conduzida no *Ames Research Center* sob o título 'Projeto Situações de Emergência e Anormais' (*Emergency and Abnormal Situations Project - EAS*) objetivou desenvolver diretrizes para elaboração e certificação de procedimentos e *checklists* para situações anormais e de emergência (Burian *et al.*, 2003). Para alcançar o objetivo, o projeto propôs inserir princípios de fatores humanos durante a análise de situações não normais reais, nas quais os pilotos tiveram alguma dificuldade de utilizar o QRH. A análise considerou o contexto real operativo, as capacidades e limitações humanas e as vulnerabilidades cognitivas diante de situações problemáticas (Burian e Barshi, 2003).

O escopo do projeto é amplo e abrangente, englobando tópicos desde a análise da influência da filosofia e política adotadas pelas empresas no desenvolvimento desses *checklists* e a necessidade de uma melhor definição sobre o que se entende por situações de anormalidade e de emergência, até a estrutura, o projeto, a disponibilidade e a classificação dos diferentes tipos de *checklist* e a análise do desempenho humano durante a utilização dos *checklists* em sistemas automatizados. Para cada um desses tópicos, a proposta original previa a condução de estudos focados com a participação e colaboração de diversos segmentos da aviação (Burian *et al.*, 2005). Entretanto os estudos se restringiram somente ao projeto de *checklists*.

Entre esses estudos, Burian e Barshi (2003) e Burian (2004; 2005; 2006b) analisaram as dificuldades dos pilotos na utilização de *checklists* em situações anormais e de emergência reais. Foram analisados relatos dos pilotos disponíveis no *Air Safety Report*

*System* (ASRS)<sup>3</sup> e nos relatórios finais de acidentes, além de entrevistas observações e análise dos *checklists* de diferentes empresas e modelos de aeronave. Os estudos apresentam exemplos de dificuldades dos pilotos em utilizar os *checklists* para resolver problemas, tais como dificuldade em entender as instruções disponibilizadas nos *checklists*, dificuldades em interpretar adequadamente as informações disponíveis nos indicadores e com isso utilizaram erroneamente os *checklists* e situações onde não haviam *checklists* disponíveis. A conclusão desses estudos foi que é possível elaborar melhores procedimentos desde que sejam considerados princípios de fatores humanos para evitar a ocorrência de erros e violações.

Uma das últimas publicações do projeto foi o guia para elaboração e revisão de *checklists* anormais e de emergência na aviação (Burian, 2006b). As sugestões estão relacionadas a três grandes aspectos: (i) internos, tais como formato, leiaute e texto; (ii) externos, tais como criticidade do tempo para gerenciar a falha e a degradação do desempenho humano ante o aumento do estresse; e (iii) o nível que o *checklist* atende o objetivo geral de guiar a resposta da tripulação à situação, o que inclui a carga de trabalho, comunicação e coordenação com outras partes. Para exemplificar uma dessas sugestões, a autora propõe que o nível de detalhamento das ações contidas no *checklist* seja balanceado para evitar que sobrecarregue o piloto ou sub especifique a tarefa.

#### 2.3.4 Métodos para Formatação e Guia de Estilo do QRH para Pilotos

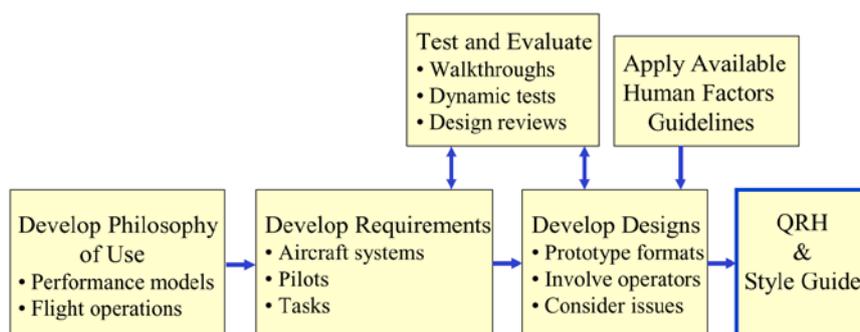
Mesmo sem nenhuma publicação científica vinculada, Holder e McKenzie (2005; 2013) patentaram duas propostas para desenvolver o QRH. Mesmo com o mesmo conteúdo, a primeira proposta está relacionado ao QRH apresentado em formato físico, em papel (Holder e McKenzie, 2005). Já a segunda proposta tem como objetivo apresentar o QRH em dispositivos eletrônico portáteis, tais como *tablets* (Holder e McKenzie, 2013). Ambos os processos, no entanto, visam apoiar o processo de criação do QRH pelo fabricante da aeronave, já que Holder (2003) foi a responsável pelo método empregado pelo fabricante de aeronave Boeing e nas patentes são apresentados exemplos baseados em páginas do QRH de aeronaves do fabricante.

---

<sup>3</sup> Banco de dados do sistema de aviação civil americano no qual qualquer pessoa atuante no sistema deve preencher caso ocorra alguma situação relevante. É gerenciado pela NASA, contém uma base dados extensiva e pode ser acessado através <http://asrs.arc.nasa.gov>.

Segundo o método apresentado, estruturado em 5 etapas (**Figura 2**), o processo de projeto do QRH inicia com a definição da filosofia de utilização do QRH, ou seja, definição de como espera-se que os pilotos interajam com o QRH. Uma vez definida, a filosofia deve ser traduzida em requisitos, desde aqueles baseados nas necessidades do usuário e no projeto do *cockpit* até os baseados nas tarefas operacionais. Esses requisitos são transformados, então, nos elementos e funcionalidades dos *checklists*.

Nessa etapa, ainda espera-se o desenvolvimento dos protótipos e o envolvimento das empresas aéreas que operam o modelo de aeronave. Tanto a etapa de desenvolvimento como a de definição dos requisitos devem ser corroboradas pelo conhecimento disponível sobre fatores humanos, testes e avaliações. Em particular, os testes e avaliações devem ser realizados por meio de discussões com os pilotos, testes em simulador e revisão das propostas de projeto.



**Figura 2:** Etapas do processo de desenvolvimento do QRH  
Fonte: Holder (2003)

De certa forma, o método proposto pelos autores parece uma compilação dos métodos apresentados anteriormente. Do método 4P foi herdado a necessidade de desenvolver uma filosofia de utilização do manual para então transformá-lo em requisitos de projeto, além da necessidade de um estilo tipográfico que facilitasse a leitura do conteúdo das páginas do manual pelos pilotos. Do método formal para definição da sequência correta de ações adveio a necessidade de definir, sob o ponto de vista técnico, a sequência correta de ações para lidar com cada possibilidade de desdobramento da falha. Já do método derivado do Projeto AES, considerou-se a necessidade de reorganizar as páginas do QRH para melhorar seu manuseio pelos pilotos, visando evitar erros e violações.

Além do processo de criação, Holder e McKenzie (2005; 2013) se preocuparam em cobrir o leiaute, dimensões do manual, indexação, tipografia e estruturação do conteúdo,

explicitando a condição de aplicação e o objetivo das ações, bem como os condicionantes e as sequências de ações. Algumas dessas propostas podem ser visualizadas na **Figura 3**.

**C HYD SYS PRESS**

**58**

Condition: The center hydraulic system pressure is low  
Objective: Attempt to restore system pressure, prevent further damage, and configure for landing using backup systems

1. DEMAND pump selector (center).....ON
2. SYS PRESS light

Extinguishes

- Checklist Complete

Remains illuminated

- DEMAND pump selector (center).....OFF
- ELEC PRIMARY pump switches (both).....OFF
- Do not accomplish the following checklists
  - HYD DEM PUMP
  - Hydraulic Primary 1 or 2

Inoperative systems	Consequences
Right autopilot stabilizer trim and center autopilot	Use left autopilot
Automatic speedbrake	Deploy speedbrakes manually after landing

Checklist Complete except for deferred items

**Deferred Items**

**Landing preparation**

- Use flaps 20 and set VREF 20 for landing
- Review non-normal configuration landing distances in the performance section

**Extend flaps using alternate systems**

- GND PROX FLAP OVRD switch.....OVRD
- ALTN FLAPS selector.....Set
  - Position to agree with flap lever
- ALTN FLAPS LE and TE switches.....ALTN
- ALTN FLAPS selector.....Set

767-300

Quick Action Index

- Aborted Engine Start.....7.1
- Airspeed Unreliable.....10.2
- APU Fire.....8.6
- Cabin Altitude.....2.1
- Dual Engine Failure.....7.8
- Engine Fire.....8.4
- Engine Limit/Surge/Stall.....7.3
- Engine Severe Damage.....7.6
- Engine Tailpipe Fire.....8.7
- Evacuation.....Back Cover
- Rapid Depressurization.....2.1
- Smoke / Fumes.....8.2
- Unscheduled Stabilizer Trim .....9.7



Quick Reference Handbook

**Figura 3:** Exemplo de *checklist* segundo o método patenteado  
Fonte: Holder e McKenzie (2005; 2013)

### 2.3.5 Método Baseado no Modelo SPEED

De Brito (1998; 2000; 2002) e Boy e De Brito (2000), financiados pela autoridade de aviação civil francesa, conduziram alguns estudos para analisar o uso de procedimentos pelos pilotos de aeronave Airbus durante situações anormais e de emergência. O objetivo consistiu em modelar a atividade de utilização dos procedimentos para, em seguida, identificar oportunidades de melhoria especialmente a partir de violações e dificuldades no manuseio e utilização dos *checklists*.

Apesar do ponto central ser o modelo psico-cognitivo, o método descrito pelo estudo consistiu em analisar a utilização dos procedimentos através da técnica de análise da tarefa, dividindo-a em uma sequência típica de tarefas mais específicas. Para cada tarefa específica foram identificadas as dificuldades dos pilotos em seguir os procedimentos, dados esses coletados por meio de questionários sobre as percepções dos pilotos e por meio de observações do treinamento em simuladores (De Brito, 2000). A ênfase da análise está na interface pilotos-*checklists*, área considerada problemática por Boy e De Brito (2000), mas com potencial de melhoria.

Como resultado, Boy e De Brito (2000) e De Brito (1998) propõe as seguintes orientações necessárias à revisão de procedimentos para situações não-normais em aeronaves Airbus: (a) procedimentos e a interface deveriam ser projetados conjuntamente, ao invés dos procedimentos compensarem deficiências no projeto do sistema técnico; (b) ao contrário do sistema híbrido comum às aeronaves Airbus, o qual possui *checklists* em papel e eletrônicos para a mesma situação, é proposto que todos os *checklists* sejam eletrônicos, os itens similares presentes em diferentes *checklists* possam ser agrupados de alguma forma (por exemplo, agrupamento por sistema, ou por relevância da ação), os itens possam ser cumpridos em ordem não sequencial e anotações possam ser inseridas nos *checklists*; e (c) como meio de reduzir o atraso entre a necessidade de revisar o *checklists* e a revisão em si, é sugerido utilizar tecnologia da informação e um processo de revisão mais integrado.

### 2.3.6 CAP 676: Regulamento Emitido pela Autoridade de Aviação Civil Inglesa

O regulamento inglês CAP 676 apresenta orientações para o projeto, apresentação e utilização de *checklists* para situações anormais e de emergência disponibilizados em papel. Já os *checklists* eletrônicos, tanto para situações normais como para não-normais é regulamentado por meio do CAP 708 (CAA, 2005).

O CAP 676 é considerado um dos primeiros nesse assunto e tem sido utilizado por empresas e fabricantes de diversos países (Burian, 2006b) e, inclusive, referenciado por estudos na medicina (Verdaasdonk *et al.*, 2009). De forma explícita, o documento foi elaborado baseando-se, entre outros, no método 4P. No entanto, o regulamento vai além do método 4P e propõe um sistema de gerenciamento de procedimentos (CAA, 2006).

Os requisitos estabelecidos pela autoridade aeronáutica inglesa (CAA, 2006) para aceitação e aprovação dos *checklists* contidos no QRH estão resumidos na Ferramenta para Avaliação de *Checklists* (*Checklist Assessment Tool – CHAT*) e um exemplo é apresentado na **Figura 4**. Os atributos considerados são: a) característica física, b) conteúdo; c) formato e leiaute. Cada atributo está subdividido em atributos mais específicos, totalizando 32 subitens. Em relação ao conteúdo, por exemplo, é previsto que cada *checklist* possua a condição e a causa da falha, o objetivo do *checklist*, os itens de decisão e os itens contendo ações propriamente ditas. Exemplos da aplicação desses requisitos podem ser visualizados na **Figura 5**, extraída do próprio regulamento.

Para o regulamento, os diferentes agentes que atuam no sistema de aviação civil devem implantar um sistema de gestão dos *checklists* para situações não-normais, sendo cada deles com uma ênfase diferente. Ao fabricante, cabe elaborar um manual mestre com os princípios e a filosofia utilizada na elaboração dos procedimentos, definir o local onde os *checklists* serão armazenados e estabelecer o processo de elaboração dos *checklists* composto pelas seguintes etapas: (i) definição das situações anormais e de emergência que devem ter *checklists* e identificação das soluções de engenharia para cada situação identificada; (ii) elaboração dos *checklists* transformando as soluções de engenharia em procedimentos operacionais; (iii) teste dos procedimentos operacionais que compõem os *checklists*; e (iv) revisão dos procedimentos operacionais sempre que necessário. Por último, o fabricante deve estabelecer um processo de *feedback*, por meio do qual os operadores enviam informações sempre que encontrarem dificuldades em utilizar os *checklists*.

Ch. 7	Title	Attribute	Y	N	N/A	Comments
<b>Physical Characteristics</b>						
1.1	<b>Document size</b>	Is the size of the document appropriate to the stowage space available?				The checklist must be able to be stowed in an accessible location and easily retrieved in an emergency.
		Can the document be used without interfering with the controls or obscuring the displays?				This check needs to be carried out on the flight deck. The document should be reduced in size if there is any interference or obscuration.
1.2	<b>Binding</b>	Can the document be opened through 360°?				Access to required page(s) needs to be accomplished without requiring the crew to hold the pages open. Thus ideally the checklist will be able to fold back on itself. Recommend change if this cannot be achieved.

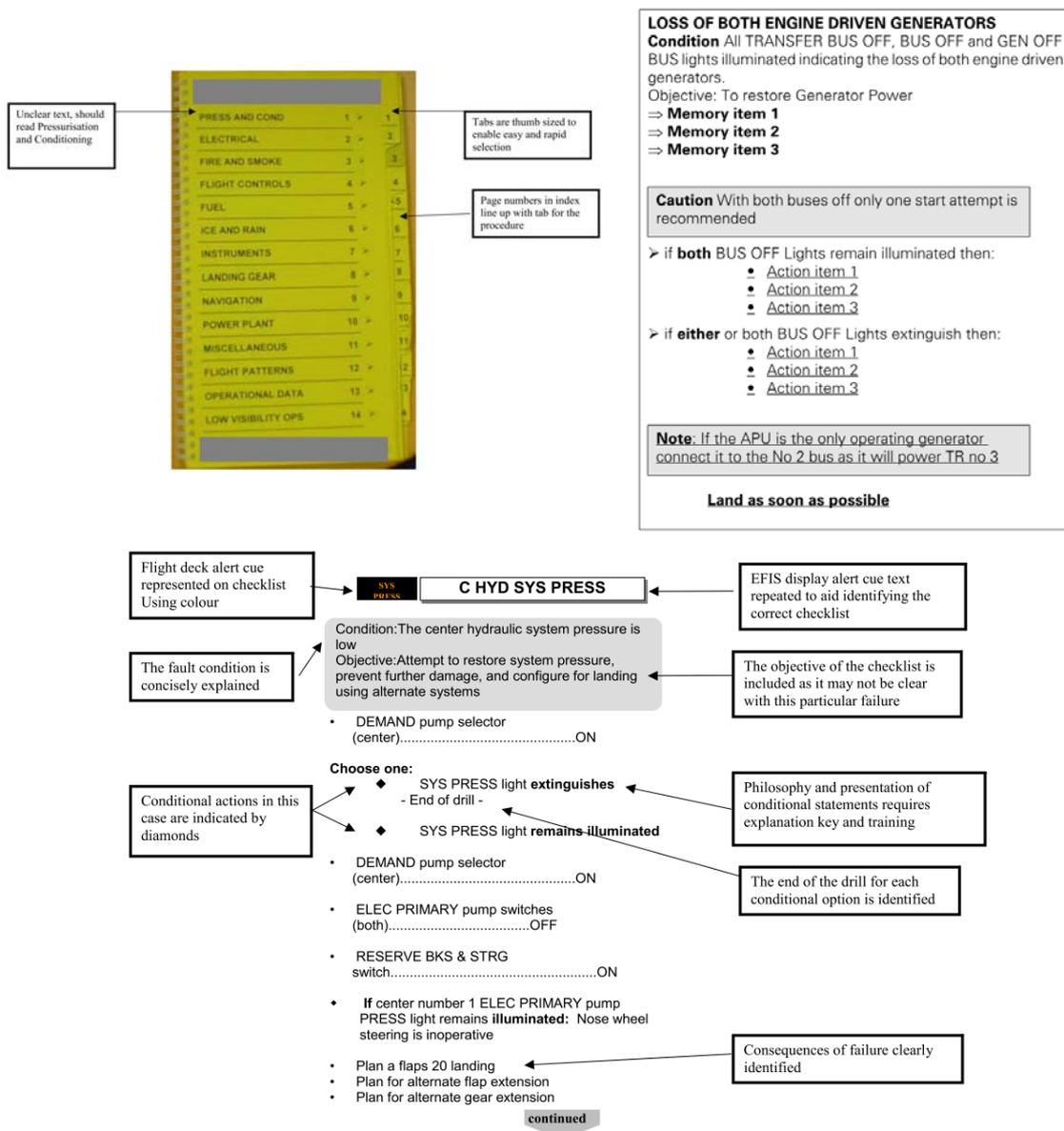
**Figura 4:** Exemplo do *Checklist Audit Tool* (CHAT)

Fonte: CAA (2006)

À empresa aérea cabe garantir que os *checklists* providenciados pelo fabricante se adequem às suas características operativas. Da mesma forma, cabe à empresa garantir que cada aeronave possua os *checklists* apropriados e cada piloto tenha acesso a eles também. Além disso, a empresa deve possuir um controle de documentação para garantir que as atualizações do QRH sejam registradas adequadamente. A empresa ainda deve implantar um processo de revisão dos *checklists* composto pelas seguintes etapas: (i) estabelecimento da necessidade de revisão dos *checklists*; (ii) atualização e revisão das ações contidas nos *checklists*; (iii) validação das ações; e (iv) submissão da modificação à autoridade aeronáutica.

Adicionalmente, a empresa aérea precisa estabelecer um processo para revisar continuamente os *checklists* sempre que os fabricantes enviarem as atualizações. É preciso também um processo de reporte e investigação sempre que os pilotos tiverem dificuldades

em utilizar os *checklists*. Os pilotos devem reportar os problemas através do sistema formal de relatos e a empresa aérea deve enviar essas informações ao fabricante da aeronave e à autoridade aeronáutica. Esse processo é composto pelas seguintes etapas: (i) identificação dos *checklists* utilizados no evento reportado; (ii) identificação das dificuldades encontradas pelos pilotos, tais como erros e desvios, e seus motivos; (iii) recomendação de adequações, sejam elas no próprio *checklist*, nos procedimentos normais ou no treinamento; e (iv) implementação das adequações, desde que realizadas conjuntamente com o fabricante e a autoridade aeronáutica.



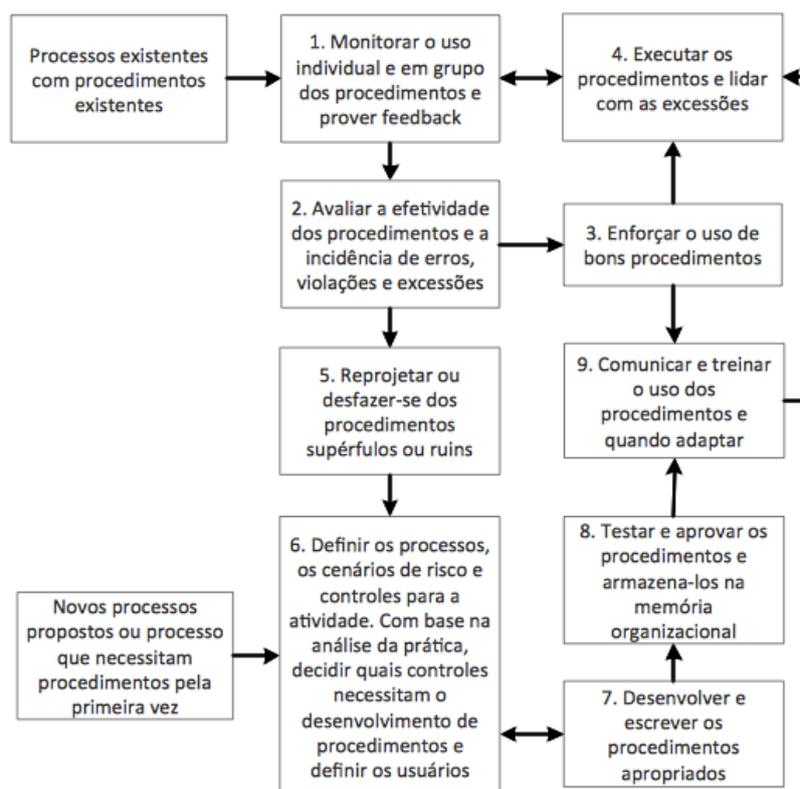
**Figura 5:** Exemplo de páginas do QRH e do *checklist* no qual foram aplicados os requisitos estabelecidos pela autoridade aeronáutica inglesa (CAA)

Fonte: CAA (2006)

### 2.3.7 Modelo Genérico de Gestão de Procedimentos

Após revisar os dois modelos contrastantes sobre concepção de procedimentos propostos por Dekker (2003; 2005), Hale e Borys (2013a) sugerem a adoção de uma abordagem mista, a qual contemple procedimentos como auxílio para os operadores e como controle organizacional. A operacionalização dessa abordagem seria por meio da formalização do que é realizado pelos operadores (*botton-up*) ao mesmo tempo em que procura atender os objetivos estratégicos definidos pela alta administração da empresa (*top-down*).

Partindo desse princípio, Hale e Borys (2013b) revisaram o modelo de gestão de procedimentos proposto anteriormente (Hale, 1990; Hale e Swuste, 1998; Hale *et al.*, 2003) para propor uma nova versão. Além de procurar orientar a estruturação de um sistema de gestão de procedimentos, a nova versão também é útil para avaliar a gestão de procedimentos existente na organização (**Figura 6**).



**Figura 6:** Representação gráfica do modelo de gerenciamento de procedimentos  
Fonte: Hale e Borys (2103b)

De acordo com o modelo, a gestão de procedimentos compreende nove etapas inter-relacionadas que compõem dois processos integrados: revisão e concepção de novos procedimentos. Apesar da numeração de cada etapa, Hale e Borys (2013b) entendem que

as dependências entre as etapas foram melhor representadas por meio de setas uni e bidirecionais. Apesar de ser numerada como 9, a etapa ‘Comunicação e treinamento na regra e adaptação’, por exemplo, não pode ser considerada a última, pois ela direciona para a atividade 4 ‘Executar as regras e lidar com as exceções’ após estar finalizada.

A etapa 1 consiste na principal atividade em organizações onde há procedimentos implantados. O monitoramento adequado do desvio pode revelar uma distância entre o trabalho prescrito e o real e os motivos dessa diferença (Dekker, 2005). Já o *feedback* se refere aos recursos fornecidos para os operadores reportarem erros, violações e desvios. Para os autores, o monitoramento do trabalho por meio de observação conduzidas por segundas e terceiras partes não é suficiente para produzir *feedbacks* sobre a utilização dos procedimentos. É importante estimular que os próprios operadores se monitorem e reportem quaisquer situações onde os procedimentos não foram adequados ou não puderem ser seguidos. Ao invés de tentar forçar o cumprimento das regras, essas informações podem revelar a inadequação dos procedimentos e a necessidade de mudança.

A etapa 2 prevê a necessidade de avaliar a adequação dos procedimentos. Dessa avaliação pode resultar a necessidade de realizar as mudanças ou reforçar, executar e lidar com as exceções. É importante uma avaliação que compreenda como os operadores são diretamente influenciados pelos procedimentos e pela alta administração. Da mesma forma, é preciso registrar as informações a respeito dos procedimentos, garantindo a documentação dos motivos pelos quais eles foram criados e o que eles representam.

Reforçar a utilização de bons procedimentos significa deixar claro os benefícios esperados com a utilização dos procedimentos, evitando quaisquer ações disciplinares. Entretanto, por maior que seja o cumprimento dos procedimentos, há sempre situações nas quais os operadores precisam lidar com exceções, pois são inevitáveis. De acordo com Hale e Borys (2013b) é preciso definir mecanismos, tais como diretrizes, regras ou os limites de ação, para que o próprio operador possa violar ou lidar com as exceções. A etapa 4 ainda prevê que, para os procedimentos serem utilizados, é preciso garantir que os mesmos possam ser facilmente acessados, e não apenas conhecidos por meio de treinamentos.

Se for avaliado que os procedimentos não são bons ou supérfluos, é necessário realizar sua adequação ou o seu descarte. Os autores enfatizam a importância de não somente adicionar procedimentos aos existentes, mas também realizar uma avaliação crítica dos existentes para verificar se não há sobressalências ou procedimentos desnecessários.

Em caso de organizações que estão iniciando uma nova atividade ou vão sujeitar operadores ou um grupo a um novo conjunto de procedimentos, é importante realizar uma análise do processo, da tarefa e dos riscos associados antes de escolher as medidas de controle de risco. Segundo Reason *et al.* (1998), além dos procedimentos há outros meios de controlar o risco e restringir a possibilidade de ações dos operadores, tais como o constrangimento físico imposto por dispositivos físicos e leiaute, procedimentos implícitos provenientes da experiência do operador e a regulação imposta pelo grupo de operadores.

Hale e Borys (2013b) atentam para a importância de uma avaliação do risco associado a análise da tarefa para evitar surpresas e perigos não identificados anteriormente. Essa análise é particularmente importante em atividades onde os procedimentos tenham sido revisados baseando-se na experiência e no conhecimento tácito dos operadores.

Caso tenha sido decidido pelos procedimentos como meio de controlar o risco, é preciso definir o nível de prescritividade. Hale e Swuste (1998) definem 3 tipos: (i) procedimentos relacionados ao objetivo (orientações do estado final desejado, o que possibilita um alto grau de liberdade); (ii) auxílio à tomada de decisão (prescreve os limites da ação, possibilitando autonomia mediana); e (iii) de ação propriamente dita (prescreve o que deve ser feito e como, possibilitando nenhum ou muito pouco grau de liberdade). Independente do nível, para garantir o sucesso dos procedimentos, é vital a participação dos operadores na elaboração e revisão dos procedimentos e que os mesmos estejam adequadamente integrados a outros procedimentos bem como ao sistema de trabalho.

Após a criação de novos procedimentos, é desejável avaliá-los. Essa avaliação precisa ser realizada por meio de critérios de aceitação, o que lhes conferem legitimidade. Para isso, é importante tanto a aceitação pela alta administração, gerências médias e supervisão quanto pelos próprios operadores.

A comunicação e treinamento dos novos procedimentos a todos influenciados é tão importante quanto a sua redação, pois antes de operacionalizá-los é preciso ter a certeza de que todos estão cientes das mudanças. Nesse ponto, é importante definir o que precisa ser treinado, como será feito, qual o meio de acesso aos documentos e quais as mídias serão utilizadas para comunicar os operadores sobre os novos ou revisados procedimentos. Tão importante quanto treinar novos procedimentos ou os revisados, é preciso treinar os operadores para quando e como adaptar (Saurin e González, 2013).

## 2.4 DESEMPENHO DE PILOTOS NA UTILIZAÇÃO DE *CHECKLISTS*: ABORDAGEM BASEADA NA TAREFA

A literatura apresenta dois modelos de desempenho dos pilotos na utilização de procedimentos para lidar com situações anormais e de emergência: o Modelo de Seguimento de Procedimentos Documentados em Ambientes Dinâmicos (*Suivi de Procédures Ecrites dans les Environnements Dynamiques* - SPEED) proposto por De Brito (1998; 2000; 2002) e Boy e De Brito (2010) e a adaptação do OODA *Loop* de Boyd (1987) utilizado como referência pela autoridade de aviação civil inglesa (CAA, 2006).

### 2.4.1 *Suivi de Procédures Ecrites dans les Environnements Dynamiques* (SPEED)

O SPEED é a tentativa de modelar o processo psico-cognitivo de pilotos de Airbus durante a utilização de procedimentos documentados em situações anormais e de emergência. Esses *checklists* em papel são complementares às ações apresentadas pelo próprio sistema de alarmes ECAM. Ou seja, uma vez que os pilotos executem as ações críticas indicadas pelo ECAM, eles precisam recuperar os *checklists* contidos no QRH ou no manual da aeronave, ambos em papel, e executar ações complementares. O estudo foi realizado com pilotos de diversas companhias aéreas por meio de questionários e acompanhamentos de voos de simulador.

O modelo possui 9 etapas e está apresentado na **Tabela 1**. Apesar de ser descrito como uma sequência, De Brito (2002) considera-o iterativo, onde nenhuma tarefa é essencial e há diversas circularidades que redefinem a sequência.

A principal contribuição dos estudos de De Brito (1998; 2000; 2002) e Boy e De Brito (2000) está em prover evidências, ainda que não testadas, de que os pilotos têm que recuperar o documento ou página onde o procedimento está, entender o significado do conteúdo e compará-lo a situação percebida, e julgar e adequar as ações ao contexto quando necessário. Ou seja, as atividades cognitivas dos pilotos envolvidas no seguimento dos procedimentos documentados consistem em mais do que decidir se eles devem seguir ou não os regras. Assume-se a possibilidade da sequência de ações contidas nos manuais não serem adequadas ao contexto e, diante disso, os pilotos devem decidir pela aplicação de toda ou parte da sequência de ações, ou ainda uma sequência diferente da especificada nos *checklists*.

**Tabela 1:** Desempenho esperado dos pilotos durante a utilização de procedimentos documentados

Fonte: Adaptado de De Brito (2002)

Etapas do Modelo SPEED	Desempenho esperado
Etapa 1: Detecção das condições iniciais	Detectar a situação, quando ocorrem falhas não previstas pelo sistema, as interfaces apresentam informações e/ou sinais conflitantes, os alarmes são reduzidos ou mascarados por outros estímulos, na presença de alarmes falsos ou quando a situação apresentada não corresponde a nenhum <i>checklist</i> .
Etapa 2: Elaboração do diagnóstico	Os pilotos procuram entender melhor o problema antes de aplicar os procedimentos se houver tempo suficiente e procuram diagnosticar precisamente o que ocorreu por meio da comparação entre o que eles fariam e o que é apresentado a eles através dos <i>checklists</i> . A dificuldade ocorre quando as ações não correspondem precisamente a situação encontrada ou quando elas não correspondem ao que eles fariam.
Etapa 3: Determinação se o procedimento é necessário	Pilotos julgam se os documentos possuem informação útil para a situação que se apresenta e estimam se o custo de utilização é menor do que os benefícios potenciais. Se for maior, eles não utilizam. Isso ocorre mesmo que os procedimentos apresentados automaticamente tentem evitar esse julgamento. Quanto mais familiar a situação for ao piloto, menor a tendência dele utilizar os procedimentos. Isso faz com que eles nem leiam as instruções.
Etapa 4: Acesso e procura pelos procedimentos escritos apropriados	Mesmo que os sistemas automáticos apresentem o <i>checklist</i> imediatamente após a detecção da falha, alguns <i>checklists</i> no ECAM direcionam para <i>checklists</i> adicionais disponíveis em papel. Quando isso acontece, há dificuldade por parte dos pilotos em acessá-los devido a restrição de tempo. Acessar <i>checklists</i> de papel requer uma categorização da situação pelo piloto antes de procurar na estrutura das instruções.
Etapa 5: Leitura e compreensão dos itens do procedimento	A leitura do <i>checklist</i> em voz alta pelo piloto auxiliar tem um papel importante na coordenação entre os pilotos. Entretanto, o mesmo somente inicia a leitura após a solicitação do piloto em comando, o que leva a ao piloto auxiliar, às vezes, iniciar ou postergar a leitura do <i>checklist</i> . A leitura cuidadosa e precisa de cada item do <i>checklist</i> é difícil de ser feita se o piloto estiver familiarizado com a situação.
Etapa 6: Avaliação da relevância do procedimento	Os pilotos não seguem os procedimentos prescritos se sua expectativa não for satisfeita e ela está baseada na sua avaliação das vantagens de utilizar as ações prescritas, na avaliação das consequências da aplicação delas e na sua adequação.
Etapa 7: Planejamento das ações	Os procedimentos não consideram o contexto operativo, pois a aeronave pode ter uma configuração diferente da imaginada no <i>checklist</i> . Isso leva os pilotos a gerenciar a prioridade: aguardam a oportunidade operacional, antecipam, avançam ou postergam a aplicação dos procedimentos, em parte ou na totalidade dos itens.
Etapa 8: Execução das ações planejadas	A aplicação dos procedimentos não ocorre de forma estrita, pois, para gerenciar problemas que ocorrem à medida que eles executam as ações prescritas, algumas ações são executadas de forma superficial ou somente ações vitais são controladas.
Etapa 9: Avaliação dos resultados das ações realizadas	A avaliação ocorre a medida que cada ação é executada e o resultado percebido condiz com o esperado nos procedimentos. Isso é realizado utilizando a página sinótica, onde mostra a representação esquemática dos sistemas da aeronave.

Secundariamente, De Brito (2002) mostra como os pilotos têm dificuldade de localizar os procedimentos nos manuais quando a situação não é crítica o bastante para o ECAM apresentar uma lista de ações junto da mensagem. Isso ocorre porque não há uma correspondência clara entre todos os *checklists* contidos nos manuais e as mensagens ECAM. Da mesma forma, a dificuldade também ocorre quando o ECAM apresenta muitas mensagens de diferentes naturezas e importâncias.

Adicionalmente, o conhecimento do piloto, sua experiência em situações similares e seu “saber fazer” fazem com que ele procure entender a situação que se desdobra e diagnostique o problema antes de aplicar estritamente os procedimentos. Isso ocorre utilizando a representação sinótica dos sistemas, entendendo os objetivos, as intenções implícitas nas ações prescritas e as consequências esperadas, e estimando o desdobramento futuro da situação.

Diante desses resultados, De Brito (2002) propõe que os sistemas da aeronave, principalmente a interface destes com os pilotos, precisam auxiliar estes a manter um nível satisfatório de entendimento sobre o comportamento presente e futuro dos sistemas. Além

disso, é preciso utilizar uma lógica coerente e que faça sentido para os pilotos durante a definição das ações contidas nos procedimentos. Em suma, transparecer o estado presente e futuro dos sistemas e seguir uma lógica na elaboração dos procedimentos são meios de melhorar o desempenho dos pilotos no uso dos procedimentos.

#### 2.4.2 **Observe, Orient, Decide and Act (OODA) Loop**

O segundo modelo disponível na literatura é uma adaptação do *Loop* Observar-Orientar-Decidir-Agir (*Observe, Orient, Decide and Act* - OODA) de Boyd (1987). O OODA *Loop* é um modelo, ainda que não científico, de comando e controle amplamente utilizado como parte da doutrina das forças armadas americanas (Grant, 2005). Originalmente concebido para explicar o sucesso de pilotos de caça americanos sobre seus inimigos em batalhas aéreas na Guerra da Coreia, o modelo foi modificado, ficou mais próximo dos modelos cibernéticos e transposto a outros domínios onde também há ‘batalhas’, principalmente no mundo dos negócios (Brehmer, 2005).

O modelo descreve como, ao constatar um problema em um sistema ou componente, com ou sem indicações sonoras ou visuais, ou ainda qualquer indicação de que algo não está funcionando como esperado (observar), os pilotos iniciam um processo de compreensão da situação e do contexto (orientar). Em seguida é decidido o curso de ação (decidir), o qual então é colocado em prática (agir). Na sequência, é necessário uma nova avaliação da situação para verificar se a situação foi resolvida ou se as consequências foram reduzidas. Esse processo é realizado quantas vezes for necessário (CAA, 2006).

Baseado nessas etapas, o CAA (2006) reconhece que o projeto do QRH pode induzir potenciais erros e criar falhas em cada uma dessas etapas. Por exemplo, ao observar os sinais de que alguma falha ocorreu, é importante que tanto o QRH quanto o sistema de alarmes auxilie o piloto na recuperação do *checklist* correspondente à falha. O objetivo final da utilização do modelo é “[...] reduzir a possibilidade para o erro” (CAA, 2006, p.2).

## 2.5 ANÁLISE DOS PRESSUPOSTOS ASSUMIDOS NOS MÉTODOS TRADICIONAIS E MODELOS BASEADOS NA TAREFA

Os métodos de elaboração e revisão dos procedimentos e os modelos de desempenho humano foram analisados segundo questões cujas respostas oferecem evidências dos pressupostos assumidos. O resumo da análise pode ser visualizada na **Tabela 2**.

**Tabela 2:** Pressupostos assumidos pelos métodos tradicionais de elaboração e revisão de procedimentos para situações anormais e de emergência

Questão		Resposta
1	Qual a atividade utilizada como referência para as propostas de melhoria dos procedimentos?	A atividade de referência é o uso dos <i>checklists</i> .
2	Como a atividade de referência é analisada?	A atividade é dividida em unidades elementares da atividade (tarefas) e organizada em uma sequência ou múltiplas sequências.
3	Quais são os elementos constituintes da atividade e de que forma eles interagem?	O piloto e o <i>checklist</i> . O meio externo (situações anormais ou de emergência) apenas oferece <i>inputs</i> e recebe a resposta dos pilotos. O <i>checklist</i> intermedia a interação entre piloto e o meio externo, pois a cognição é uma propriedade inerente e restrita à mente do operador.
4	Qual o papel do procedimentos na resolução de anomalias?	Guiam os pilotos em como resolver o problema e evitam o erro humano, <u>garantindo a segurança</u> .
5	A abordagem sobre os procedimentos permite a identificação de violações?	Sim, pois o padrão ideal para lidar com falhas consiste em utilizar o <i>checklist</i> sempre.
6	Como identificar oportunidades de melhoria nos procedimentos?	É preciso analisar eventos cujos resultados foram negativos para identificar erros, violações, limitações e falhas humanas. Ao encontrar o que está errado, corrigir o QRH ou o <i>checklist</i> .
7	Quais são os objetivos das melhorias nos procedimentos propostos pelos estudos?	Melhorar a interface piloto- <i>checklist</i> para reduzir as violações negativas e aumentar o nível de conformidade.
8	Como o(s) método(s) lida(m) com a diferença entre procedimentos e prática?	É possível reduzir essa diferença se os procedimentos fossem melhor projetados. Idealmente, não deveria haver diferença entre prática e procedimento.

O primeiro pressuposto comum aos métodos é a delimitação da atividade restrita ao uso dos *checklists*. Todos os métodos, incluindo os modelos de desempenho humano, focam na atividade de seguir, manipular ou utilizar os *checklists*. Estudos como o de Burian (2006a) e De Brito (1998), por exemplo, contribuem com evidências empíricas sobre como seguir procedimentos consiste em substancial atividade cognitiva ao longo de diferentes circunstâncias, como sugerido por Hutchins (1995a). Ao invés de identificar o problema, recuperar e aplicar o *checklist* correspondente, esses estudos mostram que pilotos realizam constantes julgamentos e avaliações sobre a adequação dos procedimentos à situação apresentada. O curso de ação, muitas vezes, é constituído parcialmente pelas instruções do *checklist*, como argumenta De Brito (2002).

O segundo é a utilização da análise baseada na tarefa para estudar o uso dos procedimentos. Por meio desta técnica, a atividade é dividida em tarefas, reconhecidas como unidades elementares da atividade (Park e Jung, 2003; Park, 2009). O modelo SPEED, OODA *Loop* ou os pressupostos assumidos por Burian (2004) e Degani e Wiener (1997a) convergem, ainda que não plenamente, para a distinção entre reconhecer uma falha, recuperar o *checklist* correto, ler e avaliar o conteúdo do *checklist*, planejar e implementar o curso de ação, e monitorar a ação implementada. Neste aspecto, é possível identificar a influência da tradição da administração científica de Taylor, a qual procura

reduzir o trabalho em tarefas elementares como meio de melhorar o desempenho o operador, reduzir a variabilidade e controlar o que será feito, como será feito e quando será feito (Hale, 1990).

O terceiro pressuposto sugere que os estudos analisam o uso dos procedimentos decompondo os elementos constitutivos em pilotos, *checklists*, a aeronave e a situação. De modo mais específico, esses estudos posicionam o *checklist* como ferramenta intermediária entre os pilotos e a situação anormal ou de emergência, o qual a aeronave faz parte. Tal aspecto fica evidente nas ênfases proporcionadas por Degani e Wiener (1997a), De Brito (2000) e Burian (2006b). Apesar de reconhecerem a ocorrência de violações, os estudos não discutem a possibilidade de uma situação não-normal ser resolvida de forma adequada sem a utilização de *checklists*. Portanto, quanto mais o *checklist* for capaz de representar todas e quaisquer situações não-normais, mais efetivo ele será e mais segura a operação.

Adicionalmente, os estudos posicionam a cognição como um fenômeno limitado ao piloto e que envolve o processamento de informação (Wright e McCarthy, 2003). Tal fato é evidente nos requisitos e implicações para o projeto de *checklists* propostos pelos estudos que procuram melhorar a percepção dos pilotos no entendimento do conteúdo e na facilidade de recuperação e manuseio dos *checklists*.

O quarto pressuposto consiste na visão do *checklist* como ferramenta responsável por reduzir os graus de liberdade de ação dos operadores (Hale e Borys, 2013a) ao guiar os pilotos na resolução das falhas (Degani, 1992). Tal função é tida pelos estudos como particularmente importante, já que é argumentado que a performance humana fica comprometida em situações de estresse (Burian, 2003). Nesse sentido, a sequência de ações contidas no *checklist* serviria como o meio mais seguro de configurar os sistemas que falharam (Degani, 2012; Heymann *et al.*, 2007). Da mesma forma, os *checklists* também agem como barreiras contra os erros humanos (Boy e De Brito, 2000).

Consequentemente, a visão do *checklist* como ferramenta importante para os pilotos (De Brito, 1998) cria condições para julgamentos éticos (quinto pressuposto): se um procedimento reprojado e otimizado não for seguido estritamente pelos pilotos e tenha havido um evento com consequências negativas, é possível que a culpa seja direcionada para o piloto, uma vez que assume-se que um *checklist* ideal, e que resolva a situação, deve ser sempre seguido. Por outro lado se for identificado falhas no *checklist*, a culpa recai sobre os projetistas, pois não foram cuidadosos em projetá-los utilizando princípios de fatores humanos (CAA, 2006).

Todos os estudos sugerem melhorias a partir da revelação de falhas, erros e desvios dos pilotos, o que caracteriza o sexto pressuposto. Ou seja, o desempenho ruim na interação entre pilotos e o QRH resulta em um evento com resultados negativos (Hollnagel *et al.*, 2013). Adicionalmente, um desempenho ruim somente existe se comparar o que foi realmente feito a um padrão ideal, tais como a forma adequada de utilizar os procedimentos apresentada pelo CAA (2006) e De Brito (2000; 2002).

Como consequência do pressuposto anterior, o sétimo pressuposto sugere que quase todos os estudos se limitam somente a propor melhorias na interface dos *checklists*. Entre essas propostas destacam-se definir uma tipografia que facilite a leitura do texto pelos pilotos, estabelecer uma sequência das ações que configure seguramente a aeronave, especificar o nível de detalhamento da instrução para evitar excessos e falta, ou propor melhorias aos sistema de alarmes como meio de auxiliar os pilotos a recuperar o *checklist* correto e ideal para resolver a situação (Degani, 1992; Degani e Wiener, 1994; De Brito, 2002; CAA, 2005; Burian, 2006b).

As melhorias, por sua vez, procuram reduzir a diferença entre prática e procedimento (Degani e Wiener, 1993; De Brito, 2000; 2002; Burian, 2006a; Hale e Borys, 2013b) e caracterizam o oitavo pressuposto. *Checklists* com melhores interfaces possibilitam que os pilotos os entendam e os utilizem adequadamente, gerando segurança e eliminando a distância entre o trabalho realizado e o imaginado. O único método que não possui este objetivo foi o proposto por Heymann *et al.* (2007), pois partiu de uma perspectiva técnica, os estados finitos da aeronave, sem considerar nenhuma atividade (humana) de referência.

## 2.6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste capítulo foi possível explicitar os pressupostos utilizados pelos métodos de gestão de procedimentos para situações anormais e de emergência disponíveis tanto na literatura científica quanto na técnica. Os estudos estabelecem como os procedimentos para situações não-normais devem ser elaborados, como os pilotos devem utilizar os procedimentos para resolver as situações anormais e de emergência, e quais são os requisitos necessários para a elaboração de *checklists* em papel para melhorar o desempenho dos pilotos em situações anormais e de emergência.

Entretanto, os métodos fazem pouca ou nenhuma menção ao contexto real operativo onde a atividade ocorre, colocam ênfase excessiva no papel dos procedimentos e

*checklists* para resolver problemas e utilizam a distinção entre prática e procedimentos como meios de reformulá-los, a fim de aumentar a conformidade e reduzir as violações. Consequentemente, foi possível constatar um excesso de foco no estabelecimento de atributos e requisitos físicos relacionados a apresentação e conteúdo dos *checklists* que compõem o QRH.

Da mesma forma, foi possível constatar um excesso de ênfase na capacidade dos *checklists* em solucionar toda e qualquer situação não-normal, mesmo que seja reconhecida algumas limitações (Burian, 2006a). Os estudos apenas reforçam que os procedimentos são o melhor e mais seguro meio de lidar com anormalidades e emergências. Também é continuamente reforçado que os *checklists* sejam elaborados e revisados sob a lógica IF...THEN (Dekker, 2003), onde cada situação específica necessita de um conjunto de ações únicos (CAA, 2006), apesar dos questionamentos sobre real capacidade do QRH em prover soluções pré-especificadas diante de situações pouco estruturadas (Dekker, 2005).

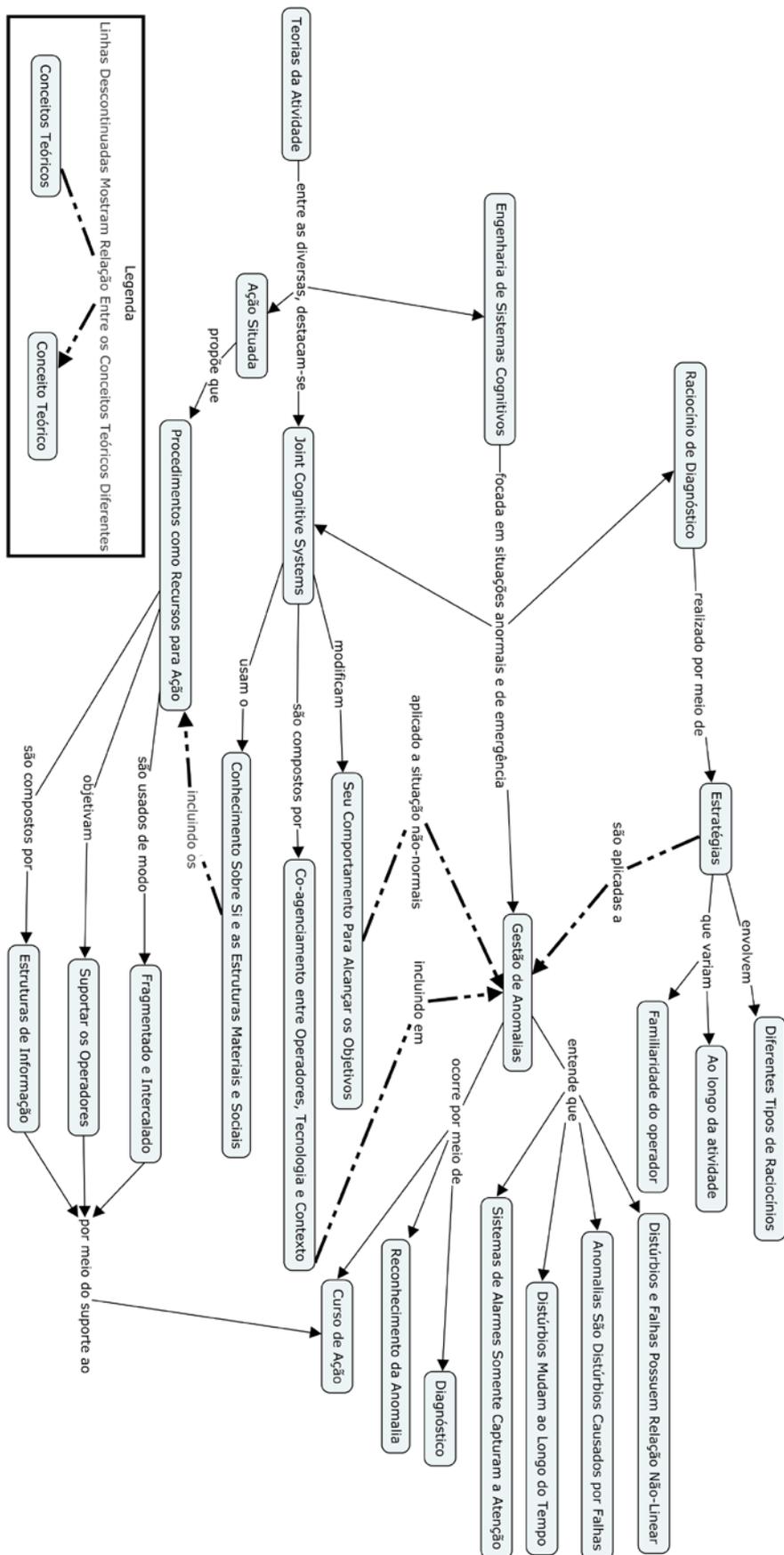
### 3 PROCEDIMENTOS COMO RECURSOS PARA AÇÃO NA GESTÃO DE ANOMALIAS

#### 3.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

O presente Capítulo apresenta as abordagens teóricas alternativas aos métodos para elaboração e revisão de procedimentos e aos modelos de desempenho humano descritos no Capítulo anterior. O desempenho dos pilotos para lidar com falhas técnicas em voo pode ser abordada por meio do modelo de gestão de anomalias, proposto por Woods (1994) e Woods e Hollnagel (2006), pela teoria dos sistemas cognitivos correlacionados (*Joint Cognitive Systems – JCS*), proposto por Hollnagel e Woods (1983; 2005), e pelo modelo ‘raciocínio de diagnóstico’, proposto por Rasmussen e Jensen (1974) e Rasmussen (1990; 1993a; 1993b; 1993c). As três teorias e modelos são provenientes da Engenharia de Sistemas Cognitivos (ESC), apesar de pertencerem a diferentes tradições.

Já os procedimentos podem ser analisados segundo o conceito ‘procedimentos como recurso para ação’, proposto por Suchman (1987) e desenvolvido por Wright e McCarthy (2003), Wright *et al.* (1996; 1998; 2000) e McCarthy *et al.* (1998). Apesar das quatro perspectivas estarem relacionadas às teorias da atividade, terem sido propostos há algumas décadas e possuírem semelhanças quanto a aproximação teórica para analisar a atividade, não há nenhum estudo que integre e operacionalize-as. Sendo assim, este Capítulo teve como objetivo descrever e integrar a teoria dos JCS, o modelo de gestão de anomalias, o modelo ‘raciocínio de diagnóstico’ e o conceito ‘procedimentos como recurso para ação’, e transformar o modelo integrado em uma estrutura de análise.

A estrutura de análise foi concebida por meio da definição dos pressupostos necessários aos métodos de revisão de procedimentos para situações anormais e de emergência disponíveis em *cockpit*. Por último compara-se os pressupostos dessas abordagens com as dos métodos tradicionais e modelos de desempenho humano discutidos no Capítulo anterior. A relação entre os conceitos, modelos e teorias pode ser visualizada na **Figura 7** a qual apresenta o mapa conceitual utilizado como referência nesse Capítulo.



**Figura 7:** Mapa conceitual com os conceitos, modelos e teorias relacionados à teoria da atividade

O Capítulo inicia com a definição e caracterização das teorias da atividade e a engenharia de sistemas cognitivos, bem como da teoria do JCS. Em seguida, são descritos os modelos ‘gestão de anomalias’ e ‘raciocínio de diagnóstico’ e discute-se como ambos podem ser integrados. Na sequência, é apresentado o conceito ‘procedimentos como recursos para ação’ e propõe-se sua integração ao modelo de gestão de anomalias revisado. Adiante, apresenta-se o contraste entre o modelo de gestão de anomalias revisado e os modelos de desempenho humano discutidos no Capítulo anterior, revelando as diferenças entre eles. Por último, apresenta-se os pressupostos necessários aos métodos para elaboração e revisão de procedimentos baseados no modelo de gestão de anomalias revisado e integrado ao conceito ‘procedimentos como recursos para ação’, comparando-se com os pressupostos dos métodos tradicionais de elaboração e revisão dos procedimentos para situações anormais e de emergência.

### 3.2 TEORIAS DA ATIVIDADE

Diferente da análise da tarefa, a abordagem orientada para a atividade assume que é impossível entender como as pessoas trabalham por meio da decomposição da atividade em uma sequência de tarefas elementares, da análise dos componentes da atividade (pessoas e tecnologias) de forma segregada e ignorando o contexto (Nardi, 1997). O contexto no qual o trabalho é realizado e a interação entre os indivíduos, artefatos e contexto são os aspectos mais importantes na análise da atividade (Daniellou e Rabardel, 2005).

A principal contribuição da abordagem orientada para a atividade é entender como a organização do sistema de trabalho é realizada na prática e não simplesmente o que está previsto nos manuais e procedimentos (Daniellou e Rabardel, 2005). Ela procura responder questões relacionadas a como as pessoas lidam com a complexidade, como as pessoas fazem o uso de artefatos do ponto de vista funcional e como seres humanos e artefatos trabalham de forma efetiva e interdependente (Hollnagel e Woods, 2005).

Segundo Daniellou e Rabardel (2005), a abordagem orientada para a atividade abrange a Teoria da Ação (Rabardel, 2003), a Cognição Distribuída (Hollan *et al.*, 2000) e a Ação Situada (Suchman, 1987). Albrechtsen *et al.* (2001) argumentam ainda que a Engenharia de Sistemas Cognitivos (Rasmussen *et al.*, 1994; Hollnagel e Woods, 1983; 2005) também possui semelhanças com a teoria da atividade, pois em ambas a unidade de análise é a atividade dentro do contexto sociocultural e o objetivo é projetar sistemas de

informação para melhorar o desempenho dos sistemas. Sendo assim, nesta tese assume-se que a ESC também pode ser considerada uma teoria da atividade.

A abordagem orientada para a atividade tem sua origem nos estudos desenvolvidos por renomados psicólogos russos, como Vygotsky, Rubinstein, Leontiev e Lomov (Nardi, 1997). Apesar de ter sido desenvolvida por diferentes linhas de pesquisa, cada uma com uma característica própria, Daniellou e Rabardel (2005) sugerem que as teorias convergem nos seguintes aspectos:

- a) a atividade é orientada ao(s) objetivo(s) e termina quando eles são alcançados;
- b) a relação entre o sujeito (operador) e o objeto (trabalho) é mediada por diversos artefatos, incluindo aqueles social, histórico e culturalmente constituídos;
- c) a atividade é sempre única, influenciada pela variabilidade intrínseca do sujeito, entre sujeitos e do contexto no qual é desenvolvida;
- d) a experiência do sujeito faz com que a atividade seja constantemente revisada e reinvestida;
- e) a atividade é desenvolvida a partir da interação do sujeito com o objeto e destes com outros sujeitos, não necessariamente presentes no mesmo local;
- f) a análise da atividade deve utilizar uma abordagem intrínseca, a partir da perspectiva interna de como o sujeito constrói o significado da sua atividade, como alcança e prioriza os objetivos (algumas vezes conflitantes), considerando os recursos e os constrangimentos presentes. Tal esforço requer uma produção conjunta do sistema de significados pelo observador e pelo observado;
- g) a atividade é influenciada por aspectos históricos e diversos determinantes.

Após a evolução das teorias derivadas da tradição iniciada por Vygotsky, mais recentemente a Engenharia de Sistemas Cognitivos (ESC) e a Cognição Distribuída têm sido empregadas com sucesso na análise da atividade de operadores em sistemas complexos, como a aviação (Henriqson *et al.*, 2010; Hutchins, 1995b; Hutchins *et al.*, 2006) e a navegação marítima (Hutchins, 1995a). Da mesma forma, ambas oferecem fundamentações teóricas úteis na análise e concepção de sistemas de informação e artefatos (Rasmussen *et al.*, 1994; Rasmussen, 2000), tais como os procedimentos para situações não-normais. Apesar de serem consideradas abordagens distintas, o foco desta tese está na ESC, mas ao longo do texto são utilizadas referências à Cognição Distribuída.

### 3.3 ENGENHARIA DE SISTEMAS COGNITIVOS

A ESC entende que atividades complexas são conduzidas pelo co-agenciamento entre operadores, artefatos e o contexto, ou sistema cognitivos correlacionados (*joint cognitive systems* – JCS; Hollnagel e Woods, 2005). De acordo com Rasmussen (1993b), a descrição do contexto no qual as estratégias ocorrem é tão importante quanto a descrição das estratégias em si, porque o contexto constrange as possibilidades de ação ao mesmo tempo em que é influenciado por elas.

Além disso, um JCS usa o conhecimento sobre si mesmo e do contexto para planejar e modificar suas ações, a fim de alcançar um objetivo. Em vez de processamento de informação, o JCS manipula os símbolos e usa as estruturas internas e externas como guia para desempenhar suas funções (Hollnagel e Woods, 1983). Nesse sentido, o artefato, qualquer dispositivo tecnológico ou gerencial com um propósito específico, amplia as funções do ser humano para cumprir ou facilitar a execução de uma determinada atividade (Hollnagel e Woods, 2005). Na aviação, por exemplo, o *cockpit* da aeronave como um todo é normalmente visto como um JCS, já que a atividade envolve a interação entre os pilotos, sistemas da aeronave, características do trabalho e do contexto (Hutchins, 1995b; Henriqson *et al.*, 2010).

Uma das consequências da definição de sistemas cognitivos está na delimitação da unidade de análise. Ao contrário das abordagens tradicionais, onde a cognição é restrita ao indivíduo, a ESC estende que a cognição ocorre além do ser humano (Hutchins, 1995a). O enfoque está nos processos cognitivos onde quer que eles ocorram, tomando como base o relacionamento funcional dos elementos que participam conjuntamente desse processo (Hollnagel e Woods, 2005). É reconhecida, inclusive, a existência de propriedades cognitivas nos artefatos, tais como a transformação de representações e a execução de cálculos matemáticos, conforme descrito por Henriqson *et al.* (2010).

Hollan *et al.* (2000) entendem que os processos cognitivos inerentes ao JCS possuem três características principais: (i) estão distribuídos entre os membros de um grupo social; (ii) envolvem a coordenação entre as estruturas interna e externa; e (iii) estão distribuídos ao longo do tempo, de tal forma que os produtos de eventos anteriores transformam eventos futuros.

Como consequência metodológica, os estudos sob a orientação da ESC procuram analisar o indivíduo no contexto real de trabalho, com objetivos e significados bem definidos, ao invés de estudar a cognição exclusivamente em laboratório (Woods, 2003).

Adicionalmente, não basta somente entender como o operador faz sentido do contexto ao seu redor; é preciso também entender como as informações disponíveis estão organizadas em estruturas materiais e sociais (Hollan *et al.*, 2000) e como as pessoas fazem o uso dessas estruturas e do conhecimento interno durante a atividade (Crandall *et al.*, 2006).

### 3.4 GESTÃO DE ANOMALIAS NA PERSPECTIVA DA ESC

A ESC entende que as atividades cognitivas envolvidas em situações anormais e de emergência são mais intrincadas e difíceis de lidar do que previsto pelos modelos baseados na tarefa por quatro razões. A primeira é que as falhas perturbam as funções do processo monitorado e geram demandas adicionais aos operadores, que, além de manterem a continuidade do processo, precisam identificar a fonte das perturbações para tratar adequadamente o problema (Woods e Hollnagel, 2006). Além de conduzi-las paralelamente, os operadores precisam conciliar continuamente objetivos conflitantes, como a segurança e a produção (Woods, 1994).

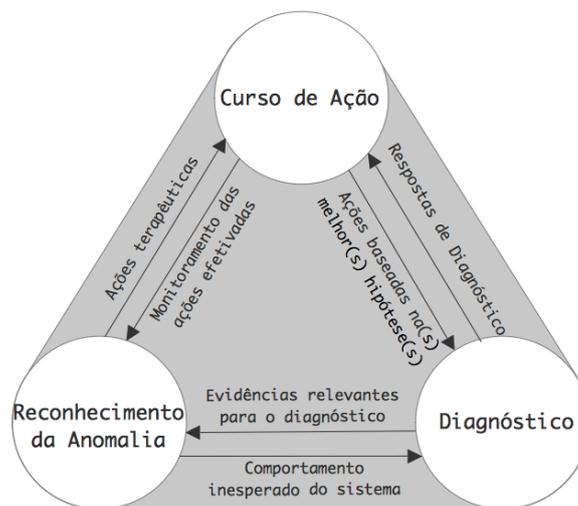
A segunda razão está no entendimento de como as falhas ocorrem e se propagam. Uma falha ou um problema em um processo produtivo dinâmico, tal como uma aeronave comercial, produz uma escalada de distúrbios. Conseqüentemente, a situação torna-se mais desafiadora, pois a falha, o processo monitorado e o desempenho do JCS influenciam-se mutuamente ao longo do tempo, podendo gerar inclusive comportamentos inesperados devido à interações não-lineares (Woods, 1994).

O terceiro motivo, é o entendimento de que as ações para lidar com as conseqüências das perturbações estão mais propensas a preceder ou a ocorrer em paralelo à avaliação e ao diagnóstico da anomalia do que ser o resultado de ambas, como pressupõem os modelos baseados na tarefa (Woods e Hollnagel, 2006). Adicionalmente, esses processos ocorrem sob pressão de tempo, escassez de recursos, possibilidade de resultados ruins e a necessidade de rever continuamente o diagnóstico a partir de novas evidências, fatores não considerados nas descrições da atividade como sequências de tarefas, pois o contexto não é reconhecido como fator influente e ativo nesse processo (Christoffersen *et al.*, 2007).

A quarta razão pela qual o gerenciamento de anomalias se distancia dos modelos baseados nas tarefas está no fato de que as situações são guiadas por eventos imprevisíveis. As pessoas envolvidas na situação ainda não sabem o resultado final e o futuro está em aberto (Woods, 1995; Dekker, 2002). Conseqüentemente, esta perspectiva reforça a

diferença entre o ponto de vista daqueles que vivenciam o evento e dos observadores externos (Woods, 1994), já que o viés retrospectivo influencia a análise da atividade: sabendo o resultado final do evento fica claro identificar quais foram os erros e fatores que levaram o evento a um resultado indesejado (Woods *et al.*, 1994). Dekker (2006), nesse sentido, reforça a necessidade de se adotar o ponto de vista do operador como meio de entender a racionalidade local.

Com base na ESC, Woods (1994) propõe o modelo gestão de anomalias (**Figura 8**), o qual consiste em três processos cognitivos: (a) reconhecimento e avaliação da anomalia; (b) diagnóstico do problema; e (c) planejamento e execução do curso de ação.



**Figura 8:** Modelo de gestão de anomalias e a interação entre os processos  
Fonte: Adaptado de Woods (1994) e Woods e Hollnagel (2006)

A essência do modelo está na forma como os operadores realizam as avaliações iniciais, criam expectativas, provêem explicações sobre as evidências e agem com base em dados parciais e incertos. Vale ressaltar que o reconhecimento da anomalia, o diagnóstico e o curso de ações não são tarefas sequenciais distintas. Ao invés disso, eles são processos que se influenciam mutuamente e podem ocorrer concomitantemente. Por exemplo, uma intervenção no processo por meio de ações pode gerar mais informações para atualizar o reconhecimento da anomalia e, conseqüentemente, pode resultar em um diagnóstico completamente distinto do inicial. Um resumo sobre como os processos se relacionam entre si pode ser visto na **Tabela 3** e o modelo será detalhado nos próximos tópicos.

**Tabela 3:** A inter-relação entre os três processos cognitivos do modelo. Os processos na coluna à esquerda direcionam os 'subprocessos'

Fonte: Adaptado de Woods e Hollnagel (2006)

Processos	Reconhecimento da Anomalia	Diagnóstico	Curso de Ação
Avaliação da Anomalia	Controle da atenção e violação das expectativas	Comportamento técnico inesperado	Ações terapêuticas
Diagnóstico	Evidências relevantes para o diagnóstico	Formulação e verificação de hipóteses	Ações corretivas a partir de hipóteses
Curso de Ação	Monitoramento das ações efetivadas	Respostas de diagnóstico	Ações terapêuticas e controle do processo

### 3.4.1 Reconhecimento de Anomalias

De acordo com Woods (1995), um processo monitorado, tal como uma aeronave, está repleto de informações sobre o processos, sendo que alguns são mais importantes do que outros dependendo do momento e da normalidade da situação. Entretanto, é o operador o responsável por constantemente separar informações úteis de ruídos (Mumaw *et al.*, 2000). As falhas só podem ser percebidas através de distúrbios físicos ou funcionais no processo monitorado, o que significa condições anormais ou de mau funcionamento, onde o estado atual do processo desvia-se do almejado. Da mesma forma, os distúrbios somente se tornam relevantes ao longo do tempo ou se comparados aos distúrbios tipicamente conhecidos (Christoffersen *et al.*, 2007). As falhas não são percebidas diretamente. O que se percebe são suas consequências, ou distúrbios, resultando em uma série de perturbações ao longo do tempo. Muitas vezes a cascata de distúrbios ocorre em diferentes intervalos de tempo e em circunstâncias distintas. Em outras, a mesma falha pode produzir perturbações distintas, mesmo sob as mesmas condições iniciais. Ambas características fazem com que as situações se distanciem das situações previstas nos manuais (Woods, 1994). Adicionalmente, as próprias ações dos pilotos para lidar com os distúrbios também podem influenciar o comportamento do sistema monitorado e interagir com as falhas (Woods e Hollnagel, 2006). Isso ocorre porque não é possível remover o componente falhado para realizar a manutenção; a gestão ocorre durante a continuidade do processo (Woods *et al.*, 1991).

Ao contrário dos modelos tradicionais de diagnóstico, segundo os quais o problema do reconhecimento da anomalia é uma questão de perceber os sinais corretos, como argumentado por Wears (2009), na ESC o reconhecimento de anomalias está relacionado a como as pessoas orientam sua atenção para somente alguns fatores diante de inúmeros parâmetros e evidências. Esse processo é conhecido como controle da atenção e não assume de antemão quais sinais são corretos e quais não são (Woods e Sarter, 2010). O

controle de atenção também permite ao operador lidar com a sobrecarga de dados, por meio da diferenciação entre evidências relevantes e irrelevantes e a desconsideração destas últimas (Woods, 1995). Christoffersen e Woods (2006) pontuam que a falta de mudança no *status* das operações também pode ser uma evidência relevante na perspectiva do operador para reconhecer uma anomalia.

Um dos mecanismos que regem o controle da atenção é a violação da expectativa, definido como um contraste entre as evidências anômalas percebidas e o que se espera funcionalmente do sistema (Woods, 1995). Quando a distinção entre o estado atual e o desejado não é evidente, é necessário que o JCS atue sobre o processo para gerar mais informações. Geralmente o processo de diagnóstico começa após a violação da expectativa (Woods e Hollnagel, 2006).

Outra característica do reconhecimento de anomalias é o papel desempenhado pelas reavaliações. As explicações iniciais sobre a falha podem ser corretas ou plausíveis dadas as evidências disponíveis naquele momento. Como o desenrolar da situação, surgem novos distúrbios e evidências, fazendo com que o JCS reavalie a anomalia, o diagnóstico e o curso de ação (Woods, 1994).

Dentro do controle de atenção, o sistema de alarmes possui um papel essencial. De acordo com Woods (1995) a função perceptual dos sistemas de alarme é apoiar o controle da atenção de duas maneiras: (i) discriminar sinais perceptivos que destacam uma condição anormal; e (ii) capturar a atenção do operador com sinais carregados de significado, tais como alertas sonoros e mensagens textuais (Woods, 1994).

Um ponto específico sobre os sistemas de alarmes é a dualidade credibilidade versus sensibilidade, fatores discutidos por Woods (1994; 1995), Woods e Sarter (2010) e Breznitz (1984). Para ser efetivo, um sistema de alarmes deve ser capaz de capturar a atenção do operador e fornecer as informações com tempo suficiente para uma resposta adequada. Ao conceber um sistema com alta credibilidade, ele está mais propenso a alarmes falsos, pois todo e qualquer sinal desencadeia o alarme. O oposto também é verdadeiro: um sistema de alarmes extremamente confiável, onde apenas mostra alarmes realmente válidos, só é possível a custos da sensibilidade, onde algumas situações podem deixar de serem alertadas. Sendo assim, Woods (1994) conclui que, na análise da gestão de anomalias, o sistema de alarmes deve ser investigado como um recurso útil e, ao mesmo tempo, problemático e limitado.

### 3.4.2 Cursos de Ação

De acordo com Woods e Hollnagel (2006) cursos de ação são todas as modificações realizadas pelo JCS no mundo material ou humano, tais como troca de informações, ações manuais dos pilotos sobre o sistema e as próprias ações dos sistemas automatizados sobre outros sistemas.

Segundo Woods (1994), os JCS empregam três tipos de cursos de ação para lidar com anomalias. As intervenções terapêuticas são ações que visam atenuar ou lidar com as consequências da falha, e interromper sua propagação. Em algumas circunstâncias, tais como distúrbios críticos ou sob pressão do tempo, essas ações podem ocorrer antes mesmo de um diagnóstico, tais como quando o piloto pressiona o pedal do *cockpit* para compensar um desvio causado pela falha de um dos motores.

O segundo tipo são as respostas de diagnóstico, úteis para gerar mais informações sobre a natureza e origem da anomalia. Geralmente elas não possuem muito efeito para lidar com os distúrbios, exceto ao tentar gerar novas evidências. Ligar e desligar o sistema ou induzir o funcionamento de um componente falho são consideradas ações para gerar mais informações sobre a natureza da falha (Woods e Hollnagel, 2006).

Um terceiro tipo de curso de ação, conhecido como ação corretiva, visa extinguir a fonte da falha ou os efeitos do distúrbio, caso permaneçam alguns resquícios mesmo após a falha ter sido resolvida. Essas são as ações mais comuns discutidas pela literatura e geralmente ocorrem após o reconhecimento e diagnóstico da anomalia (Woods, 1994).

### 3.4.3 Diagnóstico

Woods e Hollnagel (2006) definem diagnóstico como a capacidade do JCS gerar hipóteses plausíveis que podem explicar as evidências destacadas pelos distúrbios. As hipóteses não são estanques e mudam de acordo com o surgimento de novas evidências e com a mudança do comportamento do processo, independente se antes ou após as intervenções dos operadores. Também é enfatizado o papel ativo do processo de diagnóstico, que orienta o reconhecimento da anomalia e as ações na busca evidências adicionais para reforçar as hipóteses.

Várias falhas concomitantes são situações passíveis de ocorrer em processos altamente acoplados, tais como uma aeronave comercial, na qual dezenas de sistemas influenciam-se mutuamente. Estas situações complicam a geração de hipóteses e a revisão das avaliações, pois apresentam e produzem distúrbios variados ao longo do tempo

(Woods, 1994). Em particular, existem duas condições críticas: o diagnóstico pode sugerir uma única falha, mas na verdade é apenas um distúrbio proveniente de múltiplas falhas ou pode sugerir diversas falhas quando, na verdade, uma única falha causou diversos distúrbios (Woods, 1995). Por essa característica, o diagnóstico procura, em último caso, prover hipóteses que explicam a maioria das evidências ou pelo menos aquelas mais relevantes ao operador (Woods e Hollnagel, 2006).

#### 3.4.4 Reportório de Estratégias e Raciocínios

Segundo Rasmussen (1993a), aplicada à atividade de diagnóstico, estratégia é uma categoria formal do processo cognitivo utilizado para diagnosticar e resolver um problema e compreende um padrão de respostas diante das evidências contextuais e da representação da situação pelos JCS. O conceito de estratégia é usado aqui para descrever os diferentes padrões possíveis em que o JCS organiza o reconhecimento da anomalia, o diagnóstico do problema e o curso de ação sobre para lidar diretamente com os distúrbios.

Já raciocínio, conforme propõe Woods (1994), consiste em características abstratas da dinâmica de funcionamento dos processos cognitivos, ou estratégias. De acordo com o autor, todas as estratégias possuem um padrão baseado no raciocínio abduutivo. Este tipo de raciocínio consiste na busca por uma explicação mais adequada e que cubra a maior parte de um determinado conjunto de evidências.

No entanto, em algumas situações, há evidências de que operadores experientes agem antes de qualquer avaliação ou diagnóstico, porque a situação é similar a outros contextos experimentados ou porque regras simples e genéricas (heurísticas) foram suficientes, como sugerido por Dreyfus e Dreyfus (1989), Rasmussen (1993a) e Klein (1993). O raciocínio por analogia facilita a resolução de problemas no momento em que o operador apenas identifica sinais evidentes que o remete a avaliações, diagnósticos e ações realizadas no passado. De acordo com Rajkomar e Dhaliwal (2011), tem sido cada vez mais comum a incorporação de elementos intuitivos e heurísticos em modelos que procuram explicar o desempenho de médicos em atividades de diagnóstico, devido às limitações impostas pela utilização exclusiva dos modelos de diagnósticos analíticos. O oposto também é verdadeiro: situações desconhecidas e nunca antes experimentadas requerem um pensamento mais analítico e baseado em regras, como a árvore de decisão ou raciocínio dedutivo (Rasmussen e Jensen, 1974).

A teoria do raciocínio voltado ao diagnóstico formulado por Rasmussen e Jensen (1974) e Rasmussen (1990; 1993a; 1993b) complementa o modelo de gestão de anomalia proposto por Woods (1994), pois considera que diferentes raciocínios são aplicados durante o diagnóstico. Para Rasmussen (1993a) quanto maior a familiaridade do operador com o contexto, mais orientado ao raciocínio por analogia ou heurísticas o gerenciamento de anomalias será. À medida em que a situação se desdobra e uma solução adequada não é alcançada, raciocínios mais elaborados, como o por abdução ou analítico se fazem prevalentes, a ponto de serem predominantes em situações totalmente desconhecidas.

Portanto, nesta tese assume-se que a gestão de anomalias envolve outros raciocínios, como sugerido por Rasmussen (1993) e Rasmussen e Jensen (1974). Além do raciocínio abduativo proposto por Woods (1994), esta tese sugere que o raciocínio heurístico (Rasmussen *et al.*, 1990), por analogia (Rasmussen e Jensen, 1974; Dreyfus e Dreyfus, 1989; Klein, 1993; Rasmussen, 1993a) e o raciocínio analítico (Rasmussen *et al.*, 1990) também são padrões de organização da gestão de anomalias.

O uso desses raciocínios varia de acordo com a familiaridade do operador com o contexto, com a situação e o repertório de ações (experiências passadas) e recursos sociais e materiais disponíveis. À medida que um operador vivencia sua rotina de trabalho, o mesmo adquire experiências que irão complementar suas competências desenvolvidas durante o treinamento formal. O que diferencia um *expert* de um novato, segundo Dreyfus e Dreyfus (1987), é a quantidade de situações vivenciadas. Quanto maior a exposição a novos contextos, maior a quantidade de ações e interpretações da situação e, logo, maior a capacidade de resolver o problema utilizando poucos recursos cognitivos. Repertório de estratégias, nesse sentido, consiste na coleção de padrões de gestão de anomalias que cada JCS possui e está diretamente ligado a quantidade de situações que o JCS foi exposto anteriormente, incluindo as experiências de colegas compartilhadas por meio de histórias e regras de ouro. Para cada fator contextual, há um padrão de gestão de anomalia organizado segundo um tipo de raciocínio.

Rasmussen (1993a) reconhece que há diversas mudanças no padrão de raciocínio durante uma atividade devido às seguintes razões: (a) as evidências situacionais indicam a fazê-lo; (b) cada estratégia requer recursos diferentes, tais como o tempo, informações e apoio; (c) a meta e objetivo podem mudar à medida que a situação se desdobra; e (d) as mudanças de estratégias podem ser uma maneira muito eficaz para contornar dificuldades locais. A regra básica é que os JCS iniciam a gestão a partir de raciocínios simples e que requerem pouco esforço, tais como analogia e heurísticas, e evoluem para os mais

intrincados e dispendiosos, tais como abdução e o analítico, à medida que a situação se desenvolve e as respostas não produzem efeitos desejáveis sobre o sistema monitorado (Rasmussen e Jensen, 1974).

Ao invés de localizar os três processos cognitivos da gestão de anomalia (reconhecimento da anomalia, diagnóstico e ação) na mente do operador, a perspectiva ESC sugere que eles ocorrem na interação entre os operadores, o mundo material e as interações sociais (Woods e Hollnagel, 2006). Uma vez que cada um destes elementos pode influenciar e é influenciado pelo outro, alterar o projeto do mundo material pode ter um impacto no desempenho do sistema de uma maneira geral (Hollnagel e Woods, 2005). Portanto, a análise sobre como os operadores usam o mundo material projetado em um sentido mais amplo para gerenciar falhas podem fornecer informações úteis sobre como melhorar o desempenho do sistema (Hollan *et al.*, 2000).

### 3.5 PROCEDIMENTOS COMO RECURSOS PARA AÇÃO

O conceito ‘procedimentos como um recurso para a ação’ foi proposto originalmente por Suchman (1987) após um extenso estudo etnográfico conduzido sobre as máquinas da Xerox em Palo Alto. O objetivo de Suchman foi oferecer um contraste direto à visão predominante de que procedimentos são mecanismos de controle que orientam estritamente a ação. Na sua visão, planos, mapas, roteiros, protocolos, procedimentos e regras não determinam as ações; eles são recursos que apoiam os operadores para agir ou evitar constrangimentos locais. Uma das consequências dessa visão alternativa é o reconhecimento de que os procedimentos somente são recursos porque requerem sua aplicação pelos operadores. Do contrário, eles não seriam suficientes para resolver as situações.

De forma mais abrangente, o conceito ‘procedimentos como recursos para ação’ está inserido na teoria da Ação Situada. Segundo Suchman (1987), a atividade é sempre contingencial e emerge diretamente da relação entre as práticas dos indivíduos e as particularidades de uma dada situação. Apesar de não negar a influência das propriedades cognitivas dos artefatos e das estruturas de relação social, o foco da análise está nas atividades rotineiras de pessoas agindo em um determinado contexto (Nardi, 1997). Nesse sentido, toda atividade é única, com características peculiares que não podem ser encontradas em outros contextos. Consequentemente, nenhum procedimento, *script* ou planejamento (seja a nível cognitivo ou organizacional) é completo ou consegue prever

todos e quaisquer nuances durante a atividade. Dessa forma, eles são utilizados sempre que indivíduo necessitar resolver ou evitar uma particularidade do contexto (Lave, 1996).

Baseados na proposta inicial de Suchman, Wright *et al.* (1996) desenvolveram o conceito ‘recursos’, o qual foi definido como qualquer estrutura de informação que possa auxiliar o operador a conduzir cursos de ação razoáveis para atingir um objetivo. São considerados recursos qualquer meio material e social que possuem informações úteis para realizar a atividade, seja eles procedimentos, *affordances* de interface percebida (ou seja, redução das possibilidades de ação por meio das propriedades do objeto) e histórico de interações (McCarthy *et al.*, 1998). Wright *et al.* (1998) e Wright e McCarthy (2003) apontam que, para qualquer situação não normal na aviação, os procedimentos em formato de *checklists* são os principais recursos utilizados pelos pilotos. Em particular, Wright *et al.* (1998) acreditam que vários *checklists* são intercalados e fragmentados segundo a situação, já que os problemas técnicos abordo nem sempre são resolvidos na mesma sequência prevista pelos *checklists*. O estudo, no entanto, não descreve especificamente como a utilização do *checklist* auxilia na gestão dos problemas ou se os pilotos utilizam outros recursos em sua totalidade para auxiliá-los.

Wright *et al.* (2000) sugerem que a análise de um recurso para a ação deve revelar estruturas de informação abstratas, isto é, o significado atribuído pelos operadores para um fragmento de informação extraído do recurso e sua utilidade para resolver uma circunstância específica. Conseqüentemente, nessa abordagem os recursos para ação são uma composição de fragmentos de informação significativos e úteis para um determinado contexto.

A relação entre o conceito de ‘procedimentos como recursos para ação’ e a gestão de anomalias está no reconhecimento dos procedimentos como sistemas de informação, como propõe Rasmussen (2000). Os procedimentos seriam recursos úteis para apoiar cada um dos processos cognitivos envolvidos. Woods (1994) sugere algumas funções necessárias aos artefatos para melhorar o desempenho do JCS durante a gestão de anomalias e que poderiam ser implementadas nos procedimentos. Entre elas, o autor destaca que o reconhecimento da anomalia pode ser melhorado através de recursos que forneçam informações significativas sobre a natureza da falha e que auxiliem a diferenciar problemas relevantes de ruídos. Na mesma linha de pensamento, Dreyfus e Dreyfus (1989) sugerem que a capacidade de prover diagnósticos pode ser melhorado por meio de recursos que ampliem o conjunto de hipóteses possíveis para os sintomas ou as causas mais comuns aos distúrbios. Em última análise, Rasmussen (1993a; 1993b) sugere que os recursos

também apoiem diferentes tipos de raciocínios empregados. Segundo o autor, as atuais estruturas dos manuais, tais como o QHR, por exemplo, são úteis quando o raciocínio empregado é o analítico e a situação é estruturada. Entretanto, essas mesmas estruturas não são tão úteis quando emprega-se o raciocínio por analogia.

### 3.6 CONTRASTE ENTRE O MODELO DE GESTÃO DE ANOMALIAS REVISADO E OS MODELOS DE DESEMPENHO SPEED E OODA LOOP

O contraste entre o modelo de gestão de anomalias (Woods, 1994), o modelo SPEED (De Brito, 1998; 2000; 2002) e o OODA *Loop* adaptado (Boyd, 1987; CAA, 2006) revela o impacto das perspectivas baseadas na atividade e na tarefa. Os modelos possuem distinções importantes, conforme apresentado na **Tabela 4**, as quais podem ser resumidas em 5 aspectos.

**Tabela 4:** Comparação entre os modelos baseados na tarefa (SPEED e OODA *Loop*) e o modelo baseado na atividade (gestão de anomalias)

#	Modelos baseados na tarefa	Modelo baseado na atividade (gestão de anomalias)
1	O contexto oferece insumos e recebe as respostas dos indivíduos.	A dinâmica do contexto influencia ativamente e é influenciado pelo <i>cockpit</i> .
2	A falha e os sintomas possuem uma relação direta.	As falhas produzem uma escalada de distúrbios de modo não-linear.
3	Os pilotos apenas precisam lidar com um único problema de cada vez.	Os operadores precisam lidar com diversos distúrbios, oriundos possivelmente de mais de uma falha, enquanto tentam conduzir o processo.
4	A meta e o resultado da atividade são conhecidos e são baseados sempre no pior cenário.	As situações são direcionadas pelo evento, já que as metas e os resultados da situação não são conhecidos, não são claros ou não são estáticos.
5	A análise da atividade do uso dos procedimentos deve ser dividida em tarefas discretas e específicas.	A atividade de gestão de anomalias é influenciada por três processos que se influenciam mutuamente e ocorrem paralelamente.
6	A avaliação e o diagnóstico sempre precedem as ações.	As ações ocorrem paralelamente ao reconhecimento da anomalia e ao diagnóstico. Em situações críticas, a ação pode preceder ambas.
7	Ao avaliar o resultados das ações, a sequência de atividades começa novamente, incluindo a revisão da avaliação.	A revisão da anomalia ou o diagnóstico não necessariamente ocorrem após a implementação do curso de ação.
8	O raciocínio analítico é predominante: dividir o problemas em elementos menores.	Considera raciocínios abduativo e por analogia, além do analítico, de acordo com a familiaridade do operador com a situação.
9	Os sistemas de alarmes, os procedimentos e os <i>checklists</i> são exclusivamente o meio de lidar com situações anormais e de emergência.	Os sistemas de alarmes, os procedimentos e os <i>checklists</i> são apenas recursos que apoiam os pilotos a lidar com situações anormais e de emergência.
10	O sistema de alarmes é a principal fonte de informação sobre o problema.	O sistema de alarmes é a principal fonte para alertar os pilotos para um provável problema.

O primeiro diz respeito à natureza da atividade analisada. Os modelos baseados na tarefa focam em como os pilotos utilizam os procedimentos para lidar com situações anormais e de emergência e desconsideram o contexto envolvido (De Brito, 1998; 2000;

2002; CAA, 2006). Já o modelo de gestão de anomalias foca na atividade como um todo, incluindo aquelas não necessariamente relacionadas à gestão da falha. Woods (1994) chama a atenção para o fato de que lidar com falhas é uma atividade conduzida paralelamente a outras atividades tão importantes quanto, tais como manter a continuidade do processo.

A segunda diz respeito a como os modelos entendem a complexidade inerente às situações anormais e de emergência. No *OODA Loop* e no *SPEED*, os operadores conseguem lidar diretamente com as falhas, pois elas são facilmente distinguíveis, principalmente devido aos sistemas de alarmes que propiciam o diagnóstico preciso da situação. Da mesma forma, para cada falha há uma solução única e ideal. Já no modelo de gestão de anomalias, os operadores lidam com os distúrbios e não com as falhas, pois aquelas são as consequências visíveis desta. Da mesma forma, os distúrbios não possuem relação linear com as falhas e possuem mais significado do que o previsto nos manuais ou pelo sistema de alarme, o que demanda uma gestão mais holística do que sequencial (Woods, 1995).

A terceira diz respeito a ordem de prioridade entre as tarefas para lidar com situações anormais e de emergência. No modelo *SPEED* e no *OODA Loop*, a avaliação e o diagnóstico são considerados mais como precedentes à ação do que o contrário. Já Woods (1994) argumenta que muitas vezes as ações são necessárias antes mesmo de qualquer avaliação ou diagnóstico, seja para gerar mais informações sobre o problema ou para conter alguns distúrbios críticos. Sendo assim, o modelo de gestão de anomalias não prioriza um processo sobre o outro: eles ocorrem paralelamente e influenciam-se mutuamente (Woods e Hollnagel, 2006).

Na quarta diferença, ao contrário dos modelos *SPEED* e *OODA Loop*, o modelo de gestão de anomalias inclui outros tipos de raciocínios além do analítico, tais como o por analogias (Rasmussen *et al.*, 1990; Klein, 1993), por heurísticas (Rasmussen, 1993a) e por abdução (Woods, 1994). Em outras áreas do conhecimento, que também procuram modelar o desempenho humano em situações não-normais, tais como a medicina, há discussões sobre o predomínio do raciocínio analítico durante o diagnóstico de doenças (Rajkomar e Dhaliwal, 2011).

Por último, os modelos de desempenho humano baseados nas tarefas assumem que os sistemas de alarmes são ótimas fontes de informação sobre o problema (De Brito, 1998; CAA, 2006). Já Woods e Hollnagel (2006) questionam a real capacidade dos sistemas de alarme de diagnosticarem o problema automaticamente. É por esse motivo que a gestão de

anomalias considera o sistema de alarmes mais um elemento que contribui para o reconhecimento e diagnóstico da anomalia pelos JCS.

É importante salientar que o OODA não pode ser entendido como modelo científico, já que não foi proposto por meio do método científico e sim pela percepção de Boyd, como argumenta Brehmer (2005). Da mesma forma, não há qualquer evidência de da validade desse modelo aplicado a gestão de situações anormais de emergência por pilotos. Nesse sentido, o modelo pode ser entendido como um modelo popular (*folk model*), no sentido apresentado por Dekker e Hollnagel (2004), pois não apresenta consistência na definição e tem sido replicado e generalizado para outros contextos totalmente diferentes daquele que foi elaborado.

### 3.7 COMPARAÇÃO ENTRE O MODELO DE GESTÃO DE ANOMALIAS E OS MÉTODOS TRADICIONAIS PARA ELABORAÇÃO E REVISÃO DE PROCEDIMENTOS

Esta seção tem como objetivo comparar os pressupostos assumidos pelos métodos de elaboração e revisão de procedimentos para situações não-normais abordados no Capítulo 2, o qual entendem procedimentos como mecanismos de controle organizacional e são baseados em modelos de desempenho humano baseados na tarefa, e os pressupostos necessários aos métodos e protocolos para revisar procedimentos que se propõem utilizar a abordagem baseada na atividade e os procedimentos como recursos para ação. A **Tabela 5** apresenta 8 questões que orientam o contraste dos pressupostos entre os métodos e que são discutidos resumidamente nas parágrafos seguintes.

O modelo de gestão de anomalia proporciona uma visão promissora ao utilizar o JCS como unidade de análise. Ao posicionar a cognição como um fenômeno emergente da interação entre os indivíduos, os recursos materiais e sociais e o contexto (Hollnagel e Woods, 1983), a distinção entre uma situação normal e uma emergência ou o diagnóstico do problema passa a ser uma construção ao invés de uma questão de percepção correta e objetiva de uma situação independente do observador. A construção da situação anormal cria um espaço de possibilidades (Dekker, 2006) ao invés de categorias discretas, como proposto nos métodos tradicionais de elaboração e revisão de procedimentos. Nessa visão é insuficiente propor procedimentos na lógica ‘IF...THEN...’, pois há inúmeras possibilidades de ‘IF’ e outras tantas inúmeras possibilidades de ‘THEN’. Sendo assim,

seria impossível criar uma lista exaustiva contendo todas e quaisquer possibilidades de ‘IF...THEN’.

**Tabela 5:** Comparação entre os pressupostos de métodos tradicionais e pela abordagem da atividade

Questão		Abordagem baseada na atividade	Métodos tradicionais
1	Qual a atividade utilizada como referência para as propostas de melhoria dos procedimentos?	A gestão das situações anormais e de emergência pelo <i>cockpit</i> como um todo	A atividade de referência para análise dos procedimentos está o uso dos <i>checklists</i>
2	Como a atividade de referência é analisada?	São considerados a interação entre o contexto, as estratégias e os recursos para a ação. As estratégias ainda são compostas por 3 processos cognitivos que se influenciam mutuamente e são entrelaçados: reconhecimento (avaliação) da anomalia, diagnóstico e curso de ação	A atividade é dividida em unidades elementares da atividade (tarefas) e organizada em uma sequência ou múltiplas sequências
3	Quais são os elementos constituintes da atividade e de que forma eles interagem?	O <i>cockpit</i> como um todo desempenha a atividade. São compostos pelo co-agenciamento dos pilotos, estruturas materiais e sociais e o contexto, incluindo os procedimentos	O piloto e o <i>checklist</i> . O meio externo (situações anormais ou de emergência) apenas oferece inputs e recebe a resposta dos pilotos. O <i>checklist</i> intermedia a interação entre piloto e o meio externo
4	Qual o papel do procedimentos na resolução de anomalias?	Procedimentos são recursos utilizados pelos operadores para solucionar problemas	Guiam os pilotos em como resolver o problema e evitam o erro humano, garantindo a segurança
5	A visão dos procedimentos permite a identificação de violações?	Não, pois não é esperado um padrão normativo para realizar a atividade	Sim, pois o padrão ideal para lidar com falhas consiste em utilizar o <i>checklist</i> sempre
6	Como identificar oportunidades de melhoria nos procedimentos?	É preciso, além de analisar resultados ruins, também analisar eventos cujos resultados foram positivos para identificar adaptações e a superação das adversidades comumente realizadas pelo <i>cockpit</i>	É preciso analisar eventos cujos resultados foram negativos para identificar erros, violações, limitações e falhas humanas
7	Quais são os objetivos das melhorias nos procedimentos propostos pelos estudos?	Melhorar a capacidade adaptativa do <i>cockpit</i> para o reconhecimento (avaliação) da anomalia, diagnóstico e curso de ação, principalmente frente a situações não-normais e não estruturadas	O objetivo é melhorar a interface piloto- <i>checklist</i> para reduzir as violações negativas e aumentar o nível de conformidade
8	Como o(s) método(s) lida(m) com a diferença entre procedimentos e prática?	As limitações dos procedimentos são preenchidas pela prática	É possível reduzir a diferença se os procedimentos fossem melhor projetados. Idealmente, não deveria haver diferença entre prática e procedimento

Diante da impossibilidade de propor um procedimento ou um *checklist* específico para cada situação possível de ocorrer, os procedimentos passam a ser vistos como recursos para ação (Wright *et al.*, 1998). Nessa visão, os procedimentos podem ser entendidos como sistemas de informação (Rasmussen, 2000), o qual contém informações úteis que apoiam a realização da atividade (McCarthy *et al.*, 1998). Isso significa que os procedimentos são utilizados quando os operadores necessitam de informações para avaliar ou reconhecer uma situação como anormal, diagnosticar um problema ou executar ações sobre os distúrbios.

Ao reconhecer que a prática e os procedimentos não possuem nenhuma relação simétrica (Suchman, 1987) e que os procedimentos são apenas um dos componentes na atividade de gestão de anomalias, os procedimentos deixam ser vistos como o melhor e mais seguro meio de realizar uma atividade. Conseqüentemente, sem um padrão normativo

de como realizar a atividade, não utilizar procedimentos ou *checklists* não necessariamente cria condições para julgamentos éticos tais como os descritos por Woods e Shattuck (2000) e Dekker (2003). Isso, no entanto, não necessariamente significa que os operadores não são eticamente responsáveis por realizar sua atividade, como argumentado por Dekker (2007; 2008) e McCarthy *et al.* (1997).

As oportunidades de melhorias dos procedimentos consistem em entender como o JCS mantém a segurança e a continuidade do sistema frente a situações não-normais. Como argumentado por Leonhardt *et al.* (2009) e Hollnagel *et al.* (2013), além de eventos com consequências negativas, tais como acidentes e incidentes, é preciso analisar eventos reais, com consequências positivas, e revelar como o JCS conseguiu adaptar e manter o controle do sistema mesmo com constrangimentos presentes na situação. Isso significa revelar quais foram as estratégias empregadas pelo *cockpit*.

Consequentemente, o objetivo das melhorias advém da necessidade de reforçar a capacidade adaptativa do sistema (Woods *et al.*, 2006), mais especificamente as estratégias empregadas (Rasmussen, 2000). Se os procedimentos precisam ser concebidos para auxiliar a atividade de gestão de anomalias, então eles devem apoiar o reconhecimento da anomalia, o diagnóstico do problema e a definição do curso de ação. Além de fornecer informações úteis para que o *cockpit* lide com problemas não-normais conhecidos (seja na perspectiva dos projetistas dos procedimentos ou dos pilotos), os procedimentos também devem ser capazes de apoiar a atividade frente a situações novas e desconhecidas, para as quais nenhum procedimento foi desenvolvido anteriormente (Dekker, 2005).

Na visão de procedimentos como recursos para ação, conforme proposto por Suchman (1987), não há equivalência entre prática e procedimento. Como os procedimentos auxiliam na realização da atividade quando requeridos, ao invés de servirem como mecanismos de controle da atividade (Wright e McCarthy, 2003), a diferenciação entre prática e procedimentos se torna impossível.

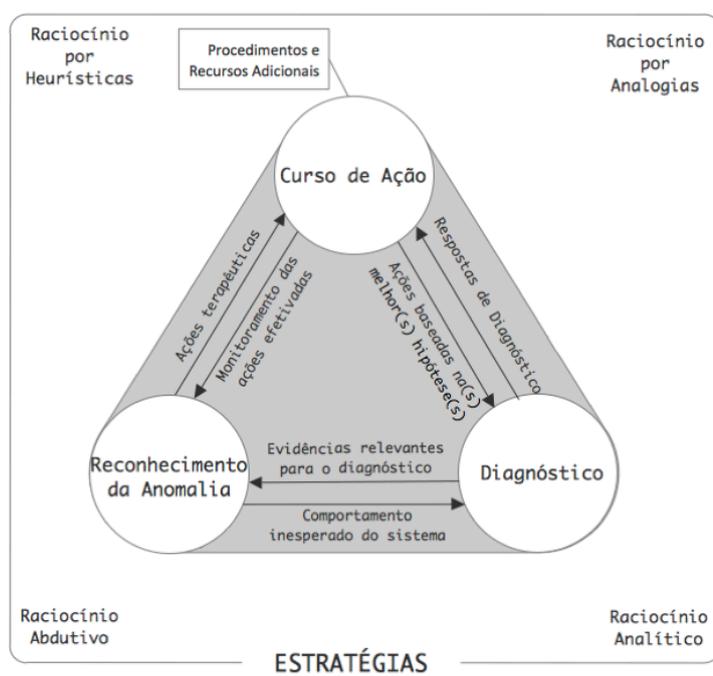
### 3.8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este Capítulo descreveu as abordagens teóricas para análise da atividade dos pilotos durante a gestão de situações anormais e de emergência sob a visão da ESC e o conceito ‘procedimentos como recursos para ação’. Além de integrar essas diferentes aproximações teóricas, este capítulo ainda operacionalizou esses conceitos através de pressupostos, os quais ainda foram comparados aos pressupostos das abordagens discutidas no Capítulo 2.

O modelo de gestão de anomalias foi descrito e ampliado para considerar outros tipos de raciocínios além da abdução (originalmente concebido por Woods). Além de ampliar a perspectiva de análise para toda a situação, o modelo baseado na atividade procura focar na interação entre os elementos durante a construção da situação anômala e o seu gerenciamento.

Adicionalmente, o conceito ‘procedimentos como recurso para ação’ complementa o modelo de gestão de anomalias ao propor que os procedimentos podem ser entendidos como sistemas de informação, tais como os aviônicos da própria aeronave, que apoiam a atividade. Nesse sentido, os *checklists* passam a ser entendidos como uma composição de fragmentos úteis aos pilotos. Como resultado, a **Figura 9** procura representar o modelo de gestão de anomalias após sua integração com as outras abordagens discutidas.

Da descrição das abordagens teóricas, foi possível comparar como o modelo de gestão de anomalias se diferencia dos modelos SPEED e o OODA *Loop*. Dentre as principais diferenças, a gestão de anomalias proporciona uma perspectiva aparentemente mais adequada à complexidade e dinamicidade inerente das situações anormais e de emergência e procura utilizar uma abordagem funcionalista da atividade ao invés do estruturalismo típico das abordagens baseadas na tarefa (Hollnagel e Woods, 1983; Woods, 2003).



**Figura 9:** Modelo de gestão de anomalias modificado a partir de diferentes teorias e conceitos  
 Fonte: Adaptado de Rasmussen e Jensen (1974), Suchman (1987), Rasmussen (1993a; 1993b; 1993c; 2000), Woods (1994), Wright *et al.* (1998), Woods e Hollnagel (2006)

O mesmo pode ser dito quanto aos pressupostos necessários aos métodos e protocolos para elaborar e revisar os procedimentos como recursos para ação. A adoção do modelo de gestão de anomalias para analisar a atividade em conjunto com o conceito de ‘procedimentos como recursos para ação’ oferece uma alternativa para a elaboração e revisão de procedimentos adequados a situações estruturadas e não-estruturadas.

## 4 MÉTODO DE PESQUISA

### 4.1 DESIGN SCIENCE RESEARCH

Para resolver o problema de pesquisa foi utilizada a *Design Science Research* (DSR) ou Ciência do Artificial: um modo de produção de conhecimento que se baseia na sistematização e orientação das pesquisas à solução de problemas por meio do projeto de artefatos. A DSR procura criar e projetar artefatos cujas propriedades desejadas alcancem objetivos definidos (Simon, 1996).

O objetivo da DSR é desenvolver o conhecimento que sustente soluções satisfatórias para problemas relevantes e complexos (van Aken, 2004). Nesse sentido, Simon (1996) entende que soluções satisfatórias são diferentes de soluções ótimas, já que a primeira considera os constrangimentos e a escassez de recursos inerente ao contexto organizacional de tal forma que a solução seja passível de implementação. Já a segunda considera-se o melhor cenário hipotético possível. Da mesma forma, pesquisas orientadas pela DSR não necessariamente geram uma solução totalmente nova, sendo suficiente a proposição de melhorias (March e Smith, 1995).

Além de resolver problemas específicos, a DSR deve possibilitar a generalização das prescrições para uma “classe de problemas”, definida como um problema característico a um certo campo de aplicação (van Aken, 2004). O conhecimento gerado pela DSR é do tipo prescritivo e multidisciplinar, pois é voltado a resolver problemas considerando o contexto no qual os resultados serão aplicados, e, ao mesmo tempo, abstrato e passível de generalização, de tal forma que o conhecimento possa ser replicado em outras situações-problema semelhantes (van Aken *et al.*, 2007).

A relevância da DSR para esta tese está na natureza do problema de pesquisa: (a) o QRH e os *checklists* não são suficientes para prover um conjunto de procedimentos adequados para lidar com problemas não-estruturados; (b) a literatura tem questionado a real efetividade dos procedimentos em sistemas complexos, principalmente em situações anormais e de emergência; e (c) não há métodos para elaboração e revisão de

procedimentos sob o conceito ‘procedimentos como recursos para ação’, o qual é uma opção para lidar com os dois outros problemas.

A aplicação da DSR pode resultar em quatro tipos de artefatos, conforme propõem March e Smith (1995): construtos, modelos, métodos ou protocolos e instanciações. Estes quatro artefatos estão inter-relacionados e os modelos e os métodos são especialmente potenciais contribuições teóricas de natureza prescritiva resultante do DSR (Lukka, 2003).

O resultado objetivado por esta tese através da DSR foi um protocolo, entendido como um método o qual estabelece uma sequência de ações para processar insumos e gerar produtos, e que se baseiam em um conjunto de construtos e modelos (Lacerda *et al.*, 2013). Sendo assim, o artefato proposto por esta tese procura oferecer ações para revisar os procedimentos para situações anormais e de emergência utilizados em *cockpits* de aeronaves comerciais transformando-os em recursos para a gestão de anomalias. Ao mesmo tempo em que o método procurou operacionalizar o conceito ‘procedimentos como recursos para ação’, as evidências empíricas complementaram a construção do protocolo ao oferecer *insights* sobre como os procedimentos auxiliaram os pilotos na gestão de anomalias durante situações reais.

Por último, a DSR deve ser entendida como um processo cíclico, contínuo e reestruturativo, onde as soluções são constantemente revisadas, reestruturadas e substituídas por outras, como argumentam Holmström *et al.* (2009). Sendo assim, é esperado que artefato proposto por esta tese seja novamente reavaliado para resolver problemas não solucionados por ele.

## 4.2 ETAPAS DA PESQUISA

O uso da DSR nesta tese foi baseado nos desenvolvimentos de Kasanen *et al.* (1993); March e Smith (1995), van Aken (2004), van Aken *et al.* (2007), Vaishnavi *et al.* (2007), Holmström *et al.* (2009), Lacerda *et al.* (2013) e na aplicação realizada por Saurin *et al.* (2014). As 4 etapas consideradas foram: a) compreensão do problema; b) sugestão e desenvolvimento; c) avaliação; d) conclusão. O delineamento do estudo pode ser visualizado na **Figura 10**.

Apesar de comumente organizado nessas etapas, o processo de pesquisa sob a orientação da DSR é iterativo, o que permite flexibilizar o processo de criação do artefato, conforme propõe van Aken (2004). Apesar dessa característica, o processo conduzido

nesta tese seguiu basicamente as etapas na ordem sugerida. Apenas as etapas de avaliação, sugestão e desenvolvimento que foram praticamente conduzidas concomitantemente.

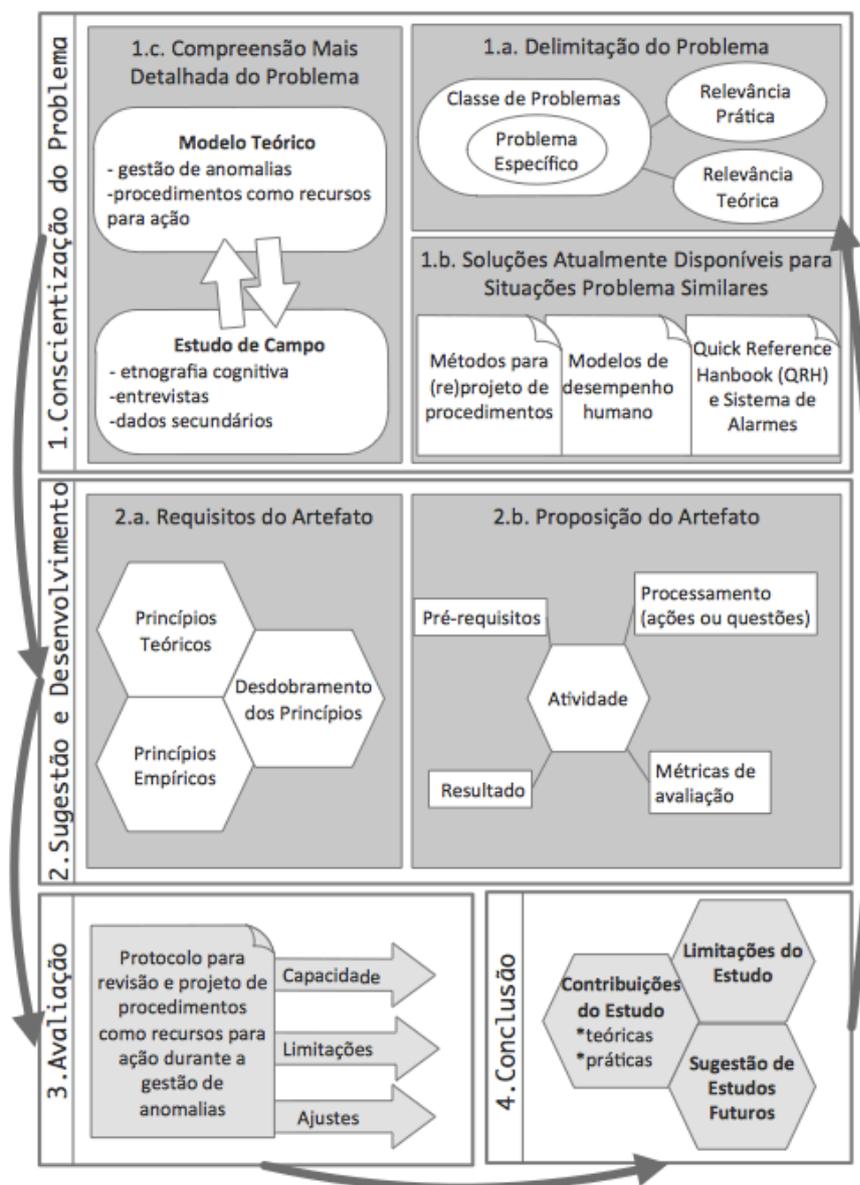


Figura 10: Delineamento da pesquisa baseada na DSR

#### 4.2.1 Compreensão do Problema

A compreensão do problema consiste no entendimento aprofundado e por diversos ângulos antes de propor qualquer tipo de solução. Para isso, é preciso inicialmente selecionar o problema utilizando como critérios a relevância prática e o potencial de geração de conhecimento (Kasanen *et al.*, 1993). Este último aspecto depende do potencial para solucionar uma classe de problemas, na identificação do constrangimento proveniente

do meio no qual a situação-problema está inserida e os atores que se interessam pelo artefato (van Aken, 2004).

A seleção de um problema prático e ao mesmo tempo com potencial de contribuir para a teoria foi realizada no início da pesquisa, está descrita nos Capítulos 1 e 2 e as justificativas podem ser sumarizadas conforme segue: (a) há apenas evidências anedóticas de que os atuais procedimentos para situações anormais e de emergência na aviação não são suficientes; (b) os atuais métodos para elaboração e revisão de procedimentos na aviação para situações anormais e de emergência apenas reforçam a visão de que procedimentos são mecanismos de controle organizacional; (c) a abordagem alternativa, ‘procedimentos como recursos para ação’ ainda não foi operacionalizada como ferramenta de análise, nem há qualquer método que se proponha a elaborar ou revisar os procedimentos por meio dessa abordagem, principalmente em situações anormais e de emergência no contexto aeronáutico.

Em um segundo momento dessa etapa, é preciso evidenciar de forma extensiva todas as soluções empíricas disponíveis na literatura para a classe de problemas, como pontuado por van Aken *et al.* (2007). O resultado desta etapa encontra-se no Capítulo 2. Nele foram apresentados as características dos QRH's e dos sistemas de alarmes comumente encontrados em modelos de aeronaves civis comerciais, os pressupostos utilizados pelos métodos de elaboração e revisão de procedimentos para situações anormais e de emergência na aviação, incluindo um regulamento aeronáutico e um método genérico e independente do setor. Intrinsecamente relacionados a estes métodos estão dois modelos de desempenho humano utilizados para explicar a atividade dos pilotos na resolução de situações não-normais e são baseados na abordagem da análise da tarefa.

Em um terceiro momento, é preciso delimitar o problema e compreender a situação-problema de forma mais detalhada, explorando-a através de diferentes abordagens. Como resultado, propõem-se os requisitos e alternativas de projeto, métricas e critérios para a aceitação do artefato a ser proposto (Manson, 2006). Para alcançar esse objetivo, o Capítulo 3 apresentou visões alternativas ao modelo de desempenho humano e ao conceito de procedimentos apresentados no Capítulo 2. A estrutura teórica resultante adveio da integração da teoria dos JCS, do modelo ‘gestão de anomalias’, do modelo ‘raciocínio de diagnóstico’ e do conceito ‘procedimentos como recursos para ação’. Além de integrados, estes conceitos foram melhor desenvolvidos e operacionalizados.

A estrutura analítica resultante propiciou requisitos para a elaboração de métodos para elaboração e revisão de procedimentos para situações anormais e de emergência.

Apesar da sua contribuição para resolver a situação-problema, foi necessário complementar a estrutura analítica com evidências empíricas. Portanto, um estudo de campo foi conduzido com objetivo de delimitar e permitir compreender melhor o problema de pesquisa. A condução deste estudo está descrito nos tópicos seguintes, onde ainda descrevem as delimitações do campo de estudo e da unidade de análise, bem como a estratégia e os procedimentos de coleta e análise dos dados.

#### 4.2.1.1 Delimitação do Objeto de Estudo

Um estudo de campo foi conduzido em uma empresa aérea regular brasileira no mercado desde 2008 e cujas operações são de âmbito regional, nacional e internacional. A empresa possui cerca de 30% das operações de voo realizadas no país. Os dados do início do ano de 2015 mostraram que a empresa possuía em torno de 13.000 funcionários, sendo aproximadamente 15% comandantes e copilotos ( $n=1.500$ ).

A frota é composta por três modelos de aeronaves, totalizando 150 aviões (dados de 2015). Este estudo, no entanto, dedicou-se somente a um deles, o qual corresponde a 54% da frota. O modelo pode ser caracterizado como uma aeronave a jato com dois motores, com capacidade de transporte de mais de 100 passageiros. Seu *cockpit* é considerado de última geração, onde são aplicados os princípios de “*glass cockpit*” (todas as informações são apresentadas digitalmente a partir de *displays* ao invés de indicadores analógicos) e “*dark and quiet cockpit*” (enquanto todos os sistemas e componentes da aeronave estão funcionando adequadamente não há iluminação de nenhum indicador ou alerta ou aviso sonoro). O *cockpit* ainda conta com um *Head Up Display* (HUD), um anteparo de vidro na altura dos olhos dos pilotos onde as principais informações referentes ao voo são projetadas (ver Goteman *et al.*, 2007).

A justificativa para a seleção da empresa e da aeronave foi a oportunidade de acesso aos dados e a experiência do pesquisador na aeronave objeto de estudo. Em 2010, o Departamento de Segurança Operacional (DSO) da empresa firmou um convênio com a universidade onde o pesquisador desenvolve suas atividades docentes. Entre os termos acordados, estavam a contratação do pesquisador para atuar no DSO e como piloto de aeronaves, a autorização para acesso a informações e instalações da empresa seguindo os princípios da confidencialidade da informação e a cooperação em projetos de pesquisa de interesse mútuo.

Desde 2011 o pesquisador atua como copiloto na empresa aérea, voando o modelo de aeronave foco desta pesquisa. Além disso, o pesquisador foi o coordenador de fatores

humanos na empresa, uma área do DSO dedicada a analisar a relação e a interação dos operadores de linha de frente (pilotos, comissários, despachantes de voo, agentes de aeroportos e mecânicos) com o sistema e propor melhorias nos processos com vistas à segurança. Entre suas atividades estavam a análise de ocorrências de segurança operacional sob a perspectiva de fatores humanos, tratamento das informações provenientes do sistema de relatos, coordenação do Programa LOSA (*Line Operations Safety Audit*) e do Programa de Gerenciamento do Risco a Fadiga, além da revisão do Programa de CRM (*Company Resource Management*).

#### 4.2.1.2 Delimitação da Unidade de Análise

Alguns estudos sob a abordagem da ESC têm considerado o *cockpit* como um JCS e o utilizado na análise de atividades complexas, tais como Henriqson *et al.* (2010), Nomura *et al.* (2005; 2006) e Hutchins (1995b). O pressuposto destes estudos é que o desempenho do sistema não é resultado único da capacidade dos pilotos ou do projeto dos artefatos tecnológicos, mas sim na interação entre esses componentes e o contexto real no qual a atividade ocorre (Norman, 2002). A cognição ocorre tanto dentro da mente quanto no contexto (Norman, 1993).

Neste sentido, a unidade de estudo considerada nesta tese consiste na atividade de gestão de situações anormais e de emergência realizada pelo *cockpit* de uma aeronave comercial durante um voo de transporte de passageiros. Portanto, considerou-se como *cockpit* dois pilotos (comandante e copiloto, ou dois comandantes), indicadores, controles, o sistema de alarmes (interface com os pilotos), manuais e computadores abordo, dispositivos de comunicação e *tablets*. Mesmo que elementos como órgãos de controle de tráfego aéreo, comissários, diferentes setores da empresa (tais como centro de controle de voo, centro de manutenção e agentes aeroportuários), profissionais de manutenção clientes, autoridades aeroportuárias, outras aeronaves e outros pilotos sejam considerados parte do meio externo, reconhece-se que o *cockpit* interage com eles principalmente por meio de dispositivos de comunicação, tais como interfones, rádios e serviços de mensagem (exceto os comissários e os técnicos de manutenção que podem interagir pessoalmente em voo e no solo, respectivamente).

Uma situação anormal ou de emergência foi definida como uma sequência de eventos nas quais o *cockpit* lidou com falhas ou mau funcionamento de componentes, ou sistemas da aeronave, ou ainda indicações anormais e de falhas surgidas durante um voo de transporte aéreo regular (Burian *et al.*, 2003). Mesmo que as situações tenham ocorrido

durante apenas uma parcela do voo, as atividades realizadas antes e as consequências das atividades realizadas durante a solução do problema também foram consideradas como pertinentes à sequência de eventos.

#### 4.2.1.3 Estratégia para Coleta dos Dados

A etnografia cognitiva foi uma das estratégias de coleta de dados adotadas pelo estudo para entender como a gestão de anomalia ocorre em eventos reais e para coletar relatos de eventos reais experimentados pelos participantes. A etnografia cognitiva permite estudar a cognição ocorrida não somente na mente dos indivíduos, mas principalmente na interação entre eles e os meios materiais e sociais utilizados para a construção do significado e da atividade (Hutchins, 1995a). A condução da etnografia cognitiva se baseia no envolvimento do pesquisador com o meio de pesquisa, pois é importante conhecer quais estruturas materiais e sociais os operadores se referem, como ela estão organizadas, quais são os processos nos quais eles estão envolvidos e quais recursos são utilizados para realizar a atividade. Sem esse envolvimento, há dificuldade de fazer sentido acerca dos dados coletados, bem como acessar a linguagem técnica e os jargões comuns aos meios profissionais (Hollan *et al.*, 2000).

A etnografia cognitiva se diferencia dos estudos etnográficos tradicionais por não ter a finalidade de descrever exaustivamente os aspectos culturais inerentes ao contexto no qual o pesquisador está inserido, nem por focar nas práticas sociais. A etnografia cognitiva deve ser vista apenas como uma estratégia para coletar os dados, o qual envolveu a inserção do pesquisador no objeto de pesquisa, uma definição muito próxima da proposta de Hollan *et al.* (2000).

Alinhada à etnografia cognitiva, a triangulação dos dados consiste na utilização de dados provenientes de diferentes fontes e visa a obter conclusões mais confiáveis (Flick, 2008). Segundo Angrosino (2009), a triangulação permite aumentar a validade da pesquisa etnográfica reduzindo o viés do observador, permitindo uma verificação e comparação dos dados observados com informações oriundas de diferentes fontes. Complementarmente, Hollan *et al.* (2000) argumenta que na etnografia cognitiva as técnicas de coleta de dados devem ser centradas em eventos, os quais devem revelar não apenas o que os indivíduos sabem, mas como eles fazem o uso do que sabem para fazer o que fazem.

Com base nesses requisitos, foram utilizadas quatro fontes de dados alinhados a etnografia cognitiva, a saber: (i) observação participante; (ii) método de decisões críticas

(*Critical Decision Method*- CDM); (iii) análise de documentos técnicos; e (iv) entrevistas em grupos.

A segunda estratégia de coleta de dados envolveu o emprego de (v) dados secundários, uma técnica com orientação positivista. Ela objetivou auxiliar na compreensão da magnitude dos eventos identificados na etnografia cognitiva e da recorrência desses eventos em toda a operação da empresa. A contribuição de cada uma das cinco técnicas pode ser visualizada na **Tabela 6**.

**Tabela 6:** O papel de cada técnica de coleta de dados durante a pesquisa

Razão para a coleta de dados / Fonte de dados		Etnografia Cognitiva			Positivismo	
		Observação Participante	CDM	Documentos técnicos	Entrevistas em grupo	Dados Secundários
Análise da atividade real	Entender como os pilotos realmente gerenciam situações anormais e de emergência	X	X			
	Entender o papel desempenhado pelo QRH, <i>checklists</i> e sistema de alarmes na atividade	X	X	X		
	Entender como outros recursos diferentes do QRH e do sistema de alarmes são utilizados na atividade	X	X	X		
Evidências quantitativas para apoiar a análise da atividade						X
Análise da organização da informação nas estruturas sociais e materiais disponíveis para gestão da anomalia	Entender o objetivo e os princípios utilizados no projeto QRH e do sistema de alarme	X		X	X	
	Entender como os pilotos supostamente devem gerenciar situações não-normais	X		X	X	

#### 4.2.1.4 Observação Participante

Observação participante consiste na junção de uma técnica de coleta de dados (observação) com o papel adotado pelo pesquisador (participante) no contexto de pesquisa (Angrosino, 2009). Na perspectiva de Schensul *et al.* (1999), essa estratégia também é relevante para facilitar o processo de aprendizagem do pesquisador, já que o mesmo é exposto de forma mais próxima ou se envolve em certo grau nas atividades rotineiras daqueles inseridos no contexto da pesquisa.

Ao atuar como funcionário da empresa, o pesquisador adotou o papel de participante-como-observador com associação completa. Nesta posição o pesquisador está integrado à vida do grupo, desempenha atividades como qualquer outro funcionário, conhece e se relaciona de forma próxima aos indivíduos e suas atividades de pesquisa são

reconhecidas (Angrosino, 2009). De certa forma, por todo o treinamento realizado, por possuir um cartão de identificação como copiloto de aeronaves e continuamente realizar voos, o pesquisador possuiu uma identidade muito próxima a dos pilotos. Não foi percebido uma plena identidade, pois as atividades desenvolvidas no Departamento de Segurança Operacional da empresa o identificam como membro da chefia, ou seja, atuava próximo da alta administração. Essa condição lhe concedeu uma identidade que se localizava entre a de copiloto e de chefe na visão dos pilotos, além de um tratamento com mais consideração por parte dos comandantes do que o recebido pelos demais copilotos.

Pelo fato do pesquisador ser piloto da empresa, o mesmo é capacitado a atuar como copiloto da aeronave objeto deste estudo e utilizar o QRH, uma vez que realizou o treinamento inicial e os treinamentos periódicos necessários. Em três anos de empresa, o mesmo possui cerca de 1.300 horas de voo totais, cerca de 500 horas na aeronave em questão e em torno de 515 voos realizados, dos quais 3 resultaram em situações anormais (**Tabela 8**).

Além das situações vivenciadas, foram realizados 53 voos de observação dentro do *cockpit* da aeronave, ocupando o assento extra disponível (*jumpseat*), no período de dezembro de 2012 a dezembro de 2014. Nessa condição, o pesquisador presenciou 2 situações anormais, conforme também apresentado na **Tabela 8**.

Para cada situação anormal vivenciada ou presenciada, os dados foram registrados durante e após a resolução da situação e evitou-se interpretações ou inferências *a priori*. As informações registradas foram uma construção entre o pesquisador e o comandante, ao atuar como copiloto, ou do pesquisador e dos pilotos, ao atuar como observador. Foi utilizado um diário de campo cuja estrutura para a coleta de dados foi organizada conforme a sugestão de Angrosino (2009): i) explicação do cenário indicando informações sobre o voo e a condição do pesquisador (observador ou copiloto); ii) cronologia dos eventos a partir do momento que houve qualquer indicativo de situação anormal aos pilotos; iii) descrições dos recursos utilizados pelos pilotos; e iv) descrição dos comportamentos e interações verbais. O Apêndice A apresenta um exemplo no qual o pesquisador atuava como copiloto.

#### 4.2.1.5 Método da Decisão Crítica (*Critical Decision Method* - CDM)

O CDM foi utilizado como técnica para realizar entrevistas episódicas, definidas como meios de coletar relatos de experiências vividas, que dificilmente o observador teria acesso (Hoffman *et al.*, 1998). O CDM objetiva elicitar a experiência de operadores que

tiveram que lidar com situações não-rotineiras e desafiadoras, e explorar profundamente, com intervenção do entrevistador e de perguntas específicas, como e por quê o operador fez o que ele fez (Klein *et al.*, 1989).

O objetivo das entrevistas episódicas foi coletar relatos das experiências dos pilotos durante a situações desafiadoras que envolveram a ocorrência de falhas técnicas ou mau funcionamentos de sistemas ou componentes da aeronave. Para isso, foram seguidas as 4 etapas do CDM recomendadas por Crandall *et al.* (2006): (i) identificação e seleção de uma situação anormal ou de emergência durante um voo regular e com passageiros; (ii) construção de uma linha do tempo, identificando pontos cruciais e segmentos; (iii) aprofundamento da compreensão do evento, procurando identificar quais eram as percepções, expectativas, objetivos, opções, julgamentos, confusões, incertezas, preocupações, alocação de atenção dos pilotos, entre outros aspectos; e (iv) questionamentos “E se...”, no qual o pesquisador especulou sobre o evento e parte dele, procurando identificar por que e como o piloto poderia ter feito diferente do que fez e qual seria o resultado. O roteiro de entrevistas encontra-se disponível no Apêndice B.

Foram enviados e-mails de recrutamento para todos os pilotos da empresa que tinham experiência no modelo de aeronave (n=860). Dos 30 participantes que demonstraram interesse, foram selecionados aqueles que possuíam pelo menos um ano de experiência no modelo, resultando em 17 pilotos. Depois de 12 entrevistas a saturação foi alcançada, pois os entrevistados estavam descrevendo principalmente eventos que já haviam sido registrados anteriormente.

Dez pilotos, os comandantes, tinham experiência anterior em outros modelos de avião e em outras companhias aéreas. Desses, apenas 3 tinham experiência como comandantes em outras empresas aéreas regulares, pois 7 foram promovidos a comandantes de aeronave de transporte aéreo regular na atual empresa. Estes últimos, apesar da larga experiência como pilotos, possuíam pouca experiência como comandante no modelo de aeronave na atual empresa. Considerando a grande variação de experiências, os participantes não foram divididos entre *experts* e *novatos* e, conseqüentemente, os resultados refletem o desempenho geral, sem distinção entre os possíveis níveis de *expertise*. A experiência média dos participantes na aviação comercial e na empresa voando o modelo de aeronave objeto de estudo foi de 13,3 anos e 7.120 horas de voo, e de 4,4 anos e 2.650 horas de voo, respectivamente. A caracterização dos entrevistados bem como suas experiências passadas podem ser visualizadas na **Tabela 7**.

**Tabela 7:** Caracterização dos participantes das entrevistas CDM

#	Função	Total de horas de voo	Tempo de experiência como piloto (anos)	Total de horas de voo no modelo de aeronave	Tempo de experiência no modelo de aeronave (anos)	Experiências anteriores
A	Comandante	9.000	16,0	3.800	4,5	Foi copiloto em algumas empresas aéreas regulares até se tornar comandante na atual empresa.
B	Comandante	9.000	16,0	1.100	1,3	Iniciou sua carreira na aviação como mecânico de aeronaves. Após, voou como copiloto em empresa de táxi aéreo. Ingressou em um fabricante de aeronaves e peças e depois como copiloto em uma empresa aérea regular. Ingressou na empresa como copiloto e, então, foi promovido a comandante.
C	Comandante	8.050	18,0	2.280	4,3	Após a graduação, se tornou copiloto em algumas empresas aéreas até ingressar na atual empresa como copiloto e, em seguida, como comandante.
D	Comandante	7.000	10,0	2.500	4,0	Após a graduação, se tornou copiloto em algumas empresas aéreas até ingressar na atual empresa como copiloto e, em seguida, como comandante. Além de voar, sempre atuou em outras funções relacionadas a segurança de voo.
E	Comandante	8.500	20,0	2.500	6,0	Possui experiência como copiloto e comandante em diversas empresas de pequeno porte, onde também desempenhou funções administrativas relacionadas ao treinamento. Após ingressar como copiloto em uma empresa aérea regular, foi promovido a comandante e ingressou na empresa como comandante.
F	Copiloto	3.500	6,0	3.500	6,0	Após a graduação, ingressou diretamente na empresa como copiloto.
G	Comandante	10.000	21,0	2.430	3,4	Voou como copiloto e comandante para uma empresa que possuía uma aeronave. Após ingressou em uma empresa regular como copiloto e voou rotas internacionais. Ingressou na empresa atual como comandante.
H	Comandante	7.000	10,0	3.000	5,0	Possui experiência como copiloto e comandante em empresas de táxi aéreo e como copiloto em empresa aérea regular. Ingressou na empresa como copiloto por 1 ano e depois foi promovido a comandante.
I	Comandante	8.600	12,0	2.200	3,2	Possui experiência como instrutor e de voo e copiloto em empresa aérea regular. Ingressou na empresa como comandante.
J	Comandante	5.000	12,0	1.000	3,3	Voou como copiloto e comandante em empresas de táxi aéreo e em uma linha aérea antes de ingressar na atual empresa.
K	Copiloto	2.700	5,0	2.700	5,0	Foi instrutor de voo e copiloto em empresas de táxi aéreo depois de graduado. Ingressou na atual empresa como copiloto.
L	Comandante	20.000	30,0	2.300	3,5	Foi comandante em diversas companhias aéreas e voou outros modelos de aeronaves e rotas internacionais. Ingressou como comandante na atual empresa.

Durante as entrevistas, foram discutidos 20 eventos separados, pois um piloto descreveu 3 situações enquanto um segundo relatou 2 situações na mesma entrevista (**Tabela 8**). As entrevistas foram gravadas, duraram em média 40 minutos e foram realizadas tanto pessoal (n=7) quanto remotamente por Skype® (n=5).

**Tabela 8:** Eventos identificados e as fontes de dados

Fontes de dados	Número de observações	Número de eventos identificados
Método da Decisão Crítica	12 entrevistas	15 eventos
Voos como observador	53 voos	2 eventos
Voos como observador participante	515 voos	3 eventos

#### 4.2.1.6 Análise de Documentos Técnicos

Para completar a triangulação dos dados, documentos técnicos da empresa aérea e do fabricante do modelo de aeronave foram analisados. De acordo com Yin (2001), a coleta de informações a partir de documentos permite corroborar e validar os dados coletados por meio de outras técnicas e fornece detalhes sobre determinada informação (Gil, 2008; Angrosino, 2006).

Os documentos foram particularmente importantes para identificar como as informações estão dispersas na estrutura material e social formalmente projetada para auxiliar os pilotos na gestão de situações não-normais. Com relação aos princípios de organização e utilização do QRH, foram analisados a versão do QRH proposta pelo fabricante e modificado pela empresa. Para revelar o funcionamento dos diferentes sistemas da aeronave, e em especial o funcionamento do sistema de alarmes, foram analisados o *Airplane Flight Manual* (AFM) e o *Airplane Operations Manual* (AOM) volume 2.

Além do AFM e o AOM volume 2, também foram analisados o AOM volume 1, o Manual Geral de Operações (MGO), Manual de Processos de Operações de Voo (MPO), Programa de Treinamento Operacional (PTO), boletins, revisão temporária e alertas com o objetivo de entender como espera-se que os pilotos gerenciem situações não-normais.

Secundariamente, a análise dos documentos foi importante para entender melhor a utilização de certos recursos no gerenciamento de situações não-normais, apesar de não serem considerados parte da estrutura formal. O manual que contém a Lista de Equipamentos Mínimos (*Minimum Equipment List* - MEL), o Manual de Procedimentos para Despacho com Desvios (*Dispatch Deviation Procedures Manual* - DPPM) e o Livro de Registros Técnicos (*Technical Logbook* - TLB), todos emitidos pela empresa aérea, foram analisados por terem sido evidenciados nos eventos analisados. Com exceção do TLB, e considerando que todos os manuais utilizados pela empresa aérea são derivados de manuais do fabricante, a Lista Mestre de Equipamentos Mínimos (*Master Minimum Equipment List* - MMEL) e o DDPM emitidos pelo fabricante também foram analisados.

É importante lembrar que cada um desses documentos foi aprovado pela Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC), muitos deles são documentos obrigatórios e são fontes oficiais de informações. A lista descritiva onde consta todos os documentos analisados encontra-se na **Tabela 9**.

**Tabela 9:** Resumo com as principais informações analisadas nos documentos da empresa aérea e do fabricante

DOCUMENTO	DESCRIÇÃO	CAPÍTULO, SEÇÃO, OU PARTE DO DOCUMENTO ANALISADO
<i>Airplane Flight Manual (AFM)</i> – Fabricante	Consiste no manual da aeronave com todas as informações consideradas relevantes pelo fabricante. É deste manual que derivam os manuais da empresa. Inclui o QRH proposto pelo fabricante.	Seção 4 – Procedimentos para situações anormais e de emergência.
Master Minimum Equipment List (MMEL) e Dispatch Deviation Procedures Manual (DDPM) – Fabricante	São manuais nos quais estabelecem as condições para aceitar que a aeronave decole com algum sistema, componente ou item inoperante. Da mesma forma, eles estabelecem quais são as condições e procedimentos necessários para que o voo possa ocorrer.	Foram consultados para analisar seu uso nas situações nos quais os pilotos fizeram uso. Adicionalmente foi analisado a 'EICAS message list'.
<i>Quick Reference Handbook (QRH)</i> – Empresa Aérea	Consiste em um conjunto de <i>checklists</i> , tabelas de performance e procedimentos adicionais para lidar com situações anormais e de emergência.	Todo o conteúdo. Foco nos <i>checklists</i> e informações relacionadas ao eventos identificados nas entrevistas e observações.
Minimum Equipment List (MEL) e Dispatch Deviation Procedures Manual (DDPM) – Empresa Aérea	Esses manuais possuem conteúdo muito semelhante aos MMEL e o DDPM emitidos pelo fabricante, exceto por serem mais restritivos.	Foram consultados para analisar seu uso pelos pilotos em algumas situações evidenciadas. Adicionalmente foi analisado a 'EICAS message list'.
<i>Technical Logbook (TLB)</i> – Empresa Aérea	São registros de bordo disponíveis fisicamente nas aeronaves com informações sobre falhas, mau funcionamentos na aeronave e intervenções de manutenção realizadas (corretivas ou preventivas).	Foram consultados durante os voos de observação para verificar o conteúdo e o motivo pelo qual foram utilizados pelos pilotos durante a resolução de situações não-normais.
Manual Geral de Operações (MGO) – Empresa Aérea	Estabelece macroprocessos, orientações gerais da empresa para os pilotos sobre como ele entende que as atividades ligadas as operações de voo devem ser realizadas. Estabelece também como a empresa vai cumprir os requisitos pertinentes a sua operação e estabelecidos nos regulamentos da ANAC.	Capítulo 6: Operações de Emergências.
<i>Airplane Operations Manual (AOM) volume 1</i> – Empresa Aérea	Documento emitido pelo fabricante e modificado e atualizado pela empresa aérea onde estão estabelecidos as limitações operacionais da aeronave, os procedimentos normais, suplementares, como utilizar o QRH e política e diretrizes de gerenciamento de situações anormais e de emergência. Nele constam também informações sobre o desempenho da aeronave (capacidade de pouco, peso de decolagem, etc.).	Capítulo 5: Non-Normal Procedures. Chapter B: Appendix B – Actions & Callouts.
<i>Airplane Operations Manual (AOM) volume 2</i> – Empresa Aérea	Documento onde estão descritos os componentes e as funcionalidades dos diferentes sistemas da aeronave, bem como informações pertinentes à sua operação.	Apesar de não constar nenhuma referencia explícita ao QRH, este documento descreve os sistemas da aeronave e o princípio de funcionamento das mensagens no sistema EICAS.
Manual de Processos de Operações de Voo (MPO) – Empresa Aérea	Documento onde constam descritos os processos realizados pela Diretoria de Operações de Voo, incluindo os relacionados a gestão dos documentos utilizados pelos pilotos.	Capítulo 4: Sistema de Gestão de Documentos.
Programa de Treinamento Operacional (PTO) – Empresa Aérea	Consiste na descrição de todos os treinamentos voltados aos pilotos e comissários de voo. Ele ainda provê o conteúdo do treinamento dos pilotos em simulador voltado a situações anormais e de emergência (tanto o inicial quanto os periódicos).	Capítulo 2: Pilotos. Seções A (introdução), B (treinamento inicial) e C (treinamento periódico). Anexo A: Lições de CPT e Simulador.
Revisão Temporária – Empresa Aérea	São revisões realizadas em documentos oficiais da empresa onde constam procedimentos ou a descrição de processos organizacionais. São mantidos em um documento separado até serem inseridos no próximo ciclo de revisão.	Perda do sistema hidráulico 1 e 2, Liberação MEL MSG 'FUEL FEED FAULT' com Falha Intermitente da 'Fuel Low Press Switch'.
Boletins – Empresa Aérea	São informações aos pilotos sobre quaisquer assuntos que influenciam o voo, principalmente modificações nos documentos oficiais e modificações ou estabelecimento de procedimentos ou processos temporários. Podem ser emitidos pelo Diretoria de Operações de Voo, DSO, Manutenção ou Engenharia. Foram considerados os boletins relacionados ao QRH ou a situações anormais e de emergência.	Implementação do MGO rev. 07.; Proibição de despacho do avião com 'RECIRC SMK DET FAIL'.
Alertas – Empresa Aérea	São informações de situações críticas ou potencialmente perigosas aos tripulantes. A maior parte dos alertas foram emitidos pelo DSO e dizem respeito a atenção para obras ou operações especiais em alguns aeroportos. O interesse foi naqueles documentos onde constam informações sobre problemas mecânicos na aeronave ou procedimentos em caso de anormalidade e emergência.	LANDING GEAR LEVER CANNOT BE MOVED UP, Falhas de <i>Bleed Valves</i> , ENG FIRE Alarm, Declaração de Emergência.

#### 4.2.1.7 Entrevistas em Grupo

As entrevistas permitem flexibilidade, diversidade, aprofundamento nos dados coletados através das observações (Yin, 2001). Além disso, elas são uma extensão natural das observações segundo Angrosino (2009), pois permitem explorar o significado dos padrões observados. Em particular, as entrevistas por pauta permitem ao entrevistador explorar pontos de interesse levantados pelo entrevistado ao mesmo tempo em que o entrevistado fala livremente sobre o assunto abordado (Gil, 2008). Já as perguntas podem auxiliar o pesquisador e lembrar de pontos de interesse não discutidos pelo entrevistado (Yin, 2001).

Foram conduzidas 2 entrevistas em grupo por pautas e por questões gravadas com os profissionais responsáveis pela gestão do QRH e dos *checklists*. A primeira, com duração de 87 minutos, foi realizada com dois funcionários do fabricante, ambos responsáveis por desenvolver e atualizar o QRH. O objetivo foi revelar o processo e os princípios utilizados para o desenvolvimento e atualização do QRH e dos *checklists* na perspectiva do fabricante da aeronave, conforme o roteiro disponível no Apêndice C.

A segunda entrevista em grupo durou 58 minutos e foi conduzida com o gerente de padronização da empresa aérea e seu assistente. Ambos são pilotos parte do tempo, enquanto na outra parte desempenham atividades administrativas que incluem atualizar todos os documentos relacionados às operações de voo, incluindo o QRH. O objetivo foi entender o formato do QRH adotado pela empresa aérea e como ocorre o processo de atualização (Apêndice D).

#### 4.2.1.8 Dados Secundários

O banco de dados com relatos de segurança da empresa foi utilizado para apoiar quantitativamente os eventos identificados nas observações e no CDM. O objetivo foi identificar se as situações reveladas nas entrevistas e nas observações ocorreram outras vezes e a frequência de ocorrência.

Esse banco de dados consiste em descrições, relatos pessoais e evidências relacionadas a eventos de segurança operacional ocorridos ou potencialmente perigosos presenciado ou experimentado por qualquer funcionário da empresa aérea. A procura resultou em 154 relatos envolvendo situações não-normais ocorridas com o modelo de aeronave foco desta pesquisa, nas quais ocorreu uma falha técnica ou mau funcionamento de algum componente da aeronave. Todos os relatos estavam relacionados de algum modo

aos eventos identificados por meio de entrevistas e observações. O período da pesquisa compreendeu janeiro de 2009 a maio de 2015.

#### 4.2.1.9 Análise dos Dados

Trechos da transcrição e a linha do tempo construída em cada um dos 20 eventos identificados foram organizados em matrizes, nas quais as linhas corresponderam ao desdobramento do evento e as colunas consistiram: (1) nos parâmetros da aeronave e indicações de seus sistemas, incluindo o sistema de alarmes; (2) nas ações, raciocínios e verbalizações dos pilotos; e (3) nas funções dos recursos utilizados pelos pilotos.

Em um segundo momento, as matrizes foram reinterpretadas e os dados foram categorizados segundo (**Tabela 11**): (a) fatores contextuais, tais como número, nível de severidade e conteúdo das mensagens apresentadas pelo sistema de alarme, comportamento da aeronave e se a mensagem foi extinta; (b) as estratégias utilizadas pelo *cockpit* para avaliar a anomalia, diagnosticar o problema e o curso de ação empregado; e (c) os tipos de estruturas de informação e os tipos de recursos utilizados para apoiar as estratégias. 20 matrizes (uma para cada evento) foram elaboradas e um exemplo pode ser visualizado no extrato apresentado na **Tabela 10** (por motivo de espaço, algumas colunas foram omitidas).

A análise dessas matrizes teve como objetivo revelar como a atividade é realizada na prática (*work-as-done* – WAD). Para isso, procurou-se relacionar os fatores contextuais às estratégias empregadas, e estas aos recursos, mais especificamente às estruturas de informações contidas nos recursos.

Os 154 eventos resultantes da pesquisa realizada no banco de dados de relatórios de segurança foram analisados utilizando-se técnicas de estatística descritiva, tais como frequência relativa e acumulada. Os dados de interesse foram direcionados pelos resultados da análise dos eventos. Foram levantados a frequência de ocorrência dos mesmos fatores contextuais, estratégias e recursos evidenciados durante a análise dos 20 eventos.

**Tabela 10:** Trecho de uma das matrizes utilizadas na análise dos eventos

#	Comandante	Copiloto ou Segundo Comandante	Parâmetros da Aeronave	Tipo de Alarme	Mensagem do sistema de alarme	Seção do QRH	Recursos adicionais utilizados
1	Se atenta a voz que anuncia o alarme.	Aperta o botão do piloto automático (AP) no manche para cancelar o alarme aural.	Em cruzeiro (FL330), AP desconectado.	Alarme por voz: “Autopilot, Autopilot”.	0	0	Conhecimento anterior: é comum que o AP se desconecte sem motivo.

2	Pressiona o botão do AT (sistema automático de potência) para cancelar o alarme aural. Começa a pensar qual provável falha desconectaria os dois sistemas automáticos.	0	Em cruzeiro (FL330), AP desconectado, AT desconectado.	Alarme por voz: "Auto throttle, Auto throttle"	0	0	Conhecimento anterior: não é comum que o AP e o AT se desconectem sem motivo ao mesmo tempo
3	Observa o EICAS com várias mensagens de falha devido ao alarme visual e sonoro. Considera que as mensagens foram apresentadas por ordem de criticidade. Entretanto, as mensagens 'windshear' e 'ground proximity' são as primeiras, o que não faz sentido.	Aperta o 'caution warning' para silenciar o alarme	Em cruzeiro (FL330), AP desconectado, AT desconectado.	Caution	Caution- WINDSHEAR FAIL, GND PROX FAIL, FLAP FAIL, AT FAIL, SHAKER ANTICIPATED, AOA LIMIT FAIL, AP FAIL, SPOILER FAULT Advisory-AUTO CONFIG TRIM FAIL, STAL PROT FAULT	0	0
4	Procura por fusíveis saltados nos painéis físicos ou no FMS (fusíveis eletrônicos). Pede ao Copiloto para fazer o mesmo no lado dele. Não encontra nenhum fusível saltado.	Procura por fusível saltado no painel do seu lado. Não encontra nada.	Em cruzeiro (FL330), AP desconectado, AT desconectado.	0	Caution- WINDSHEAR FAIL, GND PROX FAIL, FLAP FAIL, AT FAIL, SHAKER ANTICIPATED, AOA LIMIT FAIL, AP FAIL, SPOILER FAULT Advisory-AUTO CONFIG TRIM FAIL, STAL PROT FAULT	0	Painéis de fusíveis e fusíveis remotos no 'FMS Remote CB page'
5	Diagnóstico inicial é uma possível falha de indicação, talvez um alarme falso. Tenta re-engatar o AP e o AT para confirmar que é um falso alarme. Os sistemas não engatam e a hipótese pode estar errada.	0	Em cruzeiro (FL330), AP desconectado, AT desconectado.	0	Caution- WINDSHEAR FAIL, GND PROX FAIL, FLAP FAIL, AT FAIL, SHAKER ANTICIPATED, AOA LIMIT FAIL, AP FAIL, SPOILER FAULT Advisory-AUTO CONFIG TRIM FAIL, STAL PROT FAULT	0	0

Foi conduzida uma análise de conteúdo nas transcrições das entrevistas em grupo e dos documentos técnicos utilizando o software MaxQDA® *Student Version*. A análise de conteúdo envolveu a codificação de palavras, expressões, frases, parágrafos e textos e posterior categorização dos códigos às categorias analíticas (Bardin, 2011). O primeiro objetivo foi identificar o trabalho como imaginado (*work-as-imagined* – WAI). Ele consiste na percepção dos gerentes e projetistas do QRH, e na descrição contida nos manuais sobre como os pilotos deveriam lidar com situações não-normais. Além disso, a análise revelou como as informações necessárias para esta atividade estavam formalmente

organizadas e distribuídas no QRH, no sistema de alarmes, no treinamento, nos demais manuais e boletins.

O segundo objetivo foi descrever o WAI segundo as mesmas categorias de análise utilizadas na análise dos eventos. Com a categorização, foi possível comparar os fatores contextuais, estratégias e recursos utilizados na prática (WAD) com aqueles previstos no WAI (**Tabela 11**).

**Tabela 11:** Estrutura de análise dos dados

<b>Categorias Analíticas</b>	<b>Informação procurada nos dados</b>	<b>Relevância para a pesquisa</b>
Fatores contextuais	Como a situação se desdobrou de uma forma diferente do previsto no WAI?	Identificação de demandas adicionais criada por situações fora do escopo do QRH e do sistema de alertas.
	Qual o nível de representatividade desses fatores contextuais na operação da companhia?	
Estratégias	Como as estratégias da JCS foram usadas para adaptar-se às características contextuais?	Identificação de como adaptação ocorreu quando situações não-previstas ocorreram e não foram cobertos pelo QRH nem pelo sistema de alertas.
Seções do QRH utilizadas	Como o QRH foi usado para apoiar estas estratégias?	Compreensão do papel desempenhado pelo QRH diante de situações não-previstas.
Funções dos recursos adicionais utilizados	Como outros recursos foram utilizados para apoiar estas estratégias e complementar as seções do QRH?	Identificação de outros recursos utilizados para apoiar estratégias de adaptação e para complementar o QRH.

#### 4.2.2 Sugestão e Desenvolvimento

A sugestão é considerada uma etapa essencialmente criativa e procura transformar o conhecimento descritivo em princípios e desdobramentos para a construção do artefato (Vaishnavi *et al.*, 2007). Da mesma forma, é necessário verificar as implicações éticas da utilização do artefato (Lacerda *et al.*, 2013).

Nesta etapa, os princípios teóricos adotados pelo modelo de gestão de anomalias revisado, incluindo o conceito ‘procedimentos como recursos para ação’, foram complementados, corroborados, refinados, revisados ou descartados a partir dos princípios derivados das evidências empíricas.

Já no desenvolvimento, a sugestão é operacionalizada e implementada (Vaishnavi *et al.*, 2007). Nesta etapa, as ferramentas escolhidas para o desenvolvimento do artefato são justificadas, bem como a explicitação dos componentes do artefato e como eles se interrelacionam. Ainda deve-se mostrar como as funcionalidades causam os efeitos desejados, bem como os objetivos esperados (Lacerda *et al.*, 2013). O resultado é um artefato com todas as funcionalidades e a relação entre elas justificadas, revelando uma solução independente do contexto (Takeda *et al.*, 1990). Da mesma forma, é preciso definir as métricas que devem ser utilizadas para testar o artefato e sua implementação.

Nesta segunda etapa, portanto, os princípios teórico-empíricos foram transformados em etapas necessários a um protocolo para reprojeto de procedimentos como recursos para ação e foram propostas ainda métricas para avaliar se artefato alcança os objetivos propostos. Também foram considerados os possíveis constrangimentos provenientes do contexto organizacional e discutido como eles pode afetar a implementação do método.

A apresentação do protocolo para reprojeto de procedimentos para situações anormais e de emergência sob o conceito de procedimentos como recursos para ação durante a gestão de anomalias encontra-se no Capítulo 7. Neste capítulo, além dos resultados de ambas etapas, apresenta-se ainda a relação entre os princípios, os desdobramentos e as atividades.

### 4.2.3 Avaliação

Após a criação do artefato, é preciso avaliar a solução proposta. Partindo dos princípios estabelecidos, é preciso evidenciar os resultados que o artefato alcançou, suas limitações e os ajustes necessários (Lacerda *et al.*, 2013). Vaishnavi *et al.* (2007) pontuam a necessidade de adquirir e reutilizar novas informações para melhorar o desempenho do artefato a partir de ajustes. Entretanto, a avaliação do artefato foi limitada em função da implantação parcial da proposta, pois não houve tempo hábil para implementá-lo por completo.

A avaliação adotou os critérios propostos por Sgourou *et al.* (2010), o qual procurou avaliar diferentes métodos de avaliação de desempenho em segurança antes de escolher um deles. Devido sua relevância, e ainda que utilizados com uma finalidade diferente da original, os critérios têm sido empregados para avaliar métodos e protocolos de diferentes naturezas (ver Henriqson, 2010 e Saurin *et al.*, 2014). Nesse sentido, os critérios adotados foram: (a) o método deve ser apoiado por modelos ou teorias científicas, além de ser necessário explicitar a relação entre eles; (b) o método deve ser holístico; (c) o método precisa deve ter validade e confiabilidade; (d) o método precisa demonstrar simplicidade para ser aplicado; (e) o método precisa ser flexível o suficiente para ser utilizado em diferentes ambientes de trabalho; (f) o método deve motivar a implementação de melhorias. Enquanto os três primeiros critérios estão relacionados aos conceitos e métodos empregados no desenvolvimento, os três últimos referem-se à aplicação prática do artefato. Sugere-se ainda utilizar como fontes de evidência o tempo necessário para cumprir as etapas do protocolo e as dificuldades encontradas pelos usuários.

Aplicados aos métodos e protocolos de elaboração e revisão de procedimentos para situações anormais e de emergência, esses critérios significam que eles: (i) precisam ser apoiados por teorias ou modelos que procurem prever o desempenho dos pilotos durante a atividade de gestão de situações não-normais e o desempenho dos procedimentos durante essa atividade; (ii) não devem focar nem nos procedimentos ou nos pilotos durante a realização da atividade, mas sim em diversos fatores e na relação entre os diferentes componentes da atividade; (iii) podem ser avaliados por meio da credibilidade, transferibilidade, confiança e confirmabilidade, se forem constituídos por pesquisas qualitativas, ou por meio da validade interna, validade externa, confiabilidade e objetividade, em caso de pesquisas quantitativas (Trochim, 2006); (iv) não devem exigir nenhuma perícia específica dos práticos ou pesquisadores que farão o uso do protocolo com relação às teorias, técnicas e no contexto industrial de aplicação (Henriqson, 2010); (v) devem ser flexíveis, ou seja, passíveis de aplicação em diferentes contextos industriais; e (vi) devem resultar em propostas de melhorias que aumentem o desempenho do *cockpit* como um todo ao lidar com falhas técnicas.

Todos os critérios propostos foram utilizados para avaliar o protocolo, exceto a validade, a qual constituiu-se somente da transferibilidade e foi combinada com o critério flexibilidade. Como transferibilidade se refere ao grau de generalidade de um estudo qualitativo ou o quanto os resultados desse estudo podem ser transferidos para outras situações similares (Trochim, 2006), seu significado fica muito próximo do critério 'flexibilidade'. Sendo assim, assume-se que ambos se referem ao mesmo critério de avaliação. Nesse sentido, portanto, foram discutidos a capacidade de generalização das etapas, sua utilização em outros contexto industriais e em situações operativas normais.

#### 4.2.4 Conclusão

Nessa fase, realiza-se a síntese das principais aprendizagens em todas as fases do projeto, principalmente na fase do desenvolvimento e avaliação, ainda que haja desvio entre o comportamento real do artefato e o desejável. É preciso também justificar a contribuição do trabalho para a classe de problemas na qual o artefato está inserido (Lacerda *et al.*, 2013), explicitando a contribuição teórica gerada pela criação do artefato (Vaishnavi *et al.*, 2007). Manson (2006) acredita que a DSR precisa contribuir para as teorias com dados empíricos, métricas e métodos, e não procurar apenas explicitar o processo de desenvolvimento do artefato.

Esta etapa foi apresentada na conclusão do estudo (Capítulo 8) e objetivou mostrar as contribuições da tese ao conceito de ‘procedimentos como recursos para ação’ e ao modelo ‘gestão de anomalias’. O segundo tópico discutido foi a contribuição do método para o contexto aeronáutico, como ele se diferenciou dos métodos tradicionais para elaboração e revisão de procedimentos atualmente existentes e sua relevância para as empresas aéreas. O terceiro tópico discutiu o resultado da avaliação do método e as limitações por ele demonstradas. Por último, apresentou-se as limitações da pesquisa e as sugestões de estudos futuros.

## 5 RESULTADOS: COMPREENSÃO DO PROBLEMA

Os resultados estão apresentados em duas partes. A primeira parte analisa a estrutura material e social formal disponível aos pilotos para lidar com situações anormais e de emergência, tais como o QRH, *checklists* e o sistema de alarme, e como os pilotos deveriam lidar com as situações não-normais. Ainda descreve-se os métodos de gestão do QRH empregados tanto pelo fabricante quanto pela empresa aérea. A segunda parte analisa como realmente os pilotos gerenciaram anomalias por meio da análise dos fatores contextuais presentes nos eventos, das estratégias empregadas pelos JCS e dos recursos utilizados.

### 5.1 ESTRUTURA MATERIAL E SOCIAL FORMAL PARA A GESTÃO DE ANORMALIDADES E EMERGÊNCIAS: TRABALHO-COMO-IMAGINADO

O trabalho descrito nos documentos técnicos e inferidos a partir das entrevistas com gerentes e engenheiros é consistente com a visão de que o QRH é projetado para fornecer o melhor curso de ação e está estruturado segundo a lógica 'IF ... THEN': o sistema de alarmes fornece a mensagem (IF) e os *checklists* oferecem a melhor solução (THEN). Além disso, esta descrição assume que a falha é claramente distinguível e corresponde exatamente à mensagem emitida pelo sistema de alarmes. Logo, há evidências de que o WAI foi concebido assumindo que o QRH e os *checklists* são mecanismos de controle organizacional.

#### 5.1.1 A Estrutura do QRH, dos *Checklists* e do Sistema de Alarmes

A exemplo dos modelos apresentados no Capítulo 2, os procedimentos para solucionar situações anormais e de emergência no modelo de aeronave foco desta pesquisa estão dispostos em *checklists* compilados no QRH e utilizam o inglês como única linguagem. O QRH somente pode ser utilizado pelos pilotos quando a aeronave estiver em

voo, definido como o período entre o início do táxi por meios próprios (pelo menos um dos motores acionados) e o corte dos motores. Até o início do deslocamento, qualquer situação anormal ou de emergência é resolvida pela manutenção ou pelos pilotos através de outro manual.

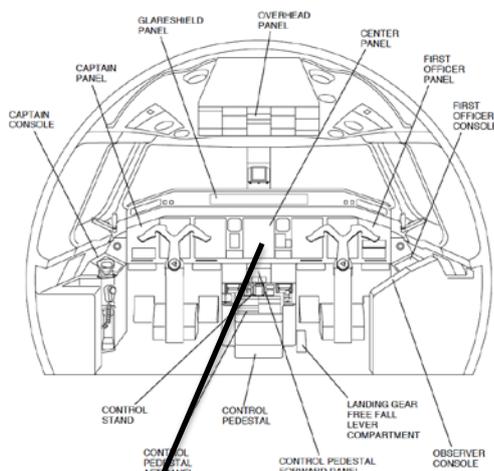
Fisicamente o QRH consiste de folhas de papéis especiais com conteúdo disposto na frente e no verso e de uma capa e contracapa de um material resistente e flexível. Quanto sua dimensão, ele é mais comprido e mais estreito do que uma folha A4. Quase todas as folhas correspondem a *checklists*; o restante são procedimentos complementares, um guia para lidar com os disjuntores, tabelas de desempenho da aeronave para serem consultadas em voo e itens de memória (explicado mais adiante, assim como todas as seções que compõem o QRH). Exemplos de páginas completas do QRH estão disponíveis no Apêndice E e servem para ilustrar o documento analisado.

O QRH tem uma correspondência direta com o sistema de alarmes da aeronave. A aeronave foco do estudo utiliza o *Engine Information and Crew Alert System* (EICAS) como sistema de monitoramento de condições anormais ou falhas, a partir de diversos parâmetros e sistemas da aeronave. Ao detectar uma dessas condições, o sistema, do tipo classifica e mostra (Singer e Dekker, 2000), filtra e prioriza as mensagens antes de apresentá-las aos pilotos, conforme descrito no item 2.1.

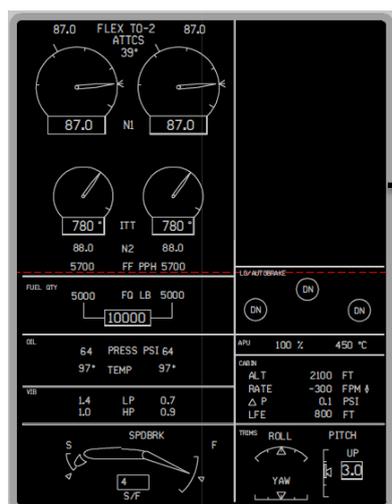
A interação dos pilotos e técnicos de manutenção com o EICAS ocorre por meio da tela EICAS disposta entre os pilotos no painel central (**Figura 11**). Além de apresentar as mensagens de falhas, chamadas mensagens EICAS (**Figura 13**), essa tela também apresenta informações sobre os parâmetros do motor, controles de voo, sistema de trem de pouso e freios (**Figura 12**).

Toda mensagem EICAS possui uma classificação quanto ao nível de severidade, representado por um sistema de cores. A cor branca indica o *status* de um sistema ou componente e requer apenas ciência da tripulação, pois o componente, embora se encontre em uma condição diferente da esperada, não representa uma falha propriamente dita. Mensagens em ciano representam um aviso sobre uma condição não comum de um componente ou sistema que pode requerer uma ação da tripulação, apesar de não ser urgente. Já mensagens em âmbar representam situações anormais nos quais foi identificada falhas urgentes e que necessitam de ações não imediatas por parte dos pilotos. Ela vem acompanhada de um sinal sonoro e da indicação da luz de *caution*, que fica a altura dos olhos dos pilotos. Por último, uma mensagem vermelha indica uma situação de emergência, tais como falha ou fogo nos motores, e requer ação imediata da tripulação.

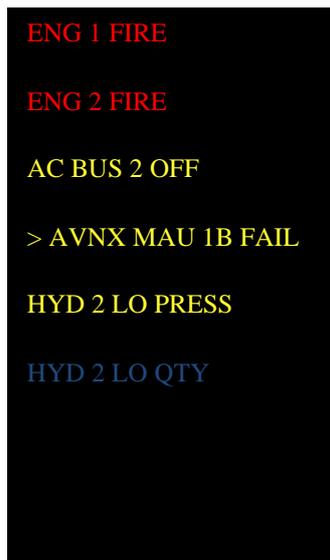
Essa mensagem também vem acompanhada de um aviso sonoro e da indicação da *master warning*, localizada ao lado da indicação da *caution*.



**Figura 11:** Arranjo típico de um cockpit do modelo de aeronave foco deste estudo segundo o manual do fabricante



**Figura 12:** As informações apresentadas na tela EICAS

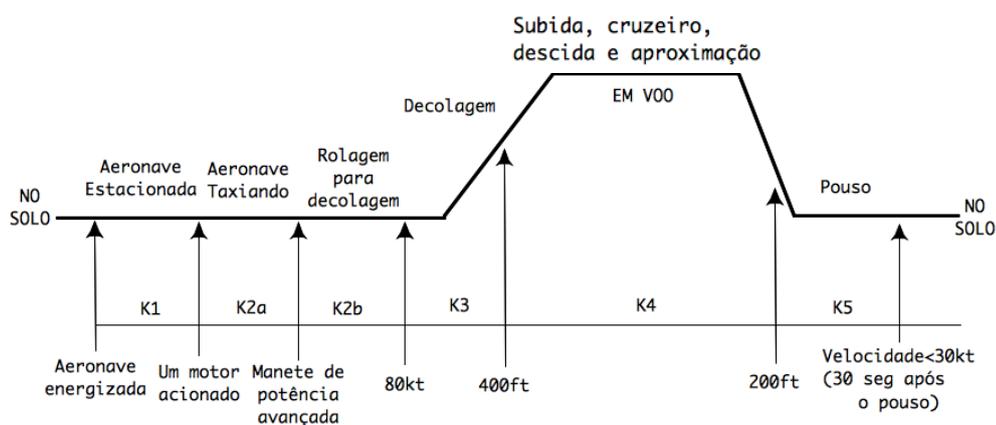


**Figura 13:** A área da tela EICAS voltada somente para apresentar as mensagens

Na tela EICAS, as mensagens são agrupadas por cores e, para cada grupo de cor, elas são dispostas cronologicamente (**Figura 13**). De acordo com o fabricante, diante de múltiplas mensagens há uma grande probabilidade delas serem causadas por falhas em componentes de controle do sistema elétrico, tais como barramentos de eletricidade, MAU (*Modular Avionics Unit*) ou SPDA (*Secondary Power Distribution Assembly*), nessa ordem de possibilidade. Nesse sentido, o próprio EICAS identifica as mensagens raízes (há possibilidade de mais de uma mensagem raiz ao mesmo tempo) e dispõe o símbolo do ‘chevron’ (‘>’) ao lado da mensagem para alertar os pilotos qual mensagem deve ser

resolvida primeiro dentro do mesmo grupo de cores, ainda que ela não seja a primeira mensagem na ordem vertical ou no sistema de cores (**Figura 13**). O sistema EICAS possui 21 dessas mensagens raízes.

O sistema de alarmes EICAS possui uma lógica de inibição da mensagem segundo a carga de trabalho experimentada pelo piloto nas diferentes fases de voo. A lógica conhecida como ‘K Code’ estabelece para cada uma das 5 fases de voo quais tipos de mensagens que devem ou não ser inibidas para não atrapalhar os pilotos. A **Figura 14** mostra a representação gráfica dessa lógica.



**Figura 14:** Lógica do sistema de inibição de mensagens EICAS segundo o manual do fabricante

Ao contrário do QRH do fabricante, na versão da empresa aérea todas as mensagens EICAS possuem um *checklist* associado, cujo título, em letras maiúsculas, corresponde exatamente ao texto da mensagem. Em situações onde não há nenhuma mensagem associada, conhecidas como falhas não-anunciadas, os títulos dos *checklists* ficam em letras minúsculas. A **Figura 15** mostra dois *checklists* distintos, mas relacionados ao sistema de trem de pouso. No primeiro, o trem de pouso não pode ser recolhido, porque a alavanca de recolhimento está travada. Como é uma condição não identificada pelo sistema de alarmes, o título está em minúsculo. O segundo está em maiúsculo, porque o sistema identificou algum problema no trem de pouso e a mensagem com mesmo texto pode ser visualizada na tela EICAS.



**Figura 15:** Exemplo de títulos dos *checklists* para uma situação não anunciada (acima) e uma situação anunciada (abaixo)

Os *checklists* estão distribuídos na capa, contracapa e em 13 seções. A capa e a contracapa contêm *checklists* (cinco na capa e quatro na contracapa) para situações de emergência e que necessitam de ações rápidas. Esses *checklists* são conhecidos como *checklists* de rápida referência (*Quick Reference Checklists - QRC*), pois as ações devem estar prontamente disponíveis aos pilotos. Desses *checklists*, quatro se referem a situações não anunciadas pelo EICAS, tais como falha dos dois motores ao mesmo tempo e a descida de emergência. Um exemplo de *checklist* disponível no QRC pode ser visualizado na **Figura 16**, o qual lista as ações necessárias antes e durante a evacuação da aeronave.

<b>Evacuation</b>	
PARKING BRAKE .....	ON
Standby for further instructions PA.....	Notify
SLAT/FLAP Lever .....	5
DOME Light (if req.) .....	ON
Thrust Levers .....	IDLE
START/STOP Switches 1 & 2.....	STOP
Fire Handles 1 & 2 .....	PULL and (if req.) ROTATE 1L & 2R
APU EMER STOP Button .....	Push IN
APU FIRE EXTINGUISHER Button (if req.).....	Push
CARGO SMOKE FWD or AFT Button (if req.) .....	Push
PRESSURIZATION DUMP Button.....	Push IN
ATC .....	Notify
Evacuation .....	Initiate
QRC actions complete. (Time permitting, go to pg. 14-7.)	

**Figura 16:** Exemplo da capa do QRH onde apresenta-se um *checklist* para ser realizado em caso de evacuação da aeronave

Após a capa, há um índice com o título de todos *checklists* do QRH, no total de 415 *checklists*. Além dos *checklists*, o índice também direciona às páginas que contêm tabelas de desempenho, informações adicionais e procedimentos complementares a serem realizados em operações normais, mas não rotineiras. Os títulos estão dispostos em ordem alfabética, independente se em maiúsculo ou não, o que facilita sua localização. A paginação dos *checklists* é baseada na numeração ‘capítulo-número sequencial’ e cada seção também possui um índice relativo ao seu conteúdo.

A primeira seção do QRH após o índice é a seção SR (*Smoke & Fire*). Nela constam todos os *checklists* relacionados a situações críticas e de emergência, envolvendo fogo ou fumaça. Em alguns casos, os *checklists* desta seção são complementares ao QRC e aos itens de memória.

As seções de 1 a 13 referem-se a *checklists* para falhas relacionadas aos diferentes sistemas da aeronave, o qual cada uma possui um número segundo o padrão *ATA Code*

para os sistemas da aeronave. *Checklists* para mensagens de falhas relacionadas aos motores ('ENG'), por exemplo, estão na seção 6 do QRH, cujo número é o *ATA Code* para os motores (**Figura 17**).

Index	
EMER LT NOT ARMED .....	1-6
EMER LT ON .....	1-7
Emergency Descent .....	<b>QRC-II</b>
ENG 1 (2) CONTROL FAULT .....	6-5
ENG 1 (2) FADEC FAULT .....	6-7
ENG 1 (2) FADEC OVERTEMP .....	6-8
ENG 1 (2) FAIL/Engine Failure (In Flight) .....	6-10
ENG 1 (2) FAIL/Engine Failure (On Ground) .....	6-11
ENG 1 (2) FIRE DET FAIL .....	6-7

**Figura 17:** Exemplo de índice geral para títulos que iniciam com 'E'

O *checklist* que não se encaixa em nenhum dos 13 capítulos está disponível no capítulo 14, chamado de *Miscellaneous*. Nesta seção constam todos os *checklists* para situações não anunciadas pelo sistema EICAS e não relacionadas diretamente a falhas de sistemas ou componentes. É possível encontrar *checklists* para ameaça de bomba a bordo, evacuação e pouso de emergência na água, por exemplo.

Após esta seção, há o *Reset Guide*: uma seção com informações e procedimentos para limpar as mensagens ruidosas no EICAS (que permanecem mesmo depois do problema solucionado) ou qualquer tipo de falha ocorrida no solo após o acionamento dos motores, mas antes da decolagem. As ações contidas no manual consistem na retirada e reposição ('reset') dos disjuntores. Pelo fato de ser considerado um guia, o *Reset Guide* não possui prioridade sobre os *checklists* ou o QRH. Nas entrevistas, os pilotos mais experientes revelaram que os procedimentos de 'reset' dos disjuntores são uma ótima opção, ainda que seu uso seja limitado, pois o fabricante formalizou aquilo que era realizado informalmente pelos pilotos no passado.

Em seguida ao *Reset Guide* encontra-se a seção *Performance*, onde são apresentadas tabelas de desempenho da aeronave. Elas apresentam, entre outras informações, a altitude máxima de voo que uma aeronave pode ir com um determinado peso e temperatura e a distância atingida pela aeronave com uma dada quantidade de combustível com um dos motores falhado.

Por último, a seção *Additional Procedures* contém informações e *checklists* para operações normais, porém não rotineiras, tais como procedimentos para dar a partida no

segundo motor apenas com auxílio do motor em funcionamento. Há também duas páginas informativas: *Limitation*, onde são apresentados os limites máximos operacionais da aeronave (a intensidade máxima do vento de través durante o pouco ou decolagem, por exemplo), e a página *Memory items*, onde constam algumas ações provenientes de 7 *checklists* e que devem ser memorizadas pelos pilotos. Essas ações, *memory items*, devem ser executadas logo após a ocorrência do problema e antes de realizar qualquer *checklist*. Em caso de depressurização, por exemplo, assim que o alarme de emergência é disparado, os pilotos precisam colocar as máscaras de oxigênio e estabelecer a comunicação entre eles (**Figura 18**). Tal ação deve ser realizada de imediato e antes da leitura do *checklist*, pois o tempo de consciência útil em ambientes de hipóxia é restrito (é menor quanto mais alto a aeronave estiver).

Memory Items	
Cockpit/Cabin Smoke/Fumes	
Oxygen Masks .....	ON, EMER
Crew Communications .....	Establish

**Figura 18:** Exemplo de dois itens que deve ser memorizados pelos pilotos e executados imediatamente, antes mesmo de utilizar o QRH

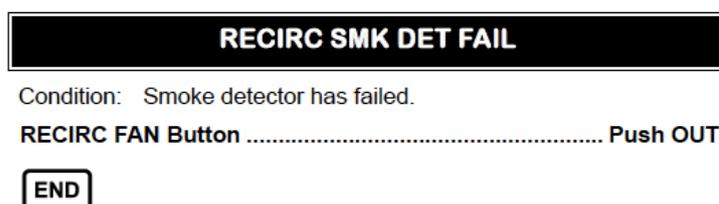
Além do QRH, os *checklists* também possuem uma estrutura baseada em seções. A análise dos *checklists* revelou que a composição é variada em termos de seções e texto. Enquanto composições mais simples possuem três seções e cobrem menos de uma página (uma página do QRH pode ter mais de um *checklist*), os *checklists* maiores possuem até sete seções e podem cobrir até três páginas.

Em quase todos os *checklists* a estrutura mínima é composta pelo título, a condição e uma recomendação para os pilotos. A seção ‘condição’ apresenta o significado da mensagem ou da falha e a provável causa raiz. Se o *checklist* não trazer nenhuma nota ou sugestão de ação, o *checklist* finaliza com o termo ‘*Crew Awareness*’ (atenção da tripulação). Essa expressão significa que a falha não requer nenhuma ação, exceto a constante atenção sobre a evolução do problema, como exemplificado na **Figura 19**.

EMER LT BATT FAULT
Condition: One of the four emergency batteries is not working properly.
..... Crew Awareness.....

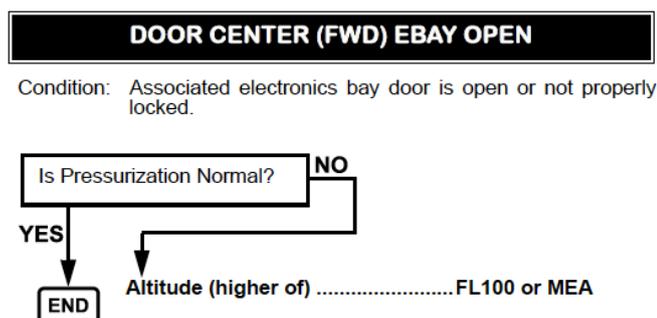
**Figura 19:** Exemplo de um *checklist* simples composto por 3 seções

Já, o *checklist* que possui algum curso de ação, mesmo que seja somente uma sugestão, passa a ser composto por 4 seções: título, condição, ação, restrição operacional ou nota e um termo para indicar fim das ações. A **Figura 20** mostra um extrato do *checklist* relacionado à falha do detector de fumaça do sistema de recirculação de ar (*‘RECIRC SMK DET FAIL’*). Nessa situação, o *checklist* indica apenas a necessidade de desligar o sistema de recirculação de ar. A finalização de seu conteúdo é indicado pela expressão *‘END’* (fim).



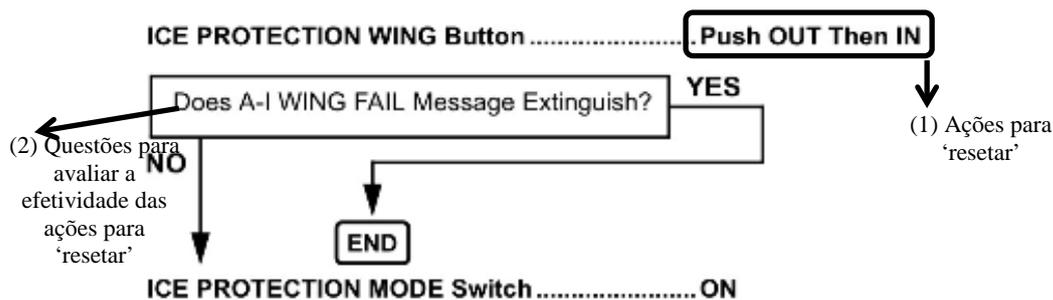
**Figura 20:** Exemplo de um *checklist* composto por 4 seções

Além das ações dispostas em listas, conforme apresenta a **Figura 20**, alguns *checklists* apresentam ações condicionais, dispostas em um fluxograma. Todas as questões contidas nas ações condicionais são dicotômicas e requerem respostas ‘Sim’ ou ‘Não’. Na **Figura 21**, por exemplo, o fluxograma mostra que somente há necessidade de conduzir alguma ação se os pilotos constatarem anormalidade na pressurização da aeronave.



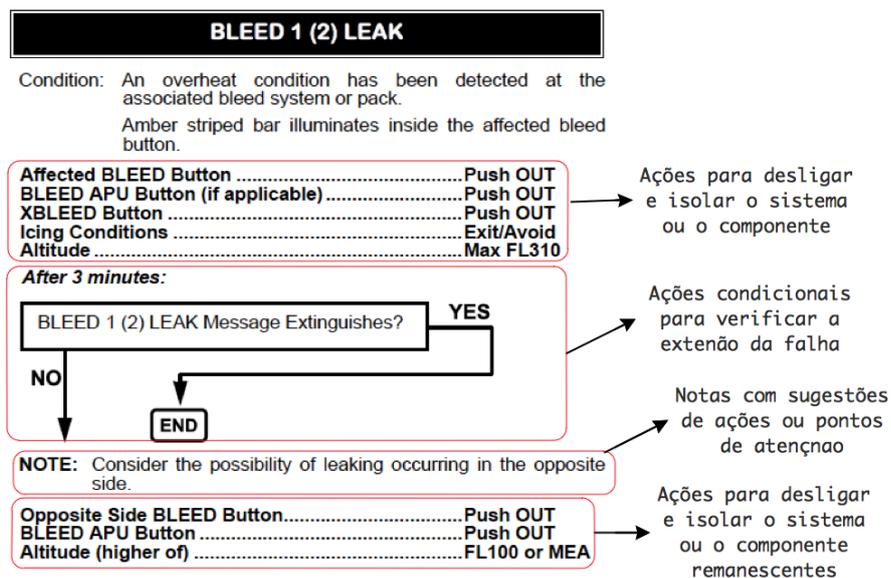
**Figura 21:** Exemplo de um *checklist* de 4 seções composto por ações condicionais

As ações listadas e condicionais são úteis para ‘resetar’ o sistema, além de serem úteis para avaliar a extensão da falha. ‘Resetar’ compreende ações que visam desligar e religar (após alguma tempo) o componente ou o sistema para verificar se a falha não ocorreu por um mau funcionamento momentâneo ou por alarme falso. A **Figura 22** apresenta o extrato de um *checklist* com ações para ‘resetar’ o sistema de anti-gelo e ações condicionais para verificar a efetividade do ‘reset’.



**Figura 22:** Um exemplo de ações para ‘resetar’ o sistema (1) e questões dicotômicas para avaliar a efetividade do ‘reset’ (2)

Se as ações para ‘resetar’ não forem suficientes para resolver o problema, alguns *checklists* apresentam ações para minimizar as consequências da falha, tais como descer para altitudes mais baixas, ou ações para desligar, isolar ou desacoplar um componente ou um sistema. Essas últimas ações somente são realizadas em condições críticas, pois muitas delas são irreversíveis ou podem degradar o desempenho da aeronave, tais como desligar os motores ou um dos sistemas de ar condicionado.



**Figura 23:** Extrato de um *checklist* com ações para desligar e isolar o(s) sistema(s) falho(s)

O exemplo apresentado pela **Figura 23** mostra que caso um dos sistemas de pressurização detecte vazamento de ar proveniente dos motores (*bleed leak*), o *checklist* determina o desligamento e isolamento do sistema, solicita a verificação da efetividade das ações e, caso negativo, solicita desligar o sistema remanescente (aeronave fica sem sistema de pressurização) e limita a altitude que a aeronave pode voar. Se nenhuma dessas ações

funcionar, não há qualquer orientação por parte do QRH sobre o que os pilotos devem fazer.

Ainda relacionado ao exemplo mostrado na **Figura 23**, alguns *checklists* apresentam notas ao invés de ações. Essas notas significam sugestões de ações ou pontos de atenção. Já as ações são sempre mandatórias.

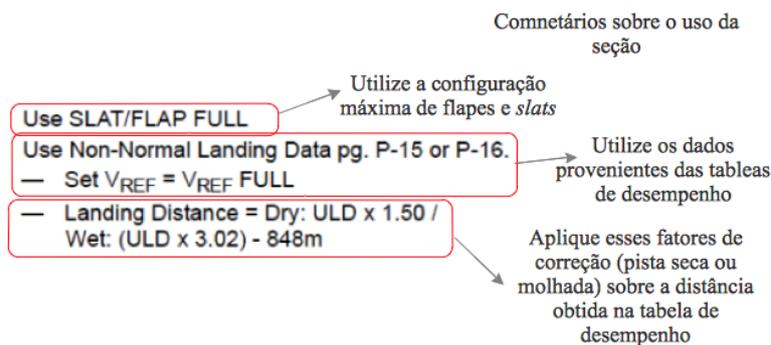
Para falhas mais críticas e que possuem consequências sobre outros sistemas, por exemplo, o *checklist* apresenta a ‘lista de itens relevantes inoperantes’ (*‘relevant inoperative items list’*). De acordo com o fabricante, esta lista contém informações sobre os sistemas ou componentes que podem afetar o desempenho da aeronave ou sua controlabilidade devido a falha primária. Além do mais, a lista contém as mensagens resultantes de itens inoperantes e os respectivos *checklists* que devem ser desconsiderados. No exemplo apresentado na **Figura 24**, a falha do sistema hidráulico 1 leva a falha de outros sistemas e componentes e o *checklist* determina que os pilotos não realizem o *checklist* para a falha do ‘spoiler’, conforme apresentado em nota.

Loss Of Hydraulic System 1	
<b>NOTE:</b> - Expect lower roll rates and lower speedbrake efficiency. - Do not accomplish the SPOILER FAULT procedure.	
<b>Relevant Inoperative Items:</b>	
Multi Function Spoilers L3, R3, L4 and R4	Engine 1 Reverser
Ground Spoiler L2 and R2	Outboard Brakes
Autopilot	

**Figura 24:** Extrato de um *checklist* onde consta a lista de itens inoperantes e os *checklists* que não devem ser cumpridos

Caso a falha ou a mensagem esteja relacionada a alguns sistemas importante durante o pouso, como os freios, os reversos dos motores e os ‘spoilers’, o *checklist* orienta como deve ser a configuração para o pouso e provê meios de calcular a distância de pouso necessário considerando a falha. O exemplo apresentado pela **Figura 25** mostra a necessidade de utilizar a configuração máxima para pouso e que as informações de tamanho de pista necessário para o pouso provenientes da tabela de desempenho devem ser revisadas utilizando os fatores de correção.

Há algumas ações apresentadas no *checklist* que direcionam para outros *checklists*. O exemplo apresentado na **Figura 26** mostra que se mesmo após executar algumas ações houver indicação de temperatura acima do limite, e o outro motor também apresentar indicações anormais, os pilotos devem seguir um segundo *checklist* para desligar o primeiro motor.



### Non-Normal Landing Data

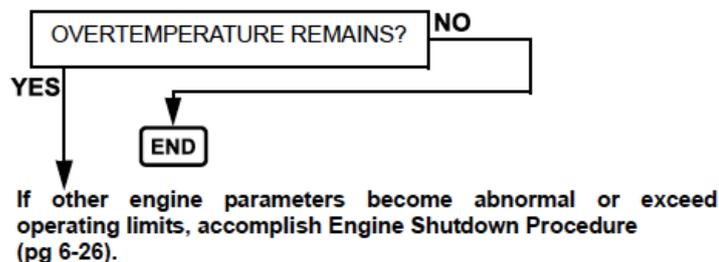
#### CAT I and No Icing (Non-Normal)

Use this chart when the following conditions exist:

- QRH landing distance multipliers or speed additives required
- STALL PROT ICE SPEED not displayed or anticipated on EICAS
- Conducting a CAT I approach.

V Speeds and Unfactored Landing Distances For Applying QRH Additives							
WEIGHT (kg)	V Speeds				Landing Dist, Dry, Sea Level, No wind		
	VREF FULL	VAC		VFS	MED	HI	MAX MANUAL
		GO AROUND FLAP SETTING					
		2	4				
30000	111	134	119	161	1057	845	628
31000	111	136	121	164	1057	845	629
32000	111	139	123	167	1057	845	629

**Figura 25:** Exemplo de configuração e de cálculo da distância de pouso para uma mensagem específica (acima). A página da tabela de performance que deve ser utilizada complementarmente (abaixo)

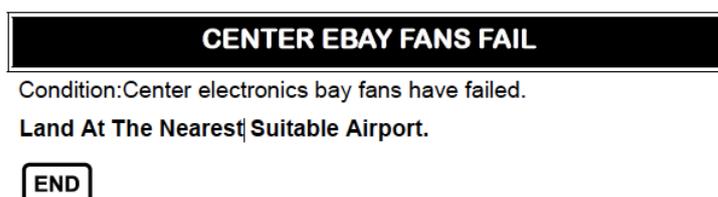


**Figura 26:** Exemplo de *checklist* que direciona a outro *checklist*

Por último alguns *checklists* empregam a expressão ‘LANDING AT THE NEAREST SUITABLE AIRPORT’ (pousar no aeroporto mais próximo e adequado). Essa expressão significa que os pilotos devem considerar pousar o mais rápido possível no aeroporto mais adequado. O conceito ‘adequado’ visa lembrar os pilotos que nem todos os aeroportos próximos possuem infraestrutura adequada ou proporcionam segurança para o pouso ou movimentação no solo. Ao mesmo tempo, o termo ‘adequado’ também visa lembrar os pilotos que situações críticas, como fogo ou fumaça a bordo, requerem prosseguir para qualquer aeroporto, independente da infraestrutura ou da condição de

segurança oferecida (**Figura 27**). É importante destacar que há muitos *checklists* nos quais essa expressão é usada e em outros tantos ela é a única recomendação

Apesar de tentar fornecer o máximo de ações possíveis para todos e quaisquer cenários, o exemplo sobre o uso da expressão ‘LANDING AT THE NEAREST SUITABLE AIRPORT’ mostra que na concepção dos *checklists*, de certa forma, reconhece-se que não é possível antecipar toda e qualquer condição, e que o julgamento e adaptação dos pilotos é sempre necessária.



**Figura 27:** Exemplo de *checklist* que traz a expressão ‘LAND AT THE NEAREST SUITABLE AIRPORT’

Mesmo que o QRH, os *checklists* e o sistema de alarmes empreguem uma grande quantidade de expressões e acrônimos, não foi identificada nenhuma dificuldade por parte dos pilotos entrevistados em entender o significado. Ao contrário, durante a explicação da situação utilizando o QRH, os pilotos mostraram destreza em lê-los. Uma possível explicação é a familiaridade dos pilotos com alguns princípios implícitos no projeto dos sistemas e componentes da aeronave, o qual utiliza abreviações das letras iniciais de nomes extensos em inglês, incluindo a especificação do sistema ou do componente quando há redundâncias (HYD = ‘*hydraulic*’ – sistema hidráulico; ENG 2 = ‘*engine 2*’ - motor número 2 que se localiza no lado esquerda da aeronave; FWD = ‘*forward*’ – frente; RECIRC SMK DET FAIL = ‘*recirculation smoke detector fail*’ – falha no detector de fumaça do sistema de recirculação de ar; LT = ‘*light*’ - luzes) e a utilização de expressões chaves para indicar o tipo de falha, tais como ‘FAIL’ (quando o sistema todo falha), ‘FAULT’ (falha parcial do sistema, sendo suprido pelo componente de *backup*), ‘LEAK’ (vazamento de algum fluido nos diferentes sistemas) e ‘OVERTEMP’ (superaquecimento).

As versões do QRH do fabricante e da empresa aérea não explicitam se os procedimentos foram concebidos considerando um tempo mínimo necessário para lidar com a anormalidade ou emergência. Da mesma forma, não foi possível identificar menções sobre a realização de alguma avaliação formal do tempo necessário para cumprir o *checklist* pelo fabricante ou pela empresa, nem se há algum processo formal para avaliar as mudanças antes de implementá-las.

### 5.1.2 Método Para Elaboração e Revisão do QRH: Fabricante

Assim como ocorre em outros países, o QRH é um documento obrigatório a bordo de aeronaves comerciais e definido pela legislação brasileira. O QRH do modelo de aeronave foi desenvolvido pela própria fabricante, a partir dos requisitos estabelecidos pela autoridade aeronáutica inglesa (CAA, 2006), segundo os funcionários entrevistados. Eles ainda consideram tal legislação como a única referência disponível para elaborar o QRH apropriadamente.

O projeto do atual QRH iniciou-se com a finalização do projeto da aeronave. Todos os grupos de engenharia responsáveis por cada sistema da aeronave se reuniram para definir as possíveis falhas nos seus respectivos sistemas por meio da árvore de falhas. O objetivo foi identificar e calcular o risco da falha, baseados na árvore de falhas e na avaliação da probabilidade e severidade, de cada componente, bem como o sistema como um todo. Procurou-se definir se havia necessidade de avisar aos pilotos se a mensagem seria visualizada no sistema de alarmes e qual o nível de criticidade. Em seguida, foram definidas as ações necessárias para evitar o agravamento da situação, para isolar o problema, para retornar o sistema à condição normal ou para operar o mesmo em situação degradada. Por fim, procurou-se traduzir as ações de engenharia para uma linguagem acessível aos pilotos. Uma equipe multidisciplinar que incluía os pilotos do próprio fabricante se reuniu para definir a linguagem e os termos contidos no *checklists* e no QRH.

Por meio do AOM foi possível identificar alguns princípios utilizados pelo fabricante na elaboração dos *checklists* e corroboram as entrevistas com os projetistas do QRH, tais como: (a) para cada falha ou mau funcionamento técnico grave identificado na árvore de falhas há um *checklist* específico, mesmo que seja apenas recomendado que os pilotos fiquem atentos ao problema ou pousem no próximo aeroporto mais adequado; (b) assume-se que todos os sistemas da aeronave estavam totalmente operacionais antes da falha, incluindo os sistemas de controle da aeronave; (c) as ações estabelecidas nos *checklists* são cumpridas integralmente, bem como todos os procedimentos normais; (d) os disjuntores (*circuit breakers*) não foram manipulados mesmo antes da decolagem; (e) os procedimentos para situações anormais e de emergência precedem os procedimentos para situações normais; e (f) o *checklist* somente deve ser iniciado após o piloto ter controlado a aeronave, as fases críticas de voo terminarem e os itens de memória terem sido cumpridos.

Os *checklists* contidos no *QRH* do fabricante estão ordenados alfabeticamente em 4 grandes blocos: (1) situações envolvendo fumaça, anunciadas ou não; (2) falhas anunciadas; (3) falhas não anunciadas; e (4) procedimentos para operações especiais, divididas em anunciadas e não anunciadas. Para cada um desses blocos os *checklists* estão divididos ainda em situação anormal e emergência.

### 5.1.3 Método Para Elaboração e Revisão do QRH: Empresa Aérea

O QRH utilizado pela empresa aérea difere-se do QRH projetado pelo fabricante. Segundo os responsáveis pela gestão do QRH na empresa aérea, muitos documentos utilizados na empresa, incluindo o QRH, foram herdados de uma empresa aérea americana que pertence ao mesmo sócio fundador da empresa aérea e que foi uma das primeiras empresas no mundo a utilizar o modelo de aeronave objeto do estudo. Ainda de acordo com os entrevistados, a organização do QRH na empresa americana é muito melhor do que a disponibilizada pelo fabricante, pois o documento é mais fácil de ser manuseado pelos pilotos, segundo os pilotos entrevistados. Alguns pilotos que possuem experiência em utilizar o QRH do fabricante e a atual versão da empresa aérea concordam com os responsáveis pela gestão do QRH na empresa aérea.

A autoridade aeronáutica brasileira permite a empresa aérea reorganize, modifique as ações estabelecidas pelo fabricante de acordo com suas características, ou proponha novas ações, desde que ela seja mais restritiva do que o fabricante. Diante dessa possibilidade, a organização do conteúdo do QRH, bem como o conteúdo de alguns *checklists* estão organizados de forma diferente do QRH do fabricante. As principais diferenças são com relação aos atributos físicos do *checklist*, o estabelecimento de um *checklist* específico para cada uma das mensagens EICAS e procedimentos adicionais inseridos no QRH.

Da empresa americana utilizou-se os atributos tipográficos, a disposição dos *checklists*, o leiaute do conteúdo dos *checklists* e a estrutura de indexação. Entretanto, a empresa aérea não possui um documento com o guia de formatação e os requisitos tipográficos utilizados na confecção do seu QRH. Ao criar um novo *checklist* ou modificar o existente, o gerente afirma utilizar o padrão adotado para os outros *checklists* como guia de formatação.

Apesar da empresa aérea possuir um sistema de gestão de todos os documentos operacionais, que inclui a elaboração, controle, distribuição e revisão de documentos, o

processo mais utilizado é o de revisão. Como o QRH do modelo de aeronave até o final da coleta de dados não tinha sofrido nenhuma grande mudança, o processo de elaboração de documentos não pode ser acompanhado. Mesmo a criação de novos *checklists*, que poderia ser considerado parte do processo de elaboração, está previsto no processo de revisão de documentos.

O processo de revisão do QRH ocorre regularmente quatro vezes por ano e está dividido em 4 etapas: (i) demanda para revisão do documento; (ii) elaboração; (iii) aprovação; e (iv) atualização do sistema de controle de documentos. As demandas para realizar modificações advêm: (a) do próprio fabricante do avião, seja por meio de atualizações ou emendas nos procedimentos atuais; (b) da autoridade aeronáutica; e (c) de demandas internas, proveniente de análise operacionais internas, investigações de incidentes ou dificuldades reportadas pelos pilotos. Uma vez definido que há possibilidade de melhoria no QRH, mais especificamente no seu manuseio e entendimento do conteúdo, procede-se à etapa de elaboração.

Antes de revisar o QRH e os *checklists*, diferentes setores da empresa se reúnem para avaliar a necessidade e a relevância da modificação, exceto quando são modificações obrigatórias, como as solicitadas pela autoridade aeronáutica e pelo fabricante. Inicialmente, as mudanças não são incorporadas diretamente no QRH. O novo *checklist*, junto com o comunicado realizado aos pilotos, fica em uma folha separada à frente ao *checklist* original até a nova versão do manual ser aprovada pela agência reguladora. Essas mudanças são comunicadas aos pilotos através de revisões temporárias (procedimentos válidos por um tempo determinado), boletins (mudanças definitivas) e alertas (em caso de informações riscos às operações) por meio eletrônico. Como o QRH está em papel, leva-se em torno de 6 dias para atualizar os manuais em todas as aeronaves, de acordo com o gerente e o assessor entrevistados.

#### **5.1.4 Como os Pilotos Deveriam Gerenciar Situações Não-Normais?**

Conforme descrito nos manuais e ainda conforme identificado nas sessões de treinamento em simulador, foi possível identificar que a empresa e o fabricante esperam que os pilotos usem o QRH e lidem com as situações anormais e de emergência por meio de três etapas: (i) estabelecer o controle da aeronave; (ii) analisar a situação; e (iii) adotar ações adequadas. Na primeira etapa, o piloto que está atuando nos comandos da aeronave, independente se é o comandante ou o copiloto, deve continuar atuando nos comandos

mesmo após a falha. O outro piloto, por sua vez, deve ler em voz alta a mensagem, comunicar a situação ao controle de tráfego aéreo (ATC) e auxiliar o piloto em comando, além de monitorar os instrumentos e o desdobramento da falha. Uma vez que a aeronave estiver controlada e em um local adequado, os pilotos devem começar a se preocupar com a falha e com a mensagem.

A empresa ainda determina que as atividades sejam divididas entre os pilotos para evitar sobrecarregar um deles ao mesmo tempo que garante a coordenação entre eles. O comandante é o responsável pelo gerenciamento da situação enquanto o copiloto ou segundo comandante é o responsável pelo controle da aeronave, navegação e comunicação com o ATC.

Tão logo as atividades estejam divididas entre os pilotos, eles precisam avaliar as informações disponíveis sobre a mensagem. Essas informações estão distribuídas nos instrumentos, na tela que apresenta o diagrama do sistema (sinótico do sistema), controles e luzes. É esperado que a tripulação compartilhe as informações se houver tempo disponível e concorde com o curso de ação a ser adotado. Em situações onde há pouco tempo disponível, é responsabilidade do comandante decidir e adotar um curso de ação.

Após a situação ter sido avaliada e o curso de ação ter sido decidido, o comandante recupera o *checklist* adequado à mensagem e cumpre o *checklist*. Em situações onde isso não é possível, o comandante solicita ao copiloto ou segundo comandante cumprir as ações do *checklist*. No solo, o comandante é sempre o piloto em comando, enquanto o copiloto ou um segundo comandante realiza o QRH.

Na descrição sobre como os pilotos devem lidar com falhas é admitido que haja situações para as quais não há qualquer *checklist* ou há múltiplas mensagens. Em relação às múltiplas mensagens, a descrição da atividade específica que os pilotos cumpram primeiro os *checklists* para a(s) mensagem(s) raiz(es) (aquelas indicadas pelo ‘*chevron*’), exceto se houver uma mensagem crítica (*warning*). Em seguida, a descrição espera que os pilotos realizem os *checklists* para todas as outras mensagens apresentadas, priorizando as mensagens mais críticas (iniciando pelas mensagens *caution*) sobre as demais. A descrição, no entanto, não especifica como os pilotos devem agir caso não haja nenhuma mensagem raiz ou nenhuma causa raiz aparente. No máximo a descrição reconhece que há possibilidade de ocorrer situações para as quais não há qualquer *checklist*.

### 5.1.5 Treinamento Para Situações Anormais e de Emergência

Os pilotos são continuamente treinados para lidar com anomalias e emergências. Todo piloto da empresa precisa passar por um treinamento completo quando é contratado e por um programa reduzido a cada ano subsequente. Ambos os currículos de formação englobam aulas teóricas e práticas, sendo este último conduzido em voos reais (somente a rotina normal de voo) e simuladores de voo (treinamento de emergências).

Na empresa aérea onde o estudo foi realizado, o treinamento em simulador procura desenvolver, atualizar e melhorar as habilidades relacionadas ao gerenciamento situações normais e não-normais. Em particular, os pilotos aprendem e praticam o diagnóstico da falha baseados nas mensagens EICAS e nas páginas de sinóticos dos sistemas, manipulam, leem e executam o QRH e os *checklists* enquanto intercalam com outras tarefas e coordenam as atividades com a empresa, o ATC e o comissários de bordo. Teoricamente, o currículo procura reforçar as 3 etapas esperadas sobre como os pilotos lidam com situações anormais e de emergência.

Muitas das situações de emergências cobertas pelo currículo de treinamento são requisitos regulamentares e focam em emergências claras e distintas, como falhas de motor, fogo em partes da aeronave identificadas pelo sistema de alarmes ou perda completa de algum sistema. Além do mais, pela característica dessas situações, os pilotos conseguem tranquilamente resolver os problemas por meio do QRH e os *checklists*. Segundo um dos comandantes entrevistados, “basta fazer o teatrinho”, uma alusão ao fato de que, no simulador, seguir estritamente a sequência de ações e utilizar o QRH conforme requerido irá solucionar a falha. Além do mais, a segunda justificativa é que as sessões de treinamento também servem como avaliação. Logo, se o piloto não cumprir com sucesso a sessão, ele terá sessões de reforço ou, em casos extremos (após inúmeros reforços) a demissão. “Treinamento em simulador é só fazer o que o instrutor quer[...]”, complementa outro comandante entrevistado.

A limitação do simulador em reproduzir situações fora do escopo do QRH é uma das possíveis justificativas pelas quais as falhas simuladas são facilmente distinguíveis e identificáveis. Os alarmes falsos, por exemplo, não podem ser reproduzidos em simulador, da mesma forma que comportamentos anômalos da aeronave. Em uma situação ocorrida na empresa (não coletada por esta tese), os pilotos não conseguiram avaliar se o comportamento estava funcionando ou havia falhado, mesmo diante da mensagem de falha. Em uma das etapas da investigação, tentou-se reproduzir exatamente a situação em

simulador sem sucesso. Uma das formas de conseguir reproduzir a situação seria reprogramar o simulador, o que demandaria um alto investimento financeiro.

Além do currículo formal, os instrutores de voo costumam complementar o treinamento ao submeter os pilotos a situações onde o uso do *checklist* não resolve de imediato o problema, além de dar dicas e sugestões de como os pilotos devem prosseguir. Essa prática é conhecida entre os pilotos como “macetes do instrutor de voo”. Mais do que apenas informações relevantes, essas dicas são explicitamente anotadas em versões pessoais dos manuais, que não são utilizadas em voos reais ou nas sessões de simulador. No entanto, essas versões servem apenas como material didático para os pilotos estudarem durante o treinamento. Ainda que esse treinamento informal seja valioso, geralmente ele é apenas conduzido ao final da sessão, quando todo o currículo formal foi cumprido e há sobra de tempo.

Por último, a estrutura formal disponível para a gestão de situações não-normais durante o treinamento consiste apenas no QRH e *checklists*, no sistema de alarmes (e todos os recursos técnicos presentes na aeronave, incluindo os *tablets* e as páginas sinóticas) e na sequência de tarefas que espera-se que os pilotos cumpram. Não foi possível identificar o TLB e MEL, ou a disponibilidade de contato com mecânicos ou MCC em todas as sessões de treinamento conduzidas no simulador.

## 5.2 GESTÃO DE ANOMALIAS: TRABALHO-COMO-REALIZADO

Em contraste com o WAI, a análise do WAD indica que os eventos, na verdade, são mais dinâmicos e complexos do que o previsto no WAI. O ‘IF’ não é sempre distinguível e possui múltiplas interpretações, o ‘THEN’ pode agravar a situação, e a distinção entre ‘IF’ e ‘THEN’ nem sempre existe. Para todas as situações diferentes das situações explicitamente descritas no WAI ou consideradas no QRH, *checklists* e sistemas de alarmes, os pilotos tiveram que adaptar.

Na sequência, são apresentadas as características gerais das situações analisadas, os fatores contextuais e como eles se diferiram do contexto implícito no QRH. Além disso, foram descritas as estratégias utilizadas pelo JCS para lidar com esses fatores e como o QRH, os *checklists* e outros recursos foram utilizados para apoiar essas estratégias.

### 5.2.1 Caracterização Inicial das Situações Analisadas

Das 20 situações identificadas por meio das entrevistas de CDM e das observações, 4 foram classificadas como emergências e 16 como anormalidades. A classificação das situações foram baseadas nos critérios utilizados pela empresa aérea e a percepção dos pilotos. 2 das 4 situações foram consideradas pelo Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos (Cenipa) como incidente aeronáutico e, logo, foram investigadas internamente pela empresa. No entanto, tanto essas situações quanto as outras 2 classificadas como ocorrências anormais pela empresa foram consideradas emergências pelos pilotos.

A diferença entre as classificações parece estar associada à percepção de previsibilidade das situações. As 2 situações investigadas pela empresa foram consideradas ‘cisnes negros’ (*black swan*<sup>4</sup>), ou seja, situações para as quais não havia qualquer procedimento previsto. Além disso, ambas as situações foram avaliadas pelos pilotos como riscos críticos iminentes, apesar de uma delas ter envolvido um alarme falso de fogo.

Complementarmente, a percepção de emergência dos pilotos esteve associada: (a) à necessidade de declaração de emergência para o ATC; (b) à apresentação de múltiplas mensagens apresentadas pelo sistema de alarmes, à condição de fogo ou fumaça ou falha completa de um dos sistemas; e (c) à falta de um *checklist* específico para auxiliar a resolver a situação ou ao agravamento da situação por ter seguido o *checklist*. Todas essas constatações foram realizadas durante a reavaliação das situações pelos pilotos envolvidos e, portanto, com viés retrospectivo.

### 5.2.2 Fatores Contextuais Não Antecipados pelo QRH

Foram identificados seis fatores contextuais (**Tabela 12**) não previstos (pelo menos não explícitos) na concepção do QRH, dos *checklists* ou do sistema de alarmes: (i) múltiplas mensagens; (ii) alarmes falsos; (iii) mensagens rotineiras mas com grande frequência; (iv) ações de manutenção realizadas antes do voo; (v) ações de manutenção que não podem ser realizadas em todos os aeroportos; e (vi) falhas pouco claras. Esses

---

<sup>4</sup> O termo *black swan* (cisne negro) é comumente utilizado na aviação para descrever situações para as quais não há qualquer *checklist* aplicável, ou os existentes não poderiam resolver a situação. O acidente do Qantas 32, brevemente descrito no Capítulo 1 é considerado pela literatura aeronáutica como o exemplo mais claro desse tipo de evento.

fatores impuseram exigências adicionais sobre os pilotos e prejudicaram a utilização do QRH como única ferramenta de solução.

**Tabela 12:** Fatores contextuais não antecipados pelo QRH, *checklists* ou sistema de alarmes

Fatores Contextuais	Evento																				Total	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	(n)	(%)
Múltiplas Mensagens	1	1	1			1	1			1	1	1		1	1			1	1	1	13	65%
Alarmes Falso			1			1		1		1	1		1	1	1			1			9	45%
Mensagens Frequentes							1		1	1	1	1					1	1	1		8	40%
Ações de Manutenção Realizadas antes do voo		1		1	1		1					1				1	1				7	35%
Falhas pouco claras				1	1			1		1						1					5	25%
Ações de Manutenção não podem ser realizadas em todos os aeroportos	1															1		1			3	15%
<b>Total</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>4</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>1</b>		

A **Tabela 12** indica que múltiplas mensagens se destacam como o fator contextual mais frequente. Nesses eventos, o sistema de alarmes apresenta mais de uma mensagem, muitas vezes relacionados a diferentes sistemas. Este resultado está de acordo com a análise do banco de dados do sistema relatório de segurança, o qual revelou que em quase um terço dos relatórios (29%, n=45) os pilotos afirmam terem lidado com múltiplas mensagens.

Conforme apresentado na Seção 5.1.4, o QRH e o EICAS procuram oferecer apoio para situações envolvendo várias mensagens, mas de forma limitada. Enquanto alguns *checklists* apresentam procedimentos para duas mensagens sobre o mesmo sistema, a lógica do sistema de alarmes é baseada na suposição de que múltiplas mensagens sempre possuem pelo menos uma mensagem raiz, destacada pelo símbolo do *chevron* (>) e muito provavelmente relacionada a um componente do sistema elétrico.

No entanto, em 11 dos 13 eventos com múltiplas mensagens nenhuma mensagem raiz foi apresentada pelo sistema de alarmes, e em 9 eventos os pilotos utilizaram diferentes seções de diferentes *checklists*, pois não puderam encontrar um que se adequasse perfeitamente à situação. De acordo com um dos comandantes entrevistados “várias mensagens sem *chevron* ou sem um *checklist* específico para realizar são muito mais desafiadoras”, porque em vez de “[...] apenas seguir o conteúdo do *checklist*, você tem que

pensar sobre o problema e entender o que a mensagem significa e o objetivo das ações no *checklist*".

O segundo fator mais comum são os alarmes falsos, definidos como situações nas quais a mensagem desencadeada pelo sistema de alarmes não corresponde ao desempenho da aeronave. Às vezes os alarmes falsos aparecem como alarmes intermitentes: uma mensagem de falha é exibida e segundos depois desaparece ou fica continuamente piscando, apesar de não haver degradação no desempenho da aeronave. No entanto, nem todos os alarmes intermitentes são alarmes falsos. Em dois eventos, as mensagens ficaram piscando por alguns minutos e, mesmo assim, foram consideradas falhas reais.

Embora os aviões comerciais sejam máquinas altamente confiáveis, alarmes falsos são comuns. Como reconhecido por um dos engenheiros do fabricante "[...] o desempenho global do sistema é controlado por *softwares*, que às vezes produzem comportamentos inesperados". O resultado da análise do banco de dados do sistema de relatos indicou que cinco relatórios (3,3%) continham explicitamente referências a falsos alarmes. A baixa incidência de relatórios relacionados a alarmes falsos, comparado aos resultados da análise dos eventos, pode ser explicado pela dificuldade de se atestar a ocorrência de um alarme falso. Como nos relatos os pilotos reportam o evento logo após sua ocorrência, dificilmente eles recebem uma confirmação de alarme falso antes. Em situações mais críticas, como as relatadas nas entrevistas CDM, os pilotos contatam os técnicos de manutenção ou outros pilotos que trabalham em funções administrativas na empresa para saber se a falha foi real ou falsa. Em outras, o alarme falso ficou evidente pelas características, principalmente diante de mensagens intermitentes, conforme diagnosticado pelo comandante do voo no qual o pesquisador atuava como copiloto.

Em relação à orientação para avaliar se a falha é falsa ou não, o QRH recomenda 'resetar' o sistema falho e verificar se há presença de outras indicações. Apesar disso, o QRH não contém orientações sobre como lidar com mensagens intermitentes, levando os pilotos a alguns dilemas. Um comandante salientou: "É difícil justificar uma arremetida ou um desvio para outro aeroporto e realizar o *checklist* quando a mensagem não é mais apresentada. Além disso, eu não tenho ideia se a mensagem pode vir novamente e afetar o desempenho da aeronave durante o pouso, por exemplo".

Mensagens frequentes são falhas repetidamente identificadas pelo sistema de alarmes ao longo de diferentes voos ou no mesmo voo. De acordo com os pilotos entrevistados, alguns sistemas são mais propensos a falhar do que outros. De fato, em dez eventos analisados e em 60,4% dos relatórios disponíveis no banco de dados apenas alguns

sistemas falharam, sendo eles o sistema de pressurização, flapes, *slats*, *speedbrake* e freios. Esse fato corrobora a percepção dos pilotos.

Os resultados mostram ainda que os pilotos não usaram o QRH novamente após o terem utilizado no mesmo voo ou em uma sequência de voos anteriores. Um dos pilotos entrevistados mencionou que “[...] após a terceira ou quarta vez, eu executei a ação [que não era necessariamente a mesma prescrita no QRH] de cabeça e verifiquei com o *checklist* depois”. Em sete relatórios (5%) do banco de dados do sistema de relatórios, a mesma mensagem foi apresentada mais de uma vez no mesmo voo e os pilotos agiram de memória verificando com o *checklist* depois.

Alguns eventos ocorreram devido a ações de manutenção realizadas antes do voo. Essas ações também foram identificadas em cerca de um terço dos eventos reportados através do sistema de relatório de segurança (34%, n=53). Em quatro eventos identificados a partir das entrevistas de CDM e diários de observação, os pilotos reconheceram que intervenções de manutenção anteriores foram ineficazes ou causaram problemas. Em três destes eventos, após decolar com o sistema danificado desligado, o sistema remanescente falhou. Decolar com um sistema desligado é uma prática de manutenção comum que permite adiar grandes intervenções e, por conseguinte, evita atrasos e interrupções.

Além disso, esta prática de manutenção não é prevista no QRH. De acordo com os manuais do fabricante, uma condição para usar o QRH é que os “sistemas do avião estejam operando normalmente antes da falha”. Assim, o QRH não abrange situações em que a aeronave decola com um sistema inoperante desligado e o sistema remanescente ou outros sistemas relacionados falham.

Falhas pouco claras (25%) referem-se a situações não detectadas pelo sistema de alarmes (por exemplo, o escape do motor não é uma seção monitorada e, portanto, não é possível identificar fogo ou fumaça), ou alertas emitidos baseados em sinais fracos, que não refletem necessariamente um problema genuíno. Enquanto alguns *checklists* cobrem a primeira situação, o segundo não é reconhecido pelo QRH como uma situação possível. Em um dos eventos analisados, o EICAS, através de mensagem, alarme sonoro e indicativo *warning*, sinalizou que uma das portas do avião abriu em voo, apesar da falta de evidências. No *checklist* havia questões para avaliar se realmente a porta estava aberta: se um dos dois indicadores da porta estivesse vermelho era uma evidência da porta aberta; se ambos estivessem verde, a porta estaria fechada e o alarme poderia ser desconsiderado.

No entanto, a inspeção visual realizada pela comissárias revelou que um dos indicadores estava completamente verde enquanto o outro estava mais verde do que

vermelho. Não havia, no entanto, nenhum barulho perto da porta ou outros efeitos esperados durante o vazamento de ar causado por uma porta aberta, apesar do alarme e da mensagem. O piloto disse não ter tido certeza se o alarme era verdadeiro ou falso a partir das informações que ele obteve. No seu julgamento, a porta poderia estar aberta o suficiente para disparar o alarme, mas não o suficiente para caracterizar uma despressurização. Ou seja, um sinal muito fraco deve ter disparado os alarmes, como justificado pelo comandante entrevistado.

Uma vez que algumas ações de manutenção não podem ser realizadas em todos os aeroportos, os pilotos, por vezes, tiveram que decidir para qual aeroporto o voo deveria prosseguir baseando-se nos recursos de manutenção. Essa decisão foi realizada mediante a comparação entre os recursos de manutenção necessários para corrigir a falha e os recursos de manutenção disponíveis nos aeroportos considerados. Em dois dos três eventos desta natureza, a segurança não era uma preocupação imediata, porque o problema estava sob controle e o sistema ou componente falhado estava desativado.

Quase todos os eventos analisados (85%, n=17) envolveram mais de um fator contextual. A resolução de problemas foi provavelmente mais difícil quanto mais fatores estiveram envolvidos na mesma situação. Houve a prevalência de dois fatores por evento (50%, n=10), apesar de uma situação ter envolvido quatro fatores (múltiplas mensagens, mensagens rotineiras, falhas pouco claras e alarmes falsos).

### 5.2.3 Estratégias Para Lidar Com os Fatores Contextuais

Conforme a Seção 5.1.4, a descrição sobre como os pilotos deveriam lidar com situações não-normais contida no manual da empresa consiste em três passos básicos: (i) manter o controle sobre a trajetória de voo e de navegação antes de lidar com a falha; (ii) avaliar e analisar as informações disponíveis nos indicadores, tais como as indicações dos sistemas e as mensagens do sistema de alarmes; e (iii) recuperar o *checklist* correspondente à mensagem e executar o curso de ação prescrito.

No entanto, a análise do WAD revelou um repertório muito mais rico envolvendo dez estratégias utilizadas para responder às demandas extras criadas pelos fatores contextuais (**Tabela 13**). Ao contrário do WAI, o qual descreve uma sequência de tarefas em uma ordem pré-definida, as estratégias reveladas se alternaram segundo as demandas circunstanciais e locais, as ações dos pilotos sobre os distúrbios e o apoio oferecido pelos recursos. Esse repertório de estratégias está associado à experiência dos pilotos, seja ela

adquirida por meio da quantidade de horas de voo, seja por meio do compartilhamento de histórias e regras de ouro por outros pilotos. Por certo, essa experiência transcende o conhecimento contido nos manuais e é reconhecida pelos pilotos como *airmanship*. Além de saber o que fazer, o *airmanship* é também reconhecido como o conhecimento sobre “como utilizar o que se tem disponível para fazer o que deve ser feito”, como justifica um dos pilotos entrevistados.

**Tabela 13:** Estratégias adaptativas utilizadas pelo JCS

Estratégias Adaptativas	Evento																				Total	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	n	%
(a) Agir no problema ou na consequência da falha antes de recuperar o QRH		1	1	1	1		1	1	1	1	1	1		1	1	1		1		1	15	75%
(b) Coletar ou gerar mais informações sobre a falha	1	1		1	1	1		1		1	1	1	1			1	1		1	1	15	75%
(c) Avaliar se a mensagem é falsa ou não	1		1	1		1		1		1	1		1	1	1			1			11	55%
(d) Preparar o cockpit: configuração para pouso e cálculos de desempenho	1	1	1							1	1	1		1			1		1	1	10	50%
(e) ‘Resetar’ ou desligar o sistema no qual a falha ocorreu		1					1	1	1	1							1	1	1	1	9	45%
(f) Avaliar os registros de manutenção		1		1	1		1					1				1	1				7	30%
(g) Diagnosticar uma causa comum a todas as mensagens	1	1				1	1											1		1	6	30%
(h) Priorizar a ou as mensagens mais críticas		1								1	1	1						1	1		6	30%
(i) Adotar uma abordagem conservativa			1							1	1								1		4	20%
(j) Avaliar se os recursos de manutenção disponíveis nas opções de aeroportos são suficientes para lidar com a falha	1															1	1				3	15%
<b>Total</b>	<b>5</b>	<b>7</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>2</b>	<b>7</b>	<b>6</b>	<b>5</b>	<b>2</b>	<b>4</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>5</b>		

Em 75% dos eventos os pilotos tomaram alguma medida para conter o problema ou reduzir as consequências da falha antes mesmo de utilizar o QRH (‘a’). Embora a maioria

dessas situações não representasse risco iminente, os pilotos optaram por agir preventivamente, evitando que a situação se degradasse, embora o WAI não preveja qualquer tipo de ação antes de acessar o QRH.

Muitas dessas ações são baseadas em heurísticas e analogias. De acordo com um dos pilotos entrevistados, diante de uma mensagem ou falha que esteja relacionada à pressurização, mesmo que indiretamente, ele liga o sinal de atar os cintos, mesmo antes de olhar o QRH ou avaliar melhor a situação. Segundo o mesmo, um antigo instrutor o ensinou essa regra de ouro que objetiva manter todos sentados, principalmente as comissárias. Caso haja uma depressurização real, todos poderão acessar rapidamente as máscaras de oxigênio, pois estarão sentados em seus assentos.

O uso do raciocínio baseado em analogias foi identificado em situações onde as ações realizadas pelos pilotos foram baseadas em experiências próprias ou de colegas em situações semelhantes. Em uma das entrevistas, o comandante relatou que decidiu parar a subida porque lembrou-se de uma situação crítica na qual um colega relatou durante o treinamento periódico semanas antes. Naquela ocasião, um dos sistemas falhou durante a subida da aeronave, entretanto a tripulação decidiu continuar subindo e isso aumentou o problema. Logo na sequência, a tripulação teve que descer rapidamente, pois não conseguiram restaurar os sistemas falhados. Na conversa com seu colega, o entrevistado relatou que ficou se imaginando na situação e o que ele teria feito no seu lugar.

Ao contrário do previsto pelo WAI, quando um voo não se encontrava em perigo ou a situação não impunha risco iminente, o *cockpit* optou por coletar ou gerar mais informações sobre a mensagem ('b'), ou ainda avaliar se a mensagem era um alarme falso ('c'), a fim de evitar contra medidas desnecessárias ou excessivas.

Os pilotos procuraram mais evidências sobre a falha nos diagramas dos sistemas (apresentados na página de sinóticos), em relatos sobre manutenção e falhas ocorridas anteriormente, ao contatar os técnicos de manutenção localizados nos aeroportos, e se basearam em experiências pessoais ou vivenciadas por colegas em eventos similares. A maioria dos pilotos (n=7) relata que preferiu compreender e inferir o objetivo dos procedimentos antes de executar o *checklist*. Além disso, os pilotos geraram mais informações sobre a falha agindo sobre os sistemas, seguindo ou não as orientações do QRH.

Em algumas das situações, essas ações foram no sentido de corroborar ou refutar a hipótese para a falha, caracterizando o raciocínio abduutivo. Em um evento de múltiplas mensagens, por exemplo, o comandante utilizou uma das seções do QRH (segundo o WAI,

o comandante teria que ter cumprido as três seções anteriores) para testar se o sistema de flapes estava se movimentando de tal forma que ele pudesse saber se a falha tinha afetado todo o sistema ou se ele ainda teria algum grau de deflexão para poder prosseguir para o pouso.

Já a avaliação se uma mensagem é um alarme falso parece ser uma prática incorporada no reportório de estratégias, normalmente é a primeira a ser utilizada após surgir a mensagem EICAS e se baseia em heurísticas. Geralmente, a falta de distúrbios causados pela falha é uma evidência de que pode ser um alarme falso, fazendo com que os pilotos iniciem o processo de avaliação e diagnóstico de alarme falso. Mensagens intermitentes, múltiplas falhas sem histórico de falhas anteriores, mensagens de falhas no mesmo sistema de controle de voo ou falhas graves sem nenhuma indicação prévia são regras simples relatadas pelos pilotos na tentativa de diagnosticar a situação como alarme falso.

Já em outras situações, as quais envolveram alarmes falsos para falhas críticas, os pilotos simplesmente reconheceram a situação por analogia. Duas dessas situações, mesmo diante de alarmes de fogo de diversos sistemas, os pilotos diagnosticaram como alarme falso, pois reconheceram a possibilidade de ter havido uma falha no sistema de teste e detecção de fogo da aeronave. Ao realizar o teste do sistema de detecção de fogo, o sistema se comporta da mesma forma que a falha estava sendo anunciada. Adicionalmente, segundo o comandante, era improvável ter havido fogo em diversos sistemas, componente e partes da aeronave ao mesmo tempo.

Outra estratégia identificada foi ‘resetar’ o sistema no qual houve a mensagem de falha ou desligar ou desacoplar o sistema ou seu componente (‘e’). Na maior parte do tempo esta estratégia foi suficiente para resolver o problema, apesar de, em algumas circunstâncias, ter gerado mais informações sobre a falha. Embora as instruções para ‘resetar’ ou desligar os sistemas estejam presentes na maioria dos *checklists*, o *cockpit* também executou essas ações de memória ou para mensagens cujos *checklists* correspondentes não previam. Se mesmo depois de utilizar essa estratégia as mensagens ainda persistiram, os pilotos consideraram esse fato como evidência adicional para o reconhecimento de que a falha era verdadeira e prosseguiram com a execução do QRH.

O interessante dessa estratégia é que ela envolve os raciocínios heurístico, analítico e abduativo a medida que as ações são surtem os efeitos desejados. Uma regra simples compartilhada entre os pilotos é que há uma grande chance de resolver o problema ao ‘resetar’ o sistema independente da falha, já que o avião emite constantemente alarmes

falsos. Se ainda assim o problema persistir, ‘resetar’ ou desligar outros componente do mesmo sistema até identificar a causa da falha é a parte analítica da estratégia. Caso a causa raiz não seja identificada, o diagnóstico é realizado por meio de abdução utilizando as evidências mais pertinentes para gerar o diagnóstico mais provável.

Para as situações nas quais a falha afetou o desempenho de pouso da aeronave, o JCS usou um ou mais *checklists* para preparar o *cockpit* para o pouso (‘d’) e, eventualmente, outros recursos, tais como um *software* utilizado para calcular o desempenho de pouso e de decolagem. Preparar o *cockpit* para o pouso consiste em definir as velocidades de pouso, configuração dos flapes (ângulo de deflexão) e calcular a distância de pista requerida considerando o peso do avião no momento do toque no solo. Em situações nas quais os *checklists* foram intercalados, os pilotos utilizaram suas experiências para resolver incoerências e contradições entre eles, uma vez que cada *checklist* considera some uma falha durante o cálculo do desempenho de pouso.

Os pilotos também realizaram cálculos para diferentes cenários, do pior ao melhor. Com as informações de velocidades de pouso para diferentes cenários anotadas em papéis e facilmente acessíveis, eles conseguiriam preparar o *cockpit* novamente sem a necessidade de consultar tabelas ou realizar cálculos caso a situação mudasse. Diante desse fato, foi considerado que o tipo de raciocínio prevalente foi o analítico, já que para cada cenário simulado foi realizada uma consulta às tabelas de desempenho e realizados novos cálculos. Da mesma forma, a preparação da cabine é realizada por inserção de dados e cálculos para cada sistema da aeronave, de modo segredado.

Todas as estratégias identificadas em 35% dos eventos ou menos ( $n \leq 7$ ) estavam relacionadas a características contextuais específicas. Em eventos onde as intervenções de manutenção foram realizadas antes do voo, o *cockpit* avaliou os registros de manutenção e de falhas (‘f’) disponíveis no TLB, no centro de coordenação de manutenção (*Maintenance Coordination Centre* - MCC), com os técnicos de manutenção alocados nos aeroportos e com os pilotos que estavam na aeronave antes (troca de tripulação). O uso desta estratégia antes da partida auxiliou os pilotos na identificação de padrões de falha e na antecipação de possíveis problemas futuros. Uma vez detectada a possibilidade de futuras falhas, a tripulação procurou conversar com os técnicos de manutenção e ler o conteúdo QRH a fim de se preparar caso a situação prevista ocorresse.

Outra manifestação desta estratégia ocorreu após a mensagem ter sido apresentada pelo sistema de alarmes durante o voo. Verificar o TLB ou contatar o MCC teve como objetivo avaliar se a mensagem estava relacionada a alguma ação de manutenção ou a

falhas anteriores. Caso tenha sido identificado alguma relação, a falha foi tratada como uma mensagem rotineira ou alarme falso, que necessitaram ações menos críticas. Em ambos os casos, o *cockpit* aplicou regras simples e genéricas (se há prevalência de falhas de determinado tipo nos últimos voos, há uma probabilidade do próximo evento ser do mesmo tipo), caracterizando a estratégia como heurística.

Ao se deparar com várias mensagens, o JCS utilizou duas estratégias adicionais apoiadas por diferentes recursos. Em primeiro lugar, os pilotos tentaram encontrar uma causa comum a todas as mensagens ('g') como, por exemplo, agrupar as mensagens de acordo com o sistema, 'resetar' os disjuntores, avaliar a representação esquemática dos sistemas e analisar os registros de falhas e ações de manutenção anteriores. A tentativa de diagnosticar uma causa comum a todas as mensagens foi interpretada como a utilização do raciocínio analítico, pois assume-se que uma única causa poderia explicar todos os distúrbios.

Se nenhuma evidência para a causa raiz ou alarmes falsos fosse encontrada, a segunda estratégia consistiu em priorizar as mensagens mais críticas ('h') e assumir que diferentes sistemas falharam de forma independente. Para cada mensagem, os pilotos empregaram fragmentos de diferentes *checklists* e entraram em contato com o MCC a fim de criar um curso de ação. Nesse sentido, houve prevalência de heurísticas ao assumir e priorizar as mensagens e do raciocínio analítico ao decompor múltiplas falhas em falhas menores e independentes. Já o raciocínio abduutivo ocorreu quando o diagnóstico e o curso de ação foram direcionados para algumas mensagens, geralmente as mais críticas.

Mesmo após diagnosticar um evento como um alarme falso, em quatro ocasiões o JCS adotou a abordagem conservadora ('i'). Essa abordagem consiste em utilizar todos os esforços "[...] que normalmente um piloto faria em uma situação real, de modo que ninguém possa culpá-lo por não ter levando o problema a sério", como definido por um dos comandantes entrevistados. Ao mesmo tempo, no entanto, os pilotos evitam utilizar medidas críticas, tais como descidas rápidas ou desligar os motores, que, embora sejam ideais em situações críticas, são inapropriadas em alarmes falsos, pois podem colocar o voo em risco. A abordagem conservadora também envolveu o pouso no aeroporto adequado mais próximo possível, a emissão de mensagens de urgência ou de emergência para o ATC e a solicitação de ambulância e bombeiros para acompanhar a aeronave durante o pouso. Devido a esse conjunto de regras simples e genéricas, motivadas por medo de punição em caso de acidente, essa estratégia é considerada como heurística.

Nem todos os aeroportos possuem a mesma infraestrutura de manutenção, sendo alguns com mais e outros com nenhuma estrutura. Tal fato exigiu do JCS avaliar o nível de recursos de manutenção exigidos pela falha e compara-lo aos recursos disponíveis nos aeroportos considerados como alternativas. Em situações não críticas, pousar em um aeroporto que não oferece recursos de manutenção suficientes para resolver a falha necessitaria uma logística dispendiosa para acomodar os passageiros e para realizar a manutenção da aeronave. Além disso, “[...] pela lógica, [a falta de recursos para manutenção] indica que, possivelmente, o aeroporto também é pequeno, com poucos recursos disponíveis em caso de emergência”, reconhece um comandante. Enquanto um manual forneceu informações sobre o nível de recursos necessários para a manutenção corretiva, um outro manual com informações sobre todos os aeroportos operados pela empresa disponível no *tablet* e o centro de coordenação de manutenção auxiliaram os pilotos na decisão sobre os aeroportos mais adequados.

Como o objetivo não foi prosseguir para o aeroporto mais adequado possível e sim para o mais satisfatório, essa estratégia se assemelhou a um raciocínio abduutivo, no qual a decisão do aeroporto de alternativa considerou apenas alguns elementos do meio e não todos. Na verdade a decisão procurou evitar as piores opções de aeroporto ao invés de eleger a melhor. Nesse cenário, as opções remanescentes seriam adequadas.

Entretanto, em algumas situações, os pilotos entrevistados reconheceram que se basearam em experiências prévias próprias com a falha e/ou com as opções dos aeroportos para decidir onde prosseguir, o que caracteriza o raciocínio por analogia. Em muitos desses eventos, os pilotos escolheram prosseguir para o aeroporto utilizado como base operacional da empresa por terem familiaridade com o local e conhecerem todos os tipos de recursos disponíveis, mesmo que tenha levado mais tempo e consumido mais combustível.

Das dez estratégias identificadas, cinco delas (de ‘a’ até ‘e’) foram utilizadas em cerca de metade dos eventos e foram evidentes em situações envolvendo os diversos fatores contextuais. Nesse sentido, parece que essas estratégias foram mais genéricas e independentes do contexto do que as outras.

Essas estratégias não somente foram encontradas em situações envolvendo diversos fatores contextuais, como também foram determinantes para resolver eventos envolvendo falhas pouco claras e mensagens rotineiras. Na primeira situação, foi comum a coleta e geração de mais informações sobre o problema (‘b’) e ações sobre as consequências da falha antes de utilizar os *checklists* (‘a’). Na segunda, os pilotos procuraram ‘resetar’, desligar ou desacoplar o sistema falhado (‘e’) e verificar os registros de manutenção (‘f’).

Enquanto 5 estratégias estiveram relacionadas à avaliação e reconhecimento da anomalia ('b', 'c', 'f', 'i', 'j'), 4 envolveram o diagnóstico ('f', 'g', 'h', 'i') e 6 estavam relacionadas ao planejamento e execução dos cursos de ação ('a', 'b', 'd', 'e', 'h', 'i'). Fica claro, portanto, que a descrição da estratégia e, portanto o conceito, pode cobrir até três processos cognitivos. A estratégia 'b' (coletar ou gerar mais informações sobre a falha), por exemplo envolveu ações dos pilotos sobre o sistema para gerar mais informações e ao mesmo tempo apenas o controle e direcionamento da atenção para elementos de interesse no meio. Já estratégia 'i' (adotar uma abordagem conservativa), envolveu o reconhecimento de um alarme falso, o diagnóstico da criticidade da falha se ela fosse real, e o planejamento e execução de ações menos críticas do que as utilizadas caso a falha fosse real.

Já com relação aos tipos de raciocínios empregados, foi possível constatar que 6 estratégias empregaram heurísticas ('a', 'c', 'e', 'f', 'h', 'i'), 3 o raciocínio análogo ('a', 'b', 'j'); 3 o raciocínio baseado na abdução ('b', 'e', 'j') e 4 o analítico ('d', 'e', 'g', 'h'). Enquanto 5 estratégias se relacionaram somente a um tipo de raciocínio ('b', 'd', 'f', 'g' e 'i'), 3 se relacionaram dois tipos de raciocínios ('a', 'c' e 'j') e em 2 estratégias foi possível identificar até três raciocínios diferentes ('e' – 'resetar' ou desligar o sistema falhado, e 'h' – priorizar a ou as mensagens mais críticas).

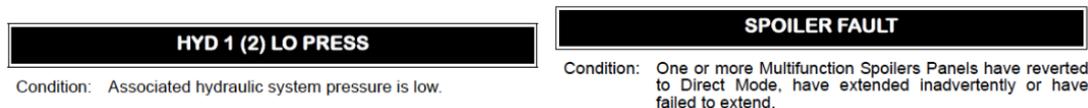
#### 5.2.4 Seções do QRH Utilizadas para Apoiar as Estratégias

A análise do WAI indicou que cada mensagem possui um *checklist* correspondente para orientar os pilotos na solução de problemas. Por outro lado, as situações reais se desenrolaram de uma maneira diferente do esperado pelos projetistas do QRH, levando os pilotos a utilizar apenas algumas seções de diferentes *checklists* para resolver circunstâncias particulares e apoiar as estratégias adaptativas (**Tabela 14**). Em algumas situações, os *checklists* foram intercalados com outros *checklists* e outros recursos.

A seção do *checklist* denominada 'condição', a qual se destina a prover mais informações sobre a mensagem, incluindo, a possível causa raiz, foi a seção mais utilizada durante os eventos. Embora percebida como valiosa informação pelos pilotos, apenas três *checklists* dos quinze utilizados durante os eventos proveram informações além das apresentadas no título do *checklist* e na mensagem. A **Figura 28** mostra dois exemplos contrastantes: um deles apresenta a mesma informação do título (à esquerda) enquanto o segundo (à direita) possui esclarecimentos adicionais sobre a natureza da falha.

**Tabela 14:** As seções do QRH e dos *checklists* utilizados durante o gerenciamento de situações não-normais

Seções do QRH utilizadas	Evento																				Total	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	N	%
Descrição da falha		1		1		1	1	1			1	1	1			1		1			10	50%
Ações ou questões para verificar a extensão da falha ou para 'resetar' o sistema		1					1	1	1	1			1			1		1	1	1	10	50%
Configuração de pouso e cálculos de desempenho de pouso	1	1								1	1	1		1			1		1	1	9	45%
Lista de itens relevantes inoperantes	1												1				1			1	4	20%
Ação para desacoplar ou desligar o sistema ou componente ou ações para minimizar as consequências da falha																		1	1	1	3	15%
<b>Total</b>	<b>3</b>	<b>3</b>		<b>2</b>		<b>2</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>3</b>		<b>3</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>17</b>	<b>85%</b>	
<b>QRH não foi utilizado</b>			<b>1</b>		<b>1</b>										<b>1</b>						<b>3</b>	<b>15%</b>

**Figura 28:** Dois trechos de diferentes *checklists*: condição que repete o título e a mensagem (à esquerda); condição que fornece informações adicionais sobre a falha (à direita)

As ações ou perguntas para verificar a extensão da falha ou ‘resetar’ o sistema ou o componente (**Figura 22**) foram utilizadas em metade dos eventos, sendo que em seis (30%) a mensagem desapareceu após ‘resetar’ o sistema (como recomendado pelo *checklist*) e o problema foi resolvido. Essa seção é vista pelos pilotos como um apoio na geração de mais informações sobre a falha. Ao ‘resetar’ ou avaliar outras indicações, os pilotos conseguem entender melhor as causas da falha ao invés de simplesmente desligar o sistema. Dada a relevância, os pilotos questionam por que outros *checklists* não trazem a mesma seção. Na visão de um dos comandantes, todos os *checklists* deveriam apresentar a possibilidade de ‘resetar’ ou avaliar melhor a situação a partir de outras evidências.

A configuração para pouso e o cálculo de desempenho foram utilizados quando a falha afetou o desempenho de pouso das aeronaves, tais como falhas de freios, nos sistemas de *spoiler* e flapes, resultando em distâncias de pouso mais longas (**Figura 25**).

Esta seção foi útil para apoiar decisões relacionadas ao aeroporto de destino, uma vez que a degradação do desempenho de pouso restringiu as opções. Entretanto, os pilotos tiveram que lidar com incoerências e contradições quando intercalaram mais de um *checklist*, conforme discutido na seção anterior. Em uma situação específica, o comandante optou por realizar o *checklist* para duas dentre mais de 10 mensagens. Enquanto um *checklist* determinava o pouso sem flapes e sem *slats* e um fator de correção para ser aplicado a distância de pouso (**Figura 29** esquerda), o segundo *checklist* solicitava o pouso com configuração máxima de flapes e *slats* e um fator de correção menor (**Figura 29** direita).

If Flap Position is determined to be...	...then for landing, set SLAT/FLAP Lever to...	... and the Slat position indication on EICAS will be...	... and the Landing Data correction factors will be:	<b>Special Considerations</b>
0	0	0	Max speed: 230 $V_{REF} = V_{REF FULL} + 60$ Ldg Dist: Dry: ULD x 1.80/Wet: (ULD x 4.40)-1103m	<b>Approach:</b> — Use SLAT/FLAP FULL — Use Non-Normal Landing Data, pg. P-15 or P-16. • Set $V_{REF} = V_{REF FULL}$ • Landing Distance = Dry: ULD x 1.22 / Wet: (ULD x 2.27) - 561m

**Figura 29:** As seções de configuração de pouso e cálculo da distância de pouso nos dois *checklists* são contraditórios

A lista de itens relevantes inoperantes foi um fragmento dos *checklists* utilizado em 20% dos eventos (**Figura 24**). Os pilotos usaram essa informação para avaliar a extensão, a gravidade e a natureza da falha, que, uma vez identificada como crítica, exigiu medidas imediatas. Da mesma forma, a seção foi útil para evitar a aplicação de outros *checklists* que poderiam inclusive agravar a situação. De acordo com os pilotos, essa informação seria útil em todos os *checklists* cujas mensagens produzem ou são causas de efeitos secundários.

As instruções para desligar ou isolar um sistema ou componente e ações para minimizar as consequências da falha foram as seções menos utilizadas. O baixo uso desta seção em relação às outras pode ter ocorrido porque em algumas situações de alarmes falsos, a mensagem desapareceu antes mesmo dos pilotos atuarem; em outros, ‘*resetar*’ o sistema foi suficiente para resolver a falha.

A característica informal assumida pelo QRH e pelos *checklists* (utilizados de modo fragmentado e intercalado) aproxima-o mais ao conceito de sistemas de informação do que mecanismos de controle. Assim como *softwares*, os procedimentos auxiliaram os pilotos a organizar a atividade, servir de apoio cognitivo e prover a informação quando requerido. A única diferença para o *software* é que o QRH, por ser em papel, não permite uma maior interação do piloto, nem a flexibilidade e dinamicidade para apresentar as informações.

O estudo também identificou três eventos nos quais o QRH não foi utilizado. Em um desses eventos, o EICAS apresentou várias mensagens e indicações de fogo nos dois

motores, na unidade de potência auxiliar (APU) e em ambos os compartimentos de carga. De acordo com o comandante, a tripulação não usou o QRH uma vez que diversas evidências indicaram que o problema foi claramente um alarme falso, tais como: (a) era altamente improvável que tenha havido fogo e fumaça de uma só vez em diferentes sistemas e componentes pouco relacionados; (b) não havia nenhuma indicação visual de fogo, fumaça ou cheiro, tanto dentro do *cockpit* ou reportado pelas comissárias de voo ou pelos passageiros; e (c) não havia nenhuma reporte de que este problema tivesse ocorrido antes. O segundo evento foi semelhante a este, exceto pelo fato de que ele aconteceu após o pouso da aeronave. Na terceira situação os pilotos receberam avisos dos controladores de tráfego aéreo e de outros pilotos sobre uma fumaça branca saindo de um dos motores durante o táxi para decolagem, uma condição não anunciada pelo EICAS. Os pilotos decidiram retornar para o pátio de estacionamento para verificações junto à manutenção.

### 5.2.5 Recursos Adicionais Utilizados

Além do QRH e *checklists*, os resultados indicaram que outros recursos foram utilizados pelos pilotos (**Tabela 15**). Esses recursos também foram utilizados de modo fragmentado e intercalado, tal como ocorreu com os *checklists*. Entretanto, nenhum deles foi originalmente concebido para ser utilizado em situações anormais ou de emergência.

**Tabela 15:** Recursos adicionais ao QRH empregados pelos pilotos

Recursos para ação adicionais utilizados	Evento																				Total	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	n	%
Experiência dos pilotos	1	1	1		1	1		1	1	1			1	1	1		1	1		1	14	70%
Profissionais de manutenção		1		1			1	1				1					1	1			7	35%
Technical Logbook (TLB)		1		1			1	1				1						1			6	30%
Lista Mínima de Equipamentos (MEL)						1					1					1		1	1		5	25%
<b>Total</b>	<b>1</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>4</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>20</b>	<b>100%</b>

A análise dos eventos revelou como os pilotos aproveitaram suas experiências para gerenciar a anomalia em metade dos eventos. As experiências estão relacionadas: (i) a própria experiência do piloto ou de colegas em situações e falhas semelhantes; (ii) o conhecimento sobre o sistema ou sobre a falha não explicitamente disponíveis no treinamento ou em manuais; e (iii) a memorização do conteúdo do *checklist*, resultante do

treinamento em simulador ou o constante manuseio QRH em mensagens rotineiras. Além do mais, os pilotos contam com histórias ou regras de ouro compartilhadas por colegas para avaliar mensagens, alarme falsos e as consequências da falha quando o QRH não fornece informações sobre a natureza das mensagens.

Em mais de um terço dos eventos os pilotos entraram em contato com o centro de controle de manutenção (MCC) ou técnicos de manutenção localizado no aeroporto com o objetivo de obter mais informações sobre a falha ou como resolvê-la. O MCC é o departamento responsável pela coordenação de todas as atividades de manutenção em toda a frota, tais como a alocação de uma aeronave para manutenção em um determinado aeroporto ou apoiar os técnicos de manutenção localizados nos aeroportos. Além disso, o MCC oferece aos pilotos o histórico de intervenções de manutenção e falhas anteriores. Já os técnicos de manutenção foram contatados, porque os pilotos acreditam que eles possuem mais conhecimento sobre os sistemas da aeronave, sobre as falhas e como corrigi-las do que o apresentado nos manuais. O contato ocorreu principalmente em situações em que a *checklist* não forneceu informações suficientes sobre a natureza da falha, nem como ‘*resetar*’ o sistema.

O *Technical Logbook* (TLB) também foi utilizado em um terço dos eventos. Devido à sua função original de servir como registro para todas as intervenções de manutenção realizadas ou adiadas, e todas as falhas e mau funcionamentos ocorridos na aeronave, o TLB foi útil para identificar padrões de falhas para cada aeronave e apoiou o reconhecimento de alarmes falsos ou mensagens rotineiras. O TLB ainda foi útil mesmo que os reportes contidos nele cubram normalmente os últimos dois dias, um período menor do que os reportes disponíveis no MCC. Um exemplo da página do TLB da aeronave foco da pesquisa encontra-se disponível no Apêndice E. Ela traz reportes reais realizados pelos pilotos e técnicos de manutenção na empresa objeto desta pesquisa.

A Lista de Equipamentos Mínimos (MEL), além de conter as circunstâncias nas quais uma aeronave pode decolar com um único sistema ou componente falhado, também oferece uma tabela de referência rápida para cada mensagem apresentada pelo EICAS (fica na verdade no DDPM, um dos manuais que compõem o MEL). Lá, pilotos e técnicos de manutenção podem encontrar informações sobre evidências de alarmes falsos e se o próximo voo pode ocorrer mesmo com a falha (**Figura 30**). As referências a este manual foram encontradas em quase um quarto dos eventos e foram particularmente importantes para apoiar o reconhecimento de alarme falso e apoiar a decisão do piloto de pousar em determinado aeroporto quando o manual permitia uma nova decolagem mesmo com a

mensagem de falha. Exemplos de páginas completas do MEL podem ser encontradas no Apêndice F.

TYPE	MESSAGE	POSSIBLE FAILED COMPONENTS	DISPATCH CONDITION	REMARKS
A D V I S O R Y	FUEL AC PUMP 1(2) FAIL	Fuel AC Pump	DDPM 5-28	Actual Advisory
		-	M MEL 28-21-33	False Advisory
	FUEL DC PUMP FAIL	Fuel DC pump	M MEL 28-22-01	-
	FUEL EQUAL-XFEED OPEN	-	Not Applicable	-
	FUEL FEED 1(2) FAULT	-	NO DISPATCH	Actual Advisory
		Fuel Low Pressure Switch	M MEL 73-31-01	False Advisory

Comentários sobre a mensagem FUEL FEED 1(2) FAULT

- Se o “Fuel Low Pressure Switch” tiver falhado...
- Então o diagnóstico provável é alarme falso
- Portanto, antes de decolar o técnico de manutenção e os pilotos devem seguir as instruções no manual “M MEL 73-31-01”.

Figura 30: Extrato do manual MEL com um exemplo da lista de mensagens EICAS

Os recursos apresentados na **Tabela 15** podem ser agrupados em três categorias: (i) recursos documentais fisicamente disponíveis no *cockpit*, tais como o MEL e o TLB; (ii) recursos sociais, como os profissionais de manutenção e outros pilotos (quando eles compartilham experiências); e (iii) experiências individuais dos pilotos em situações anteriores similares. O conhecimento dos pilotos sobre os recursos em cada uma dessas três categorias e como usá-los é tácito e não está formalizado em nenhum documento. Isso é evidente, por exemplo, nas sessões de simulador, pois o MEL, o TLB e os recursos sociais não estão fisicamente disponíveis. A utilização informal desses recursos pode ser explicado pelo fato de terem sido concebidos com um propósito diferente do de ajudar os pilotos a gerenciar anomalias.

Complementarmente, foram identificadas relações entre o tipo de recurso utilizado e os raciocínios predominantes na estratégia. A heurística e a analogia, na maioria das situações, foram apoiadas por experiências próprias e de terceiros, como esperado. Experiências passadas (situações análogas) e regras de ouro (heurísticas) permitiram o reconhecimento, o diagnóstico e a execução de ações mais rápidas do que se tivesse utilizado outras estratégias. Entretanto, a utilização do QRH também foi identificada em estratégias que utilizaram heurísticas. Talvez, algumas regras de ouro sejam empregadas para otimizar a utilização do QRH, direcionando a atenção dos pilotos para apenas algumas sessões do QRH ou do *checklist* ao invés de cumpri-los integralmente.

Já todos os tipos de recursos foram amplamente utilizados para apoiar as estratégias relacionadas à abdução. Uma possível explicação para a grande quantidade de informações requeridas por este tipo de raciocínio é a necessidade de utilizar uma grande quantidade de

evidências para criar, refutar ou corroborar as prováveis hipóteses, ainda que uma hipótese não necessariamente deva cobrir todas as evidências.

O pensamento analítico, por sua vez, foi predominantemente apoiado pelos recursos formais, tais como indicações do *cockpit* e o QRH. Foi possível identificar que esse tipo de estratégia foi utilizado após ter se esgotado as possibilidades de resolver a situação por meio de analogias e heurísticas. Como esse tipo de raciocínio está alinhado à forma pela qual as estruturas tecnológicas foram concebidas, a estrutura formal auxiliou melhor os pilotos nesse momento do que outros tipos de recursos.

### 5.3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados mostraram como a estrutura do QRH proposto pelo fabricante e adaptado pela empresa aérea estão voltadas para a apresentação física dos *checklists* e seguem a lógica de disponibilizar um *checklist* específico para cada mensagem EICAS apresentada. Ainda que o QRH disponibilizado pela empresa seja considerado como melhor do que o do fabricante, situações diferentes das quais o QRH e o sistema de alarmes foram elaborados criaram dificuldades para os pilotos e tiveram que ser contornadas com estratégias adaptativas apoiadas por seções do *checklist*, do QRH e de outros recursos. Ao contrário do contexto previsto pelo QRH, o mundo real vivenciado pelos pilotos se revelou mais complexo, dinâmico e incerto.

## 6 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

A partir dos resultados apresentados no Capítulo anterior, alguns temas emergiriam e parecem ser um padrão encontrado nos dados analisados. Entre eles, destacam-se: (i) a estrutura material e social disponível aos pilotos para gerenciar situações não-normais é diretamente influenciada pela visão dos procedimentos como mecanismos de controle organizacional, dos modelos de desempenho humano baseados na tarefa e dos métodos tradicionais de elaboração e revisão de procedimentos; (ii) os problemas reais revelados pelos pilotos entrevistados e vivenciados pelo autor se mostraram como problemas não-estruturados, os quais são mais intrincados e mais difíceis de lidar do que o previsto no WAI e no QRH; (iii) o modelo de gestão de anomalias revisado se mostrou um modelo conceitual promissor, pois propiciou uma visão sistêmica da atividade, além de *insights* importantes sobre como melhorar o desempenho do JCS; (iv) uma possível estrutura analítica derivada do modelo conceitual, o qual sugere que há uma relação entre fatores contextuais, estratégias e fragmentos de recursos, foi útil para proporcionar melhorias específicas aos recursos de tal modo a suportar a atividade ao invés de controlá-la; (v) evidências empíricas sugerem que o conceito ‘procedimentos como recursos para ação’ pode ser estendido a todos os recursos utilizados pelo *cockpit*, pois estes também foram utilizados de modo fragmentado e intercalado; e (vi) os resultados empíricos permitiram propor melhorias, incluindo a reorganização do conteúdo do QRH e dos *checklists*, e melhorias aos recursos adicionais empregado na atividade. Esses temas serão discutidos em maior profundidade nos próximos tópicos.

### 6.1 *WORK-AS-IMAGINED*: DA TEORIA À PRÁTICA

Os métodos para elaboração e revisão dos procedimentos para situações anormais e de emergência empregados pelo fabricante e pela empresa aérea estão relacionados de certa forma aos métodos disponíveis na literatura, conforme apresentado no Capítulo 2. De um lado, os engenheiros do fabricante mencionam explicitamente a utilização da legislação

do CAA (2006) como guia para os processos de concepção e revisão do QRH. Eles utilizaram os requisitos da legislação para orientar o trabalho de concepção do QRH, principalmente os aspectos tipográficos, leiaute e definição das situações cobertas pelos *checklists*.

Já o processo de definição das ações utilizado fabricante e sua tradução para um linguagem operacional seguiram etapas muito semelhantes ao método proposto por Heymann *et al.* (2007), pois define-se o estado da aeronave quando a falha ocorre e, em seguida, propõem-se ações para evitar que a falha se propague, ações para desativar o sistema ou componente falhado e ações para recuperar o sistema, quando a situação permitir. Uma vez definida a lista de ações, elas são transformadas para uma linguagem acessível aos pilotos.

Por outro lado, ainda que não citado pelo gerente da empresa aérea nem por seu assistente, a adaptação do QRH e o processo de revisão do documento também seguem as orientações do CAA (2006). Adicionalmente, a clara distinção entre os processos de concepção de um novo manual e de revisão de *checklists* do QRH existentes se mostraram muito próximos das propostas de Hale e Borys (2013b). Inclusive, somente foi possível coletar dados sobre o processo de revisão dos procedimentos existentes, já que nenhum novo *checklist* ou procedimento foi criado durante o período de coleta de dados.

Outra semelhança com os métodos para o elaboração e revisão de procedimentos para situações não-normais está no foco das modificações. A customização do QRH pela empresa aérea procurou enfatizar as características físicas do documento, a exemplo dos métodos tradicionais (Degani e Wiener, 1993; De Brito, 2002; CAA, 2006; Burian, 2006b; Heymann *et al.*, 2007). Apesar de ser reconhecido pelo gerente da empresa aérea que o modelo de QRH herdado é superior e mais fácil de manusear do que a versão do fabricante, os resultados sugerem que a efetividade do QRH está menos em suas características físicas e mais na sua capacidade de prover informações necessárias aos pilotos durante a resolução de problemas. De fato, nenhum entrevistado relatou tais características como dificuldade e sim quais estruturas de informação e seções foram mais propícias a auxiliar na solução de circunstâncias particulares.

O modelo descrito nos manuais sobre como os pilotos devem lidar com situações anormais e de emergência está mais relacionado aos modelos SPEED (De Brito, 1998; 2000; 2002) e OODA *Loop* (CAA, 2006) do que o modelo de gestão de anomalias por três razões. Primeiro, o modelo descrito nos manuais da empresa aérea divide a atividade em algumas tarefas elementares e de forma sequencial, que possuem início, meio e fim, apesar

de descrita formalmente em apenas três etapas. Segundo, todas as ações dos piloto devem ser precedidas por uma avaliação cuidadosa da situação e sempre pautadas no sistema de mensagens. Terceiro, o foco da descrição da atividade está em como os pilotos devem utilizar o QRH e não na resolução da situação.

A análise do treinamento também forneceu evidências de que o QRH é visto como recurso único e suficiente para lidar com as falhas, independente do contexto apresentado. A utilização unicamente do QRH durante as sessões de treinamento de situações não-normais mostra como o treinamento formal oferece apenas cenários baseados em situações previstas pelo QRH (problemas estruturados), para os quais o *checklist* é suficiente e resolve a pane. Já o treinamento informal, oferecido em algumas oportunidades pelos instrutores de voo, mostrou como, para situações mais complexas e fora do escopo do QRH (problemas não-estruturados), os instrutores auxiliam os pilotos através de “macetes”, termo informal para elucidar estratégias não contida no QRH e útil para lidar com situações circunstanciais.

As evidências empíricas mostraram que a Azul utiliza a abordagem como procedimentos como mecanismos de controle corrobora a análise do WAI: se os eventos reais tivessem ocorrido de acordo com o esperado pelos responsáveis pela gestão do QRH e os engenheiros do sistema de alarmes, a utilização de somente um único *checklist* deveria ser suficiente para solucionar os problemas. Nesse cenário, o sistema EICAS sempre diagnosticaria exatamente uma falha real (IF), mostrada através de uma única, no máximo múltiplas mensagens com indicação do *chevron*, e a aplicação do *checklist* sempre resultaria na resolução da situação (THEN). Portanto, o WAI e toda estrutura formal disponível para o gerenciamento de situações não-normais são ideais para resolver problemas estruturados, aqueles que acontecem conforme previsto, o que corrobora as previsões de Dekker (2005).

## 6.2 PROBLEMAS REAIS SÃO NÃO-ESTRUTURADOS

Conforme argumentado na Seção anterior, apesar de ter sido constatado que o WAI é ideal para solucionar problemas estruturados, as situações reais coletadas nas entrevistas e nas observações diretas foram muito mais complexas. Os fatores contextuais reais se mostraram fora do escopo dos procedimentos e do sistema de alarmes e, conseqüentemente geraram demandas não previstas.

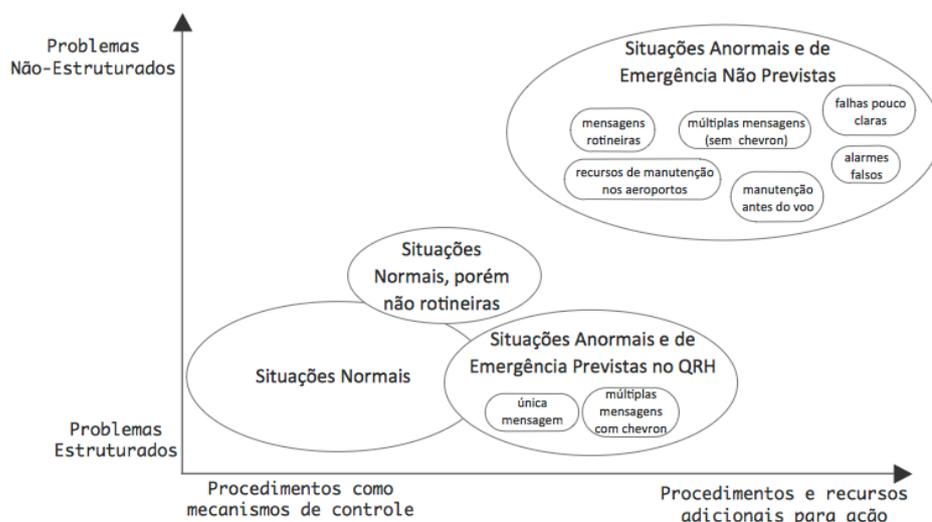
O sistema de alarmes, nos eventos analisados, foi importante para chamar a atenção dos pilotos para a ocorrência de alguma situação anormal ou emergência não facilmente identificada por outros parâmetros, tais como a abertura da porta em voo (ver Seção 5.2.1), o que está em linha com os argumentos de Woods (1995). Já sua capacidade de prover um diagnóstico preciso de problemas diante dos fatores contextuais identificados foi limitada, resultado que também corrobora as previsões de Woods (1994).

Ao contrário do WAI, o conjunto de mensagens apresentadas pelo sistema de alarmes possui um valor semântico muito além do texto apresentado por cada mensagem EICAS. Ou seja, o 'IF' possui múltiplas interpretações e significados. A partir de múltiplas evidências, incluindo, mas não limitada às mensagens EICAS, a tripulação procurou primeiro definir se realmente eles estavam lidando com alguma anormalidade ou emergência. O valor do reconhecimento de uma anomalia está no tipo de ação a ser tomada, que pode inclusive trazer riscos às operações e consumir recursos críticos, tais como o tempo, o combustível e as opções de aeroportos de alternativa (por exemplo, descer para níveis mais baixos consome mais combustível, reduz a autonomia da aeronave e, conseqüentemente, reduz as opções de aeroportos de alternativa).

Entre as razões da possibilidade de múltipla interpretações estão o comportamento da aeronave diferente do previsto em algumas ocasiões (constante ocorrência de alarmes falsos e falhas repetidas em apenas alguns sistemas e componentes), práticas organizacionais de manutenção (ações de manutenção anteriores ao voo e com objetivo de postergar grandes intervenções) e o gerenciamento de objetivos conflitantes pelos pilotos (prosseguir para o aeroporto mais próximo e adequado versus prosseguir para o aeroporto que possui recursos suficientes para realizar a manutenção da falha e evitar distúrbios na operação). Os resultados mostraram como esses fatores contextuais não estão previstos no WAI, principalmente nos *checklists* do QRH. Conseqüentemente, esses fatores criaram demandas extras aos pilotos, tais como verificar a natureza da falha, as manutenções realizadas anteriormente e os recursos de manutenção disponíveis nos aeroportos.

Nesse sentido, as demandas extras são conseqüências de problemas não-estruturados (Dekker, 2005), uma vez que não foram formalizadas, treinadas nem possuem algum *checklist* associado. Apenas o reconhecimento de que situações não previstas pelos *checklists* podem acontecer, como descrito nos manuais da empresa, não auxiliou os pilotos a lidar com os problemas. Pelo contrário, demandou deles adaptações e o emprego do repertório de estratégias (Rasmussen, 1993a) e de recursos originalmente concebidos com outros propósitos. Portanto, o sucesso do gerenciamento de problemas não-

estruturados adveio da combinação entre a capacidade de interpretar a situação além da dicotomia ‘falha ou normalidade’, na utilização de estratégias criativas e informais e da utilização da estrutura formal, incluindo mas não limitado aos procedimentos, e de outros recursos para apoiar a gestão da anomalia (**Figura 31**). Tais constatações estão alinhadas e complementam os resultados de Wright e McCarthy (2003) e Wright *et al.* (1998).



**Figura 31:** Disposição teórica das situações segundo o grau de estruturação do problema e o tipo de abordagem sobre procedimentos

O segundo fator associado à estruturação da situação diz respeito a distinção entre situações anormais e de emergência. Apesar de ser comum a distinção entre elas na aviação, sendo inclusive utilizada nos manuais do fabricante da aeronave, na prática essa distinção revelou-se sem relevância por dois motivos. Primeiro porque ela somente pode ser utilizada valendo-se do viés retrospectivo, pois durante a gestão da situação não é possível categorizá-la claramente. Segundo, os pilotos procuraram resolver a situação, independente do nível crítico percebido, já que toda situação não-normal foi motivo para alterar a rotina normal e demandou atividades relacionadas a solução de problemas.

Sendo assim, diante de situações não-estruturadas, não foi possível simplesmente categorizar as situações e, em seguida, realizar ações correspondentes. As ações foram realizadas diante de fatores circunstanciais específicos e da percepção de tempo disponível e não através da categorização da situação como um todo. Tal resultado sugere um dos motivos pelo qual a empresa, ao contrário do fabricante, preferiu não colocar *checklists* para situações anunciadas e não anunciadas em diferentes seções do QRH. O índice geral, inclusive, lista todos os *checklists* contidos no QRH em ordem alfabética, onde a única

distinção entre falhas anunciadas e não anunciadas ocorre pelo tipo de letra utilizado (maiúscula para situações anunciadas e minúscula para não-anunciadas).

### 6.3 MODELO DE GESTÃO DE ANOMALIAS REVISADO

O modelo teórico utilizado como estrutura de análise, desenvolvido a partir de três outros modelos da ESC, ofereceu importantes *insights* sobre como os pilotos gerenciaram as falhas e os distúrbios. O modelo permitiu aprofundar o entendimento sobre: (a) como a propagação do distúrbio influencia e é influenciada pelas ações dos pilotos ao longo tempo; (b) como o reconhecimento da anomalia desempenha um papel importante na gestão; (c) como os processos cognitivos são demandados pelos fatores circunstanciais e não há precedência de um processo sobre os outros; (d) como os JCS possuem um rico repertório de estratégias para lidar com diferentes fatores circunstanciais; e (e) a influência de diferentes tipo de raciocínios sobre as estratégias empregadas.

Assim como previsto por Woods (1994), a interação dos pilotos com as falhas ocorre por meio dos distúrbios, ou representações tangíveis das falhas. Atuar indiretamente na falha dificultou a gestão da anomalia em alguns momentos, principalmente quando as ações geraram distúrbios inesperados ou agravaram a falha. Em um dos eventos analisados, a mensagem EICAS e a indicação de baixa pressão do óleo de um dos sistemas hidráulicos aliada às ações do *checklist* correspondente foram interpretadas pelos pilotos como um mau funcionamento da bomba mecânica desse sistema hidráulico. No entanto, ao seguir o *checklist*, os pilotos acabaram ligando uma bomba auxiliar para forçar a pressão no sistema, o que esvaziou completamente o reservatório, reduziu a pressão a zero e levou a perda completa do sistema. Somente após essa sequência de distúrbios é que os pilotos conseguiram entender que a falha no sistema era, na verdade, um pequeno vazamento no reservatório que aumentou após seguir as ações do *checklist*. Ainda que o QRH previsse que a situação poderia se deteriorar, os pilotos justificaram que eles prefeririam ter adotado outro curso de ação para evitar o agravamento da falha. Muitas vezes os pilotos preferem manter um distúrbio estável a tentar contê-lo.

Da mesma forma que sugerido por Christoffersen e Woods (2006), o tempo foi um fator utilizado pelos pilotos para identificar e diagnosticar um problema. O padrão de comportamento do distúrbio ao longo do tempo também se revelou como uma fonte rica de informações. Em um dos eventos experimentados pelo pesquisador, a definição do alarme falso ocorreu somente após os indicadores de pressão e quantidade de óleo de um dos

sistemas hidráulicos mostrarem valores anormais e normais alternadamente. Caso o indicador tivesse mostrado somente valores anormais, dificilmente os pilotos teriam tratado a situação como alarme falso.

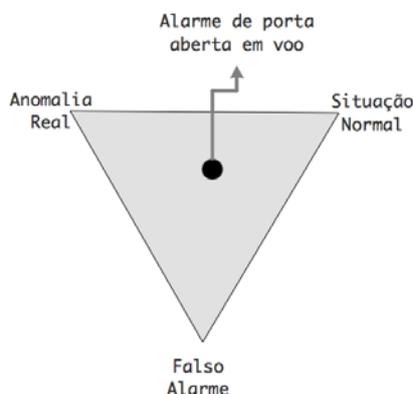
O reconhecimento de um problema real a partir de um ambiente ruidoso ocorreu com base em múltiplas fontes de evidências, incluindo ações de diagnóstico, conforme previsto por Woods e Hollnagel (2006). O sistema de alarmes chamou a atenção dos pilotos para um provável problema, como também evidenciado por Woods (1994), cabendo aos pilotos, no entanto, o julgamento sobre a natureza do problema e a construção do curso específico de ação. Uma das justificativas para a limitação do sistema EICAS em prover um reconhecimento e um diagnóstico precisos sobre a falha está na característica de multiplicidade de significados de uma ou mais mensagens do sistema de alarme, segundo o contexto que as cerca.

A análise do evento no qual houve o alarme de abertura da porta em voo proporciona um exemplo sobre como ocorre o reconhecimento e o diagnóstico da anomalia. O sistema de alarmes indicou a abertura da porta em voo, o indicador localizado na porta mostrava que a porta não estava totalmente fechada, não havia o típico ruído de vazamento de ar e não havia indicação de depressurização nos indicadores do *cockpit*. O comandante interpretou que a porta não estava totalmente fechada nem totalmente aberta: possivelmente aberta o suficiente para disparar o alarme e a mensagem, mas não o suficiente para causar uma depressurização.

O reconhecimento dessa situação tal como realizada pelo comandante, no entanto, não está no escopo do EICAS, pois sua lógica é dicotômica (porta aberta versus porta fechada) e, nesse caso, não foi aplicável. Segundo Dekker (2006), problemas no mundo real são, na verdade, uma área cinza e não dicotômica, com múltiplas interpretações limitadas por alguns constrangimentos, tais como o desempenho real do avião, o histórico de falhas e a familiaridade do piloto com a falha. Nesse sentido, a área cinza de prováveis interpretações aplicada ao exemplo anterior pode ser representada graficamente pela **Figura 32**.

Foi possível constatar a partir dos dados analisados que o reconhecimento da anomalia ocorreu em um espaço de possibilidades limitado a 3 extremidades: (i) a anomalia é real e justificaria adotar ações de maior risco e o dispêndio de recursos críticos; (ii) é um falso alarme e por isso é preferível adotar ações cautelosas, menos arriscadas e que não necessitem utilizar recursos críticos; e (iii) a situação é normal, o que demanda apenas uma maior atenção dos pilotos para um possível retorno do problema ou

aparecimento de outra falha. Apesar dessa distinção, nenhum dos eventos analisados pode ser posicionado completamente em um dos extremos. Todos os pilotos, sem exceção, categorizaram a situação com certo grau de incerteza, mesmo algum tempo após sua ocorrência e acesso às informações de manutenção.



**Figura 32:** Área cinza de prováveis interpretações e suas delimitações

As estratégias descritas no Capítulo 5 são processos cognitivos contínuos, entrelaçados e por vezes concomitantes, e esse resultado está em linha com a proposição teórica de Woods e Hollnagel (2006), Rasmussen e Jensen (1974) e Rasmussen (1993a). Algumas vezes a estratégia foi definida como uma composição de um único processo (p.e. a estratégia “g”, diagnosticar uma causa comum a todas as mensagens, consiste apenas do diagnóstico) e em outras por dois ou mais processos (p.e. a estratégia “i”, adotar uma abordagem conservativa, envolveu 3 processos: (1) reconhecer a anomalia como alarme falso, (2) diagnosticar a causa provável se a anomalia fosse real e (3) adotar ações para isolar ou reduzir o problema e pousar o mais rápido possível).

A utilização do conceito de estratégia para representar a combinação dos processos cognitivos evitou a necessidade de representar um processo como precedente sobre o outro. Em alguns eventos analisados, a ação sobre o distúrbio gerou mais informações para refutar ou reforçar o reconhecimento da anomalia e o diagnóstico da causa, conforme previsto por Woods e Hollnagel (2006). Da mesma forma, o conceito de estratégia revelou como, na verdade, não é o tempo ou a ação anterior que dita a próxima estratégia e sim os fatores circunstanciais imediatos presentes no meio, o que corrobora os resultados de Rasmussen e Jensen (1974).

Além disso, é possível que a recorrência de alguns fatores contextuais (ver Seção 5.2) tenha tornado algumas estratégias parte do repertório utilizado pelos JCS. Por exemplo, avaliar se a mensagem é um alarme falso antes de qualquer ação pareceu ser a

primeira resposta para lidar com as mensagens em diversos eventos analisados. Nesse sentido, quanto mais fatores circunstanciais os pilotos foram expostos, mais rico foi o repertório de estratégias desenvolvido.

É possível justificar ainda que o conhecimento adquirido sobre como lidar com fatores circunstanciais não previstos, seja por experiência própria ou compartilhado por terceiros, pode ser um indicativo do desenvolvimento da *expertise* dos pilotos. A utilização de padrões de gestão de anomalia para fatores circunstanciais específicos a partir de experiências próprias ou compartilhadas por terceiros revelou que a *expertise* depende da exposição dos pilotos a ricos e heterogêneos contextos, além da interação entre os pilotos.

A caracterização do tipo de raciocínio envolvido na aplicação da estratégia também ofereceu *insights* sobre o tipo de recurso utilizado e, por conseguinte, ofereceu subsídios para a proposição de melhorias, como sugere Rasmussen (2000). Enquanto as estratégias baseadas em analogias e heurísticas foram em sua maior parte apoiadas pelas experiências dos pilotos, a abdução foi apoiada pelos diversos tipos de recursos. Já o raciocínio analítico foi predominantemente apoiado apenas pelos recursos documentais, principalmente os *checklists* do QRH. Esses recursos, segundo Rasmussen (1993a), estão organizados em árvores de decisão, cujas categorias, organizadas hierarquicamente e com relações causais bem definidas, oferecem um caminho para que o operador chegue a uma única causa e solução.

Seria mais efetivo, portanto, propor melhorias objetivando aumentar o repertório de estratégias como meio de apoiar os raciocínios por analogia e por heurísticas ao invés de somente tentar melhorar a organização física e de conteúdo do QRH. Obviamente, o QRH, o TLB e o MEL também se mostraram recursos úteis em certas circunstâncias e também apresentaram oportunidades de melhoria para apoiar de forma mais efetiva as estratégias relacionadas ao raciocínio analítico e abdução. Pelo fato do mundo real apresentar problemas estruturados e não-estruturados, além da atual estrutura formal apoiar a resolução daquele tipo de problema, estes também precisariam ser considerados pelos recursos documentais, ao prover mais informações para os pilotos decidirem como agir ao invés de disponibilizar ações específicas.

A apresentação gráfica das contribuições teóricas e empíricas ao modelo teórico proposto por esta tese (modelo de gestão de anomalias revisado) pode ser visualizada na **Figura 33**. Ela traz o mapa conceitual apresentado no Capítulo 3 com as devidas contribuições teóricas e empíricas da tese.



as estruturas sociais e materiais, incluindo os procedimentos, foram responsáveis por resolver com êxito os problemas de forma *ad-hoc*, conforme sugerem Woods e Hollnagel (2006).

**Tabela 16:** Estratégias para lidar com os fatores contextuais e os recursos utilizados para apoiá-las

Fatores contextuais	Estratégias	Seções do QRH, do <i>checklist</i> ou dos recursos adicionais
Comum a maioria dos fatores contextuais e determinantes para mensagens rotineiras e falhas pouco claras	a) Agir no problema ou na consequência da falha antes de utilizar o QRH -Analogia -Heurística	Experiência dos pilotos - Experiências de colegas compartilhadas por meio de histórias e regras de ouro e experiências próprias em situações similares Indicações do <i>cockpit</i> - página sinótica, controles e indicadores
	b) Coletar ou gerar mais informações sobre a falha -Abdução	QRH - Descrição da falha, ações ou questões para verificar a extensão da falha ou para 'resetar' o sistema e lista de itens inoperantes Profissionais de manutenção - MCC para consultar os registros de falhas e manutenções anteriores TLB - Registros de falhas e manutenções anteriores
	c) Avaliar se a mensagem é falsa ou não -Heurística -Analogia	MEL - Lista de mensagens EICAS QRH - Ações ou questões para verificar a extensão da falha ou para 'resetar' o sistema TLB - Registros de falhas e manutenções anteriores
	d) Preparar o <i>cockpit</i> : configuração para pouso e cálculos de desempenho -Analítico	QRH - Configuração de pouso e cálculos de desempenho de pouso Experiência dos pilotos - Experiências anteriores para calcular o desempenho de pouso para mais de uma mensagem
	e) 'Resetar' ou desligar o sistema falhado -Heurística -Analítico -Abdução	QRH - Descrição da falha, ações ou questões para verificar a extensão da falha ou para 'resetar' o sistema e lista de itens inoperantes Experiência dos pilotos - Familiaridade com e memorização do conteúdo do <i>checklist</i>
	Ações de manutenção realizadas antes do voo	f) Avaliar os registros de manutenção -Heurística
Experiência dos pilotos - Experiências de colegas compartilhadas por meio de histórias e regras de ouro e experiências próprias em situações similares		
Múltiplas mensagens	g) Diagnosticar uma causa comum a todas as mensagens -Analítico h) Priorizar a ou as mensagens mais críticas -Heurística - Analítico - Abdução	Indicações do <i>cockpit</i> - página sinótica, controles e indicadores, painel dos disjuntores, lógica do sistema de alarmes para mostrar as mensagens TLB - Registros de falhas e manutenções anteriores Profissionais de manutenção - MCC para consultar os registros de falhas e manutenções anteriores
		Indicações do <i>cockpit</i> - página sinótica, controles e indicadores, painel dos disjuntores, lógica do sistema de alarmes para mostrar as mensagens QRH - Descrição da falha, ações ou questões para verificar a extensão da falha ou para 'resetar' o sistema e lista de itens inoperantes
Alarmes falsos	i) Adotar uma abordagem conservativa -Heurística	QRH - Descrição da falha, ações ou questões para verificar a extensão da falha ou para 'resetar' o sistema, lista de itens inoperantes e configuração de pouso e cálculos de desempenho de pouso Experiência dos pilotos - Experiências de colegas compartilhadas por meio de histórias e regras de ouro e experiências próprias em situações similares
Ações de manutenção não podem ser realizadas em todos os aeroportos	j) Avaliar se os recursos de manutenção disponíveis nas opções de aeroportos são suficientes para lidar com a falha -Abdução -Analogia	Profissionais de manutenção - MCC para consultar os registros de falhas e manutenções anteriores Experiência dos pilotos - Experiências de colegas compartilhadas por meio de histórias e regras de ouro e experiências próprias em situações similares e com os aeroportos MEL - Lista de mensagens EICAS

Os resultados forneceram apoio empírico à noção teórica de que a gestão de anomalias é muito mais influenciada pelos fatores circunstanciais do que pela sequência de

tarefas descrita nos manuais da empresa ou nas abordagens baseadas na tarefa, como sugerido por Suchman (1987) e Rasmussen (1993a). Foi constatado um padrão de utilização de determinadas estratégias segundo o fator contextual presente. Da mesma forma, estratégias similares foram empregadas por diferentes pilotos utilizando os mesmos recursos. Conseqüentemente, esses resultados sugerem que para cada fator circunstancial os pilotos (no sentido social) desenvolveram estratégias apoiadas por fragmentos específicos de informações extraídos de determinados recursos.

A **Tabela 16** pode ser interpretada como uma possível estrutura de análise da gestão de anomalias. Além de estabelecer uma relação entre as categorias analíticas, ela orienta o prático a investigar qual o contexto, estratégia e recursos utilizados para gerenciar uma situação específica. Da mesma forma, a estrutura procura deixar claro que um fator contextual pode demandar mais de uma estratégia, uma estratégia pode ser aplicável a mais de um fator contextual e o mesmo recurso pode oferecer fragmentos de informação para diferentes estratégias e contextos de forma limitada.

## 6.5 PROCEDIMENTOS E OUTROS RECURSOS PARA A GESTÃO DE ANOMALIAS

Os resultados apresentados deixam claro que o QRH é utilizado como uma ferramenta de apoio à atividade (Suchman, 1987; Hutchins, 1995a; McCarthy *et al.*, 1997; Wright *et al.*, 1996; 1998; 2000; Wright e McCarthy, 2003) de gestão de anomalias (Woods, 1994; Woods e Hollnagel, 2006), em vez de controlar o trabalho (Hale e Swuste, 1998). A principal preocupação dos pilotos foi na gestão da anomalia, utilizando o QRH de modo fragmentado, ao invés de aplicar o QRH como uma prescrição para o trabalho.

Por fragmentação, esta tese entende que as diferentes seções e informações contidas no QRH foram usadas para lidar com circunstâncias particulares. Uma falha técnica ou outro problema possui mais significado do que o sistema de alertas pode transmitir, razão pela qual os pilotos utilizaram vários *checklists* de modo fragmentado e intercalado, na medida em que a situação se desenvolveu. Os múltiplos sentidos contidos na ou nas mensagens fornecem uma explicação plausível porque o QRH não é utilizado como esperado e complementa as conclusões de Wright *et al.* (1998) e Wright e McCarthy (2003).

Os resultados apresentados no Capítulo anterior também revelaram que o uso do QRH foi intercalado com outros recursos, ao invés de ser o principal recurso de controle da

atividade, como sugerido pelos métodos para elaboração e revisão dos procedimentos para situações não-normais. Os recursos adicionais ajudaram o JCS a lidar com as circunstâncias não previstas pelos projetistas do QRH, *checklists* e do sistema de alarmes, fornecendo informações essenciais para apoiar as estratégias adaptativas.

Assim como apresentado anteriormente, alguns recursos foram utilizados além do seu projeto original. O TLB, um dos recursos documentais por exemplo, foi concebido para ser utilizado durante intervenções de manutenção, enquanto a aeronave está no solo e não durante o voo. Originalmente, os técnicos de manutenção utilizam o TLB para diagnosticar o problema, decidir qual o tipo de manutenção corretiva necessária e se é possível adiar a ação de manutenção. Já os pilotos devem obrigatoriamente consultar o registro de manutenção para verificar se a aeronave está documentalmente (em relação às manutenções) preparada para decolar.

Complementarmente às previsões de que o QRH seria um recurso para definir os cursos de ação (Suchman, 1987; Wright *et al.*, 2000), os recursos utilizados pelos pilotos foram importantes também para o diagnóstico e o reconhecimento da anomalia. Por exemplo, o QRH apoiou o diagnóstico, fornecendo informações sobre a mensagem ou ações para ‘resetar’ o sistema. Já o TLB forneceu informações que possibilitaram os pilotos a reconhecer tendências de falhas e, ao encontrar uma em voo, pudessem adotar ações pré-especificadas. Além disso, e de acordo com as previsões de Woods (1994), algumas ações realizadas pelo JCS objetivaram gerar mais informações sobre a anomalia ao invés de resolver o problema. As evidências empíricas, portanto, sugerem que os recursos são mais que apoio para ação; são recursos que apoiam a atividade de gestão de anomalias como um todo. Essas contribuições à teoria podem ser visualizadas no mapa conceitual apresentado pela **Figura 33**.

## 6.6 IMPLICAÇÕES PARA A REVISÃO DOS PROCEDIMENTOS E OUTROS RECURSOS PARA A GESTÃO DE ANOMALIAS

Conforme argumentado por Hollnagel (2004; 2008), é comum que as principais recomendações, após a ocorrência de eventos com consequências negativas, sejam direcionadas para mudar os procedimentos, pois eles são mais fáceis de serem modificados do que o projeto dos artefatos tecnológicos, tais como uma aeronave. A análise do método de atualização do QRH empregado pela empresa aérea corrobora esse argumento, e complementa-o ao evidenciar que as mudanças no QRH são frequentes (a cada três meses)

e todas procuram reforçar o papel dos *checklists* como mecanismos de controle, pois procuram ser mais restritivas ou elucidar as razões do procedimento. No entanto, os resultados sugerem que o QRH é limitado ao oferecer soluções para problemas não-estruturados.

Diante desses fatos, os resultados deste estudo oferecem implicações sobre a revisão de procedimentos para a gestão de anomalias no *cockpit* em linha com a perspectiva de recursos para atividade. Em primeiro lugar, os resultados sugerem que o QRH deve ser fragmentado de modo que cada seção possa ser utilizada de forma independente de acordo com as circunstâncias e complementa as sugestões de melhoria no QRH propostas por Wright *et al.* (1998). Cada seção deve contribuir para o reconhecimento da anomalia, o diagnóstico de problemas ou o planejamento e execução do curso de ação. Mais do que propor um novo QRH ou mais procedimentos, a segmentação visa incorporar no QRH o modo pelo qual os pilotos utilizam-no.

A seção de reconhecimento de anomalia deve apoiar os pilotos a distinguir uma falha real de um alarme falso ou uma situação normal. Basicamente, esta seção deve fornecer meios para responder à pergunta “nós temos uma anomalia?” Uma das possibilidades é oferecer evidências para auxiliar os pilotos a reconhecer uma alarme falso, uma situação normal ou uma anomalia propriamente dita, inclusive por meio de ações de diagnóstico (Woods, 1994).

A seção relacionada ao diagnóstico de problemas deve apoiar os pilotos a responder à pergunta “qual problema estamos enfrentando?”, o que inclui a utilização de ações de diagnóstico inclusive. A atual seção do QRH chamada de “condição” (fornecem a descrição da falha e algumas causas prováveis) e as questões e ações disponíveis para avaliar a extensão da falha, ambas descritas na Seção 5.2.3, podem ser utilizadas como um ponto de partida. No entanto, esta seção só deve fornecer informações adicionais se o significado do problema for mais amplo do que o apresentado pela mensagem.

A seção para apoiar o planejamento e a execução do curso de ação poderia fornecer meios para resolver o problema depois de reconhecer e diagnosticar uma anomalia. O objetivo da seção seria oferecer diferentes opções de curso de ação com explícita referência ao seu objetivo, deixando a escolha entre eles para os pilotos. Há ações, por exemplo, que visam isolar o componente ou o sistema, acionar o componente de *backup* ou ‘*resetar*’ o sistema. A escolha entre elas depende da escolha do piloto segundo sua interpretação do contexto, tais como o tipo e natureza da falha, as consequências envolvidas com o desligamento do sistema e os aeroportos de destino e de alternativa.

Vale salientar que, enquanto as três seções do QRH (anomalia de identificação, o diagnóstico, e o curso da ação) podem aparecer sequencialmente no documento físico, deveria ficar claro para os pilotos que, na prática, elas podem ser utilizadas de maneiras diferentes e conforme necessário. Outra possibilidade de lidar com essa limitação seria o emprego de soluções tecnológicas, como o QRH eletrônico, que possibilitariam um documento dinâmico em um tablete, por exemplo (as informações apresentadas se reorganizam mediante interação com o usuário).

Mais do que propor mudanças ao QRH, os resultados mostraram como os recursos adicionais auxiliaram os pilotos em situações para as quais o QRH não foi suficiente. Sendo assim, a segunda implicação refere-se à melhoria do desempenho do JCS como um todo, aproveitando as interações entre os diferentes recursos com o QRH e o fato desses recursos terem sido originalmente desenvolvidos com um propósito diferente ao de apoiar o *cockpit* no gerenciamento de anomalias.

Os vários profissionais que influenciam o JCS, além dos próprios pilotos, poderiam contribuir para a revisão dos procedimentos. Os resultados indicaram como os pilotos recorreram aos técnicos de manutenção em situações onde o QRH não proveu informações adicionais. Como os técnicos possuem um extenso conhecimento sobre como a aeronave e os sistemas funcionam de modo diferente do esperado ou descrito nos manuais, eles auxiliaram os pilotos propondo diagnósticos e cursos de ação não contidos no QRH. Assim, o conhecimento tácito de diversos atores poderia fornecer contribuições sobre quais falhas são mais propensas a ocorrer ou de serem falsos alarmes e quais as formas alternativas para lidar com elas.

A segunda sugestão consiste em substituir o TLB por um sistema informatizado. Atualmente, os registros do TLB, apesar de limitados a dois dias, são realizados em papel e proporcionam informações valiosas aos pilotos na identificação de padrões de falha ou se a falha está relacionada a ações de manutenção anteriores. A importância da identificação desse dois fatores recai na forma pela qual os pilotos lidam com a anomalia, já que procuram adotar cursos de ação menos críticos. Para consultar registros de mais de dois dias, os pilotos devem contatar o MCC. Em algumas situações, a comunicação é tão ruidosa que impossibilita o entendimento mútuo.

A proposta de um novo sistema para o TLB poderia incorporar novas funções, tais como indicações de tendências de falhas e assinalar os tipos de manutenção e os sistemas que mais tiveram intervenção ou falhas nas semanas anteriores. O objetivo é destacar informações importantes, tais como falhas críticas, quais páginas do QRH foram

cumpridas e quais ações crítica de manutenção foram realizadas após o reporte, e filtrar informações ruidosas, tais como registros de manutenção sobre colocar óleo nos motores e verificação e ações de manutenção na cabine de passageiros (conserto de assentos, cintos de segurança, tela de entretenimento, e outros componentes e sistemas não críticos). Essas informações, portanto, aumentariam a capacidade de reconhecimento de anomalias e o relatório de diagnóstico dos pilotos.

O esforço dos instrutores em promover um cenário que simule uma situação não-estruturada pode servir de alternativa às limitações do simulador apresentadas nos resultados. Situações anormais e de emergência fora do escopo do QRH e do sistema de alarmes não são passíveis de reprodução no simulador, não pelo menos sem a necessidade de investir recursos financeiros para reprogramar os computadores.

A capacidade de simular uma situação não-estruturada parece estar relacionada a habilidade do instrutor em criar uma situação de surpresa, agindo manualmente ao programar as anomalias, atuando ativamente como um ator e instrutor. Uma vez apresentado a situação, ele intervém auxiliando os pilotos a gerenciar a situação com dicas e regras de ouro. Assim, após instigar a dúvida sobre como agir na situação, eles apresentam uma possível solução.

Apesar de informal, esses esforços são corroborados por literaturas recentes que propõem novos meios de acelerar a aprendizagem (Hoffman *et al.*, 2014). Mais do que facilitar a aprendizagem, a proposta de Hoffman *et al.* (2014) é tornar a transição do novato para o *expert* o mais breve possível, principalmente em sistemas tecnológicos complexos e perigosos, como a aviação. Isso somente seria possível ao expor o novato a diferentes situações tão complexas quanto a realidade. Ao mesmo tempo, o treinamento deve estimular o raciocínio sensível ao contexto dos operadores, ao invés de restringir o treinamento à aplicação repetida dos procedimentos e regras em um contexto simples e desconexo da complexidade da realidade. As experiências compartilhadas pelos pilotos por meio de histórias ou regras de ouro são outros recursos que, se melhor explorados, poderiam melhorar o desempenho do JCS. As experiências anteriores foram valiosas para auxiliar os pilotos durante situações envolvendo alarmes falsos (intermitentes) e falhas rotineiras, já que o QRH dificilmente contempla-as. Por exemplo, a promoção de oportunidades formais de intercâmbio de experiências entre os pilotos e técnicos de manutenção poderia aumentar o número de casos e situações experimentados. Isso poderia ocorrer através de reuniões e treinamento formais ou remotamente através de estudos de casos encaminhados por e-mail.

Naturalmente estas implicações para reprojeto podem ter inconvenientes, uma vez que as interações em sistemas complexos não são totalmente previsíveis. Por exemplo, a sugestão relacionada com a reorganização física do QRH pode torná-lo mais extenso. Enquanto um sistema de informação baseado em um *tablet* poderia ser útil, isto poderia implicar desvantagens associadas com a tecnologia da informação (por exemplo, notas escritas à mão por pilotos no QRH não seriam possíveis).

## 7 PROTOCOLO PARA REVISÃO DOS PROCEDIMENTOS PARA SITUAÇÕES ANORMAIS E DE EMERGÊNCIA DISPONÍVEIS NO COCKPIT: SUGESTÃO E DESENVOLVIMENTO

O protocolo para revisar os procedimentos para situações anormais e de emergência foi construída a partir dos princípios teóricos apresentados nos Capítulos 3 e 4, e pelos resultados e discussões derivados do estudo etnográfico cognitivo (Capítulos 5 e 6). Sendo assim, este Capítulo está organizado em duas partes. A primeira procura desdobrar os princípios teóricos-empíricos, operacionalizando-os. A segunda propõem as atividades necessárias ao protocolo, bem como sua interrelações e as métricas referentes à avaliação de seu desempenho.

### 7.1 PRINCÍPIOS E DESDOBRAMENTOS: PROCEDIMENTOS E RECURSOS ADICIONAIS PARA A GESTÃO DE ANOMALIAS

Os quatro princípios são apresentados na **Tabela 17**. Cada princípio foi desdobrado em subprincípios como meio de torna-los operacionalizáveis e passíveis de serem desdobrados em etapas. Enquanto alguns subprincípios têm origem exclusiva na literatura (apesar de terem sido corroborados pelas evidências empíricas), outros provieram somente de resultados empíricos, e um terceiro tipo consistiu de uma combinação teórico-empírico (teoria ajustada às evidências empíricas).

O primeiro princípio diz respeito a natureza dos dados utilizados na análise e como realizar sua organização. Derivado da etnografia cognitiva (Hollan *et al.*, 2000), esse princípio entende que os dados que orientam as mudanças nos procedimentos e outros recursos devem advir de eventos reais, pois revelam nuances e a complexidade das situações, fatores difíceis de serem capturados por meio de técnicas que não envolvam o contato direto do pesquisador ou prático com o meio operativo. Da mesma forma, dados

sobre o evento provenientes de várias fontes aumentam a validade dos resultados (Angrosino, 2007).

**Tabela 17:** Princípios e seus desdobramentos para orientar o desenvolvimento do protocolo

Princípio	Desdobramentos do princípio	Fonte
(1) Análise da atividade deve focar em eventos ocorridos no contexto real	Devem ser empregadas diversas fontes de dados, principalmente entrevistas retrospectivas, observações participantes, entrevistas semiestruturadas, dados secundários e documentos técnicos.	Woods <i>et al.</i> (1991) Hollan <i>et al.</i> (2000) Angrosino (2007)
	Identificar eventos de anormalidade e de emergência reais, com consequências negativas e principalmente positivas, pois revelam um contexto dinâmico e rico em significados (WAD).	Rasmussen (1990; 1993b) Woods <i>et al.</i> (1991) Hollan <i>et al.</i> (2000) Hollnagel <i>et al.</i> (2013)
(2) Análise da estruturas materiais e sociais formais voltadas para a gestão de situações anormais (WAI)	As estruturas disponíveis para os operadores lidarem com situações anormais são baseadas em procedimentos, sistemas de alarmes e a descrição da atividade (WAI).	De Brito (2002) Hollan <i>et al.</i> (2000) Burian (2006a) CAA (2006) Empírico
	Todos os sistemas complexos de alto risco possuem diversos procedimentos em uso, normalmente vistos como mecanismos de controle organizacional.	Hale e Borys (2013a) Amalberti (2001) Empírico
	Nas sessões de treinamento em simulador, os operadores não possuem todos os recursos normalmente disponíveis em um contexto real. Por este motivo, as observações do treinamento realizado em simuladores podem ser um recurso valioso para entender o WAI, mas não para avaliar o WAD.	Woods <i>et al.</i> (1991) Woods (2003) Empírico
(3) O foco da análise deve estar na gestão de anomalias e não o uso de procedimentos	Entender os eventos sob a perspectiva do operador para reduzir o viés retrospectivo.	Woods <i>et al.</i> (1994) Woods (1995) Dekker (2006)
	É preciso conhecer profundamente o contexto no qual a atividade é desempenhada, de forma a entender o significado dado às estruturas sociais e materiais pelos operadores.	Hollan <i>et al.</i> (2000) Dekker (2006) Angrosino (2007)
	Analisar como as falhas produzem uma escalada de distúrbios nos processos monitorados. Os operadores lidam com os distúrbios e não com as falhas, influenciando e sendo influenciados por elas.	Woods (1994) Christoffersen e Woods (2006) Woods e Hollnagel (2006)
	Analisar a gestão de anomalias identificando como os operadores reconhecem uma anomalia, provêm o diagnóstico e planejam e/ou executam o curso de ação.	Woods (1994; 1995) Woods e Hollnagel (2006) Christoffersen <i>et al.</i> (2007)
	Entender como as situações não contempladas pelas estruturas formais, principalmente nos procedimentos, impõem demandas extras sobre os operadores.	Rasmussen (1990) Woods <i>et al.</i> (1991) Empírico
	Revelar os padrões de funcionamento da gestão de anomalias por meio de estratégias e quais os tipos de raciocínios (por analogia, por heurísticas, abdução e analítico) prevalentes nelas.	Rasmussen e Jensen (1976) Dreyfus e Dreyfus (1987) Klein (1993) Rasmussen (1993a)
	Identificar como as estratégias variam ao longo da atividade. Estratégias que exigem menos esforço tendem a ser utilizadas primeiro além de variarem segundo as circunstâncias locais e a familiaridade do operador com o contexto.	Rasmussen e Jensen (1976) Rasmussen (1993a)
	A gestão de anomalias ocorre devido à interação entre o contexto, as estratégias e os recursos para apoio às estratégias.	Woods <i>et al.</i> (1991) Empírico
(4) Procedimentos, bem como outros recursos, apoiam a gestão de anomalias	Procedimentos são utilizados de modo fragmentado e intercalados com outros procedimentos quando necessário.	Suchman (1987) Wright <i>et al.</i> (1998) Wright e McCarthy (2003)
	Identificar as estruturas de informação (seções) contidas nos procedimentos (considerados sistemas de informação) e como elas são utilizadas para apoiar as estratégias e resolver circunstâncias locais.	Wright <i>et al.</i> (2000) McCarthy <i>et al.</i> (1998) Rasmussen (2000)
	Analisar o papel dos sistemas de alarmes na captura da atenção dos operadores para uma anomalia e no diagnóstico do problema.	Woods (1994; 1995) Woods e Hollnagel (2006) Christoffersen <i>et al.</i> (2007)
	Recursos adicionais aos procedimentos, tais como recursos documentais, sociais e experiências pessoais, são utilizados operadores de modo fragmentado e intercalado.	Empírico
	Procedimentos e os recursos adicionais são mais do que recursos para ação; são recursos para a atividade de gestão de anomalias, pois apoiam o reconhecimento da anomalia, diagnóstico e o planejamento e a execução do curso de ação.	Empírico
(5) Melhorias nos recursos para atividade	Propor melhorias nos procedimentos que aumentem o desempenho do <i>cockpit</i> durante o reconhecimento da anomalia, o diagnóstico preciso do problema e o planejamento e a execução de um curso de ação efetivo, além de apoiar diferentes tipos de raciocínios.	Rasmussen e Jensen (1976) Dreyfus e Dreyfus (1987) Woods (1994) Rasmussen (2000)
	Deve-se evitar a completa substituição das habilidades humanas por tecnologias para atividades que envolvam problemas não-estruturados. Os sistemas de informação devem ampliar a capacidade cognitiva humana.	Dreyfus e Dreyfus (1987) Woods e Hollnagel (2006)
	Identificar oportunidades de melhoria nos recursos adicionais de modo que apoiem os procedimentos e melhorem o desempenho do <i>cockpit</i> como um todo.	Rasmussen (1993a) Empírico
	Toda mudança realizada no meio, modifica o contexto da atividade e requer nova avaliação e novas propostas em um ciclo contínuo.	Woods <i>et al.</i> (1991) Rasmussen (1993b; 2000) Empírico
	As propostas de melhorias devem considerar as limitações de qualquer mudança no meio material (tecnologias, sistemas, interface humano-computador) e as restrições organizacionais e regulamentares. Da mesma forma, é necessário mudar a percepção da organização e do órgão regulador sobre o papel dos procedimentos.	Empírico

Baseado na proposta de Dekker (2002), os resultados apresentados no Capítulo 5 evidenciaram que a organização dos eventos em matrizes orientadas pelo tempo facilitou a compreensão dos eventos, a identificação de padrões e a categorização dos dados. O ordenamento sequencial temporal dos eventos se revelou como meio adequado para lidar com a complexidade inerente da situação sem perder (muito) a qualidade na análise das interações. As interações entre o contexto, estratégias e recursos ficaram evidentes devido a disposição dos dados em colunas.

O segundo princípio baseia-se nas propostas de Hale e Borys (2013a) e Amalberti (2001) e reconhece que sistemas complexos de alto risco normalmente possuem uma quantidade expressiva de *checklists*, procedimentos e regras, elaborados como mecanismos de controle organizacional. Esses procedimentos possuem interações com outras estruturas materiais e sociais, incluindo o de alarmes, cujo objetivo é identificar e diagnosticar automaticamente falhas (De Brito, 2002; CAA, 2006; Burian, 2006a). No entanto, assim como argumentado por Dekker (2005), essa estrutura somente consegue lidar com problemas estruturados, àquelas cuja solução é conhecida. Para problemas não-estruturados, como os identificados nas observações e entrevistas, a estrutura formal, principalmente os procedimentos, serviram apenas de apoio ao papel determinante dos pilotos em lidar com as falhas.

Nesse sentido, a observação de sessões em simulador poderia auxiliar a entender como o WAI ocorreria, como a estrutura formal disponível deveria ser utilizada e como ela seria suficiente para resolver os problemas, caso todas as situações ocorressem conforme previsto. Complementarmente, a análise do treinamento dos pilotos nas sessões de simulador mostrou que não são disponibilizados recursos adicionais ao QRH comumente encontrados no *cockpit* em voos reais, tais como o TLB, MEL e o contato com os técnicos de manutenção e o MCC. Logo, o ambiente artificial produzido nas sessões de simulador são mais próximas a uma situação ideal do que a real encontrada pelos operadores, como argumentado por Woods *et al.* (1991).

Já o terceiro princípio delimita a atividade de interesse. Derivado dos princípios da etnografia cognitiva (Hollan *et al.*, 2000), os primeiros dois desdobramentos do princípio enfatizam a importância da participação ativa do pesquisador na coleta de dados, como meio de aproximá-lo ao ambiente operativo e entender melhor os significados atribuídos pelos operadores à atividade. O resultado é o melhor entendimento sobre como os operadores realmente realizam o trabalho (WAD) e a redução do viés retrospectivo.

Estudos que utilizam apenas *surveys* e observações de voo em simuladores, como o conduzido por De Brito (1998; 2000; 2002) por exemplo, não conseguem capturar a real essência da atividade, devido ao contexto artificial ou a natureza contexto-independente dos questionários.

Enquanto os métodos tradicionais discutidos no Capítulo 2 propõem implícita ou explicitamente a análise de como os pilotos utilizam os procedimentos, os demais desdobramentos do terceiro princípio focam na análise da atividade de gestão da anomalia como um todo. Uma das razões é a necessidade de modelos da atividade descritivos, ao invés de prescritivos (Vicente, 1999), evitando assim a dicotomia prática/procedimento. Na perspectiva adotada pelo modelo de gestão de anomalias, as estruturas materiais e sociais apoiam a atividade (Woods e Hollnagel, 2006), ao invés de controlá-la, e a tríade ‘reconhecimento da anomalia’, ‘diagnóstico’ e ‘curso de ação’ mostra a interação, influência e interdependência entre os processos (Woods, 1994) ao invés de reduzir a atividade a uma sequência de tarefas. A unidade de análise, nesse sentido, é funcional e integra o contexto, os operadores e as tecnologias (Woods e Hollnagel, 2006), ao invés de focar somente no indivíduo utilizando o procedimento (De Brito, 2002; Burian, 2004). Por último, a análise da atividade permite comparar o WAI e o WAD, como descrito nos Capítulos 5 e 6, e evidenciar como os operadores utilizam a experiência para adaptar quando o WAI não equivaleu ao WAD.

O quarto princípio foi o mais influenciado pelos resultados empíricos. Ao complementar a abordagem de procedimentos como recursos para ação (Suchman, 1987; Wright *et al.*, 1996; 1998; 2000; Wright e McCarthy, 2003), foi possível identificar que diversos recursos disponíveis ao *cockpit*, mesmo que originalmente desenvolvidos com propósitos diversos, também são utilizadas de modo fragmentado e intercalado para apoiar a atividade a exemplo dos *checklists*. Recursos adicionais foram empregados porque as estruturas formais não conseguiram proporcionar meios adequados para os pilotos resolverem as falhas. As evidências empíricas ainda revelaram como diferentes circunstâncias requereram diferentes estruturas de informação distribuídas em diferentes recursos.

Por último, mais do que eliciar como os pilotos gerenciam anomalias e o papel dos procedimentos nesse processo, o protocolo objetiva propor melhorias aos procedimentos (quinto princípio). As melhorias, por sua vez, objetivaram tornar o QRH como apoio à atividade (Rasmussen, 2000), considerando o fato de que as organizações dispõem de diversos procedimentos elaborados como mecanismos de controle. Complementarmente, é

necessário propor melhorias aos recursos adicionais, pois são eles que fornecem estruturas de informação para apoiar as estratégias em circunstâncias não previstas nos procedimentos.

Toda e qualquer mudança em um sistema complexo, gera um novo sistema de trabalho, com novas demandas, problemas não-estruturados e incertezas (Rasmussen, 2000). Nesse sentido, quaisquer propostas de mudanças necessitam de avaliação e testes primeiro, identificando se as melhorias alcançariam o objetivo almejado e quais os efeitos colaterais. As avaliações podem ser realizadas por meio de testes em simulador e através da percepção dos pilotos, por exemplo. Entretanto, ao contrário das sessões tradicionais de treinamento em simulador, é preciso que o teste recrie o ambiente real operativo, disponibilizando recursos documentais e sociais que normalmente são utilizados pelos pilotos em voos reais (por exemplo, ao invés de disponibilizar um mecânico para se comunicar com os pilotos através do rádio, esse papel poderia ser desempenhado por uma terceira pessoa). Uma vez implementadas, as mudanças devem ser continuamente monitoradas por meio da análise de eventos reais e dos sistemas de relatos.

É importante ponderar que todas as melhorias propostas precisam considerar algumas restrições. Toda modificação no QRH deve ser analisada e aceita pela autoridade de aviação civil antes de ser implementada (CAA, 2006). Mudanças que estejam além dos requisitos regulamentares dificilmente serão aceitas pela autoridade. Outra limitação importante é o contexto organizacional no qual o protocolo proposto deve ser implementado. Antes da implementação, é preciso que a alta administração mude a forma como enxergam os procedimentos e como os pilotos deveriam ser apoiados. Além disso, todas as mudanças propostas envolvem investimentos financeiros, temporais e de colaboradores, mesmo diante de restrições orçamentares, cronogramas apertados e um quadro enxuto de profissionais.

## 7.2 PROTOCOLO: ATIVIDADES NECESSÁRIAS

Para cada subprincípio foi indicado, pelo menos, uma etapa necessária ao protocolo. As 7 etapas, apresentadas na **Figura 34** em verde, não são necessariamente sequenciais, mesmo que tenham sido enumeradas (o objetivo da numeração foi facilitar a identificação das etapas). A descrição delas, por sua vez, está sucinta, já que consiste em uma compilação dos tópicos discutidos nos capítulos anteriores.

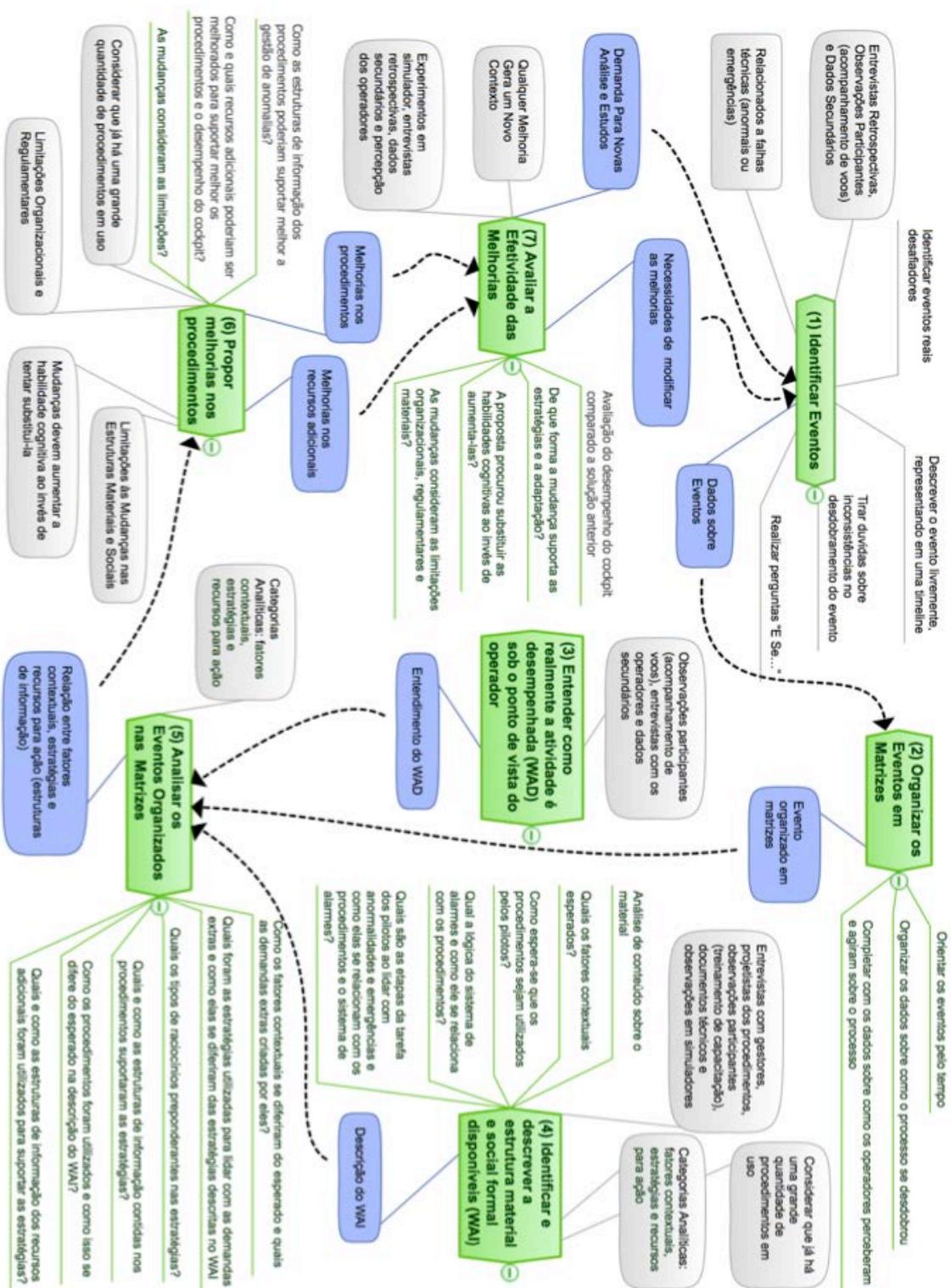


Figura 34: As etapas do protocolo e suas interações

Cada etapa foi entendida como um processo, onde os pré-requisitos (em cinza) e, em alguns casos, os resultados de outras etapas (em azul) são processados pelas atividades que compõem a etapa (às vezes definidas como perguntas) e produzem os resultados (em azul). Ao estabelecer pré-requisitos para cada etapa é possível indicar o que é preciso

realizar primeiro antes de cumprir a etapa, o que flexibiliza o uso do protocolo de acordo com o objetivo e a familiaridade do usuário em relação ao contexto aeronáutico, às empresas aéreas, à operação de aeronaves comerciais ou aos modelos de aeronaves empregados no transporte de passageiros.

A etapa 1 consiste na identificação dos eventos. Esses eventos precisam ser reais e devem estar relacionados ao gerenciamento de anormalidades e emergências que envolvam necessariamente problemas técnicos, tais como falhas em sistemas e componentes, ou que afetem adversamente a capacidade de voo da aeronave, tais como voo em tempestades ou em regiões de cinzas vulcânicas. Os dados sobre o evento devem advir de múltiplas fontes, principalmente de observações participantes e entrevistas episódicas (Hollan *et al.*, 2000), e devem refletir o ponto de vista do operador frente aos desdobramentos do processo (Dekker, 2006). O CDM foi utilizado nesta tese como uma das técnicas para identificação dos eventos e resultou em ricas descrições. Devido sua importância, é sugerido que as perguntas que compõem o CDM sejam incorporadas na etapa 1 como guia para garantir que os dados coletados por qualquer técnica, possuam a riqueza de detalhes necessários à análise.

Ainda que não tenha sido empregado nesta tese, as empresas aéreas possuem diversas rotinas de coleta e análise de dados que proporcionam uma grande e rica quantidade de informações. Apesar da relevância, esses processos estão focados em eventos normais, necessitando de pequenos ajustes para serem utilizados na identificação de situações não-normais. Logo, os ajustes evitariam desperdícios e sobreposição de processos de coleta de dados.

Informações provenientes do sistema de monitoramento da aeronave, conhecido como *Flight Data Acquisition* (FDA), são rotineiramente analisados por um *software* conhecido como *Flight Operations Quality Assurance* (FOQA) a procura de desvios ocorridos na operação normal da aeronave em comparação aos procedimentos padronizados. Como são mais de 2.500 parâmetros registrados mais de uma vez por segundo, essa enorme quantidade de dados poderia servir como subsídio para revelar como o processo ocorreu de modo objetivo e sem interpretação, desde que sejam feitos ajustes necessários ao algoritmo. Complementarmente, as entrevistas forneceriam os dados sobre a atividade dos pilotos no *cockpit* e como eles utilizaram os recursos.

Em relação às observações, a empresa na qual o estudo foi realizado, assim como outras, possui um processo de coleta de dados conduzido dentro do *cockpit*. Conhecido como Programa *Line Operations Safety Audit* (LOSA), observadores ocupam o assento

extra no *cockpit* e registram erros e ameaças ocorridos nas operações de voos comerciais regulares. Como o foco é a operação normal, diante de qualquer situação anormal ou de emergência, o LOSA da empresa orienta ao observador descartar todos os dados registrados até então e se tornar mais um integrante da tripulação. Mesmo após a resolução da situação, as informações sobre o evento não são consideradas válidas e por isso são descartadas.

Nesse sentido, o Programa LOSA poderia ser facilmente ajustado para registrar também informações sobre a gestão de situações normais de ‘dentro do *cockpit*’, evitando o desperdício de ricas descrições dos eventos. Da mesma forma, o LOSA seria uma alternativa interessante ao fato de situações anormais e de emergência serem eventos relativamente raros. Conforme a **Tabela 8**, somente após cerca de 53 voos como observador e 515 voos como copiloto foi possível identificar e descrever 5 situações anormais e de emergência. Portanto, o LOSA ajustado para situações normais e não-normais aproveitaria todos os voos observados e ainda evitaria a necessidade de criar um novo processo de coleta de dados.

Ao DSO da empresa, responsável pela investigação dos incidentes e da análise de qualquer perigo identificado através de auditorias e do sistema formal de reportes de segurança, pilotos reportam diariamente situações nas quais houve algum tipo de gerenciamento de situações não-normais. O relato deles, no entanto, é sempre limitado, conforme revelou-se a análise do banco de dados por esta tese. Nesse sentido, há duas possibilidades: (i) criar um formulário específico para o reporte de situações que envolveram a ocorrência de falhas técnicas e o gerenciamento da anomalia. Os campos do formulário poderiam estar ligados à estrutura analítica proposta pela tese; ou (ii) conduzir entrevistas com os pilotos baseadas nas etapas do CDM como meio de complementar o relato. O contato direto com os pilotos permitiria dirimir as dúvidas mais facilmente ao organizar os eventos em linhas do tempo.

Ao reunir os dados sobre o evento, é preciso organizá-los para facilitar sua análise (etapa 2). Derivado da proposta de Dekker (2002) de organizar os dados em uma linha do tempo, a matriz utilizada nesta tese se mostrou um recurso adequado à análise dos dados. Ao organizar cronologicamente como a sequência de eventos se desdobrou primeiro para, em seguida, sincronizá-las aos dados relacionados a como os operadores gerenciaram e às estruturas de informação dos recursos utilizadas, a matriz resultante possibilitou entender como os operadores conjuntamente com os recursos lidaram com circunstâncias particulares e momentâneas e revelou oportunidades de melhoria aos recursos utilizados. O

ideal é utilizar uma coletânea de eventos reais para identificar padrões de comportamento dos dados e sugestões de mudanças efetivas e relevantes.

As etapas 3 e 4 consistem, respectivamente, em entender como realmente os pilotos lidam com anomalias e emergências (WAD) e em identificar e descrever a estrutura material e social formal disponível aos pilotos para ser utilizada durante a atividade (WAI). A etapa 3 serve de auxílio na análise das matrizes (etapa 5), pois permite explicar e entender o significado das ações sob o ponto de vista dos próprios operadores. Já a etapa 4 consiste na utilização das mesmas categorias de análise utilizada nesta tese para análise dos dados (fatores contextuais, estratégias e recursos para ação) e para analisar a lógica e as suposições contidas na descrição da atividade nos manuais, nos procedimentos para situações não-normais e nos sistemas de alarmes. As fontes de dados para esta etapa provêm de entrevistas com gestores, documentos técnicos e observações do treinamento, particularmente do treinamento em simulador.

A etapa 5 consiste na análise das matrizes. Como pré-requisito, além da descrição do WAI e do entendimento da WAD, é necessário utilizar as categorias analíticas ‘fatores contextuais’, ‘estratégias’ e ‘recursos para ação’ também utilizadas na etapa 4. A primeira atividade consiste em identificar as características do contexto que se desdobrou (fatores contextuais), as estratégias utilizadas pelos pilotos para lidar com esses fatores (reconhecimento da anomalia, diagnóstico e curso de ação), os tipos de raciocínios predominantes em cada estratégia, os recursos utilizados e suas respectivas estruturas de informação. Dessa atividade deriva os resultados necessários para compará-los à descrição sobre como o evento deveria ter se desdobrado. O contraste entre o WAD e o WAI torna evidente a relação entre fatores contextuais, estratégias e os recursos (estruturas de informação), principalmente quando as situações estão fora do escopo do QRH. As 3 questões a seguir podem auxiliar nessa comparação: (i) Como o contexto real se desdobrou diferentemente do contexto implícito na descrição da atividade? (ii) Como as estratégias necessárias para lidar com a situação foram diferentes da estratégia contida na descrição da atividade? (iii) Como os procedimentos foram utilizados diferentemente do previsto na descrição do WAI?

A etapa 6 consiste na proposição de melhorias aos recursos para atividade utilizados. As melhorias devem ser propostas assumindo que os procedimentos, como recursos para ação, devem estar disponíveis para consulta quando os pilotos necessitarem. Apesar de ser o principal recurso disponível, os procedimentos possuem interação com outros recursos, tais como os documentais, sociais e a experiência dos operadores. Como

ficou evidente durante a análise dos dados, esses recursos são tão importantes quanto os procedimentos para apoiar as estratégias e apresentam oportunidades de melhorias da mesma forma.

As melhorias devem ser no sentido de reforçar a capacidade dos recursos em apoiar as estratégias empregadas pelos pilotos, principalmente aquelas não contempladas pelo WAI. Os tipos de processos cognitivos envolvidos na descrição da estratégia e o tipo de raciocínio predominante fornecem evidências sobre como e quais os recursos que poderiam ser melhorados. Por exemplo, melhorias nos recursos empregados para apoiar estratégias relacionadas ao reconhecimento de anomalias predominantemente baseadas em analogias e heurísticas devem almejar aumentar o número de situações experimentadas pelos pilotos.

Por outro lado, as limitações organizacionais e regulamentares, as dificuldades em realizar mudanças no meio material (tais como modificação no sistema de alarmes ou nos sistemas da aeronave) e o fato da organização possuir uma grande quantidade de procedimentos são fatores decisivos à implantação dessas melhorias. Apesar de ser mais fácil modificar os procedimentos e os recursos documentais do que as estruturas materiais (Hollnagel, 2004; 2008), é preciso estender as melhorias aos recursos adicionais como meio de melhorar o desempenho do JCS como um todo, conforme sugerido no Capítulo 6.

Por último, é necessário avaliar se as melhorias propostas realmente conseguiram alcançar a efetividade desejada (etapa 7). A avaliação deve levar em consideração o desempenho do *cockpit* antes e depois da melhoria, o que pode ser obtido através de entrevistas sobre a percepção dos pilotos e experimentos em simulador, por exemplo. Antes de implementadas, é sugerido que as mudanças sejam avaliadas em ambiente controlado e discutido com os próprios pilotos, utilizando-se, para isso, as 3 perguntas apresentadas na **Figura 34**: (i) De que forma as mudanças suportam as estratégias adotadas? (ii) A proposta de mudança procura substituir as habilidades cognitivas ao invés de amplia-las? (iii) As mudanças consideram as limitações organizacionais, regulamentares e técnicas?

Como possíveis métricas de avaliação sugere-se: (a) acuidade do reconhecimento da anomalia e o diagnóstico. Segundo Dreyfus e Dreyfus (1987) se os sistemas de informação pretendem apoiar a capacidade dos operadores, então é preciso avaliar a precisão do diagnóstico antes e depois das modificações. Singer e Dekker (2000), por exemplo, procuraram fazer essa avaliação para diferentes métodos de apresentação de mensagens de falha empregados por diferentes sistemas de alarmes; (b) efetividade das

ações realizadas sobre o sistema no sentido de conter a falha e ou recuperar o sistema falhado. Se as melhorias do sistema pretendem melhorar o desempenho do JCS, então o curso de ação deve estabelecer o controle sobre a situação e reduzir o potencial de dano da falha; e (c) tempo necessário à gestão da anomalia e sua qualidade. Para os pilotos, tempo de voo disponível é medido em combustível e significa número de opções (aerportos, níveis de voo, melhor diagnóstico). Quanto mais tempo for necessário para os pilotos conduzirem o voo para um local adequado ou para avaliar a situação, menor o número de opções possíveis. Por outro lado, em algumas circunstâncias, solucionar rapidamente um problema não necessariamente indica qualidade das ações, apesar de ser decisivo em alguns eventos. Portanto, uma métrica que relacione o tempo necessário para a gestão do problema e a qualidade da gestão poderia solucionar esse problema.

Complementarmente, a aplicação dessas métricas deve mostrar confiabilidade nos resultados (Trochim, 2006). As melhorias devem apoiar o aumento de desempenho em diferentes combinações de tripulação e não somente de indivíduos isolados. É preciso também manter um grupo de controle para testar as melhorias. Enquanto um grupo de pilotos receberia todos os recursos disponíveis com as melhorias, o grupo de controle permaneceria com a versão atual do QRH. Para ambos os grupos seria aplicado o mesmo cenário construído a partir de problemas não-estruturados. Da mesma forma, o ambiente artificial deve representar o *cockpit* em voos reais, disponibilizando o TLB e o MEL e possibilitando o contato dos pilotos com o MCC e com os técnicos de manutenção.

Toda e qualquer modificação implementada em um sistema complexo gera um novo contexto e novas demandas, necessitando novas avaliações. Idealmente, o protocolo deve ser utilizado continuamente, dentro de um ciclo contínuo de melhorias, onde cada sugestão de melhoria gera novas demandas de avaliação.

A utilização do protocolo pode ocorrer por meio de qualquer uma das etapas, desde que os pré-requisitos sejam cumpridos. A primeira aplicação do protocolo por alguém não familiarizado com a atividade ou com o contexto organizacional, por exemplo, pode ocorrer por meio das etapas 1, 3, 4 ou 5. Se iniciar pela etapa 5, serão necessários os resultados produzidos pelas etapas 1, 2 e 3, além de outros pré-requisitos. Aplicações subsequentes do protocolo podem partir de qualquer uma das etapas, dependendo do objetivo.

Se a intenção for apenas avaliar as mudanças propostas no procedimentos, por exemplo, pode-se iniciar pela atividade 7, assumindo-se que as etapas anteriores foram cumpridas em outro momento. Agora se a aplicação do protocolo tiver como objetivo

avaliar a efetividade das melhorias, sugere-se utilizar somente algumas etapas. A etapa 7, que consiste na avaliação em si das sugestões de melhorias, é essencial e precisaria ser conduzida em ambientes controlados e artificiais (Woods, 2003). Já as etapas 1, 2 e 5 consistem no monitoramento contínuo baseado em eventos reais da efetividade das melhorias implementadas no ambiente operativo e dos efeitos secundários.

Por último, se aplicação for para analisar incidentes, por exemplo, deve-se iniciar por meio da etapa 2 ou 5 (se o evento já tiver sido organizado em uma matriz), assumindo-se que o pesquisador ou o prático já está familiarizado com o WAI e com o WAD.

### 7.3 POSSÍVEIS RESISTÊNCIAS NA IMPLANTAÇÃO DO PROTOCOLO

Entre as principais resistências para implantar o protocolo está a dificuldade de mudar a visão sobre como os procedimentos auxiliam os pilotos na gestão de situações anormais e de emergência, principalmente pelos gestores. Ao deixar de entender o procedimento como mecanismo de controle organizacional e, conseqüentemente, deixar de ser um objeto de responsabilização, o receio por parte da empresa percebido pelo pesquisador é de que os pilotos passem a agir de modo irresponsável e descompromissado. Dekker (2008) nos lembra que reduzir a responsabilização dos pilotos após eventos com conseqüências negativas não reduz a responsabilidade ética deles no trabalho. Esse argumento é reforçado pelas evidências empíricas apresentadas nos Capítulo 5 (Resultados). As situações de alarmes falso, nas quais os pilotos gerenciaram como se fossem eventos reais, mostraram a precaução deles diante da incerteza em relação a real natureza dos eventos e de dilemas éticos.

Uma segunda possível resistência seria com relação à responsabilidade de diferentes departamentos da empresa sobre as diferentes etapas do protocolo. Enquanto o Departamento de Segurança Operacional é o mais indicado para coletar e analisar os dados, é o Departamento de Operações de Voo que possui a responsabilidade legal por qualquer mudança realizada nos manuais operacionais utilizados em voo. Há possibilidade de haver conflitos de interesses quando houver discussões sobre a sugestão, aplicabilidade e teste das mudanças propostas. Da mesma forma, poderia haver conflitos de interesse entre esses departamentos e o Departamento de Treinamento.

Possivelmente, a terceira resistência está relacionada a utilização do protocolo para evidenciar erros, violações e desempenhos ruins. Como discutido no Capítulo 2, tradicionalmente os métodos e modelos de desempenho humano sempre se basearam no

pressuposto de que cada evento com resultado ruim é causado por um desempenho ruim do operador. Sendo assim, para evitar que novos eventos com consequências ruins ocorram novamente, basta identificar e corrigir as falhas e os erros. Apesar do protocolo ter sido estruturado sobre a ideia de desempenho normal sem julgamentos, é possível que o mesmo seja utilizado para identificar categorias de erros humanos.

Diante dessas limitações, sugere-se um treinamento sobre os fundamentos e aplicações do protocolo aos gestores e profissionais responsáveis pela sua aplicação. Esclarecimentos aos gestores sobre a utilidade, pressupostos e formas de utilização do protocolo evitaria qualquer uso indevido e o alcance dos resultados desejados. Um treinamento reduzido de duas horas aos gestores seria ideal para ilustrar o protocolo, suas atividades e os resultados esperados. Já um treinamento mais aprofundado, de dois dias completos (cerca de 16 horas) seria suficiente para discutir cada uma das etapas do protocolo com aqueles responsáveis por sua utilização.

#### 7.4 AVALIAÇÃO DO PROTOCOLO

Conforme apresentado no Capítulo 4, o protocolo foi avaliado segundo 5 critérios e com base no tempo dispendido na coleta, organização e análise dos dados e nas dificuldades encontradas pelo pesquisador durante a aplicação das etapas (**Tabela 18**).

**Tabela 18:** Critérios para avaliação do protocolo

<b>Critério</b>	<b>Resultado</b>
(1) Deve ser subsidiados por teorias ou modelos científicos	O protocolo foi desenvolvido segundo a literatura apresentada nos Capítulos 2 e 3 e nas evidências empíricas (Capítulos 5 e 6).
(2) Deve possuir capacidade holística	O uso do JCS como unidade de análise encoraja a análise dos procedimentos além dos documentos físicos em si, também contemplando as interações desses com o contexto material e social de trabalho.
(3) Flexibilidade para ser utilizado em diferentes contextos	O protocolo não foi testado em outros setores industriais, ou na análise de situações normais. Contudo, nenhuma etapa do protocolo pressupõe um setor específico, pois foi construído a partir de conceitos teóricos independentes do contexto, de modo que ele seja possivelmente aplicável a quaisquer setores.
(4) Foco em melhorias	As melhorias advindas da aplicação do protocolo focaram tanto o QRH quanto outros recursos utilizados na gestão de anomalias e objetivaram melhorar o desempenho do <i>cockpit</i> como um todo, apesar de não terem sido implementadas nem avaliadas.
(5) Facilidade de uso do protocolo	O usuário deve conhecer as teorias e técnicas de coleta e análise de dados que fundamentam o protocolo. Idealmente, o protocolo deveria ser aplicado por outros pesquisadores que poderão identificar dificuldades e limitações não percebidas neste estudo.

Quanto ao primeiro critério, o protocolo foi desenvolvido explicitamente a partir de princípios e subprincípios derivados do modelo teórico que emergiu da integração entre o

modelo de gestão de anomalias e do raciocínio de diagnóstico, da teoria dos JCS (todos têm a ESC como base teórica) e do conceito ‘procedimentos como recursos para ação’ (proposto pela teoria da Ação Situada). Enquanto os dois primeiros ofereceram subsídios para análise da atividade de gestão de situações anormais e de emergência, o último ofereceu uma visão alternativa sobre a participação dos procedimentos nessa atividade. O modelo teórico foi complementado pelos resultados empíricos do estudo etnográfico conduzido em uma empresa aérea.

O modelo teórico-empírico usado implica em diferenças entre o protocolo proposto e estudos similares anteriores. Enquanto os dois métodos apresentados no Capítulo 2 procuraram explicar como os pilotos, baseados em uma sequência ideal de tarefas, (não) utilizavam os procedimentos na prática (De Brito, 1998; 2000; 2002; CAA, 2005), um terceiro sem vínculo com nenhum setor em específico propôs um protocolo para orientar a gestão de procedimentos, apesar de não possuir validação empírica nem procurar explicar o desempenho humano (Hale e Borys, 2013a; 2013b). Um quarto método (Heymann *et al.*, 2007) baseou-se em um modelo totalmente técnico relacionado ao comportamento da aeronave frente à falha (modelo do estado finito; Degani, 2012). Nessa abordagem, nenhuma referência é feita em relação a como os pilotos deveriam gerenciar situações não-normais ou utilizar os procedimentos. Já os demais (Degani, 1989; 1992; Degani e Wiener, 1990; 1993; 1994; 1995; 1997a; 1997b; 1998; Burian, 2006a; 2006b), não fazem qualquer menção a modelos ou referências teóricas sobre como o procedimento poderia auxiliar os pilotos no gerenciamento de situações anormais e de emergência.

Em relação ao segundo critério, a capacidade holística do protocolo decorre do enfoque na análise da atividade, da delimitação do JCS como unidade de análise e da natureza das propostas de melhoria. Ao contrário dos métodos tradicionais para elaboração e revisão dos procedimentos, cujo foco de análise está no uso do *checklist* (Degani e Wiener, 1993; De Brito, 2002; CAA, 2005), o protocolo enfoca a atividade da gestão de anomalia como um todo, tratando da interação dos procedimentos com outros recursos para apoiar as estratégias empregadas pelo *cockpit*. A abrangência da análise permitiu, por exemplo, identificar recursos adicionais empregados pelos pilotos e que não haviam sido discutidos pela literatura anteriormente.

A unidade de análise utilizada pelo protocolo foi além do indivíduo e teve seus limites funcionais definidos (Hollnagel e Woods, 1983). Ao invés de reduzir a atividade somente à interface piloto-procedimentos (Degani e Wiener, 1997a; Boy e De Brito, 2000; Burian 2006a; 2006b), o protocolo procurou utilizar a interação entre pilotos, recursos e o

contexto como unidade de análise, pois é dessa interação que emerge a cognição do sistema (Hollan *et al.*, 2000). Em decorrência da unidade de análise, as melhorias propostas vão além dos procedimentos.

Quanto ao terceiro critério, ainda que o protocolo não tenha sido aplicado em um contexto diferente do qual foi construído, o fato dele ter como fundamento princípios teórico-prático abstratos sugere que ele pode ser aplicado em outros contextos, especialmente na aviação. Com as devidas proporções, toda empresa aérea possui um conjunto de procedimentos para situações anormais e de emergência compilados no QRH (algumas aeronaves possuem ainda *checklists* eletrônicos, que servem como primeira ação a ser tomada pela tripulação; De Brito, 2002), manuais com procedimentos para situações normais, TLB, MEL, MCC e técnicos de manutenção. Toda essa estrutura é basicamente a mesma para diferentes empresas aéreas, pois são requisitos regulamentares solicitados pelas autoridades reguladoras.

Já em relação aos procedimentos para situações normais, não há indícios de que o protocolo seja útil. Nesse sentido, talvez seja necessário modificar a estratégia para coleta de dados se o protocolo for utilizado para essas situações, sendo mais relevante os dados coletados em voo e durante as sessões de treinamento em simuladores. A segunda razão se baseia na adequação da abordagem teórica para lidar com situações não-normais. Ainda que Suchman (1987) não deixe claro, o conceito ‘procedimento como recurso para ação’ parece ser mais adequado para entender a contribuição dos procedimentos durante problemas não-estruturados, tais como as situações não-normais analisadas pelo estudo.

Ainda quanto ao terceiro critério, dentre os métodos tradicionais analisados, o método genérico proposto por Hale e Borys (2013b) é o único que não possui um setor definido, nem explicita o tipo de situação coberta. Todos os demais métodos foram utilizados somente na aviação e concebidos para situações não-normais, com exceção ao método 4P (Degani e Wiener, 1997b) que é quase totalmente voltado a *checklists* para situações normais.

Embora o protocolo tenha sido aplicado na atividade de gestão de anomalias dentro do contexto aeronáutico, a utilidade desse artefato parece ser maior à medida que a complexidade do JCS e da situação analisada aumentam. A aplicação do protocolo na análise de problemas não-estruturados resultou em ricos aprendizados, incluindo a sugestão de melhorias além dos aspectos físicos dos documentos onde constam os procedimentos.

Aliado a este fato, a teoria dos JCS, o modelo de gestão de anomalias e o modelo do raciocínio de diagnóstico foram desenvolvidos a partir de dados empíricos provenientes de diversos contextos industriais, principalmente de operadores em salas de controle. As características genéricas das teorias e dos modelos utilizados permitiram que eles fossem adequadamente utilizados na aviação. Portanto, é possível que o embasamento teórico no qual o modelo teórico foi construído possa ter proporcionado a flexibilidade para o protocolo.

No que tange ao quarto critério, o protocolo demonstrou sua capacidade de orientar melhorias aos procedimentos para situações anormais e de emergência, reconhecendo explicitamente que os mesmos são recursos para ação. Além dos procedimentos, as melhorias se estenderam aos recursos utilizados complementarmente ao QRH. Além de melhorias físicas nos documentos onde encontram-se os procedimentos, como focado pelos métodos tradicionais (Degani e Wiener, 1993; De Brito, 2002; Burian, 2006a; CAA, 2006), as melhorias procuraram reorganizar e articular as informações para apoiar melhor os pilotos durante a gestão de anomalias, independente se elas estavam presentes no QRH ou nos recursos adicionais. Além disso, melhorias nos recursos sociais, como possibilitar maior compartilhamento de situações anormais e de emergência, refletem a capacidade das melhorias de se adequarem aos tipos de raciocínios identificados nas estratégias. Os resultados deste estudo indicaram que a maior parte das estratégias envolveu o raciocínio por analogias, o qual não é tão bem apoiado por recursos documentais como o QRH.

Ainda que as propostas de melhoria tenham sido sugeridas baseando-se nos modelos teóricos e nas evidências empíricas, nenhuma das sugestões foi efetivamente implementada. Isso ocorreu porque não houve tempo suficiente para implementar e avaliá-las na empresa aérea no qual o estudo foi conduzido. Ainda assim é esperado algumas dificuldades e barreiras na implantação dessas propostas, tais como a necessidade de reformulação dos manuais, e sua aprovação pela autoridade aeronáutica, e investimentos no treinamento inicial e periódico dos tripulantes diante de novos procedimentos.

A principal barreira, no entanto, está na mudança da visão organizacional sobre como os procedimentos auxiliam os pilotos durante a gestão de anomalias. Em especial, essa mudança possui impacto direto no treinamento dos pilotos, na gerência de padronização e no departamento jurídico. Em muitas situações, os procedimentos são utilizados como ferramentas de responsabilização como argumenta McCarthy *et al.* (1997). Portanto, é esperado que a organização resista em deixar de utilizar mecanismos de responsabilização por medo de ações irresponsáveis dos operadores. Assim como

argumentado por Dekker (2007), e evidente nos eventos analisados (ver. Seção 5.2.3), os operadores são eticamente responsáveis pelo seu trabalho e, em muitas situações, estão comprometidos em garantir a segurança mesmo que para isso tenham que desviar de regras e procedimentos ou deixar de utilizar o QRH e os *checklists*. É o que Dekker (2008) chama de responsabilidade ética.

Por último, em relação ao critério (5), o estudo empírico indicou que a usabilidade do protocolo depende da inserção do pesquisador no ambiente de pesquisa por dois motivos. Primeiro, o entendimento do sistema de significados atribuído pelos pilotos à sua atividade facilitou a coleta e análise dos dados, já que muitos termos técnicos, jargões e ações foram somente acessíveis por meio de experiências vivenciadas. Isso explica, por exemplo, porque as entrevistas de CDM duraram cerca de 40 minutos ao invés de 2 horas, como esperado por Crandall *et al.* (2006). Em segundo lugar, a confiança estabelecida com o pesquisador permitiu-o acessar pessoas e histórias que dificilmente seriam compartilhadas a estranhos ou pessoas externas. Principalmente as histórias que envolveram violações e desvios de regras, tais como aquelas em que os pilotos não usaram o QRH.

Da mesma forma, a familiaridade do pesquisador com as técnicas de coleta e análise de dados empregadas e as teorias que embasaram a construção do protocolo facilitaram a aplicação das etapas. Tal fato ficou evidente ao longo da coleta de dados. Enquanto a coleta e organização dos dados dos primeiros eventos levou em torno de 24 horas de trabalho, os subsequentes foram coletados e organizados na metade do tempo. Em parte, essa redução do tempo de trabalho deve-se à organização de uma rotina de atividades que culminou na elaboração do protocolo.

Mesmo com a redução do tempo de coleta, organização e análise dos dados à medida que o pesquisador adquiria experiência, o tempo necessário à organização dos dados na matriz foi maior do que o esperado. Esse inconveniente pode desestimular a utilização do protocolo por práticos dentro das empresas. Por este motivo, sugere-se que as etapas 1 e 2 sejam integradas às rotinas de coleta de dados já existentes nas empresas aéreas como o LOSA e o FOQA com os devidos ajustes (conforme discutido no Capítulo 7). Também acredita-se que à medida que o protocolo seja aplicado, a experiência adquirida pode torná-lo mais fácil de ser aplicado reduzindo o tempo de aplicação. Da mesma forma, uma maior experiência ao utilizar o protocolo também vai revelar limitações não identificadas neste estudo.

## 8 CONCLUSÕES

Este trabalho teve como objetivo propor um protocolo para reprojeter procedimentos como recursos para a gestão de situações anormais e de emergência e utilizou a *Design Science Research* como estratégia de pesquisa. Como objetivos específicos, esta tese procurou: (1) descrever e explicar como ocorre o gerenciamento de situações não-normais reais e como os procedimentos, bem como outros recursos, são utilizados nesta atividade; e (2) propor, operacionalizar e avaliar os princípios teórico-empíricos necessários ao refinamento dos procedimentos para situação não-normais atualmente existentes no *cockpit* das aeronave comerciais de tal forma que eles sirvam como recursos para apoiar a gestão de anomalias. Nesse escopo, conclui-se que a tese alcançou os objetivos geral e específicos, pois foi proposto um artefato após um extensivo estudo realizado para compreender melhor o problema prático. Além disso, o estudo propiciou contribuições significativas à classe de problemas e como solução ao problema prático. Da mesma forma, tanto o estudo quanto o artefato proposto apresentaram limitações as quais demandam ajustes e novos estudos, respectivamente.

### 8.1 ALCANCE DOS OBJETIVOS ESPECÍFICOS

O primeiro objetivo específico foi alcançado na medida em que as teorias discutidas no Capítulo 3 foram integradas, resultando no modelo que procura explicar como os procedimentos, e outros recursos, apoiam os pilotos durante a gestão de anomalias. Essa proposta foi complementada através do estudo etnográfico cognitivo em uma empresa aérea brasileira, resultando em princípios teórico-empíricos (Capítulos 3 e 7).

Já o segundo objetivo específico foi alcançado por meio do desdobramento dos princípios teórico-empíricos em subprincípios e da operacionalização dos conceitos até então pouco desenvolvidos pela literatura, principalmente o conceito ‘procedimentos como recursos para ação’. Os subprincípios foram transformados em etapas do protocolo e cada

uma delas foi vista como um processo, com entradas, processamento e saídas e a relação entre elas foi definida de forma não sequencial. Ao final, o protocolo foi avaliado segundo 5 critérios.

## 8.2 CONTRIBUIÇÕES DO ESTUDO

Ainda que os objetivos geral e específicos tenham sido alcançados e o trabalho tenha proposto um artefato, a principal contribuição da tese foi o aprofundamento no entendimento sobre o problema, que resultou no conjunto de princípios apresentados no Capítulo 7. Até então, o foco da análise do desempenho dos pilotos em situações não-normais se limitava à interface piloto-QRH ou piloto-*checklists*, à definição da sequência ideal para resolver uma falha nos procedimentos e ao balanceamento da prescritividade nas ações propostas nos procedimentos. A preocupação estava em evitar ou capturar o erro humano e evitar que a aeronave fosse configurada de modo a representar um estado indesejado. A questão envolvida nesse contexto era: como apresentar uma sequência correta de ações para cada falha anunciada e não anunciada de modo que os pilotos possam configurar a aeronave para trazê-la a um estado seguro?

Com a realização do trabalho ficou evidente que o *checklist* é apenas um entre diversos recursos utilizados pelos pilotos, pois algumas situações reais se encontram fora do escopo do QRH e do sistema de alarmes e criam demandas extras aos pilotos. Da mesma forma, o gerenciamento dessas situações envolveu um repertório de estratégias maior do que o previsto nos manuais e outros tipos de raciocínios além do analítico. A questão, nesse sentido, passou a ser quais são as alterações necessárias nos recursos utilizados pelos pilotos, incluindo o QRH, para melhor apoiar as estratégias e raciocínios empregados para solucionar fatores circunstanciais? O problema passou a ser como apoiar melhor as estratégias empregadas na gestão de anomalia por meio dos recursos para a atividade. Assim como propõem Dreyfus e Dreyfus (1989), ao invés de empregar a tecnologia para substituir as habilidades dos operadores, é preciso empregar a tecnologia para aumentar a capacidade deles em realizar suas atividades. Tanto o QRH e o *checklist* quanto os outros recursos são essas tecnologias ou sistemas de informação (Rasmussen, 2000; Wright *et al.*, 1996; 1998) que podem aumentar a capacidade do operador.

Adicionalmente, e alinhado com a DSR, as contribuições do estudo também se estenderam em três direções: (i) contribuições teóricas para a classe de problemas; (ii)

contribuições para solucionar o problema prático; e (iii) avaliação do artefato proposto, indicando suas qualidades e limitações.

### 8.2.1 Contribuições Teóricas Para a Classe de Problemas

Durante a revisão teórica foi proposto que o modelo de gestão de anomalias (Woods, 1994; Woods e Hollnagel, 2006), o qual possui em suas bases a teoria dos JCS (Hollnagel e Woods, 1983; 2005), poderia ser ampliado a partir do modelo do raciocínio de diagnóstico (Rasmussen 1993a; 1993b; 2000; Rasmussen e Jensen, 1974; Rasmussen *et al.*, 1990), o qual incluiu o conceito de repertório de estratégias e diferentes raciocínios. Por último, o conceito ‘procedimentos como recursos para ação’ (Suchman, 1987, Wright *et al.*, 1996; 1998; 2000; Wright e McCarthy, 2003) foi estendido, operacionalizado e incorporado ao modelo de anomalias revisado.

A teoria dos JCS proporcionou a delimitação funcional da unidade de análise ao propor a co-agenciamento entre pilotos, contexto e tecnologia durante a gestão de anomalias (Hollnagel e Woods, 1983). Os resultados mostraram que o entendimento de como as situações anormais e de emergência foram gerenciadas somente foi possível ao identificar uma relação de interdependência entre os fatores circunstanciais, as estratégias e os recursos utilizados (Rasmussen, 1993a). Determinadas estruturas de informação foram utilizadas com um propósito único de apoiar certas estratégias e estas, por sua vez, foram implementadas para conter ou evitar fatores contextuais únicos e específicos. Tais evidências corroboram as previsões de Suchman (1987), Rasmussen (1993a; 1993b; 1993c; 2000) e Hollnagel e Woods (1983; 2005) e fornecem evidências empíricas para a noção de que o raciocínio é sensível ao contexto (Dreyfus e Dreyfus, 1989) e a cognição está além do indivíduo ou cognição no meio (Norman, 1993; 2002; Hutchins, 1995a; 1995b). Da mesma forma, esses resultados suportam a noção de que a cognição ocorre na interação indissociável entre os sujeitos, os recursos e o meio (Hollnagel e Woods, 2005).

O conceito de estratégia, advindo do modelo do raciocínio de diagnóstico de Rasmussen, foi útil para se referir a quaisquer um dos três processos cognitivos (reconhecimento da anomalia, diagnóstico e curso de ação; Woods e Hollnagel, 2006) e possibilitou entender que diferentes tipos de raciocínios (analogias, heurísticas, abdução e analítico) podem influenciar a forma como as estratégias são criadas e implementadas. Nesse sentido, os pilotos mostraram que possuem um repertório de estratégias para lidar com diferentes fatores circunstanciais específicos, o que sugere a *expertise* deles. Da

mesma foram, os dados mostraram como os JCS utilizaram diversas estratégias em um mesmo evento, seja para evitar ou lidar com constrangimentos específicos ou a medida que uma solução não havia sido encontrada. Tais resultados corroboram as previsões de Rasmussen e Jensen (1974).

Inicialmente, os procedimentos foram entendidos como sistemas de informação constituídos por um conjunto de estruturas de informação úteis para apoiar as estratégias empregadas pelos pilotos em circunstâncias particulares, como sugerido por Wright *et al.* (1996; 1998; 2000) e Wright e McCarthy (2003). De fato, os resultados empíricos sugerem que os procedimentos auxiliam a construção e a execução de cursos de ação.

Entretanto, mais do que corroborar os estudos anteriores, os resultados empíricos evidenciam que os procedimentos não se restringem a apoiar a construção de cursos de ação e são úteis para o reconhecimento da anomalia e o diagnóstico de problemas. Nesse sentido, seria mais adequado se referir aos procedimentos como recursos para a atividade. Adicionalmente, os resultados também sugerem que outros recursos, complementares ao QRH, foram empregados durante a gestão de anomalias. Recursos documentais, sociais e experiências, a exemplo dos *checklists*, foram utilizados de modo fragmentado e intercalado com outros recursos e *checklists* para apoiar as estratégias empregadas pelo JCS. Sugere-se que esta seja a principal contribuição da tese.

Mais do que articular as teorias ou complementá-las a partir de evidências empíricas, o presente estudo ainda contribuiu para a classe de problemas ao operacionalizar os conceitos teóricos com as devidas mudanças. Além da estrutura teórica resultante (procedimentos e recursos adicionais para a gestão de anomalias em *cockpits*), o estudo também propôs um conjunto de princípios necessários para conceber procedimentos como recursos para a atividade e uma abordagem para análise da atividade de gestão de situações anormais e de emergência, a qual articula a relação entre fatores contextuais, estratégias e recursos.

Esses princípios se diferiram em diversos aspectos dos princípios utilizados pelos métodos tradicionais de elaboração e revisão dos procedimentos, incluindo a mudança no foco da atividade analisada e a proposta de melhorias baseadas em como melhor apoiar as adaptações ao invés de evitar erros ou violações. Já a possível estrutura de análise se diferiu das estruturas de análise utilizadas nos modelos de desempenho humano baseados na análise da tarefa ao mudar o foco do uso dos procedimentos para a interação entre as circunstâncias momentâneas, as estratégias empregadas e os recursos utilizados, independente de sua natureza.

### 8.2.2 Contribuições Para Solucionar o Problema Prático

A relevância do artefato desenvolvido nesta tese para as empresas aéreas recai na oferta de uma abordagem alternativa para a concepção ou o refinamento dos procedimentos para situações anormais e de emergência. O protocolo foi construído seguindo os princípios relacionados às teorias baseadas da atividade, que se distinguem de forma contundente dos métodos tradicionais existentes na aviação e utilizado pela empresa aérea.

O artefato proposto pode ser útil para lidar com um conjunto de procedimentos para situações anormais ou de emergência de forma integrada. A tese não teve como foco investigar um procedimento ou *checklist* específico, mas sim diferentes procedimentos contidos no QRH, incluindo a interação deles com outros recursos. Ao contrário dos métodos tradicionais disponíveis, os quais focam somente nos aspectos físicos dos *checklists*, o artefato proposto procurou estender as melhorias à organização do conteúdo do QRH e dos *checklists*, e aos recursos adicionais, pois eles também foram decisivos para a gestão de anomalias.

Dentre as diferenças entre o protocolo proposto e os métodos tradicionais existentes estão: (a) o protocolo procurou focar a análise na atividade de gestão de anomalias, tratando da interação entre os procedimentos e o contexto social e material, ao invés de focar somente no uso dos procedimentos; (b) a atividade foi analisada considerando a interação entre o contexto, as estratégias e os recursos para a ação ao invés de dividir a tarefa em unidades elementares, o que resultou em um modelo descritivo da atividade e não normativo; (c) a unidade de análise se estendeu ao *cockpit* ao invés de dividi-lo entre pilotos, procedimentos, máquina e meio; (d) o protocolo se baseou no conceito de que os procedimentos são recursos para ação e não mecanismos de controle organizacional; (e) o protocolo reconheceu que a diferença entre prática e procedimentos é preenchida pela capacidade adaptativa do sistema, principalmente pela *expertise* dos pilotos; (f) as oportunidades de melhorias advieram de eventos reais com resultados positivos e não somente de eventos negativos, aspecto relevante para o qual não foi dada ainda a devida ênfase; e (g) as sugestões de melhorias objetivaram reforçar o desempenho do JCS ao invés de focar em melhorias físicas e tipográficas ao QRH e *checklists*.

Em relação a este último aspecto, mais do que proporcionar sugestões de melhorias no QRH e *checklists*, o protocolo foi capaz de auxiliar na proposição de melhorias aos

recursos que interagiram com o QRH. Ainda que não tenham sido implementadas e avaliadas, as melhorias objetivaram aumentar o desempenho do *cockpit* durante a gestão de anomalias e não apenas melhorar a interface piloto-*checklist*.

Do ponto de vista da empresa na qual a pesquisa foi realizada, o presente estudo apresentou 3 contribuições. Primeiro, os resultados obtidos com o estudo de campo revelou como há muitas situações não-normais fora do escopo do WAI, principalmente situações não previstas pelo QRH. Tal resultado demanda da empresa e do fabricante melhorias no sentido de reduzir a incidência de alarmes falsos e múltiplas mensagens sem *chevrons*. É possível que os dados apresentados nesta tese possam servir de base inicial para essas propostas. Adicionalmente, a empresa precisa revisar seu modelo formalizado nos manuais sobre como os pilotos devem gerenciar anomalias. Seria preciso avaliar as diversas estratégias identificadas no estudo e, caso reconhecidas como úteis, poderiam ser incorporadas nos manuais da empresa e no treinamento dos pilotos.

Segundo, é preciso revisar a estrutura de treinamento dos pilotos para gerenciar situações anormais e de emergência. No treinamento teórico, seria interessante mostrar em sala de aula as diversas estratégias úteis para resolver problemas técnicos e os recursos que apoiam cada uma delas, utilizando ainda estudos de caso e situações operacionais reais. Já nas sessões de simulador, a participação dos instrutores como meio de aproximar os cenários às situações reais poderia auxiliar os pilotos a desenvolver competências necessárias à gestão de anomalias principalmente diante de problemas não-estruturados.

Por último, o protocolo proposto pelo estudo poderia ser utilizado pela empresa como processo interno para reprojeter os procedimentos e outros recursos de apoio, já que o processo atual em uso é genérico e aplicado a qualquer manual. Certamente, essa aplicação resultaria em mudanças no protocolo ou na utilização de apenas algumas etapas em detrimento de outras.

### 8.2.3 Avaliação do Artefato Proposto

A avaliação do artefato revelou como nos critérios ‘subsidiado por teorias e modelos científicos’ e ‘capacidade holística’ o protocolo obteve bons resultados, enquanto nos demais ele apenas alcançou parcialmente os resultados esperados. O protocolo foi desenvolvido a partir de modelos teóricos e evidências empíricas e demonstrou uma capacidade holística ao propor uma análise da atividade além do uso dos procedimentos pelos pilotos e sugestões de melhorias que extrapolaram o QRH e os *checklists*.

Já a flexibilidade parcial do artefato foi demonstrada a partir das etapas que não pressupõem um setor específico e na independência do contexto demonstrada pelos conceitos teóricos utilizados na sua construção. Da mesma forma, as melhorias focaram nos procedimentos e outros recursos para atividade como meio de apoiar as estratégias e, conseqüentemente, melhorar o desempenho do JCS como um todo. Por outro lado, o protocolo não foi testado em outros setores industriais ou na análise de situações normais e nenhuma das propostas de mudança foi implementada ou avaliada.

Por último a rotina de pesquisa, que mais tarde foi transformada no protocolo, permitiu reduzir o tempo de coleta, organização e análise dos dados, na visão do pesquisador. No entanto, a necessidade de conhecimento aprofundado nas teorias e técnicas de coleta de dados que fundamentam o artefato e o tempo dispensado em cada etapa podem ser uma barreira para sua utilização por práticos nas empresas.

Ainda que o artefato tenha apresentado limitações, elas podem ser, de certa forma, contornadas se o protocolo for aplicado integralmente em uma empresa, preferencialmente em outro setor industrial. Da mesma forma, espera-se que a implementação efetiva das melhorias propostas possam fornecer subsídios para a validação e melhoria do artefato proposto.

### 8.3 LIMITAÇÕES

O estudo apresentado nesta tese apresentou algumas limitações. Ainda que a triangulação dos dados tenha sido utilizada, qualquer estudo etnográfico cognitivo pode possuir vieses do pesquisador e estar vulnerável a erros de interpretação durante a análise dos dados. Da mesma forma, o estudo pode estar sob alguns vieses devido ao desequilíbrio entre a quantidade de dados coletados juntos aos gerentes e engenheiros responsáveis pela gestão do QRH e aos pilotos. Além de dados, a pesquisa dispensou mais tempo junto a estes últimos participantes do que os primeiros. Igualmente importante, o fato do pesquisador ser funcionário da empresa também pode ser influenciado na capacidade de análise e interpretação dos dados.

Mesmo como uma estratégia de coleta de dados, o foco do estudo em apenas um modelo de aeronave pode ter revelado resultados não generalizáveis a outros modelos. Um dos resultados obtidos nesta tese e que poderiam ser diferentes em outros modelos diz respeito à sensibilidade do sistema de alarmes. O estudo apresentou algumas evidências de

que a quantidade de alarmes falsos é alto para os padrões da indústria, mas nenhuma investigação mais cuidadosa foi realizada nesse sentido.

O protocolo emergiu a partir do estudo conduzido somente em um único ambiente organizacional, o que pode revelar características relacionadas apenas à empresa aérea objeto de estudo. Igualmente, o protocolo ainda não foi integralmente implantado em uma empresa aérea e, sendo assim, não foi possível avaliar a implementação das melhorias nem analisar as melhorias.

O conjunto de situações identificadas não é exaustivo, apesar da coleta de dados ter sido interrompida quando a saturação de dados foi atingida. Talvez mais fatores contextuais, estratégias, seções do QRH e outros recursos para ação possam ser utilizados em situações não identificados por este estudo. Complementarmente, as situações coletadas poderiam ter sido compartilhadas com os profissionais responsáveis pela gestão do QRH como meio de comparar se há divergência (e qual seria essa divergência) nas visões sobre a gestão das situações anormais entre eles.

Por último, o estudo não procurou avaliar o processo de aprendizagem dos pilotos ao adquirir as competências necessárias ao gerenciamento de anomalias. Ainda que o treinamento não tenha sido analisado exaustivamente, o estudo não investigou se há diferenças entre os estilos de aprendizagem dos pilotos ou se o treinamento é efetivo ao reduzir a variabilidade entre eles.

#### 8.4 ESTUDOS FUTUROS

Como resultado dessas limitações e das aprendizagens decorrentes da presente pesquisa, algumas oportunidades para estudos futuros são sugeridas segundo os temas a que estão relacionados. É preciso investigar se e como as visões de procedimentos como mecanismos de controle e recursos para ação podem ser conciliadas ou coexistir em uma mesma empresa. Ainda que tenha sido proposto revisar os procedimentos para situações anormais e de emergência, não foi avaliado a sua interação com os diversos outros procedimentos em uso, principalmente os elaborados para situações normais. Da mesma forma, seria preciso uma avaliação sobre a coexistência de procedimentos no QRH como mecanismos de controle e recursos para ação no mesmo ambiente operativo.

Em relação à limitação da tese por não ter aplicado completamente o protocolo, sugere-se implementar e aplicar integralmente o protocolo em uma empresa aérea, idealmente a empresa na qual o estudo foi realizado. Ademais, como meio de aumentar

flexibilidade do protocolo, propõe-se estender a aplicação dele para diferentes empresas aéreas, modelos de aeronaves e contextos industriais, além de aumentar o número de eventos analisados.

Já devido a impossibilidade da tese implantar e testar as soluções propostas, propõe-se elaborar meios de validar as sugestões de revisão dos programas de treinamento e implementar e avaliar a eficácia das sugestões de projeto, principalmente quanto à melhoria no desempenho do *cockpit* durante a gestão de anomalias. Propõe-se ainda avaliar se há um perfil predominante de estilo de aprendizagem entre os pilotos durante o treinamento de gerenciamento de situações anormais e de emergência e como estes estilos influenciam a resolução dessas situações. Seria importante essa avaliação para subsidiar a revisão do programa de treinamento da empresa.

Com relação aos resultados sobre como o *cockpit* gerencia anomalias, seria importante modelar os diferentes tipos de raciocínio empregados nas estratégias como meio de servir de subsídio para sistemas informatizados ou sistemas de apoio a decisão. De certa forma, esse estudo geraria resultados para entendermos mais profundamente como podemos lidar com a crescente complexidade, seja ela derivada da intensa utilização de tecnologias ou da interdependência entre os processos e atividades.

Por último, os resultados relacionados ao comportamento anômalo da aeronave carecem melhor investigação sobre suas causas e como reduzi-las. O objetivo último seria definir meios de garantir que a aeronave se comporte conforme previsto os manuais. Da mesma forma, seria importante avaliar mais cuidadosamente as consequências da incidência de alarmes falsos sobre a atividade dos pilotos. Há estudos que sugerem que a alta incidência de alarmes falsos pode levar a ocorrência do *cry wolf effect* (Brenitz, 1984), o que poderia reduzir a efetividade da tripulação em lidar com situações não-normais.

## REFERÊNCIAS

ALBRECHTSEN, H; ANDERSEN, H. H. K.; BØDKER, S.; PEJTERSEN, A. M. **Affordances in Activity Theory and Cognitive Systems Engineering**. Technical Report. Roskilde: Risø National Laboratory, 2001.

AMALBERTI, R. The paradoxes of almost totally safe transportation systems. **Safety Science**, v.37, n 2-3, p.109-126, 2001.

ANGROSINO, M. **Etnografia e observação participante**. São Paulo: Artmed, 2009.

AUSTRALIA TRANSPORT SAFETY BUREAU (ATSB). **In-flight uncontained engine failure Airbus A380-842, VH-OQA**: final report. Canberra: ATSB, 2013.

BARDIN, L. **Análise de Conteúdo**. Paris: Edições 70 Brasil, 2011.

BIEDER, C., BOURRIER, M. (Eds.). **Trapping Safety into Rules: How Desirable or Avoidable is Proceduralization?** Farnham: Ashgate, 2013.

BLAKSTAD, H.C., HOVDEN, J.; ROSNESS, R. Reverse invention: an inductive bottom-up strategy for safety rule development: a case study of safety rule modifications in the Norwegian railway system. **Safety Science**, v.48, n.3, p.382-394, 2010.

BRENITZ, S. **Cry Wolf: the psychology of false alarms**. New York: Erlbaum, 1984.

BOY, G.A.; DE BRITO, G. Toward a Categorization of Factors related to Procedure Following and Situation Awareness. In: **Proceedings of International Conference on Human Computer Interaction in Aeronautics (HCI-Aero'00)**. Toulouse: HCI, p.27-29, 2000.

BOYD, J. **A Discourse on Winning and Losing**. Maxwell Air Force Base: Air University, 1987.

BREHMER, B. The Dynamic OODA Loop: Amalgamating Boyd's OODA Loop and the Cybernetic Approach to Command and Control. In: **Proceedings of 10<sup>th</sup> International Command and Control Research and Technology Symposium**, June 2005, McLean, VA, 2005.

BURIAN, B.K. Emergency and Abnormal *Checklist* Design Factors Influencing Flight Crew Response: a case study. In: **Proceedings of the International Conference on Human-Computer Interaction in Aeronautics**, 2004.

BURIAN, B.K. Do You Smell Smoke? Issues in the Design and Content of *Checklists* for Smoke, Fire, and Fumes. In: **Proceedings of Emergency and Abnormal Situations Symposium**, 2005.

BURIAN, B.K. Design Guidance for Emergency and Abnormal *Checklists* in Aviation. In: **Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society 50<sup>th</sup> Annual Meeting**. 16-20 October 2006, San Francisco, CA: Human Factors and Ergonomics Society, 2006a.

BURIAN, B.K. Aeronautical Emergency and Abnormal *Checklists*: Expectations and Realities. In: **Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society 50<sup>th</sup> Annual Meeting**, 16-20 October 2006, San Francisco, CA: Human Factors and Ergonomics Society, 2006b.

BURIAN, B.K.; BARSHI, I. Emergency and abnormal situations: A review of ASRS reports. In: R. Jensen (Ed.). **Proceedings of the 12<sup>th</sup> International Symposium on Aviation Psychology**. Dayton, OH: Wright State University Press, p. 1-7, 2003.

BURIAN, B.K.; DISMUKES, R.K.; BARSHI, I. The Emergency and Abnormal Situations Project. In: **Proceedings of the ISASI 2003 Conference**. Washington, DC: ISASI, p.1-14, 2003.

BURIAN, B.K.; BARSHI, I.; DISMUKES, R.K. **The challenge of aviation emergency and abnormal situations**. Moffett Field: NASA Ames Research Center, 2005.

CHRISTOFFERSEN, K.; WOODS, D.D. **Making Sense of Change**: Why Recognizing Events is Special in Cognitive Work. Technical Report. Ohio: The Ohio State University, 2006.

CHRISTOFFERSEN, K., WOODS, D.D.; BLIKE, G.T. Discovering the events expert practitioners extract from dynamic data streams: the modified unit marking technique. **Cognition, Technology & Work**, v.9, n.2, p.81-98, 2007.

CIVIL AVIATION AUTHORITY (CAA). **CAP 708**: Guidance on the Design, Presentation and Use of Electronic *Checklists*. London: CAA, 2005.

CIVIL AVIATION AUTHORITY (CAA). **CAP 676**: Guidance on the Design, Presentation and Use of Emergency and Abnormal *Checklists*. London: CAA, 2006.

CRANDALL, B.; KLEIN, G.A.; HOFFMAN, R.R. **Working Minds**: a practitioner's guide to cognitive task analysis. London: The MIT Press, 2006.

DANIELLOU, F.; RABARDEL, P. Activity-Oriented Approaches To Ergonomics : Some Traditions And Communities. **Theoretical Issues In Ergonomics Science**, v.6, n.5, p.353-357, 2005.

DE BRITO, G. Study of the use of Airbus flight-deck procedures and perspectives for operational documentation. In: **Proceedings of HCI-Aero'98, International Conference Organized in Cooperation with ACM-SIGCHI**. Montreal: HCI, p.195-201, 1998.

DE BRITO, G. Speed: a model for the task analysis process. In: P. Wright; S. W. A. Dekker; C. P. Warren, (Eds.). **Proceedings of the 10<sup>th</sup> European Conference on Cognitive Ergonomics**, 21-23 Agosto. Linkoping: University of Linkoping, p.86-95, 2000.

DE BRITO, G. Towards a model for the study of written procedure following in dynamic environments. **Reliability Engineering & System Safety**, v.75, n.2, p.233-244, 2002.

DE CRESPIGNY, R. **QF32**. Sydney: Macmillan, 2012.

DEGANI, A. **Human Factors of Flight Deck Checklists: Normal Checklists**. Tese de Doutorado, University of Miami, 1989.

DEGANI, A. **On the typography of flight-deck documentation** (NASA Contractor Report 177605). Moffett Field: NASA Ames Research Center, 1992.

DEGANI, A. Position Paper: Modeling Human-Automation Interaction using Finite State Machines Formalism. In: M. L. Bolton; A. Degani; P. Palanque, (Eds.). **Proceedings of the Workshop on Formal Methods in Human-Machine Interaction (Formal H)**. London: Imperial College, p. 37-40, 2012.

DEGANI A.; WIENER E. L. **Human Factors of Flight-Deck Checklists: The Normal Checklist** (NASA Contractor Report CR-177549). Moffett Field: NASA: Ames Research Center, 1990.

DEGANI, A.; WIENER, E.L. Cockpit Checklists: concepts, design and use. **Human Factors**, v.35, n.2, p.28-43, 1993.

DEGANI, A.; WIENER, E.L. **On the Design of Flight-Deck Procedures**. Moffett Field: NASA Ames Research Center, 1994.

DEGANI, A.; WIENER, E.L. Designing coherent flight-deck procedures for use in advanced technology aircraft. **ICAO Journal**, (March), p.23-25, 1995.

DEGANI, A.; WIENER, E.L. Procedures in complex systems: the airline cockpit. **IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics**, v.27, n.3, p.302-312, 1997a.

DEGANI, A.; WIENER, E.L. Philosophy, Policies, Procedures and Practices: the 4Ps of Flight Deck Operations. In: N. Johnston; N. McDonald; R. Fuller (Eds.). **Aviation Psychology in Practice**. Farnham: Ashgate, p.44-67, 1997b.

DEGANI, A.; WIENER, E.L. Design and Operational Aspects of Flight-Deck Procedures. In: **Proceedings of the International Air Transport Association (IATA) Annual Meeting**, IATA, 1998.

DEGANI, A.; HEYMANN, M.; SHAFTO, M. Formal aspects of procedures: The problem of sequential correctness. In: **Proceedings of the 43<sup>rd</sup> Annual Meeting of the Human Factors and Ergonomics Society**. Houston, TX: Human Factors Society, 1999.

DEGANI, A. HEYMANN, M.; MEYER, G.; SHAFTO, M. **Some Formal Aspects of Human-Automation Interaction**. Moffett Field: NASA Ames Research Center, 2000.

DEGANI, A.; HEYMANN, M.; BARSHI, I. **A Formal Methodology, Tools, and Algorithm for the Analysis, Verification and Design of Emergency Procedures and Recover**. Moffett Field: NASA Ames Research Center, 2005.

DEKKER, S.W.A. **The Field Guide to Human Error Investigations**. London: Ashgate, 2002.

DEKKER, S.W.A. Failure to adapt or adaptations that fail: contrasting models on procedures and safety. **Applied Ergonomics**, n.34, p.233-238, 2003.

DEKKER, S.W.A. **Ten questions about human error: A new view of human factors and system safety**. Mahwah: Lawrence Erlbaum Associates, 2005.

DEKKER, S.W.A. **The field guide to understanding human error**. London: Ashgate, 2006.

DEKKER, S.W.A. **Just culture: Balancing accountability and safety**. Aldershot: Ashgate, 2007.

DEKKER, S.W.A. Just culture: who gets to draw the line? **Cognition, Technology & Work**, v.11, n.3, p.177-185, 2008.

DEKKER, S.W.A. The bureaucratization of safety. **Safety Science**, v.70, p.348-357, 2014.

DEKKER, S.W.A.; HOLLNAGEL, E. Human factors and folk models. **Cognition, Technology & Work**, v.6, n.2, p.79-86, 2004.

DIEN, Y. Safety and application of procedures, or 'how do 'they' have to use operating procedures in nuclear power plants?' **Safety Science**, v.29, n.3, p.179-187, 1998.

DONOGHUE, J.A. A Black Swan Event. **AeroSafetyWorld**, Dec-Jan, p.32-33, 2012.

DREYFUS, H.; DREYFUS, S. **Mind Over Machine: the power of human intuition and expertise in the era of the computer**. Oxford: Basil Blackwell, 1989.

FIELDS, B.; WRIGHT, P.; HARRISON, M.D. Objectives, strategies and resources as design drivers. In: S. Howard; J. Hammond; G. Linaard (Eds.). **Human Computer Interaction: INTERACT'97**, Sidney, 14-18 Julho, Chapman & Hall, p.164-171, 1997.

FLICK, U. **Desenho da Pesquisa Qualitativa**. São Paulo: Artmed, 2008.

FLYVBJERG, B. **Making Social Science Matter: Why Social Inquiry Fails and How it Can Succeed Again**. Cambridge: Cambridge University Press, 2001.

FORD, T.E. Indication and Alerting. **Aircraft Engineering and Aerospace Technology**, v.56, n.4, p.6-9, 1984.

GIL, A.C. **Métodos e Técnicas de Pesquisa Social**. 6 Ed. São Paulo: Atlas, 2008.

GOTEMAN, O.; SMITH, K.; DEKKER, S. HUD With Velocity: vectors reduce lateral error during landing in restricted visibility. **The International Journal of Aviation Psychology**, v.17, n.1, p.91-108, 2007.

GRANT, T. Unifying planning and control using an OODA-based architecture. In: **Proceedings of the 2005 Annual Research Conference of the South African Institute of Computer Scientists and Information Technologists on IT Research in Developing Countries**, p.111-113, 2005.

GROTE, G. Promoting safety by increasing uncertainty - Implications for risk management. **Safety Science**, v.71, p.71-79, 2014.

HALE, A.R. Safety Rules O.K.? Possibilities and Limitations in Behavioural Safety Strategies. **Journal of Occupational Accidents**, v.12, n.1-3, p.3-20, 1990.

HALE, A.R.; SWUSTE, P. Safety rules: procedural freedom or action constraint? **Safety Science**, v.29, n.3, p.163-177, 1998.

HALES, B.M.; PRONOVOST, P.J. The *checklist* - a tool for error management and performance improvement. **Journal of Critical Care**, v.21, p.231-23, 2006.

HALE, A.R.; BORYS, D. Working to rule or working safely? Part 2: The management of safety rules and procedures. **Safety Science**, v.55, p.222-231, 2013a.

HALE, A.R.; BORYS, D. Working to rule, or working safely? Part 1: A state of the art review. **Safety Science**, v.55, p.207-221, 2013b.

HALE, A.R.; HEIJER, T.; KOORNNEEF, F. Management of Safety Rules: the case railways. **Safety Science Monitor**, v.7, n.1, 2003.

HENRIQSON, E. **Analysis of Joint Cognitive Systems: a Study of Take-Off Speeds Calculation in Cockpit**. Tese de Doutorado, Departamento de Engenharia de Produção e Transportes, Federal University of Rio Grande do Sul, 2010.

HENRIQSON, E.; VAN WINSEN, R.; SAURIN, T.A.; DEKKER, S.W.A. How a *cockpit* calculates its speeds and why errors while doing this are so hard to detect. **Cognition, Technology & Work**, v.13, n.4, p.217-231, 2010.

HEYMANN, M.; DEGANI, A. **On Abstractions And Simplifications In The Design Of Human- Automation Interfaces** (NASA/TM 2002-211397). Moffett Field: NASA Ames Research Center, 2002.

HEYMANN, M.; DEGANI, A.; BARSHI, I. Generating Procedures and Recovery Sequences: a formal approach. In: **Proceedings of the 14<sup>th</sup> International Symposium on Aviation Psychology**. Columbus: Ohio State University, p.1-7, 2007.

HOFFMAN, R.R.; CRANDALL, B.; SHADBOLT, N. Use of the Critical Decision Method to Elicit Expert Knowledge: A Case Study in the Methodology of Cognitive Task. **Human Factors**, v.40, n.2, p.254-276, 1998.

HOFFMAN, R.R.; WARD, P.; FELTOVICH, P. J.; DIBELLO, L.; FIORE, S.M.; ANDREWS, D.H. **Accelerated Expertise**. London: Psychology Press, 2014.

HOLDER, B.E. **Improving the Boeing Quick Reference Handbook**. Seattle: Boeing Commercial Airplanes, 10 jun. 2003. 27 slides: color.

HOLDER, B.E.; MCKENZIE, W.A. **Style guide and formatting methods for pilot quick reference handbooks**. US Patent 2005/0057035, 17 mar. 2005.

HOLDER, B.E.; MCKENZIE, W.A. **Style guide and formatting methods for pilot quick reference handbooks**. US Patent 8,527,871 B2, 3 set. 2013.

HOLLAN, J.; HUTCHINS, E.; KIRSH, D. Distributed cognition: toward a new foundation for human-computer interaction research. **ACM Transactions on Computer-Human Interaction**, v.7, n.2, p.174-196, 2000.

HOLLNAGEL, E. **Barriers and accident prevention**. Aldershot: Ashgate, 2004.

HOLLNAGEL, E. Risk + barriers = safety? **Safety Science**, v.46, p.221-229, 2008.

HOLLNAGEL, E.; WOODS, D.D. Cognitive Systems Engineering: New wine in new bottles. **International Journal of Man-Machine Studies**, v.18, n.6, p.583-600, 1983.

HOLLNAGEL, E.; WOODS, D.D. **Joint cognitive systems: Foundations of cognitive systems engineering**. Boca Raton: Taylor & Francis / CRC, 2005.

HOLLNAGEL, E.; LEONHARDT, J.; LICU, T.; SHORROCK, S. **From Safety-I to Safety-II: A White Paper**. London: Eurocontrol, 2013.

HUTCHINS, E. **Cognition in the Wild**. Cambridge: MIT Press, 1995a.

HUTCHINS, E. How a *Cockpit* Remembers Its Speeds. **Cognitive Science**, v.19, n.3, p.265-288, 1995b.

HUTCHINS, E., NOMURA, S.; HOLDER, B.E. The Ecology of Language Practices in Worldwide Airline Flight Deck Operations. In: **Proceedings of the 28<sup>th</sup> Annual Conference of the Cognitive Science Society**: Seattle, WA: Cognitive Science Society, p.363-368, 2006.

KASANEN, E.; LUKHA, K.; SIITONEN, A. The constructive approach in management accounting research. **Journal of Management Accounting Research**, v.5, p.293, 1993.

KLEIN, G. A recognition-primed decision (RPD) model of rapid decision making. In: G. KLEIN; J. ORASANO; R. CALDERWOOD; C.E. ZSAMBOK (Eds.). **Decision Making in Action: Models and Methods**. Norwood: Ablex Publishing, 1993.

KLEIN, G.; CALDERWOOD, R.; MACGREGOR, D. Critical decision method for eliciting knowledge. **IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics**, v.19, n.3, p.462-472, 1989.

KNUDSEN, F. Paperwork at the service of safety? Workers' reluctance against written procedures exemplified by the concept of "seamanship". **Safety Science**, v.47, p.295-303, 2009.

LACERDA, D.P. DRESCH, A; PROENÇA, A; ANTUNES JUNIOR, J. Design Science Research: Método de Pesquisa para a Engenharia de Produção. **Gestão e Produção**, v.20, n.4, p.1-21, 2013.

LAVE, J. Teaching, as learning, in practice. **Mind, Culture, and Activity**, v.3, n.3, p.149–164, 1996.

LEONHARDT, J.; HOLLNAGEL, E.; MACCHI, L.; KIRWAN, B. A **White Paper on Resilience Engineering for ATM**. London: Eurocontrol, 2009.

LUKKA, K. The constructive research approach. In: L. OJALA; O-P. HILMOLA (Eds.) **Case study research in logistics**. Åbo: Publications of the Turku School of Economics and Business Administration, p.83-101, 2003.

MANSON, N. Is operations research really research? **Orion**, v.22, n.2, 2006.

MARCH, S.T.; SMITH, G.F. Design and natural science research on information technology. **Decision Support Systems**, v.15, n.4, p.251–266, 1995.

MCCARTHY, J.; WRIGHT, P.; MONK, A.; WATTS, L. Concerns at work: designing useful procedures. **Human-Computer Interaction**, v.13, n.4, p.433-457, 1998.

MCCARTHY, J.; HEALEY, P.; WRIGHT, P.; HARRISON, M.D. Accountability of work activity in high-consequence work systems: Human error in context. **International Journal of Human Computer Studies**, v.47, n.6, p.735-766, 1997.

MUMAW, R J; ROTH, EMILIE M.; VICENTE, KIM J.; BURNS, C M. There is more to monitoring a nuclear power plant than meets the eye. **Human factors**, v.42, n.1, p.36-55, 2010.

NARDI, B.A. **Context and consciousness: Activity theory and human computer interaction**. Cambridge: MIT Press, 1997.

NATIONAL TRANSPORTATION SAFETY BUREAU (NTSB). **Aircraft Accident Report: Northwest Flight 255**. Washington: NTSB, 1988.

NATIONAL TRANSPORTATION SAFETY BUREAU (NTSB). **Aircraft Accident Report Delta Air Lines Flight 1141**. Washington: NTSB 1989.

NATIONAL TRANSPORTATION SAFETY BUREAU (NTSB). **Aircraft Accident Report: USAir Flight 5050**. Washington: NTSB, 1990.

NOMURA, S.; HUTCHINS, E. Study for Bridging between Paper and Digital Representations in the Flight Deck. In: **Proceedings of the 20<sup>th</sup> Anniversary Conference on Computer Supported Cooperative Work - CSCW '06**. Banff, Alberta, p.1-4, 2005.

NOMURA, S.; HUTCHINS, E.; HOLDER, B. E. The uses of paper in commercial airline flight operations. In: **Proceedings of the 20<sup>th</sup> Anniversary Conference on Computer Supported Cooperative Work - CSCW '06**, Banff, Alberta, p.249-256, 2006.

NORMAN, D.A. Cognition in the head and in the world: an introduction to the special issue on situated action. **Cognitive Science**, 17, p.1-6, 1993.

NORMAN, D.A. **The design of everyday things**. New York: Basic Books, 2002.

PARK, J. **The Complexity of Proceduralized Tasks**, 2009.

PARK, J.; JUNG, W. The operators' non-compliance behaviour to conduct emergency operating procedures-comparing with the work experience and the complexity of procedural steps. **Reliability Engineering & System Safety**, v.82, n.2, p.115-131, 2003.

PRAINO, G.; SHARIT, J. Written work procedures: Identifying and understanding their risks and a proposed protocolo for modelling procedure risk. **Safety Science**, v.82, p.382-392, 2016.

RABARDEL, P. From computer to instrument system: a developmental perspective. **Interacting with Computers**, v.15, p.665-691, 2003.

RAJKOMAR, A.; DHALIWAL, G. Improving diagnostic reasoning to improve patient safety. **The Permanente Journal**, v.15, n.3, p.68-73, 2011.

RASMUSSEN, J. Diagnostic reasoning in action. **IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics**, v.23, n.4, p.981-992, 1993a.

RASMUSSEN, J. Analysis of Tasks, Activities and Work in the Field and in Laboratories. **Travail Humain**, v.56, n.2-3, p.133-155, 1993b.

RASMUSSEN, J. Deciding and Doing: Decision Making in Natural Context. In: G. KLEIN; J. ORASANO; R. CALDERWOOD; C.E. ZSAMBOK (Eds.). **Decision Making in Action: Models and Methods**. Norwood: Ablex Publishing, 1993c.

RASMUSSEN, J. Designing to Support Adaptation. In: **Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting**, p.554-557, 2000.

RASMUSSEN, J.; JENSEN, A. Mental procedures in real-life tasks: a case study of electronic troubleshooting. **Ergonomics**, v.17, n.3, p.293-307, 1974.

RASMUSSEN, J.; PEJTERSEN, A.; GOODSTEIN, L. **Cognitive System Engineering**. New York, NY: John Wiley & Sons, 1994.

RASMUSSEN, J., NIXON, P.; WARNER, F. Human error and the problem of causality in analysis of accidents. **Philosophical transactions of the Royal Society of London. Series**

**B, Biological sciences**, v.327, n.1241, Human Factors in Hazardous Situations, p.449-460, 1990.

REASON, J., PARKER, D., LAWTON, R. Organizational controls and safety: the varieties of rule-related behaviour. **Journal of Occupational and Organizational Psychology**, v.71, p.289-304, 1998.

SAURIN, T.A.; GONZÁLEZ, S.S. Assessing the compatibility of the management of standardized procedures with the complexity of a sociotechnical system: case study of a control room in an oil refinery. **Applied ergonomics**, v.44, n.5, p.811-23, 2013.

SAURIN, T.A.; WACHS, P.; RIGHI, A.W.; HENRIQSON, E. The design of scenario-based training from the resilience engineering perspective: a study with grid electricians. **Accident Analysis and Prevention**, v.68, p.30-41, 2014.

SCHENSUL, J.J. Organizing Community Research Partnerships in the Struggle against AIDS. **Health Education & Behaviour**, v.26, n.2, p.266-283, 1999.

SGOUROU, E.; KATSAKIORI, P.; GOUTSOS, S.; MANATAKIS, E. Assessment of selected safety performance evaluation methods in regards to their conceptual, methodological and practical characteristics. **Safety Science**, v.48, n.8, p.1019-1025, 2010.

SIMON, H.A. **The Sciences of The Artificial**. 3 ed. London: MIT Press, 1996.

SINGER, G.; DEKKER, S.W.A. Pilot Performance During Multiple Failures: An Empirical Study of Different Warning Systems. **Transportation Human Factors**, v.2, n.1, p.63-76, 2000.

SUCHMAN, L. **Plans and situated actions: The problem of human-machine communication**. Cambridge: Cambridge University Press, 1987.

TAKEDA, H. VEERKAMP, P.; TOMIYAMA, T.; YOSHIKAWA, H. Modelling Design Processes. **AI Magazine**, v.11, n.4, p.37-48, 1990.

TROCHIM, W. **Research Methods Knowledge Base**, 2006. Disponível em: <http://www.socialresearchmethods.net/kb/measval.php>. Acessado em: Fev. de 2016.

VAISHNAVI, V.K.; KUECHLER, W.; KUECHLER JR., W. Introduction to Design Science Research in Information and Communication Technology. In: V.K. VAISHNAVI; W. KUECHLER JR. (Eds.). **Design Science Research Methods and Patterns: Innovating Information and Communication Technology**. Boca Raton: Taylor & Francis Group, Chapter 2, p.7-30, 2007.

VAN AKEN, J.E. Management Research Based on the Paradigm of the Design Sciences: The Quest for Field-Tested and Grounded Technological Rules. **Journal of Management Studies**, v.41, n.2-March, p.119-246, 2004.

VAN AKEN, J.E.; BERENDS, H.; VAN DER BIJ. **Problem-solving in Organizations: a methodological handbook for business students**. Cambridge: Cambridge University Press, 2007.

VAN DER LELY, E. **What Makes an Aircrew Resilient in Wake of Procedural Under Specification?** An investigation into relationship between the under specification of standard operating procedures and aircrew resilience. Dissertação de Mestrado, Lund University, Lund, 2009.

VERDAASDONK, E. G. G.; STASSEN, L. P. S.; WIDHIASMARA, P. P.; DANKELMAN, J. Requirements for the design and implementation of *checklists* for surgical processes. **Surgical endoscopy**, v.23, n.4, p.715-726, 2009.

VICENTE, K. J. **Cognitive work analysis:** Toward safe, productive and healthy computer-based work. Mahwah: Lawrence Erlbaum Associates, 1999.

WEARS, R.L. What makes diagnosis hard? **Advances in Health Sciences Education**, v.14, n.1(SUPPL), p.19-25, 2009.

WEICHBRODT, J.C. Safety rules as instruments for organizational control, coordination and knowledge: Implications for rules management. **Safety Science**, v.80, p.221-232, 2015.

WEICK, K. E. The collapse of sensemaking in organizations: The Mann-gulch disaster. **Administrative Science Quarterly**, v.38, n.4, p.628-652, 1993.

WOODS, D.D. Cognitive Demands and Activities in Dynamic Fault Management: Abductive Reasoning and Disturbance Management. In: N. Stanton (Ed.), **Human factors in alarm design**. London: Taylor & Francis, Cap. 5, p.63-92, 1994.

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

WOODS, D.D. Discovering How Distributed Cognitive Systems Work. In: E. Hollnagel (Ed.). **Handbook of Cognitive Task Design**. Mahwah: Lawrence Erlbaum Associate, p.37-53, 2003.

WOODS, D.D.; SHATTUCK, L.G. Distant Supervision--Local Action Given The Potential For Surprise. **Cognition, Technology & Work**, v.2, p.86-96, 2000.

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

WOODS, D.D.; SARTER, N.B. Capturing the dynamics of attention control from individual to distributed systems: the shape of models to come. **Theoretical Issues in Ergonomics Science**, v.11, n.1-2, p.7-28, 2010.

WOODS, D.D.; JOHANNESSEN, L.; POTTER, S.S. Human interaction with intelligent systems. **ACM SIGART Bulletin**, v.2, p.39-50, 1991.

WOODS, D.D.; JOHANNESSEN, L.J.; COOK, R.I.; SARTER, N.B. **Behind human error:** cognitive systems, computers and hindsight. Columbus: SOAR, CSERIAC, 1994.

WOODS, D.; HOLLNAGEL, E.; LEVESON, N. **Resilience Engineering: Concepts and precepts**. Aldershot: Ashgate, 2006.

WRIGHT, P.; MCCARTHY, J. Analysis of Procedure Following as Concerned Work. In: E. Hollnagel (Ed.). **Handbook of cognitive task design**. Mahwah: Lawrence Erlbaum Associates, p.679-700, 2003.

WRIGHT, P.; FIELDS, B.; HARRISON, M.D. Distributed information resources: a new approach to interaction modelling. In: T.R.G. GREEN, J.J. CAÑAS, C.P. WARREN (Eds.). **Proceedings of the 8<sup>th</sup> European Conference on Cognitive Ergonomics (ECCE 8)**. EACE Press, p.5-10, 1996.

WRIGHT, P., POCOCK, S.; FIELDS, B. The prescription and practice of work on the flight deck. In: T.R.G. GREEN, J.J. CAÑAS, C.P. WARREN (Eds.). **Proceedings of the 9<sup>th</sup> European Conference on Cognitive Ergonomics (ECCE9)**. EACE Press, p.37-42, 1998.

WRIGHT, P., FIELDS, B.; HARRISON, M.D. Analysing Human-Computer Interaction As Distributed Cognition: The Resources Model. **Human-Computer Interaction**, v.51, n.1, p.1-31, 2000.

YIN, R. K. **Estudo de Caso: planejamento e métodos**. Tradução Daniel Grassi. 2 Ed. Porto Alegre: Bookman, 2001.

## APÊNDICE A: EXEMPLO DE EVENTO VIVENCIADO PELO PESQUISADOR E REGISTRADO NO DIÁRIO DE CAMPO

RELATO DO EVENTO: BLEED FAIL VOO ZZZ-ZZZ dd-mm-aaaa

Nota: Informações sensíveis foram descaracterizadas propositalmente.

**Dados do voo:** O voo em questão, no dia dd/mm/aaaa, seria a terceira e última perna do primeiro dia de jornada de um total de 2 dias, na aeronave XX-XXX (Modelo XXX).

**Condição do Pesquisador:** Copiloto.

**Cenário:** Na etapa anterior ao voo em questão, decolamos de ZZZ para ZZZ (voo XXXX, do dia dd/mm/aaaa, decolado às hh:mm ). Eu atuava como PF. Durante a decolagem, tivemos a EICAS *message* de *Bleed 1 fail, pack 1 fail*, logo após a decolagem, mais precisamente quando selecionamos FLCH ao passar aprox. 850 ft *baro altitude* (a altitude de aceleração calculada pelo XXX foi de 676 ft). O procedimento do QRH foi realizado pelo Cmte. e, após o primeiro reset do sistema de *bleed* do motor#1 a mensagem de falha saiu do EICAS *message*. Prosseguimos o voo para ZZZ, reportamos no TLB e o mecânico fez as ações e testes necessários. Pelo que vi no MFD, o sistema indicava suspeita de falha da *Fan air valve#1* e o mecânico não achou nada de anormal. Entretanto, o mesmo achou melhor inserir a pane como item ACR em aberto para que alguma ação de manutenção fosse realizada, já que esta pane já havia sido reportada na aeronave pelo menos 2 ocasiões anteriores. Caso contrário, a pane permaneceria sem solução. Com isto, a aeronave iria ser despachada segundo o MEL, item XXXX. De acordo com o item, e considerando que a *Fan air valve* do lado oposto estava operando normalmente (confirmado pelo mecânico, já que não tínhamos como saber), a aeronave poderia ser despachada limitado no FL 310. Entre os procedimentos operacionais solicitados, havia a necessidade da *bleed valve#1* switch ser colocada em OFF e a respectiva PACK também. Foi solicitado novo plano de voo também.

**Cronologia do evento:** O voo XXX decolou de ZZZ para ZZZ as 1522z (previsto 1522z). Eu (copiloto) atuava como PM. Ao passar pelo FL 190, tivemos uma nova *message* no EICAS indicando *bleed#1 fail*. Antes do QRH ser realizado, solicitamos nivelar no FL200, quando tivemos a mensagem de *ICE accretion*. Neste instante

voávamos no meio de nuvens e umidade (já tínhamos encontrado gelo na etapa anterior). Enquanto o QRH foi lido, outra mensagem apareceu no EICAS relacionada a falha do sistema de *anti-ice wing*. *A/I WING Fail*. Durante o reset do bleed#2 a cabine aumentou um pouco, chegando a 5.400 ft. Quando o sistema foi ligado novamente, a cabine reduziu para 4.500ft e estabilizou. Após resolver o problema com a *bleed*, realizou a leitura do QRH para resolver a mensagem de *A/I Wing fail*. O sistema foi 'resetado' e voltou a operar. Não encontramos gelo durante todo o restante do voo, tomando o cuidado de voar fora das nuvens de umidade visual. Fizemos diversos desvios para evitar formações e subimos gradativamente a medida que tínhamos confiança de que a aeronave não encontraria gelo novamente. Subimos para o 260, 280 e 300 (nível final). O restante do voo transcorreu normalmente, sem problemas.

## APÊNDICE B: ROTEIRO DE ENTREVISTAS DO CDM

Data:                      Tempo de Duração:                      Participantes:

### Informações Preliminares:

- Há quanto tempo você trabalha como piloto?
- Quantas horas de voo totais você tem?
- Quanto tempo você trabalha nesta empresa como Comandante e como Copiloto?
- Quantas horas de voo que você tem voando para esta empresa como Copiloto e como Comandante?
- Há quanto tempo você trabalha como Comandante ou Copiloto no modelo de aeronave XXX?
- Quantas horas de voo que você tem voando como Comandante ou Copiloto do modelo de aeronave XXX?

### Entrevista

Apresentar o termo de consentimento livre e esclarecido

- 1- Seleção do Evento
  - a. Selecionar um evento de segurança realmente desafiador no qual o piloto teve que lidar com uma emergência ou anormalidade (usando ou não o QRH).
- 2- Descrição do Evento
  - a. Descrever o evento em termo gerais. Representá-lo na linha do tempo, indicando os principais pontos.
  - b. Revisar a sequência e tentar corrigir os faltantes e as inconsistências.
- 3- Maior Compreensão
  - a. Solicitar explicação sobre as ações, pensamento e decisões realizadas.
- 4- Questões “What...IF”
  - a. Identificar outras possibilidades de curso de ação no evento e perguntar por que eles não as escolheram.
- 5- Análise das características do QRH
  - a. Perguntar aos pilotos o que eles acham sobre o QRH, positivamente e negativamente.
  - b. Perguntar quais modificações ao QRH eles realizariam.

## APÊNDICE C: ROTEIRO PARA ENTREVISTAS EM GRUPO: DESENVOLVEDORES DO QRH NO FABRICANTE

Data:                      Tempo de Duração:                      Participantes:

Pautas:

- etapas utilizadas para desenvolver os *checklists* que compõem o QRH;
- princípios utilizados para desenvolver os *checklists*;
- processo de atualização dos *checklists*, desde a identificação da necessidade de atualização, passando pela atualização, até a emissão de novo documento. (vai ser tirado)

Perguntas:

- 1- O QRH é um documento exigido por legislação para que uma aeronave seja homologada? Qual é a legislação e o que ele estabelece?
- 2- Quais foram os princípios/*guidelines* que vocês se basearam para desenvolver o QRH do modelo de aeronave XXX?
- 3- Como foi elaborado o primeiro rascunho do QRH? Como ele era, o que continha de informação, qual a qualificação das pessoas que participaram da equipe de desenvolvimento?
- 4- Como ele foi aprovado internamente?
- 5- Quais foram os ajustes necessários?
- 6- Na próxima geração de aeronaves, como serão os QRH/QRC?

## **APÊNDICE D: ROTEIRO DE ENTREVISTAS EM GRUPO: GERENTE DE FLIGHT STANDARD E AUXILIAR**

Data:                      Tempo de Duração:                      Participantes:

Pauta:

- Princípios utilizados para elaboração do QRH;
- Motivos da diferença entre a estrutura e formato do QRH elaborado pelo fabricante e o utilizado pela empresa;
- Processo de atualização do QRH, identificando as entradas, ações e resultados, além do tempo e logística para atualização.

Perguntas:

- 1- Quais requisitos vocês se basearam para elaborar o QRH? De onde eles vieram? Há regulamentos?
- 2- Há muito diferença entre o QRH da Empresa e o do Fabricante?
- 3- Qual a função do QRC?
- 4- Quais são as dificuldades que os pilotos encontram ao utilizar o QRH?
- 5- Quais são os problemas mais comuns nas aeronaves modelo XXX encontrados pelos pilotos?
- 6- Como vocês lidam com o fato do QRH não prever as condições de “despachabilidade” segundo o MEL?
- 7- O que vocês mudariam no QRH?
- 8- Como são realizadas as revisões, em termos de periodicidade, tempo, motivo da mudança?
  - a. Há necessidade de constantes modificações no QRH?
  - b. Quantas revisões são realizadas?
  - c. Como são divulgadas as mudanças no QRH?
  - d. Quanto tempo é necessário para trocar as páginas do QRH de todos os aviões?
  - e. O Fabricante tem proposto grandes mudanças no QRH?
- 9- Vocês pensam em padronizar os QRH entre os diferentes modelos de aeronaves?

## APÊNDICE E: EXEMPLO DE ALGUMAS PÁGINAS DO QRH

QUICK REFERENCE CHECKLISTS	
Evacuation	
PARKING BRAKE .....	ON
Standby for further instructions PA.....	Notify
SLAT/FLAP Lever .....	5
DOME Light (if req.) .....	ON
Thrust Levers .....	IDLE
START/STOP Switches 1 & 2.....	STOP
Fire Handles 1 & 2 .....	PULL and (if req.) ROTATE 1L & 2R
APU EMER STOP Button.....	Push IN
APU FIRE EXTINGUISHER Button (if req.).....	Push
CARGO SMOKE FWD or AFT Button (if req.).....	Push
PRESSURIZATION DUMP Button.....	Push IN
ATC .....	Notify
Evacuation .....	Initiate
QRC actions complete. (Time permitting, go to pg. 14-7.)	
ENG 1 (2) FIRE/Severe Damage (On Ground)	
Thrust Levers .....	IDLE
<i>When aircraft is stopped:</i>	
Parking Brake .....	ON
Standby for further instructions PA .....	Notify
START/STOP Switch (affected engine) .....	STOP
Fire Handle (affected engine).....	PULL & ROTATE
<i>If ENG FIRE message persists after 30 seconds:</i>	
Fire Handle (affected engine) .....	ROTATE to remaining bottle
QRC actions complete. If required, go to Evacuation checklist above.	
ENG 1 (2) FIRE / Severe Damage (In Flight)	
NOTE: If unable to maintain safe airspeed, consider descending.	
Autothrottle.....	Disengage
Thrust Lever (affected engine).....	IDLE
START/STOP Switch (affected engine) .....	STOP
Fire Handle (affected engine) .....	PULL & ROTATE
<i>If ENG FIRE message persists after 30 seconds:</i>	
Fire Handle (affected engine) .....	ROTATE to remaining bottle
QRC actions complete. Go to pg. S-10.	
APU FIRE	
APU EMER STOP Button .....	Push IN
APU MASTER Switch.....	OFF
<i>If APU FIRE message persists after 30 seconds:</i>	
APU FIRE EXTINGUISHER Button.....	Push
QRC actions complete. Go to pg. S-16.	
Engine Compressor Stall	
Autothrottle .....	Disengage
Thrust Lever (affected engine) .....	Reduce to keep engine parameters within limits
QRC action complete. go to pg. 6-21	
QRC-1	
Page Rev: 07 / Date 17/09/12	
3	

Exemplo da capa do QRH onde é possível encontrar alguns *checklists* para situações críticas. Esses *checklists* são chamados de QRC.

Index	
APU GEN OFF BUS .....	5-4
APU OIL HI TEMP .....	4-6
APU OIL LO PRESS .....	4-7
APU SHUTTING DOWN .....	4-7
AT FAIL .....	3-5
AT FAULT .....	3-5
AT NOT IN HOLD .....	3-5
Audio Control Panel 1(2) Failure .....	8-8
AURAL WRN SYS FAIL .....	8-6
AURAL WRN SYS FAULT .....	8-6
AUTO CONFIG TRIM FAIL .....	7-9
AUTOBRAKE FAIL .....	12-11
Autopilot Aural Can Not Be Canceled .....	7-3
AVNX ASCB FAULT .....	8-6
AVNX DB MODULE FAIL .....	8-6
AVNX MAU 1 (2) (3) FAN FAIL .....	8-13
AVNX MAU 1A (1B) FAULT .....	8-12
AVNX MAU 1A (1B) OVHT .....	8-12
AVNX MAU 1A FAIL .....	8-7
AVNX MAU 1B FAIL .....	8-8
AVNX MAU 2A (2B) FAULT .....	8-12
AVNX MAU 2A (2B) OVHT .....	8-12
AVNX MAU 2A FAIL .....	8-9
AVNX MAU 2B FAIL .....	8-9
AVNX MAU 3A (3B) FAULT .....	8-12
AVNX MAU 3A (3B) OVHT .....	8-13
AVNX MAU 3A FAIL .....	8-11
AVNX MAU 3B FAIL .....	8-11
BATT 1 (2) DISCHARGING .....	5-6
BATT 1 (2) OVERTEMP .....	5-6
BATT 1 (2) TEMP SENS FAULT .....	5-6
BATT 1 & 2 OFF .....	5-5
BATT 1 OFF .....	5-5
BATT 2 OFF .....	5-5
BATT DISCHARGING .....	5-6
Blank Display Unit Without Automatic Reversion .....	8-13
BLEED 1 (2) FAIL .....	2-4
BLEED 1 (2) LEAK .....	2-5
BLEED 1 (2) OFF .....	2-5
BLEED 1 (2) OVERPRESS .....	2-6
BLEED APU LEAK .....	2-7
BLEED APU VLV OPEN .....	2-7
Bomb On Board .....	14-10
BRK CONTROL FAULT .....	12-4
BRK LH (RH) FAIL .....	12-4
BRK LH (RH) FAULT .....	12-5
BRK OVERHEAT .....	12-5
BRK PEDL LH (RH) SEAT FAIL .....	12-6
CABIN ALTITUDE HI .....	2-8 / QRC-II
CABIN DIFF PRESS FAIL .....	2-10

//

Rev: 07 / Date 17/09/12

Exemplo de uma das páginas do índice geral.

<b>AMS</b>
------------

**Section Index**

AMS CTRL FAIL .....	2-3
AMS CTRL FAULT .....	2-3
BLEED 1 (2) FAIL .....	2-4
BLEED 1 (2) LEAK .....	2-5
BLEED 1 (2) OFF .....	2-5
BLEED 1 (2) OVERPRESS .....	2-6
BLEED APU LEAK .....	2-7
BLEED APU VLV OPEN .....	2-7
CABIN ALTITUDE HI .....	2-8 / QRC-II
CABIN DIFF PRESS FAIL .....	2-10
CENTER EBAY FANS FAIL .....	2-10
FWD EBAY FANS FAIL .....	2-10
Loss Of Pressurization Indication .....	2-13
PACK 1 (2) FAIL .....	2-11
PACK 1 (2) OFF .....	2-11
PRESN AUTO FAIL .....	2-12
PRESN AUTO FAULT .....	2-14
PRESN MAN FAIL .....	2-14
Pressurization Conversion Table .....	2-13
RAM AIR FAULT .....	2-14
RECIRC SMK DET FAIL .....	2-14
XBLEED FAIL .....	2-15
XBLEED SW OFF .....	2-15

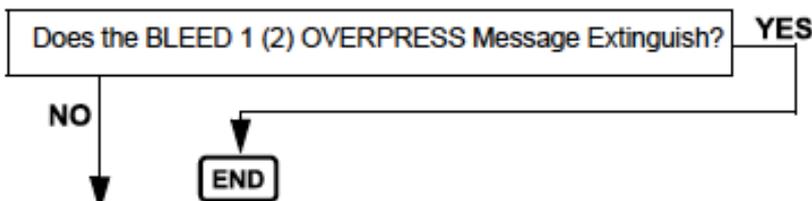
AMS

**BLEED 1 (2) OVERPRESS**

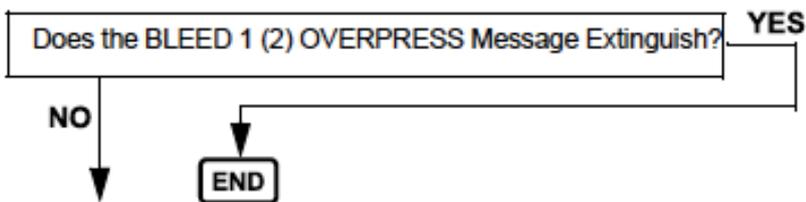
Condition: An overpressure condition has been detected at the associated bleed system or pack.

NOTE: If both bleed systems are affected, attempt to reset one at a time.

Affected BLEED Button.....Push OUT Then IN



Affected BLEED Button.....Push OUT  
 BLEED APU Button (if applicable) .....Push OUT  
 XBLEED Button.....Push OUT  
 Icing Conditions.....Exit/Avoid  
 Altitude.....Max FL310



Associated Thrust Lever ..... IDLE  
 Fuel..... Balance  
 TCAS/XPDR ..... TA

Review Special Considerations:

Special Considerations (One Engine Idling)

**Approach:**

- Use SLAT/FLAP 5
- Use Non-Normal Landing Data, pg. P-15 or P-16.
  - Set  $V_{REF} = V_{REF FULL} + 20$
  - Landing Distance = Dry:  $ULD \times 1.50$  /  
 Wet:  $(ULD \times 2.43) - 492m$

**Landing:**

- FUEL XFEED ..... OFF

**Go-Around:**

- Fuel ..... Balance

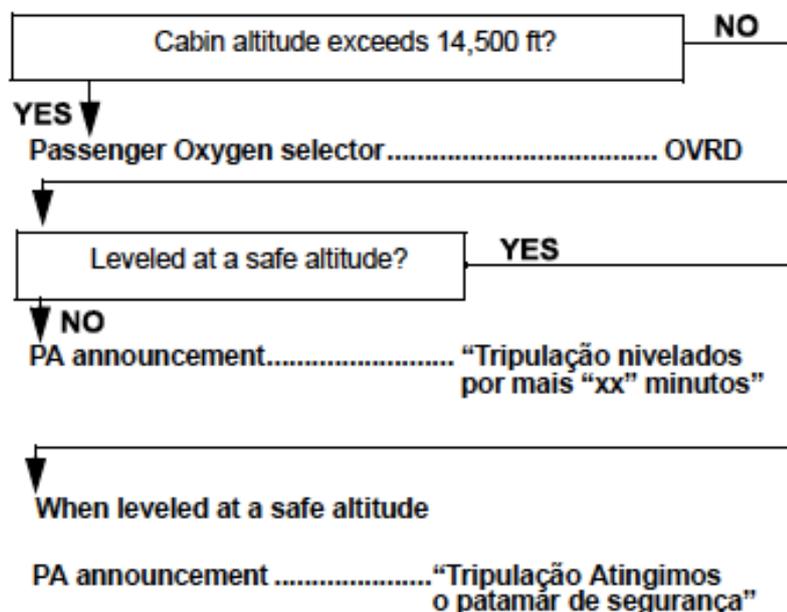
END

Exemplo de um *checklist* que ocupa uma página inteira para uma única falha. O procedimento ainda traz cálculos de desempenho para pouso.

AMS
-----

<b>CABIN ALTITUDE HI</b>	
Condition: Cabin Altitude indications in red.	
Aural Warning: CABIN	
Oxygen Masks ..... ON, 100% Crew Communications ..... Establish	
PA Announcement .....	“Atenção descida rápida”
Cabin Altitude .....	Monitor
PASSENGER OXYGEN SWITCH (If Req.) .....	OVRD
ATC .....	Notify
FSTN BELTS Sign .....	ON
Altitude (higher of) .....	FL100 or MEA
FLCH Button .....	Push (Green)
Thrust Levers .....	IDLE
Speedbrake .....	FULL OPEN
Airspeed .....	Max Appropriate
Transponder (if req.) .....	7700

Cabin Altitude.....Monitor



Cabin Crew.....Contact

NOTE: Obtain cabin status report (structural damage and/or injuries) and advise Flight Attendants when oxygen use is no longer required.

(Continues on the next page)

	<b>AMS</b>	
--	------------	--

(Continuation of CABIN ALTITUDE HI)

**Land At The Nearest Suitable Airport.**

*When at or below 10,000 ft cabin altitude:*

Crew Oxygen ..... As Required  
 Pressurization DUMP Button ..... PUSH

**NOTE:** If continued oxygen use is required, mask regulators may be set to NORM to conserve Oxygen supply.

**If structural damage is suspected, accomplish Structural Damage checklist pg. 1-7.**

**Decide a new course of action.**

**END**

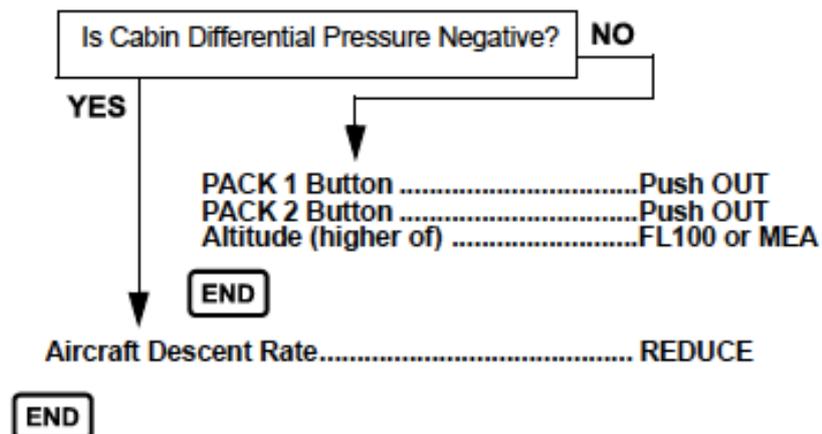
	<b>AMS</b>	
--	------------	--

### CABIN DIFF PRESS FAIL

Condition: Abnormal cabin altitude indication may be displayed.

**Monitor Cabin Differential Pressure.**

**If Differential Pressure red limit is reached:**



### CENTER EBAY FANS FAIL

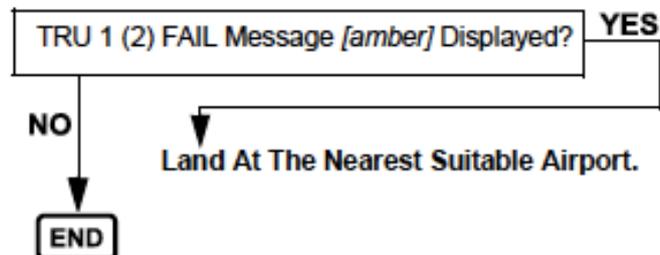
Condition: Center electronics bay fans have failed.

**Land At The Nearest Suitable Airport.**

**END**

### FWD EBAY FANS FAIL

Condition: Forward electronics bay fans have failed.



<b>Performance</b>
--------------------

## Non-Normal Landing Data

### CAT I and No Icing (Non-Normal)

Use this chart when the following conditions exist:

- QRH landing distance multipliers or speed additives required
- STALL PROT ICE SPEED not displayed or anticipated on EICAS
- Conducting a CAT I approach.

V Speeds and Unfactored Landing Distances For Applying QRH Additives							
WEIGHT (kg)	V Speeds				Landing Dist, Dry, Sea Level, No wind		
	VREF FULL	VAC		VFS	MED	HI	MAX MANUAL
		GO AROUND FLAP SETTING					
		2	4				
30000	111	134	119	161	1057	845	628
31000	111	136	121	164	1057	845	629
32000	111	139	123	167	1057	845	629
33000	111	141	125	169	1057	845	630
34000	111	143	127	172	1057	845	630
35000	111	145	128	174	1073	857	639
36000	113	147	130	177	1096	873	651
37000	114	149	132	179	1117	888	663
38000	116	151	134	182	1140	905	675
39000	117	153	136	184	1162	920	688
40000	119	155	137	187	1184	936	698
41000	120	157	139	189	1207	951	710
42000	122	159	141	191	1229	967	722
43000	123	161	142	194	1250	982	733
44000	125	163	144	196	1272	997	744
45000	126	165	146	198	1293	1012	756
For overweight landings, use data below and reference "Overweight Landing," pg. 14-8.							
46000	127	166	147	200	1315	1028	767
47000	129	168	149	202	1337	1043	779
48000	130	170	151	205	1360	1059	791
49000	132	172	152	207	1382	1074	803
50000	133	174	154	209	1403	1089	814
51000	134	175	155	211	1424	1104	825
52000	136	177	157	213	1447	1120	837
<b>LANDING DISTANCE CORRECTION FACTORS</b>							
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pressure Altitude Correction = Land. Dist. + 3% Per 1000 ft. Press Alt.</li> <li>• Tailwind Correction = Land. Dist. +3% Per knot of tailwind</li> </ul>							
VAP = VREF + Wind Correction. Wind Correction = 1/2 steady headwind component + all of the gust factor (min 5 knots, max 20 knots)							

Speeds in KIAS, altitudes in feet, distances in meters, weights in kilograms.

(Continues on the next page)

Rev: 07 / Date 17/09/12

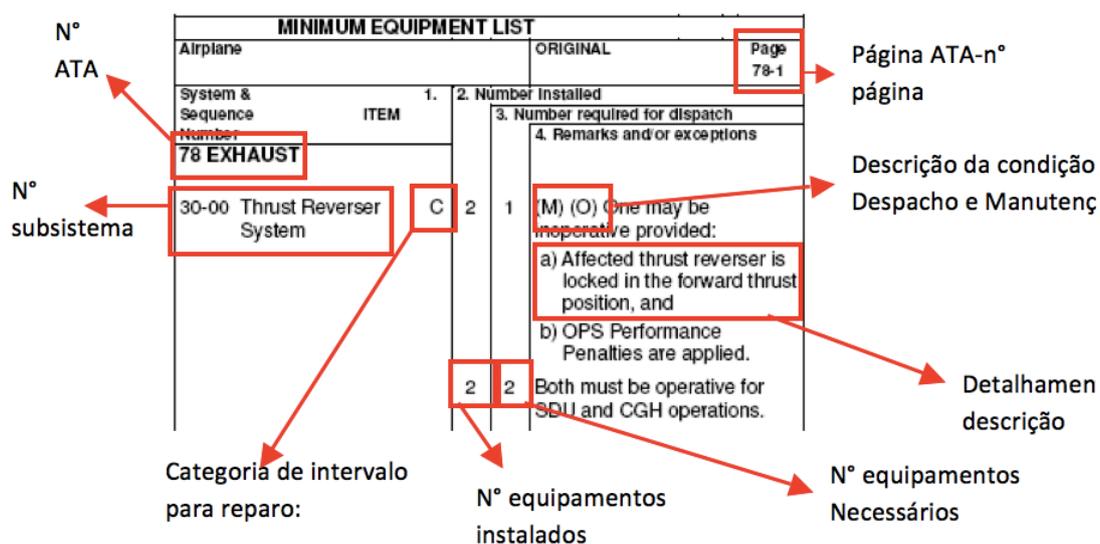
**P-15**

Exemplo de uma tabela para cálculo do desempenho de pouso quando requerido pelo *checklist*.

## APÊNDICE F: EXEMPLO DE ALGUMAS PÁGINAS DO MEL

MINIMUM EQUIPMENT LIST			
Airplane		ORIGINAL	
		Page 28-4	
System & Sequence Number	ITEM	1.	2. Number installed
		3. Number required for dispatch	
		4. Remarks and/or exceptions	
<b>28 FUEL</b>			
41-00	Fuel Quantity Indication on EICAS and MFD	A	4 2
		(M) (O) Except for ER operations, indications for one tank may be inoperative provided: a) Fuel quantity in associated tank is verified by an alternate means, b) Fuel flow and fuel used indications are available, and are monitored throughout flight, and c) Repairs are made within three flight days.	
42-00	Magnetic Level Indicators	D	6 0
		May be inoperative provided Fuel Quantity Indication on EICAS and MFD operates normally.	
43-00	Fuel Temperature Indicating System	C	1 0
		(O) May be inoperative provided Total Air Temperature (TAT) is used as an indication of fuel temperature and is limited to - 37 °C.	
44-00	FUEL 1 (2) LO LEVEL Warning EICAS Message	C	2 1
		(O) One may be inoperative provided associated fuel quantity indications on EICAS and MFD are available and are monitored throughout flight.	
		C	2 0
		(O) Two may be inoperative provided fuel quantity indications on EICAS and MFD are available on both sides and are monitored throughout flight.	

Exemplo da página do MEL onde os pilotos e técnicos de manutenção consultam para saber se é possível decolar com um componente ou sistema inoperante e, se sim, quais as condições para isso ocorrer.



Explicação do significado dos diversos campos de uma página do MEL.

EICAS  
MESSAGE  
LIST

TYPE	POSSIBLE FAILED COMPONENTS	DISPATCH CONDITION	REMARKS	
MESSAGE				
W A R N I N G	A-I WING 1(2) LEAK	Wing Anti-ice Leak Detectors	MMEL 30-11-00	-
		Wing Anti-ice Ducts and Hoses	NO DISPATCH	-
	APU FIRE	-	NO DISPATCH	-
	BATT 1(2) OVERTEMP	-	NO DISPATCH	-
	BATT 1-2 OFF	-	NO DISPATCH	-
	BATT DISCHARGING	-	NO DISPATCH	-
	CABIN ALTITUDE HI	CPCS Controller	MMEL 21-31-01	-
		Outflow Valve	MMEL 21-31-02	-
	CABIN SMOKE	-	NO DISPATCH	-
	CRG AFT SMOKE	-	NO DISPATCH	-
	CRG FWD SMOKE	-	NO DISPATCH	-
	DOOR CRG AFT OPEN	-	NO DISPATCH	Actual Warning
		Aft Cargo Door Sensor	MMEL 52-70-00	False Warning
	DOOR CRG FWD OPEN	-	NO DISPATCH	Actual Warning
		Forward Cargo Door Sensor	MMEL 52-70-00	False Warning
	DOOR EMER LH (RH) OPEN	-	NO DISPATCH	Actual Warning
Overwing Escape Hatch Sensor		MMEL 52-70-00	False Warning	

2-10

Page 2

code 01

REVISION 8

DCP/1511

Dentro do manual MEL existe um manual secundário que procura fornecer uma lista de referência rápida para auxiliar os pilotos e técnicos de manutenção se é possível decolar com a mensagem EICAS. Essa lista é chamada de “EICAS Message List”.

## APÊNDICE G: EXEMPLO DE UMA PÁGINA DE REPORTE DO TLB

TECHNICAL LOG BOOK - TLB				AIRCRAFT REGISTRATION		TLB NUMBER							
REPORT				P R		T							
ITEM 1	FWD RED NAV LIGHT INOP.	REPORT	INOP.	ATA CODE	33-40	STATION	VCP	DATE (DDMMYY)	200516	DEFERRED	<input checked="" type="checkbox"/>	CLOSED	<input type="checkbox"/>
PILOT (X)	MAINT ( )	STATION	DATE (DDMMYY)	FLT NBR	PIN REM.	PIN INST.	SIN REM.	SIN INST.	INSPEC BY:	INSPEC BY:	DATE	STA.	DATE
( )	( )	CWB											
ITEM 2	DURING TEST WAS FOUND BLEED WITH PLY ON VIEW.	REPORT		ATA CODE	32-49	STATION	VCP	DATE (DDMMYY)	200516	DEFERRED	<input type="checkbox"/>	CLOSED	<input type="checkbox"/>
PILOT (X)	MAINT ( )	STATION	DATE (DDMMYY)	FLT NBR	PIN REM.	PIN INST.	SIN REM.	SIN INST.	INSPEC BY:	INSPEC BY:	DATE	STA.	DATE
( )	( )	VCP											
ITEM 3	'BLEED 2 FAIL' MESSAGE DURING DESCENT WITH ANT-ICE ON. ORH PERFORMED. BLEED RESET.	REPORT		ATA CODE	36-00	STATION	POA	DATE (DDMMYY)	210516	DEFERRED	<input type="checkbox"/>	CLOSED	<input checked="" type="checkbox"/>
PILOT (X)	MAINT ( )	STATION	DATE (DDMMYY)	FLT NBR	PIN REM.	PIN INST.	SIN REM.	SIN INST.	INSPEC BY:	INSPEC BY:	DATE	STA.	DATE
( )	( )	POA											

RELEASED AS PER MEL 33-43-00  
DPM ACCOMPLISHED

REGISTERED ACTION TAKEN HEREIN HAVE BEEN ACCOMPLISHED IN ACCORDANCE WITH APPROVED MAINTENANCE STANDARDS AND THEREFORE AIRCRAFT WAS RELEASED FOR FLIGHT IN AIRWORTHY CONDITION.

WHITE ORIGINAL - TECHNICAL FILE (TM) / YELLOW COPY - LINE STATION FILE

REQUIRED INSPECTION ITEM - R.I. - (ITEM DE INSPEÇÃO OBRIGATORIA - I.O)

Neste exemplo da página de um TLB, é possível verificar na terceira linha (última de cima para baixo) que houve uma falha no sistema de sangria de ar do motor 2 (bleed 2). Enquanto na primeira coluna do lado esquerdo é reportado o problema, na coluna da direita é relatado o que foi feito para consertar o problema. O reporte pode ser feito tanto pelo piloto quanto pelo mecânico.