

**PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO RIO GRANDE
FACULDADE DE CIÊNCIAS AERONÁUTICAS**

THOMAS TRETESKI

**PILOTAGEM E ERGONOMIA COGNITIVA:
UM ESTUDO EXPLORATÓRIO DO *SCAN FLOW* DE PILOTOS**

Porto Alegre
2008

THOMAS TRETESKI

**PILOTAGEM E ERGONOMIA COGNITIVA:
UM ESTUDO EXPLORATÓRIO DO *SCAN FLOW* DE PILOTOS**

Trabalho de conclusão de curso apresentado como requisito para obtenção do grau de Bacharel em Ciências Aeronáuticas pelo programa de graduação da Faculdade de Ciências Aeronáuticas. Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul

Orientador: Prof. Me. Éder Henriqson

Porto Alegre
2008

THOMAS TRETESKI

**PILOTAGEM E ERGONOMIA COGNITIVA:
UM ESTUDO EXPLORATÓRIO DO SCAN FLOW DE PILOTOS**

Trabalho de conclusão de curso apresentado como requisito para obtenção do grau de Bacharel em Ciências Aeronáuticas pelo programa de graduação da Faculdade de Ciências Aeronáuticas. Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul

Aprovado em ___ de _____ de _____

BANCA EXAMINADORA:

Prof. Me. Éder Henriqson – PUCRS

Prof. Guido C. Carim Júnior

Prof. Giovani Cattelan

Aos meus pais, Gerson e Ingrid,
por todos os valores que me passaram
durante a vida acadêmica e por serem
os meus exemplos de vida.

AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador, Prof. Éder Henriqson, por ter dividido comigo seus conhecimentos, sempre disposto a me auxiliar quando precisei;

Aos meus pais, familiares e amigos, pelo apoio incondicional sempre;

A minha namorada, Daniela, pela compreensão aos momentos de ausência e pelo incentivo constante.

RESUMO

O voo por instrumentos é imprescindível para o crescimento e manutenção da aviação comercial mundial como um meio de transporte seguro e eficiente. Para a realização de vôos neste tipo de condições, é necessário que os pilotos detenham, dentre outras aptidões, boas capacidades cognitivas, que podem ser aprimoradas com um treinamento eficiente. Esta monografia tem como objetivo, analisar o *scan flow* de pilotos na realização de manobras básicas de vôo a partir dos elementos da cognição: conhecimento, estratégia e atenção. Baseado na análise de tarefas cognitivas aplicadas (*Applied Cognitive Task Analysis*) que foi desenvolvida pelo Centro de Desenvolvimento e Pesquisa Pessoal da Marinha Americana (*Navy Personnel Research and Development Center*), foi desenvolvido um método de análise do *scan flow* de pilotos. Esta pesquisa conseguiu identificar a importância do conhecimento, estratégia e dinâmica atencional durante a pilotagem. Segundo Woods (1994) todas as falhas estão relacionadas com estes três aspectos. Por este motivo, esta pesquisa exploratória comparou os desvios realizados pelos participantes durante a pesquisa de campo com estes três fatores da cognição. Os resultados alcançados apontam para o conhecimento como base para a dinâmica atencional e a estratégia. Sendo assim, a fundamentação teórica dessa monografia está relacionada com ergonomia cognitiva e fatores humanos.

Palavras-chave: Treinamento; Vôo por Instrumento; Ergonomia Cognitiva.

ABSTRACT

Flying by instruments is the quintessence for the growth and development of aviation as a world wide commercial transport in a safe and efficient manner. For these flights to happen, pilots need amongst other skills, good cognitive abilities, that can be improved with an efficient training. This college final paper has the objective to analyze pilot's scan flow during basic flight maneuvers using cognitive elements such as: knowledge, strategy and attention. Considering the applied cognitive task analysis a method of analyzing pilot's scan flow was developed by the Navy Personnel Research and Development Center. This research was able to identify the importance of knowledge, strategy and attentional dynamics during flight. According to Woods (1994) all the mistakes are related with these three aspects. For this reason, this research has compared the mistakes made by participants during the experiments using these three aspects of cognition. The results achieved indicate knowledge as a foundation for attentional dynamics and strategy. Therefore, the background information for this paper is related to cognitive ergonomics and human factors.

Key-words: Flight Training; Instrument Flight; Cognitive Ergonomics.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Modelo de Controle Cognitivo de Rasmussen	18
Figura 2 – Modelo de Controle Cognitivo de Wickens and Holland	19
Figura 3 – Modelo de Controle Cognitivo de Endsley	21
Figura 4 – Características da visão	24
Figura 5 – Resultados típicos por percentagem recordada com a técnica Brown/Peterson & Peterson	27
Figura 6 – Modelo de memória de trabalho de Alan Baddeley	28
Figura 7 – Demonstração do efeito Stroop.....	30
Figura 8 – Painel de Instrumentos.....	39
Figura 9 – Método de controle e performance	40
Figura 10 – Método de instrumentos primários e de suporte	42
Figura 11 – Padrão radial selecionada de <i>cross-check</i>	44
Figura 12 – Padrão V-invertido de <i>cross-check</i>	45
Figura 13 – Padrão retangular de <i>cross-check</i>	46
Figura 14 – Vôo em linha reta horizontal (velocidade normal de cruzeiro)	50
Figura 15 – Subida estabilizada com velocidade constante.....	52
Figura 16 – Subida estabilizada com razão de subida constante	53
Figura 17 – Curvas sucessivas e intercaladas	56
Figura 18 – Curva cronometrada com velocidade constante	56
Figura 19 – Deliniamto do Estudo	61
Figura 20 – Foto do Simulador ELITE PCATD.....	65
Figura 21 – Média da importância dos instrumentos no vôo em linha reta horizontal.....	67
Figura 22 – Padrões de <i>scan</i> sobrepostos no vôo em linha reta horizontal.....	68

Figura 23 – Média da importância dos instrumentos na descida com razão e velocidade constantes	70
Figura 24 – Padrões de <i>scan</i> sobrepostos na descida com razão e velocidade constantes	71
Figura 25 – Média da importância dos instrumentos do Participante 3 na descida com razão e velocidade constantes	73
Figura 26 – Padrão de <i>scan</i> do Participante 3 na descida com razão e velocidade constantes	74
Figura 27 – Padrão de <i>scan</i> do Participante 8 na descida com razão e velocidade	75
Figura 28 – Média da importância dos instrumentos na curva cronometrada variando altitude	76
Figura 29 – Padrões de <i>scan</i> sobrepostos na curva cronometrada variando altitude	77
Figura 30 – Padrão de <i>scan</i> do Participante 10 na curva cronometrada variando altitude	79
Figura 31 – Padrão de <i>scan</i> do Participante 3 na curva cronometrada variando altitude	80
Figura 32 – Curva intercalada	81
Figura 33 – Média da importância dos instrumentos na curva intercalada variando altitude	82
Figura 34 – Padrões de <i>scan</i> sobrepostos na curva intercalada variando altitude	83
Figura 35 – Padrão de <i>scan</i> do participante 7 na curva intercalada variando altitude	85
Figura 36 – Média da importância dos instrumentos na curva sucessiva variando altitude	86
Figura 37 – Padrões de <i>scan</i> sobrepostos na curva sucessiva variando altitude	87
Figura 38 – Canyon Approach	89

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Perfil dos participantes	62
Tabela 2 – Resultado do questionário inicial	63
Tabela 3 – Função inversa da importância dos instrumentos no voo em linha reta horizontal	67
Tabela 4 – Desvios durante o voo em linha reta horizontal	69
Tabela 5 – Função inversa da importância dos instrumentos na descida com razão e velocidade constantes	70
Tabela 6 – Desvios durante a descida com razão e velocidade constantes	72
Tabela 7 – Função inversa da importância dos instrumentos na curva cronometrada variando altitude	76
Tabela 8 – Desvios durante a curva cronometrada variando altitude	78
Tabela 9 – Função inversa da importância dos instrumentos na curva intercalada variando altitude	82
Tabela 10 – Desvios durante a curva intercalada variando altitude	83
Tabela 11 – Função inversa da importância dos instrumentos na curva sucessiva variando altitude	86
Tabela 12 – Desvios durante a curva sucessiva variando altitude	88

LISTA DE SIGLAS

ABERGO - Associação Brasileira de Ergonomia

ADI - *Attitude Director Indicator* (Indicador de Atitude)

ELITE PCATD - Personal Computer-Based Aviation Training Device (Dispositivo de treinamento pessoal de aviação computadorizado)

FAA - *Federal Aviation Administration*

FACA - Faculdade de Ciências Aeronáuticas da PUCRS

HSI - *Horizontal Situation Indicator* (Indicador de Situação Horizontal)

IAS - *Indicated Air Speed* (Velocidade do Ar Indicada)

ICAO - International Civil Aviation Organization (Organização da aviação civil internacional)

IEA - *International Ergonomics Association* (Associação Internacional de Ergonomia)

IFR - *Instrument Flight Rules* (Regras de Vôo por Instrumento)

PUCRS - Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul

PVSO-MONO - Prática de Vôo em Simulador Obrigatória-Monomotor

PVSO-MULTI - Prática de Vôo em Simulador Obrigatória-Multimotor

TCAS - *Traffic Collision Avoidance System* (Sistema de Alerta de Colisão com Tráfego)

VSI - *Vertical Speed Indicator* (Indicador de Velocidade Vertical)

LISTA DE SÍMBOLOS

ft – *feet* (pés) unidade de medida equivalente a 0.3048 m

ft/min – *foot/minute* (pés/minute) unidade de medida equivalente a 0.3048 m/min

km – Kilometro (unidade do sistema internacional de medida)

Kt – *knot* (nó) unidade de medida equivalente a 1.852 km/h

m – metro (unidade do sistema internacional de medida)

min – minuto (unidade do sistema internacional de medida)

s – segundo (unidade do sistema internacional de medida)

° - grau (unidade de medida equivalente a $\pi/180$ rad)

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
2	COGNIÇÃO HUMANA.....	16
2.1	ERGONOMIA COGNITIVA.....	16
2.2	TOMADA DE DECISÃO E CONTROLE COGNITIVO.....	21
2.3	PERCEPÇÃO DE SINAIS	23
2.4	MEMÓRIA.....	26
2.5	ATENÇÃO	29
3	FATORES DO SISTEMA COGNITIVO.....	31
3.1	CONHECIMENTO	32
3.2	DINÂMICA ATENCIONAL	34
3.3	ESTRATÉGIA	35
4	TÉCNICAS DE PILOTAGEM E SCAN FLOW DE PAINEL	38
4.1	PAINEL DE INSTRUMENTOS	38
4.2	MÉTODOS DE CONTROLE.....	39
4.2.1	Método de Controle e Performance	40
4.2.2	Método de instrumentos primários e de suporte	41
4.3	HABILIDADES FUNDAMENTAIS.....	43
4.3.1	<i>Cross-check</i>	43
4.3.2	Interpretação dos instrumentos	47
4.3.3	Controle da Aeronave	47
4.4	MANOBRAS	48
4.4.1	Vôo em linha reta horizontal.....	48
4.4.2	Subida e Descida	52
4.4.3	Curvas Cronometradas	54
4.4.4	<i>Canyon Approach</i>.....	57
5	MÉTODO DE PESQUISA	59
5.1	CLASSIFICAÇÃO DO ESTUDO.....	59
5.2	ESTRATÉGIA DE PESQUISA.....	59

5.3	DELINIAMENTO DO ESTUDO	60
5.3.1	Identificação das variáveis	61
5.3.2	Seleção dos participantes e manobras	61
5.3.3	Entrevista e observação nos simuladores	63
5.3.4	Análise de dados e resultados	64
6	ANÁLISE DE DADOS.....	66
6.1	VÔO EM LINHA RETA HORIZONTAL	66
6.2	DESCIDA COM VELOCIDADE E RAZÃO CONSTANTE	69
6.3	CURVA CRONOMETRADA VARIANDO ALTITUDE	75
6.4	CURVA INTERCALADA VARIANDO ALTITUDE	80
6.5	CURVA SUCESSIVA VARIANDO ALTITUDE	85
6.6	<i>CANYON APPROACHES</i>	89
7	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	90
	REFERÊNCIAS.....	93
	APÊNDICES.....	95

1 INTRODUÇÃO

Com o passar dos anos e a inclusão de aeronaves a jato, as cabines de comando acabaram ficando cada vez mais complexas, havendo a necessidade da implementação de instrumentos que auxiliassem os pilotos no monitoramento do controle do voo e dos sistemas da aeronave, especialmente no voo IFR (*instrument flight rules*). O primeiro voo as cegas foi em vinte e quatro de setembro de 1929, quando Jimmy Doolittle fez um voo somente com ajuda de instrumentos no seu biplano NY-2 Husky. O voo por instrumentos foi fundamental para o crescimento da aviação comercial, possibilitando que os voos fossem realizados mesmo quando as condições meteorológicas não eram as melhores. Tornou-se então necessário, o desenvolvimento de técnicas e habilidades de alocação da atenção e gerenciamento de recursos disponibilizados pelas aeronaves.

O *cross-check* é uma das habilidades que um piloto deve adquirir. Um bom *scan* trata-se de uma observação lógica e sistemática do painel de instrumentos, economizando tempo e reduzindo a carga de trabalho, pois o piloto olha para o instrumento certo de onde deve ser retirada a informação necessária para aquele momento.

Como o desenvolvimento de técnicas e habilidades de alocação de atenção tornaram-se fundamentais, questiona-se a existência de padrões reais para estas técnicas, bem como a correta definição das mesmas. Pode-se ainda questionar quais técnicas seriam as melhores e mais adequadas. As técnicas de instrução oferecidas atualmente podem também ser questionadas e as manobras básicas ensinadas aos alunos desde há muito, podem também não trazer o resultado desejado.

Esta monografia tem como objetivo pois, analisar o *scan flow* de pilotos na realização de manobras básicas de voo a partir dos elementos da cognição: conhecimento, estratégia e atenção. Os objetivos específicos são:

- a) Desenvolver um método de análise da estratégia de *scan flow* de pilotos.
- b) Analisar os erros de pilotagem a partir dos elementos da cognição (conhecimento, estratégia e atenção)
- c) Comparar o padrão estratégico prescrito e real dos pilotos na execução de manobras básicas de controle.

d) Buscar formas de aprimoramento do treinamento.

Foi realizada pesquisa de campo nesta monografia, buscando colher dados para mapear e identificar os itens acima já citados. Na análise dos dados foi utilizado um método qualitativo através de experimentos e questionários desenvolvidos especialmente para esta pesquisa.

O embasamento teórico desta pesquisa é feito na área da ergonomia cognitiva. Utilizando modelos de cognição, tendo como base a dinâmica atencional, o conhecimento da tarefa e a estratégia (adquirida com o treinamento).

Esta pesquisa se justifica pela escassez de estudos sobre o *scan flow* de pilotos através de técnicas da análise de tarefas cognitivas. Esta monografia também se justifica pela necessidade de compreensão dos elementos da cognição na habilidade de pilotagem. Existe também a possibilidade de investigar e propor práticas de instrução mais eficientes.

No capítulo dois é apresentado uma análise geral da cognição, expondo seus princípios básicos e relacionando-os com a operação de uma aeronave. Abordando o eixo principal do estudo, o capítulo subsequente descreve elementos da cognição humana no desempenho do trabalho, passando pelo conhecimento, dinâmica atencional e estratégia. O quarto capítulo explica as manobras básicas do treinamento de vôo por instrumentos, fazendo um paralelo com os métodos de controle da aeronave e padrões de *cross-check* de painel. Por fim, após o capítulo explicativo da metodologia da pesquisa, será feita uma análise dos dados da pesquisa de campo.

2 COGNIÇÃO HUMANA

2.1 ERGONOMIA COGNITIVA

O termo cognição é definido como o conjunto de atividades mentais que envolvem aquisição, armazenamento, retenção e uso do conhecimento (CAFFARRA *et al.*, 2002). Os processos mentais constituem os fundamentos da percepção, da atenção, da motivação, da ação, do planejamento e do pensamento, além do próprio aprendizado e da memória (LEZAK, 1995). Em agosto de 2000, a IEA (International Ergonomics Association¹) adotou a seguinte definição (ABERGO, 2008):

A Ergonomia (ou Fatores Humanos) é uma disciplina científica relacionada ao entendimento das interações entre os seres humanos e outros elementos ou sistemas, e à aplicação de teorias, princípios, dados e métodos a projetos a fim de otimizar o bem estar humano e o desempenho global do sistema.

Segundo a ABERGO (Associação Brasileira de Ergonomia) (2008), Ergonomia Cognitiva refere-se aos processos mentais, tais como raciocínio, percepção, memória e resposta motora conforme afetem as interações entre seres humanos e outros elementos de um sistema. Os tópicos relevantes incluem o estudo da carga mental de trabalho, tomada de decisão, desempenho especializado, interação homem computador, *stress* e treinamento conforme esses se relacionem a projetos envolvendo seres humanos e sistemas.

A atenção, a aprendizagem e a memória são três aspectos da cognição, definidos como processos mediante os quais os seres humanos são capazes de codificar, armazenar e recuperar a informação (TORRES e DESFILIS, 1997).

A psicologia cognitiva é parte de um campo mais vasto conhecido como ciência cognitiva, um domínio de investigação contemporânea que procura responder às questões relativas a mente (MATLIN, 2003). Para um melhor entendimento da cognição humana os psicólogos cognitivos têm buscado desenvolver modelos que expliquem o funcionamento da mente humana a partir de

¹ Associação Internacional de Ergonomia

estruturas funcionais, a semelhança de um computador. Nesta tentativa de explicar a cognição da mente, pesquisadores têm proposto diferentes modelos cognitivos.

Neste sentido, ao descrever os mecanismos para o processamento de informação, Rassmussen (1983) propôs uma organização de controle cognitivo estruturada em três níveis. No nível mais baixo está o nível baseado na habilidade ou aptidão (*skill-based*), acima está o nível baseado nas regras (*ruled-based*) e no topo está o nível baseado no conhecimento (*knowledge-based*). Estes níveis são ativados dependendo de como a informação disponibilizada ao usuário é interpretada. Quando é interpretada como sinal, o comportamento se dá no nível de aptidão (*Skill-Based Behaviour – SBB*). Quando ocorre uma interpretação como signo, a ação se dá no nível baseado nas regras (*Ruled-Based Behaviour – RBB*). Já quando interpretada como símbolo, o comportamento do usuário está no nível do conhecimento (*Knowledge-Based Behaviour – KBB*).

Sendo assim, o controle cognitivo no nível SBB se dá com base em um repertório de padrões de comportamento já automatizados, ocorrendo sem controle consciente, como o ato de caminhar. No nível RBB, as decisões são tomadas baseadas em regras, ou seja, por relações de pares de condição-ação já conhecidas e comuns ao usuário, por exemplo, a $V1\ speed^2$, onde o piloto deverá iniciar a ação para abortar uma decolagem. O KBB ocorre quando uma condição é nova, e a pessoa não tem um padrão de resposta pré-definido, baseando-se em modelos mentais da situação conforme o seu conhecimento, operando no nível de representações simbólicas, como emergências inesperadas.

A Figura 1 no lado esquerdo apresenta os tipos de situações em função do modo de controle, ilustrando o que foi citado anteriormente. No lado direito a Figura mostra o tratamento da informação a partir da entrada sensorial até as ações, passando pelos diferentes tipos de níveis dependendo da informação. Podemos ver também na influência direto dos objetivos na decisão da tarefa.

²V1, segundo a Advisory Circular 120-62 do *Federal Aviation Administration* dos EUA, refere-se à velocidade determinada para cada decolagem, baseada em dados de performance, condições específicas do aeroporto e de operação da aeronave, que representa: a máxima velocidade na qual a decolagem pode ser abortada, garantindo a parada segura da aeronave no comprimento de pista disponível; a mínima velocidade na qual a decolagem pode ser abortada, garantindo a parada segura da aeronave no comprimento de pista disponível; a mínima velocidade na qual a decolagem pode ser continuada de forma segura após a falha do motor que mais comprometa o desempenho da aeronave; e a velocidade exata na qual é possível prosseguir ou interromper com segurança o procedimento de decolagem, na condição do comprimento de pista ser determinado como mínimo para a condição de peso da aeronave (FAA, 1994)

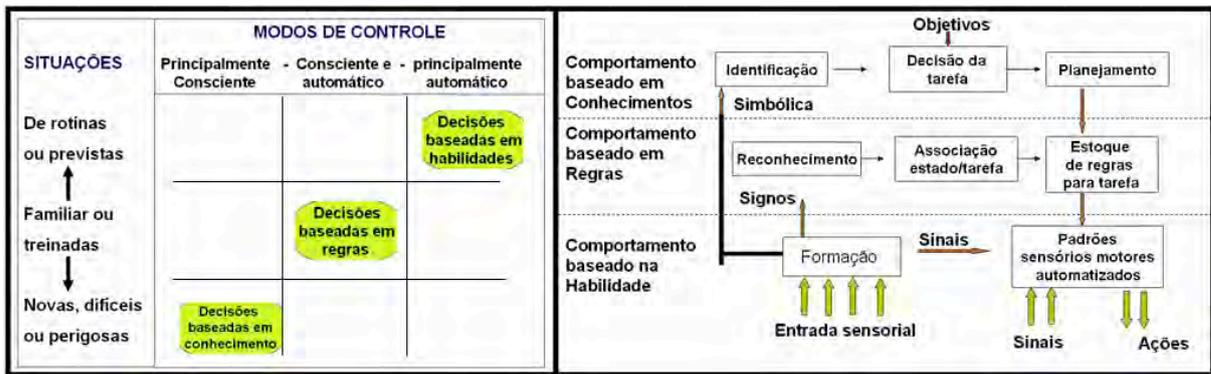


Figura 1 – Modelo de Controle Cognitivo de Rasmussen

Fonte: Rasmussen (1987).

De uma maneira geral, o processamento analítico das informações é trabalhoso, lento e efetuado de maneira serial, já o processamento no nível perceptual é mais fácil, rápido e efetuado em paralelo. Os níveis mais baixos só são ativados em situações familiares, quando a pessoa está ciente dos estímulos perceptuais emitidos pelo sistema, diferente do topo da hierarquia (KBB) que opera em situações novas e desconhecidas. Como explica Rasmussen, no dia-a-dia as decisões são basicamente baseadas com SBB e RBB onde não se nota diferença entre um *expert* e um novato, pois o novato tem o *know that* e está qualificado para supervisionar o sistema. Já em situações de crises, onde as decisões são baseadas no KBB, o *expert* detém um *know how* do funcionamento do processo e realiza a tarefa com uma melhor eficiência quando comparado a um novato.

Já Wickens and Holland (2000) apresentam um modelo de processamento da informação humana de uma forma geral e qualitativa. O modelo descreve os estágios críticos do processamento da informação na performance humana. Assume-se que em cada etapa do processamento a informação é modificada e leva-se um tempo para esta operação.

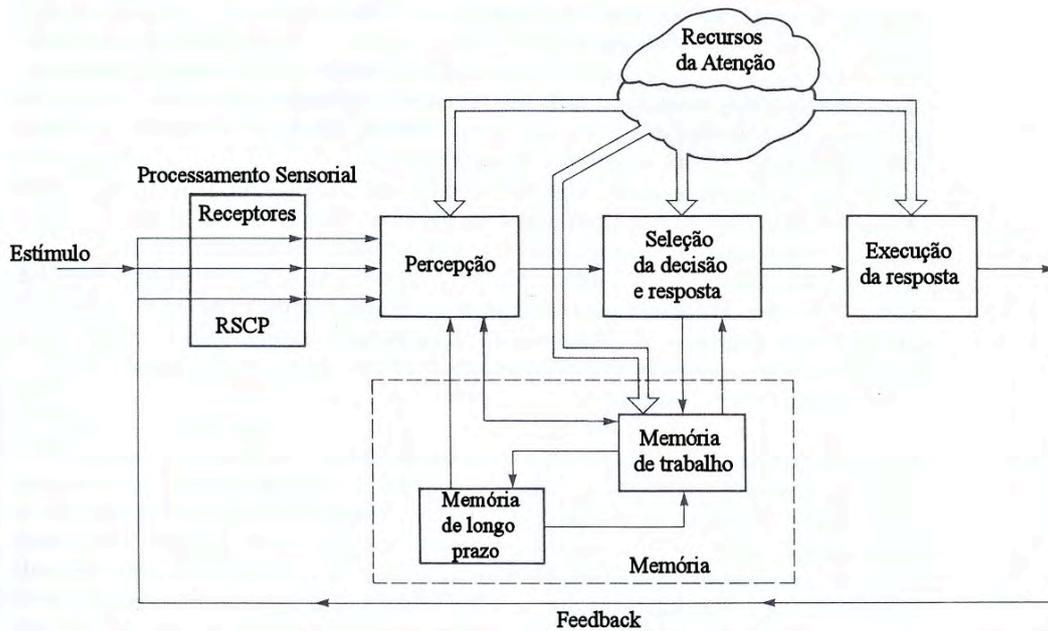


Figura 2 – Modelo de Controle Cognitivo de Wickens and Holland

Fonte: Wickens and Holland (2000)

A visão e a audição são os principais meios do processamento sensorial. Qualquer interferência ou limitação em um desses sistemas sensoriais influencia na qualidade e quantidade da informação, por exemplo, as características dos cones receptores na retina do olho influenciam nas condições onde qual a cor que deve ser apresentada em um *display*.

Cada elemento sensorial é equipado com uma espécie de mecanismo central que prolonga a representação de um estímulo físico por um curto prazo de tempo após o próprio estímulo ter acabado. Quando a atenção está voltada para outro lugar, esta reserva sensorial de curto-prazo permite que a informação seja preservada temporariamente para ser tratada depois.

Após passar pelo processamento sensorial, a informação passa por todo um processo de percepção onde é levada para centros mais elevados do sistema nervoso. Durante este processo, a percepção é influenciada pelos diferentes tipos de memória e pelos recursos da atenção (ambos serão tratados em outro capítulo).

Assim que o estímulo for percebido e categorizado, o operador deve decidir o que fazer com ele. Por exemplo, no trânsito, quando uma sinaleira fica amarela, o condutor deverá decidir se irá acelerar ou frear, resultando na seleção da resposta, que é armazenada na memória de trabalho (de curto-prazo) para a execução da

resposta ao estímulo. Durante a execução da resposta, o comando é dado para os músculos agirem com um certo tempo e força, gerando uma resposta motora.

É evidente que o operador deverá fazer um monitoramento das conseqüências causadas pela sua ação, formando uma estrutura cíclica fechada de resposta (*closed-loop feedback structure*). Embora na maioria das vezes o *feedback* se dá em termos visuais (por exemplo, vemos as conseqüências das nossas respostas), o *feedback* ouvido ou sentido é de fundamental importância (por exemplo, quando no avião se aplica mais potência, espera-se ouvir um incremento do barulho do motor, ou espera-se sentir um “click” confirmando que um botão foi pressionado ou girado com uma força suficiente para ser registrado). Este *feedback* possibilita que, caso ocorra alguma falha durante todo o processo, resultando em uma execução errônea, isto irá gerar um novo estímulo para que nova ação seja tomada.

Para Endsley (1995), a consciência situacional tem três níveis. O primeiro nível é a percepção dos elementos da situação em que o operador se encontra (por exemplo, observar uma baixa pressão de óleo no manômetro). O segundo nível trata da compreensão do seu significado (identificar se é um erro de indicação ou um vazamento). Já o terceiro nível é a projeção futura (será que preciso alternar?). Segundo a Airbus³ (2002) 78% das falhas ocorrem no nível de percepção, 17% na compreensão e 5% na projeção futura. A Figura 3 mostra o modelo de Controle Cognitivo da Endsley onde a consciência situacional está representada nos três níveis citados anteriormente. Pode-se notar que diferentes fatores influenciam nestes níveis para que a decisão seja tomada e a ação realizada.

³ AIRBUS é uma das principais fabricantes de aeronaves. Detém aproximadamente a metade das encomendas no mundo de aeronaves com mais de 100 assentos. Disponível em <<http://www.airbus.com>>. Acesso em: 18 jun. 2008.

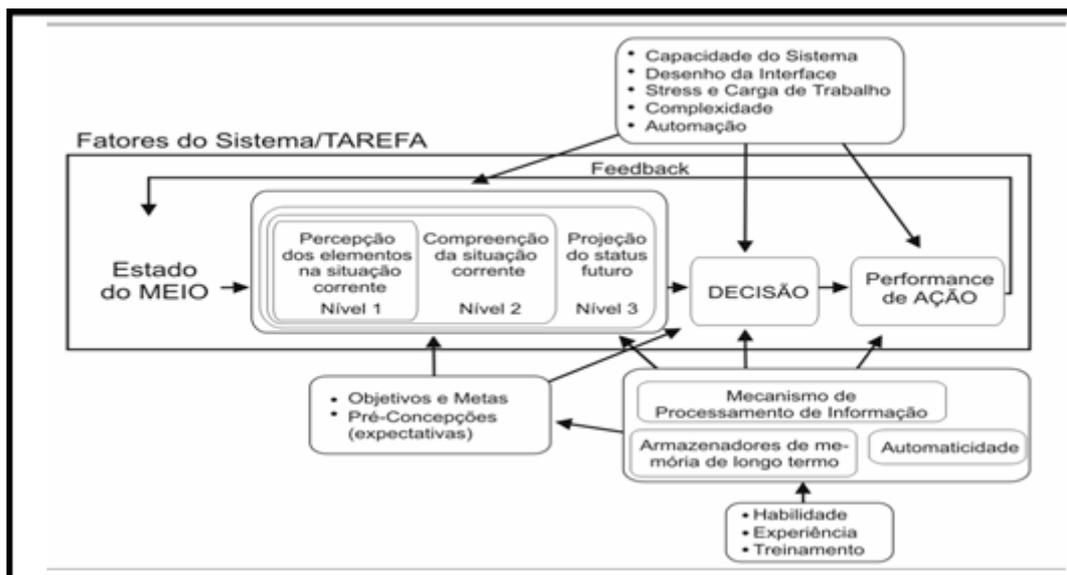


Figura 3 – Modelo de Controle Cognitivo de Endsley

Fonte: Endsley (1995)

2.2 TOMADA DE DECISÃO E CONTROLE COGNITIVO

Dentro do conteúdo cognitivo de uma tarefa, a tomada de decisão é o aspecto mais importante. Kalsbeek (1965) desenvolveu estudos sobre a influência da rapidez sobre pequenas decisões considerando a capacidade de tomada de decisão do ser humano (15-20 bits/min em um trabalho estável a 50 bits/min durante esforço agudo, até 70 bits/min esforço máximo). Durante seus estudos, os sujeitos eram submetidos a uma dupla tarefa, sendo principal, a tarefa de apertar o pedal esquerdo ao sinal de uma luz verde e apertar o pedal direito ao sinal de uma luz vermelha. As luzes apareciam aleatoriamente. A segunda tarefa consistia em escrever um texto livre. Com o decorrer dos testes, a quantidade de estímulos luminosos ia aumentando e os textos começavam a virar garranchos ilegíveis. Quanto o ritmo diminuía, o processo se invertia. Quando a experiência era feita por um longo tempo, o paciente mostrava-se agressivo ao final, e por vezes, ficava desorientado.

Durante um voo, onde existe uma grande quantidade de estímulos visuais e também sonoros, a desorientação é um fator preocupante. Estas situações que exigem alta concentração e aumentam a carga de trabalho consideravelmente,

podem gerar crises de nervos ou de raiva. Estas situações ocorrem mais freqüentemente nos processos de aprendizagem.

São vários os fatores que atuam na sobrecarga mental na cabine de comando: estresse prolongado, esforço físico, monotonia, insegurança, produtividade, magnitude e precisão das respostas, demandas simultâneas de fontes múltiplas, demanda da capacidade de memória, heterogeneidade de processamento e divisão de atenção. Todos estes fatores não geram respostas idênticas em todas as pessoas, pois cada ser humano tem sua individualidade. Existem variações nas imagens mentais que os indivíduos fazem de uma certa situação, variando com a exigência cognitiva da tarefa e da disposição do indivíduo em dada situação. Podemos chegar a conclusão que o controle cognitivo do comportamento humano tem destaque na ergonomia cognitiva.

O estilo cognitivo de um indivíduo se revela na maneira em que ele se relaciona com o mundo ao seu redor, sendo uma característica estável da personalidade. O perfil cognitivo representa níveis de atenção, inteligência, argumentação, funções executivas (organização, julgamento, comportamento inapropriado, etc...), novas aprendizagens e memória, processos de linguagem, percepção (visual, tátil, auditiva e olfativa), construção visuoespacial, funções motoras e base de aprendizagem escolar (WEINSTEIN e SEIDMAN, 1994). Durante pesquisas sobre a interação humana e seu trabalho, conclusões apontam que o estilo cognitivo de uma pessoa pode ter influência na percepção do ambiente. Este estilo, ao contrário das habilidades cognitivas, não é afetado pela natureza da informação a ser tratada. Por estes estilos serem a maneira com que o indivíduo se relaciona com o mundo exterior, então este perfil é um fator determinante na relação com os equipamentos tecnologicamente avançados como uma aeronave. Guimarães (1992) considerou o desempenho de sujeitos dependentes e independentes do meio e achou diferenças na detecção de sinais em telas de vídeo dependendo se o estímulo era cromático ou acromático, mostrando assim que os estilos cognitivos são fatores determinantes nas interações homem-computador (avião).

Durante a aprendizagem, Pask (1976) distingue dois estilos cognitivos básicos: o estilo serialista, em que a pessoa aprende por etapa, e o estilo holístico, em que a pessoa tem uma compreensão mais global. Já com relação à tomada de decisão, Kagan *et al.*(1964) sugerem dois tipos de personalidade: os que agem de

forma impulsiva e os que refletem o tempo de tomada de decisão, chamado reflexivos.

É claro para todos que a tomada de decisão acertada depende da qualidade da informação, do ser humano e das condições de trabalho. Quanto maior for a qualidade da informação fornecida, melhor será no trabalho. No caso de aeronaves de alta complexidade, cabe ao projetista desenvolver produtos que alcancem a expectativa do usuário. Esta expectativa vai sendo construída de acordo com a experiência do usuário. Como o ser humano não é bom em prever o futuro, e não é bom estatístico (WICKENS, 1984), quanto mais raro ou desconhecido for o evento, maior a chance de ele retornar uma resposta errada.

Devido a este fator, os sistemas de informação de ajuda à tomada de decisão são muito úteis quando informam ao usuário sobre tendência do comportamento futuro de um sistema, principalmente em sistemas mais automatizados. Como por exemplo, um TCAS (*Traffic Collision Avoidance System*) que informa sobre a probabilidade de colisão. Estes dispositivos artificiais podem ajudar na melhoria do desempenho, pois aliviam a carga mental sobre o trabalhador. A qualidade da informação disponibilizada ao ser humano é fundamental para um melhor desempenho na atividade, porém, para o êxito ser atingido depende de boas tomadas de decisão.

2.3 PERCEPÇÃO DE SINAIS

Na Segunda Guerra Mundial, muitas aeronaves colidiram com o solo durante o primeiro ano de treinamento. O que foi um grande problema, pois a baixa capacidade de reposição de aviões e de pilotos treinados era difícil. Durante a investigação destes acidentes, chegaram à conclusão que o principal fator contribuinte para que os mesmos acontecessem foram os altímetros, os quais eram desenhados com superposição de escalas, o que induzia a problemas de leitura. O estudo de Fitts e Jones (1947a e b *apud* MURREL, 1965) permitiu o redesenho de melhores altímetros, e contribuiu para aumentar o conhecimento científico sobre percepção.

A percepção pode ser descrita como a captação de informações que importam para uma dada ação. As dificuldades em perceber tais sinais aumentam o esforço mental necessário e podem gerar ansiedade quando um sinal não é bem compreendido, ou gera algum tipo de incerteza. No decorrer de um voo, muitos fatores podem causar dificuldade na visualização de informações, afetando a percepção visual, tais como: vibração, deficiente iluminação da cabine, outros focos de atenção, entre outros. Durante a percepção de algum sinal, o corpo humano dispõe de diversos canais e formas de receber a informação, porém, será dado o enfoque na visão.

No contexto da aviação, a visão assume uma importância fundamental. A visão é o sentido mais importante do ser humano, pois a maior fonte de contato entre o meio ambiente e o homem são os olhos. Tarefas de vigilância, controle e inspeção, que são realizadas cotidianamente na cabine de comando, dependem basicamente da visão, cuja eficiência vai depender da iluminação adequada e do grau de dificuldade imposto pela tarefa. As dificuldades na percepção visual contribuem diretamente para um aumento na sobrecarga mental, elevando a carga de trabalho, resultando em uma perda de eficiência por parte do piloto. A Figura 4 mostra as características da visão.

Característica	Definição	Exemplo
Acuidade	Capacidade em notar detalhes. Aumenta de forma proporcional a intensidade de luminosa, até certo ponto.	Itens pequenos apresentados em um <i>display</i> .
Acomodação	Capacidade de focar objetos. Impressão de profundidade gerada pelo cérebro depois de juntar as imagens de cada olho.	Painel de uma forma geral.
Ofuscamento	Luminosidade ampla no campo visual. Diminui a acuidade visual, pois provoca contração na pupila.	Voando-se com o sol na proa.

Figura 4 – Características da visão

Quando comparamos a visão com uma câmera, analisando o meio ao seu redor, na gravação da câmera (25 quadros por segundo), conseguimos ver tudo em foco enquanto ela se move de um lado ao outro. Já o olho humano e o seu processador (o cérebro) não conseguem fazer isto. No momento em que o olho se move de um lado para o outro, não vemos nada em foco durante o movimento. Quando estamos procurando informações, nosso olho realiza paradas automáticas

por frações de segundo, onde captamos a informação, e então vai para a próxima “cena” (movimento sacádico). A dificuldade no avião é saber o que procurar e onde focar. Uma técnica aprimorada de *scanning* leva em conta um movimento dos olhos pelo painel, sabendo onde parar e focar a atenção por um curto espaço de tempo.

Quando um piloto realiza um movimento sacádico em busca de informações no painel de instrumentos, a captação da informação visual ocorre durante as pausas e fixações entre os movimentos. O tempo de pausa pode variar dependendo do processamento cognitivo individual. Quanto mais lento movermos o olho, mais percebemos, porém perdemos tempo de perceber outras informações. Somente vemos em foco o que está na visão central, sendo assim a visão periférica só detecta movimento. Quando se está escaneando o painel, alguns instrumentos chamam mais atenção do que outros e o olhar é sempre desviado para sinais mais salientes. Por exemplo, movimento sempre atrai atenção, talvez por este motivo, pilotos que estão iniciando o treinamento de vôo por instrumento, tendem a olhar e focar sua atenção no VSI (*vertical speed indicator*), visto que este indicador sofre alterações facilmente. Durante a procura por informações e sinais, a estratégia é de fundamental importância para um melhor rendimento na tarefa. Pilotos iniciantes têm dificuldade em localizar possíveis desvios nos instrumentos durante o vôo, em contrapartida, pilotos experientes têm uma estratégia de alocação e distribuição de atenção muito mais eficiente.

No começo do século XX, existiam basicamente duas teorias contraditórias sobre a abordagem da percepção. Os atomistas ou associacionistas consideravam que as sensações e dados captados pelos sentidos, se juntavam para formar um todo que percebemos. Sob este ponto de análise, a percepção é o resultado da soma de várias sensações e informações elementares, que se juntam para formar um todo mais complexo.

De acordo com esta teoria, a percepção é um processo (*bottom-up*) de baixo para cima. Esta teoria foi atacada pelos gestaltistas. Os psicólogos desta escola consideravam que uma imagem não é o fruto da experiência de diversos pontos estimulando a retina e daí transportados para a mente (KOFFKA, 1935). Esta segunda teoria defende a idéia de que o todo não é igual à soma de suas partes, e sim, que a percepção é um processo de cima para baixo (*top-down*), ou seja, a percepção começa a partir do todo que é dividido em suas partes. A teoria da

Gestalt⁴ enfatiza que nosso cérebro tende a organizar as formas como um “todo”, coerente e unificado.

2.4 MEMÓRIA

Uma das partes importantes da cognição humana é a memória. A memória é fundamental no processo de aprendizagem de novas técnicas de voo. Existem basicamente dois tipos de memória classificando-as pelo conteúdo, uma de curto prazo (memória de trabalho) e outra de longa duração. A memória é bastante crítica para a realização de tarefas com alta carga cognitiva.

A memória de curto prazo, atualmente chamada de memória de trabalho ajuda a lembrar informações espaciais e visuais, além de ser fundamental para coordenar as atividades cognitivas e planejar estratégias. George Miller sugeriu que as pessoas podem lembrar-se de sete itens (acrescentar ou tirar dois), ou seja, entre cinco e nove itens. Miller estudou a memória de trabalho e chegou a conclusão que ela se organiza em uma espécie de agrupamento (*chunk*).

Um agrupamento é “uma unidade cognitiva bem aprendida, constituída de um número pequeno de componentes representando um padrão perceptual coerente e que ocorre com frequência” (BELLEZZA, 1994). Miller sugeria que a memória de trabalho retém sete agrupamentos. Um agrupamento pode constituir-se de números, letras isoladas ou de alguma série deles.

John Brown (1958), psicólogo britânico, Loyd Peterson e Margaret Peterson (1959), dois psicólogos americanos, demonstraram de uma forma independente que o material retido na memória por menos de um minuto é esquecido freqüentemente. A Técnica de Brown/Peterson & Peterson, é constituída de um experimento onde os participantes estudavam uma lista composta por três letras (trigramas) seguidas por um número de três dígitos. Assim que as pessoas estudassem a lista, elas passavam por um intervalo de retenção onde era impedido que elas repetissem a

⁴ Gestalt - Termo em alemão que se aproxima de forma ou configuração. Ernsr Mach (1838-1916), físico, e Christian von Ehrenfels (1859-1932), filósofo e psicólogo, desenvolviam uma psicofísica com estudos sobre as sensações (o dado psicológico) de espaço-forma e tempo-forma (o dado físico) e podem ser considerados como os mais diretos antecessores da Psicologia da Gestalt.

ordem mentalmente. Foi constatado que com um intervalo de apenas cinco segundos, as pessoas esqueciam quase metade do que tinham visto (Figura 5).

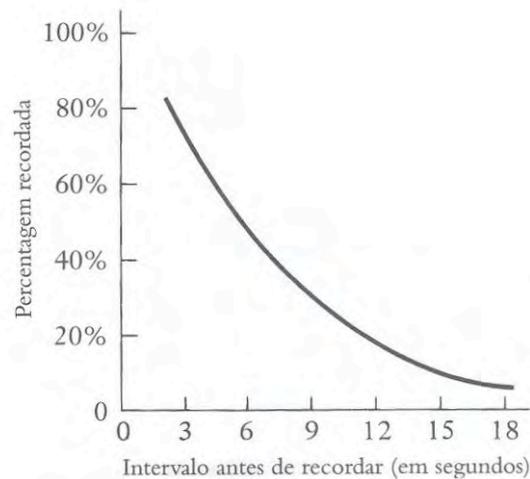


Figura 5 – Resultados típicos por porcentagem recordada com a técnica Brown/Peterson & Peterson

Fonte: Matlin (2004)

Atkinson e Shiffrin (1968) desenvolveram um modelo clássico de processamento da informação que é abordado em outro capítulo. Eles argumentam que as informações da memória de curto prazo são frágeis e que poderiam perder-se em cerca de trinta segundos, a menos que fossem repetidas. Conforme o seu modelo, estes pesquisadores realizaram diversos estudos para determinar se a memória de trabalho era realmente distinta da memória de longo prazo, esta questão permanece até hoje sem uma resposta claramente definida. A abordagem de Baddeley (1999) diz que a memória de trabalho é muito mais flexível e está diretamente ligada com a memória de longo prazo. Este pesquisador britânico argumenta que a memória de trabalho possui três componentes distintos: o circuito (*loop*) fonológico, que armazena um número limitado de sons por um período curto de tempo; o bloco de esboço (*sketch pad*) visuoespacial, que armazena informações visuais e espaciais; e o executivo central, que integra as informações oriundas dos outros dois componentes e troca informações com a memória de longo prazo.



Figura 6 – Modelo de memória de trabalho de Alan Baddeley

Fonte: Matlin (2004)

Diferentemente da memória de trabalho que é frágil e facilmente esquecida, a memória de longo prazo conserva o seu material de uma maneira surpreendente ao esquecimento, resistindo por anos, esperando algum estímulo para que as informações retornem. Existe uma dificuldade grande no resgate destas informações, o que pode ser minimizado com mneumônicos.

Craik e Lockhart disseram que as pessoas conseguem analisar estímulos em muitos níveis diferentes. Os níveis superficiais, como características físicas, tipo cor, brilho, volume do som, tendem a serem esquecidos facilmente. Já os níveis mais profundos exigem análise em termos de significado, podendo-se fazer associações com experiências anteriores e imagens. Estes níveis profundos provavelmente serão lembrados. Existem dois tipos de repetição para facilitar o resgate dessas lembranças, porém somente um deles é eficiente. A repetição de uma palavra, por exemplo, em voz baixa para si (repetição superficial), por mais que ela seja repetida, não interfere em nada na lembrança posterior. Já a maneira chamada de repetição elaborativa profunda, onde ocorre uma associação com imagens e lembranças extras para enriquecer o estímulo, melhora e facilita a lembrança posterior. As pesquisas mostram que a memória é bastante intensificada quando se relacionam estímulos a experiências pessoais.

2.5 ATENÇÃO

A atenção é uma concentração da atividade mental. A atenção pode referir-se ao tipo de concentração em uma tarefa mental na qual selecionamos certos tipos de estímulos perceptivos para processamento posterior, enquanto tentamos excluir outros estímulos interferentes (SHAPIRO, 1994). Em uma cabine de comando, a atenção é um elo fundamental para a percepção de sinais e para o processamento de informações que os instrumentos estão disponibilizando. A atenção é subdividida em diversos modos. Para facilitar o entendimento, iremos tratar de dois dos principais tipos de atenção, sendo eles: atenção dividida e atenção focada, a segunda, também chamada de atenção seletiva. Cada tipo de atenção influencia diferentemente no sistema homem-máquina.

A atenção dividida é a habilidade de dividir simultaneamente a atenção para dois ou mais canais ou para diversos estímulos. Influencia o *design* de *displays* integrais, como um PFD (*Primary Flight Display*), assim como os *layouts* de instrumentos, proximidade, modalidade, e memória (tempo decorrido desde a última vistoria) que é explicado em outro capítulo. Em 1976, na antiga Iugoslávia, colidiram dois aviões e morreram todos os 176 passageiros e membros da tripulação. O controlador do tráfego aéreo estivera trabalhando sem assistente e estava monitorando onze⁵ aeronaves ao mesmo tempo. Nos minutos antecedentes, havia transmitido oito mensagens e recebido onze (BARBER, 1988).

Os seres humanos são extremamente competentes e, mesmo assim, têm dificuldades em prestar atenção em tudo ao mesmo tempo. De modo geral, nosso sistema perceptivo pode lidar com algumas tarefas de atenção dividida, mas falhamos quando as tarefas se tornam exigentes demais. Porém é evidente que o treino alerta os limites da capacidade atencional, conforme argumenta Hirst (1986).

Para exemplificar como o treino é eficaz, foram realizados diversos experimentos. Um dos principais ocorreu quando treinaram estudantes universitários para lerem histórias em silêncio, ao mesmo tempo que copiavam palavras sem importância ditadas pelo experimentador (HIRST *et al.*, 1980; SPELKE *et al.*, 1976). A princípio, os estudantes tiveram dificuldade em combinar as duas tarefas; a

⁵ Segundo a ICAO (International Civil Aviation Organization), um controlador pode vigiar com segurança até 14 aeronaves. Nos Estados Unidos, o máximo permitido é 6, já na Europa são 8.

velocidade de leitura caiu consideravelmente e as letras ficaram ilegíveis. Porém, depois de seis semanas de treino, eles conseguiam manter a mesma velocidade de leitura enquanto faziam o ditado. A grafia também melhorou. Com o treino mais prolongado, porém, tornaram-se tão exímios nessa tarefa de atenção dividida que conseguiam, por exemplo, escrever “fruta” quando ouviam a palavra “maça” (MATLIN, 2004). Este desenvolvimento de habilidades de dividir a atenção também se faz eficiente em um treinamento de vôo, onde o aluno é capaz de dividir a atenção entre os diversos instrumentos.

Para as tarefas que se tornam exigentes demais, usamos a atenção seletiva (focada). Seria extremamente difícil respondermos a diversos estímulos complexos de maneira adequada. Por sorte, nossa aparelhagem cognitiva é muito bem projetada e conseguimos responder de uma forma seletiva a estímulos que aparentam ser mais importantes, podendo variar com a experiência do piloto, por exemplo. Esta característica também é levada em conta no desenvolvimento de instrumentos, nos seus respectivos *designs* e sinais de alertas.

A atenção seletiva visual é demonstrada de maneira simples pelo efeito Stroop. Este efeito é demonstrado pela Figura 7 onde existe uma dificuldade em falar as cores, isolando a palavra escrita. Alguns pesquisadores sugerem que ele pode ser explicado pela abordagem do processamento de distribuição paralela (PDP) (por exemplo, COHEN *et al.*, 1997). De acordo com esta explicação, a tarefa que demonstra o efeito Stroop ativa dois caminhos ao mesmo tempo: um ativado pela tarefa de identificar a cor da tinta e outro de ler a palavra. A interferência ocorre quando dois caminhos competitivos são ativados ao mesmo tempo. Como resultado, o desempenho na realização da tarefa é prejudicado. Outra explicação potencial considera o fato de que temos tido muito mais treino em ler palavras do que em dizer o nome das cores em que estão impressas (MACLEOD, 1997). O processo mais automático (ler a palavra) interfere no processo menos automático (identificar a cor).



Azul Branco Preto
Cinza Violeta Verde
Preto Amarelo Cinza

Figura 7 – Demonstração do efeito Stroop

3 FATORES DO SISTEMA COGNITIVO

Quais são os fatores que afetam a performance dos operadores em sistemas complexos tais como, medicina, aviação, usinas e missões espaciais? Existem três classes de fatores cognitivos que influenciam no modo em que as pessoas agem.

O primeiro é o conhecimento, que é muito útil na resolução de problemas e pode ser adquirido com a experiência e vivência no contexto. O segundo fator é a dinâmica atencional, que controla a atenção e gerencia a carga de trabalho nas situações que envolvem curto espaço de tempo. Por último, porém de mesma importância que os outros fatores está a estratégia, que gerencia os recursos do indivíduo através dos diferentes objetivos, especialmente quando os operadores estão embutidos em situações onde devem agir sobre incerteza, risco e pressão de tempo principalmente com recursos limitados.

Sistemas cognitivos falham quando ocorre algum problema na coordenação das funções cognitivas, relativas às demandas impostas pela atividade. Em termos do fator conhecimento, alguns dos possíveis problemas são falhas no conhecimento (*buggy knowledge*) (modelo incorreto da função de um certo dispositivo), simplificações e conhecimento inerte. Rupturas na dinâmica atencional incluem problemas na consciência situacional, fixações e *thematic vagabonding*.

Consciência situacional refere-se a uma percepção oportuna de elementos críticos de uma situação, e também sobre a antecipação de situações futuras (SARTER e WOODS, 1991). Fixações referem-se à falha em rever uma avaliação errada de uma situação ou do rumo de uma ação mesmo quando as oportunidades para estas revisões foram apresentadas. *Thematic vagabonding* é a forma de perder a coerência quando múltiplos temas interagem e são tratados superficialmente e independentemente, então a pessoa pula incoerentemente de um tema para outro (DORNER, 1983). Falhas freqüentemente podem ser rastreadas por dilemas estratégicos ou escolhas (*tradeoffs*) que surgem devido a múltiplas ações possíveis e às vezes por objetivos conflitantes.

3.1 CONHECIMENTO

Os fatores do conhecimento referem-se aos conhecimentos sobre o sistema ou sobre o processo em questão, como esse conhecimento é organizado para que possa ser usado de uma maneira flexível em diferentes contextos, e o processo que envolve em resgatar da memória o conhecimento relevante para a situação apresentada. Em outras palavras, é o processo de trazer o conhecimento para suportar de uma maneira eficaz a resolução de problemas.

O conhecimento do meio e da sua operação pode ser completo ou incompleto, e preciso ou impreciso. Operadores podem agir baseados em conhecimentos imprecisos ou em conhecimentos incompletos sobre algum aspecto de um sistema complexo ou de sua operação. Quando o modelo mental dos operadores é impreciso ou incompleto ele é classificado como falho (*buggy*).

Durante alguns experimentos Sarter e Woods (1992, 1994) descobriram falhas em modelos mentais contribuindo para problemas no uso da automação da cabine em pilotos experientes. Estas falhas causam surpresas por parte dos pilotos com a automação, onde os pilotos ficam surpresos com o comportamento da mesma. A falha no conhecimento contribui para dificuldades no monitoramento e no entendimento do comportamento do sistema automático (o que ele está fazendo? por que ele está fazendo?) e dificuldades na projeção e antecipação de ações futuras (o que ele irá fazer?). Isto é comumente detectado em sistemas complexos (COOK, POTTER, WOODS, e MCDONALD, 1991). A obtenção de um detalhado e completo entendimento de como os vários modos da automação interagem e as conseqüências da transição entre modos nas várias fases do voo, gera uma demanda de novos conhecimentos e requisitos para pilotos em cabines altamente automatizadas.

Mudanças na tecnologia introduzem novos requisitos de conhecimento. Isto é muito mais do que uma simples lista de novos fatos ou novos funcionamentos de sistemas computadorizados. Para o caso da automação de cabines na aviação comercial, os pilotos devem aprender e conhecer sobre as funções dos diferentes modos de automação, como coordenar quando qual modo é usado, e como mudar de modos de uma forma “suave”. Em outras palavras, os pilotos devem saber como a automação funciona e, especialmente, devem desenvolver habilidades de como

operar no sistema (como coordenar suas atividades com as atividades do sistema automático). Por exemplo, pilotos devem aprender sobre todas as opções disponíveis e aprender e lembrar como aplicá-las através das várias circunstâncias operacionais.

Dentro dos modelos mentais⁶, algumas características são percebidas. Um, os usuários transferem seus modelos mentais de dispositivos passados para tentar explicar o comportamento percebido em dispositivos aparentemente similares (diferentes aviões, por exemplo). Contudo, os indicadores externos dos dispositivos para os usuários podem enganá-los sobre qual conhecimento e analogia é apropriado transferir. Dois, os modelos mentais são desenvolvidos com base na experiência do comportamento percebido dos dispositivos. Aparências externas afetam a percepção das funções e da estrutura dos dispositivos. Três, os usuários automaticamente preenchem as lacunas no modelo ou imagem que o dispositivo está apresentando. Eles utilizam os dispositivos de tal forma que se molde as funções dos modelos previamente aprendidos. Quatro, uma aparente simplicidade leva os usuários a não terem o conhecimento das falhas nos seus modelos.

Resultados conseguidos a partir de vários estudos (SARTER e WOODS, 1994; COOK, POTTER, WOODS, e MACDONALD, 1991; MOLL van CHARANTE *et al.*, 1993) indicam que os operadores normalmente não têm conhecimento das falhas nos seus modelos devido a diversos fatores. Cada operador possui certas áreas onde seus conhecimentos são mais completos e precisos do que em outras. Os indivíduos estão bem calibrados quando estão cientes de que sabem bem o que eles sabem. Por outro lado, as pessoas estão descalibradas quando são super confiantes e acreditam que entendem de áreas onde na verdade, seus conhecimentos são incompletos ou contém falhas.

A lacuna ou falha no conhecimento talvez seja somente parte de um quebra-cabeça, mas a questão mais crítica pode ser os fatores que afetam se conhecimentos relevantes são ativados e utilizados no contexto da resolução do problema (BRASFORD *et al.*, 1986). Conhecimento que é acessado somente em um conjunto restrito de contextos é chamado de conhecimento inerte. Conhecimento inerte está relacionado com casos que são difíceis de lidar, não porque os usuários não tem o conhecimento das peças individuais que precisam para construir a

⁶ Modelo mental é um modelo interno em escala, da representação de uma realidade externa. (DAVIDSON *et al.*, 1999)

solução, mas porque eles nunca foram confrontados a juntarem as peças anteriormente.

As pessoas tendem a enfrentarem a complexidade através de simplificações heurísticas. Heurística⁷ é útil pois é relativamente fácil de se aplicar e minimiza o esforço cognitivo exigido para produzir decisões. Estas simplificações podem ser aproximações úteis que permitem aos usuários que tenham recursos limitados, a funcionarem de uma forma robusta sobre a variedade dos fatores problemáticos da demanda (WOODS, 1988).

3.2 DINÂMICA ATENCIONAL

A dinâmica atencional refere-se a fatores que operam quando sistemas cognitivos funcionam de uma forma dinâmica, envolvendo situações relativas ao gerenciamento da carga de trabalho e ao modo de controlar a atenção quando existem diversos sinais e tarefas competindo por um foco de atenção por parte do operador.

O controle da atenção é uma questão importante para os que tentam compreender a performance humana, especialmente em cabines de voo, salas de operações e centros de controle. Atenção é um recurso limitado, tendo dificuldade em atender a mais de um estímulo ao mesmo tempo. Ao menos dois tipos de problemas de performance humana são relacionadas a dinâmica atencional. A primeira é a perda da consciência situacional, a segunda é a fixação da atenção.

Consciência situacional é a capacidade de perceber os elementos, compreender a situação de forma coerente e a capacidade de projeção futura. (ENDSLEY 1988; SARTER e WOODS, 1991; TENNEY *et al.*, 1992). A manutenção da consciência situacional requer necessariamente turnos de atenção entre vários estímulos. A atenção dividida é importante para que os usuários mantenham uma imagem coerente e um modelo do sistema como um todo. Para construir e manter esta imagem é necessário um grande esforço cognitivo.

⁷ Heurística representa adaptações efetivas e necessárias na demanda de lugares reais de trabalho (RASMUSSEN, 1986).

Quebras nestes processos cognitivos podem gerar dificuldades operacionais em lidar com a demanda e a dinâmica do contexto, podendo impulsionar acidentes. No meio aeronáutico isto é conhecido como “voar atrás do avião”. Neste caso, o operador tem uma perda na representação interna do meio (perda da consciência situacional) no momento e as ações para controlar a situação passam a ser tardias ou ineficientes, apresentando dificuldades em fazer antecipações. Durante experiências em simuladores de voo, Fisher, Orasanu e Mantvalo (1993) concluíram que tripulações menos eficientes são controladas pela demanda de tarefas e têm dificuldade de olhar adiante e se prepararem para o que virá depois (projeção futura). Como resultado, elas acabam correndo atrás do tempo e encontrando problemas do tipo cascata, que vão se acumulando.

Na fixação, a avaliação inicial da situação tende a ser apropriada, no sentido de serem coerentes com as informações disponíveis em um estágio primário do incidente. Na evolução do incidente, as pessoas deixam de rever suas avaliações apesar de aparecerem novas evidências, que indicam uma evolução para outro caminho com relação ao esperado. Os operadores ficam fixados nas avaliações antigas e falham em rever a situação e possíveis planos para as novas evidências presentes no ambiente. Resumindo, a fixação é a falha em rever as avaliações das situações, mantendo julgamentos antigos apesar de novos dados indicando o contrário serem fornecidos ao operador. Alguns motivos para que isto ocorra é a inexperiência, lacunas no conhecimento, problemas atencionais ou outros problemas que prejudicam a detecção do erro e recuperação do mesmo (COOK *et al.*, 1989).

3.3 ESTRATÉGIA

As pessoas devem fazer escolhas entre diferentes objetivos, sendo eles conflitantes ou não, entre o rumo das ações, ou entre os riscos de diferentes erros. Os usuários precisam fazer escolhas mesmo enfrentando incertezas, riscos e a pressão de recursos limitados. Todas estas escolhas são excludentes, ou seja, se o operador optar por determinada ação, a outra opção certamente não irá acontecer.

No gerenciamento de falhas, por exemplo, existe uma escolha que irá interferir no rumo das ações. Usuários devem decidir se irão tomar uma ação antes

do desenvolver de um incidente baseados em informações limitadas, ou se atrasam a resposta para esperar a entrada de mais dados, para procurar novos indícios, ou para ponderar hipóteses alternativas.

Um exemplo deste processo na prática ocorreu durante a missão espacial Apollo 13 onde após o incidente, os suprimentos de água e força eram muito críticos. Uma fração importante da energia elétrica guardada nas baterias do Módulo Lunar teria que ser usada durante a ignição do motor para o retorno à terra, se os astronautas quisessem sobreviver na viagem de volta, teriam que poupar cuidadosamente o restante. Toda a eletrônica não-essencial deveria ser desligada e aquilo prometia tornar a viagem de volta fria e úmida.

Operadores também escolhem entre seguir regras operacionais ou tomar ações baseadas em raciocínio sobre o caso em si (WOODS *et al.*, 1987). Realizar regras padronizadas aplicam-se para esta situação particular onde alguns fatores adicionais estão presentes complicando o cenário? Devem adaptar os planos padrões ou seguir o que está escrito apesar das circunstâncias especiais? Escolhas estratégicas também devem envolver coordenação entre usuários em um sistema cognitivo homem - máquina (ROTH, BENNETT, e WOODS, 1987). Se a máquina recomenda um diagnóstico ou uma ação em particular, e se a percepção do usuário for diferente? Existem evidências suficientes que a máquina está errada para justificar a avaliação própria do usuário? Por exemplo, um velocímetro indica baixa velocidade e os outros auxílios não indicam nada de anormal, uma indicação não confiável talvez?

Quando fatores estratégicos estão envolvidos em um incidente, mudando o comportamento de sistemas operacionais, requerem análises amplas de como o sistema faz a escolha. Isto também envolve o entendimento e a comunicação com o sistema operacional para que o operador adote as mesmas escolhas como próprio critério.

Outro fator estratégico que deve ser analisado é o conflito de objetivos. Durante a operação no decorrer de um voo, diversas situações colocam a tripulação em uma situação de escolha onde devem optar levando em conta diferentes objetivos. Por exemplo, a tripulação deverá escolher entre atravessar uma tempestade com algumas áreas de turbulência ou desviar da mesma? Deverá ela levar em conta, o fator atraso que poderá ser gerado pelo desvio e um gasto maior de combustível podendo inclusive atrasar o próximo voo, assim como a segurança

da aeronave e conforto dos passageiros caso decida atravessar a área de tempo instável. Layton, Smith, e McCoy (1994) criaram situações simuladas de voo onde estes conflitos são expostos para que pilotos, despachantes operacionais e outros envolvidos aprendam a lidar com estas situações.

Um outro exemplo na aviação, ocorre quando a aeronave efetua o degelo⁸ e entra na fila de espera para a decolagem. Após a aeronave fazer o degelo, a efetividade do agente de degelo irá se degradar com o tempo. Atrasos na fila podem aumentar o risco da formação de gelo na asa da aeronave. Por outro lado, deixar a fila e retornar para a área onde o degelo é realizado irá causar um atraso ainda maior, pois a aeronave voltará para o final da fila para a decolagem. Os dilemas devem ser resolvidos através do consciente da tripulação para achar formas de equilíbrio entre demandas competitivas, ou os usuários devem simplesmente aplicar rotinas padrões sem deliberarem sobre a natureza do conflito. Análises de desastres passados freqüentemente acham objetivos (metas) conflitantes onde elas desempenharam um papel na evolução do acidente. Por exemplo, houveram vários acidentes onde, as tripulações aceitaram um grande atraso na fila de espera (talvez com receio de um atraso maior ainda), onde o gelo acumulado contribuiu para um acidente na decolagem (MOSHANSKY, 1992; National Transportation Safety Board, 1993).

Este tipo de estratégia pode ser considerado como uma macro-estratégia, onde escolhas são muito afetadas por influências externas. Por outro lado, a micro estratégia consiste nas mesmas escolhas (*tradeoffs*), porém em um âmbito menor. Este tipo de estratégia pode ser exemplificado durante um voo, onde o piloto deverá escolher entre olhar para um dentre olhar para outro instrumento.

⁸ Degelo é o processo de remoção do gelo nas superfícies do avião. Disponível em: <<http://www.aopa.org/asf/publications/sa11.pdf>>. Acesso em: 12 ago. 2008.

4 TÉCNICAS DE PILOTAGEM E SCAN FLOW DE PAINEL

4.1 PAINEL DE INSTRUMENTOS

Existem diferentes tipos de painéis de instrumentos. O painel da Figura 8 é o utilizado durante o treinamento de simulador oferecido pela PUCRS. Pode-se notar na parte central e superior do painel o Horizonte Artificial. Este instrumento indica o ângulo de atitude do avião e a inclinação das asas. Abaixo deste instrumento, está o HSI, durante esta pesquisa ele será utilizado somente como indicador de proa. Na parte superior esquerda do painel, fica localizado o velocímetro do avião. Abaixo do velocímetro está o indicador de razão de curva.

Ao lado direito do ADI (indicador de atitude), está localizado o altímetro, seguido do indicador de razão de subida e descida logo abaixo. Na parte mais à direita do painel, estão localizados os instrumentos de motor. Pode-se notar que também o cronômetro está abaixo do indicador de proa neste painel. Os outros instrumentos não serão utilizados durante esta pesquisa, pois são utilizados de navegação, e o objetivo desta pesquisa é analisar as manobras básicas.

O arranjo do painel segue a ordem do “T” Básico. Esta disposição começou a ser utilizada por volta de 1946, quando a importância do horizonte artificial já era reconhecida. O “T” Básico consiste no horizonte artificial como instrumento central, tendo o velocímetro à esquerda, o altímetro à direita, e um instrumento de proa na base do “T”. Este layout se mostrou tão eficaz no controle da aeronave, que até mesmo os aviões mais modernos continuam utilizando este conceito.



Figura 8 – Painel de Instrumentos

4.2 MÉTODOS DE CONTROLE

Durante o voo visual, os pilotos controlam a atitude da aeronave em relação ao horizonte natural usando pontos de referência na aeronave. No voo por instrumentos, o controle da aeronave é feito através de instrumentos de voo. Uma interpretação apropriada dos instrumentos fornece ao piloto as mesmas informações que as referências externas no voo visual.

Existem basicamente dois métodos mais usados no voo por instrumento, o método “controle e performance” e “primário e suporte”. Ambos os métodos envolvem o uso dos mesmos instrumentos. Eles diferem na confiança no indicador de atitude e na interpretação dos outros instrumentos.

4.2.1 Método de Controle e Performance

A performance da aeronave tem uma direta relação com a atitude e a potência (ângulo de ataque e tração com relação ao arrasto). A atitude da aeronave é a relação entre o eixo longitudinal e lateral com o horizonte. Durante o voo por instrumentos a aeronave voa com uma atitude e potência necessária para uma performance desejada. Isto é conhecido como método de controle e performance. As três categorias de instrumentos são de controle, performance e instrumentos de navegação.



Figura 9 – Método de controle e performance

Os instrumentos de controle mostram indicações imediatas de atitude e potência. O controle é determinado por referências no indicador de atitude e indicadores de potência. Estes indicadores de potência variam em diferentes

aeronaves, e podem incluir, tacômetro, pressão de admissão, razão da pressão do motor, consumo de combustível, etc.

Os instrumentos e performance indicam a performance atual da aeronave. Performance é determinada com referência no altímetro, velocímetro, indicador de velocidade vertical, indicador de proa, indicador de ângulo de ataque, indicador de razão de curva.

Os instrumentos de navegação indicam a posição da aeronave em relação aos auxílios em terra. Este grupo de instrumentos inclui vários tipos de indicadores de curso, distância, rampa eletrônica, radiais e marcações magnéticas.

4.2.2 Método de instrumentos primários e de suporte

Todas as manobras envolvem movimentos ao redor dos eixos longitudinal, lateral e vertical do avião. O controle da atitude é sub-dividido em controle de *pitch*, potência, inclinação e trimagem. Os instrumentos são separados em alguns grupos. Instrumentos de *pitch* são o indicador de atitude, altímetro, velocímetro e o indicador de velocidade vertical. Instrumentos que indicam a inclinação são o indicador de atitude, indicador de proa, bussola e o *turncoordinator*. Os instrumentos que se relacionam com o controle de potência são: o velocímetro e os instrumentos do motor em geral. Como se pode notar, alguns instrumentos fazem parte de mais de um grupo, pois varia dependendo da manobra realizada.



Figura 10 – Método de instrumentos primários e de suporte

Para qualquer manobra e condição de voo, os requerimentos de *pitch*, inclinação (*bank*), e potência são mostrados de uma forma mais clara por certos instrumentos chave. O instrumento que fornecer uma informação mais essencial e pertinente será referido como um instrumento primário. Instrumentos de suporte servem de complemento e *back up* das informações apresentadas nos instrumentos primários.

Durante um voo em linha reta horizontal com uma velocidade constante, por exemplo, significa que o avião deverá voar em uma altitude exata com somente uma proa e velocidade constante. Durante esta manobra, o altímetro fornece informações pertinentes a manutenção de altitude, sendo assim ele é instrumento primário de *pitch*. O indicador de proa é o instrumento primário de *bank* (inclinação). O instrumento primário para potência é o velocímetro, pois ele fornece ao piloto informações mais pertinentes com relação à performance e *outputs* de potência.

4.3 HABILIDADES FUNDAMENTAIS

Durante o treinamento de voo por instrumento, o piloto deverá desenvolver três habilidades fundamentais: interpretação dos instrumentos, *cross-check* e controle da aeronave. Para um bom voo, é necessário que o piloto tenha a capacidade de juntar estas três habilidades.

4.3.1 *Cross-check*

A primeira habilidade fundamental é o *cross-check* também chamada de *scan flow* ou *instrument coverage*. O *cross-check* é uma observação contínua e lógica nos instrumentos em busca de informações de atitude e performance. Durante o voo por instrumentos o piloto mantém a atitude do avião com referências nos instrumentos o que irá produzir um resultado desejado na performance. Por motivos de erro humano, erro de instrumento e diferenças na performance da aeronave com variações na atmosfera e condições de carga, é difícil estabilizar a atitude e manter a performance constante por um longo período. Por motivos destas variáveis, é fundamental que o piloto faça um *cross-check* constante nos instrumentos e efetue mudanças na atitude do avião.

Existem três métodos básicos de se efetuar um *cross-check* para buscar informações no painel de instrumentos do avião. No método da radial selecionada, o piloto deixa seus olhos de 80% a 90% do tempo olhando para o indicador de atitude, deixando para dar uma rápida olhada nos outros instrumentos. Durante este método, os olhos dos pilotos nunca viajam de um instrumento ao outro sem passarem pelo indicador de atitude. Mesmo sendo o instrumento principal, o piloto deve olhar por um tempo entre dois terços de um segundo até um segundo e meio para o indicador de atitude, e por um tempo menor ainda para os outros instrumentos para um bom *scan flown* (BUCK, 1992). A manobra que está sendo realizada determinará a ordem e o padrão dos outros instrumentos a serem olhados.



Figura 11 – Padrão radial selecionada de *cross-check*

Outros dois padrões de *scan* são o V-invertido e o retangular. Durante o V-invertido os olhos basicamente se movem entre o indicador de atitude, o indicador de curva e o indicador de velocidade vertical como mostra a Figura 12. O método do retângulo consiste no movimento dos olhos percorrendo os três instrumentos superiores (velocímetro, indicador de atitude e altímetro) e então descendo para os três instrumentos inferiores (indicador de velocidade vertical, indicador de proa e o instrumento de curva), o caminho que o olho percorre descreve um retângulo (no sentido horário ou anti-horário) como mostra a Figura 13. Este método provê um peso igual para todos os instrumentos, porém o piloto poderá gastar mais tempo em determinado instrumento dependendo da manobra a ser executada.



Figura 12 – Padrão V-invertido de cross-check



Figura 13 – Padrão retangular de *cross-check*

Pilotos em treinamento inicial têm a tendência de efetuarem um *cross-check* muito rápido, olhando para os instrumentos sem saberem exatamente o que estão procurando. Com o aumento da experiência nas manobras básicas e a familiarização com os instrumentos e as indicações correspondentes a cada um deles, os pilotos aprendem o que procurar, quando procurar, e como responder.

Um erro comum no *cross-check* é a fixação em um único instrumento, normalmente ocorre por uma boa razão, porém gera resultados indesejáveis. Por exemplo, quando um piloto está abaixo ou acima de uma altitude desejada, a sua atenção é voltada para este erro, talvez pressões indesejadas no manche acabem fazendo com que o avião perca a sua proa inicial e o piloto não note, e mais erros se acumularão. Outra fixação comum ocorre quando a aeronave está em curva e o piloto não está muito familiarizado com a razão de curva, necessitando uma atenção extra no final da curva para que ela acabe na proa desejada.

Também pode ocorrer a omissão de um instrumento, que é outro erro comum durante o *cross-check*. Isto pode ser causado por uma falha na antecipação de indicações de um instrumento significativo. É comum durante algumas manobras que exigem um grau maior de atenção, o aluno excluir algum instrumento do seu *cross-check*.

Por fim, a ênfase em um único instrumento, ao invés de uma combinação de instrumentos necessária para uma informação de atitude, é um erro comum no *cross-check*, porém, compreensível durante os estágios iniciais do treinamento. O piloto tende a confiar mais no instrumento que ele entende como mais legível, mesmo quando ele fornece erros ou informações inadequadas. Confiar em um único instrumento é uma técnica pobre. Por exemplo, o piloto consegue manter razoavelmente o controle da altitude pelo horizonte artificial, porém não conseguirá manter a altitude de uma forma precisa se não incluir o altímetro no seu *cross-check*.

4.3.2 Interpretação dos instrumentos

A segunda habilidade fundamental, interpretação dos instrumentos, requer um profundo estudo e análise. Isto começa no entendimento de cada instrumento, passando por princípios de sua construção e operação. Então, o piloto deverá aplicar este conhecimento na performance da aeronave em que se está voando, em manobras, no *cross-check* e em técnicas de controle. De uma maneira geral os instrumentos têm a mesma indicação em diversos aviões, porém os seus *layouts* podem variar, e o piloto deverá estudar e se inteirar das diferenças do avião em que está voando.

4.3.3 Controle da Aeronave

A terceira habilidade fundamental do voo por instrumento é o controle da aeronave. Quando se usa instrumentos substituindo as referências externas, as respostas de controle necessárias são as mesmas. É extremamente necessário o

uso do horizonte artificial da aeronave para que o piloto aplique os comandos apropriados durante as manobras pretendidas. O controle da aeronave é composto por quatro elementos: *pitch*, *bank* (inclinação), potência e trimagem.

O controle de *pitch* é a rotação da aeronave em torno do seu eixo lateral através de movimentos no profundor. O controle de inclinação é feito através do ângulo entre a asa do avião e o horizonte, o controle se dá através do movimento dos *aileron*s, em torno do eixo longitudinal da aeronave. Mudanças na tração da aeronave são requeridas para um bom controle de potência. Por último, a trimagem é usada para aliviar as pressões exercidas pelos pilotos nos comandos de vôo. Uma boa trimagem é fundamental para que o avião mantenha a atitude desejada enquanto o piloto realiza um *cross-check*, por exemplo.

4.4 MANOBRAS

4.4.1 Vôo em linha reta horizontal

A atitude de *pitch* do avião é o ângulo entre o eixo longitudinal da aeronave e o horizonte. No vôo em linha reta horizontal a atitude varia com a velocidade e peso do avião, porém em aeronaves de treinamento⁹, o fator peso pode ser desconsiderado. Em velocidades mais lentas, a atitude de vôo deve ser maior em função do coeficiente de sustentação¹⁰, o oposto é verdadeiro. Os instrumentos de *pitch* são o indicador de atitude (*AI-attitude indicator*), altímetro, indicador de velocidade vertical (*VSI-vertical speed indicator*) e o velocímetro.

O indicador de atitude fornece ao piloto uma indicação direta da atitude do avião. O piloto controla a atitude através de comandos de arfagem e tangagem no profundor. É fundamental uma identificação da atitude ideal para o vôo em linha reta através dos outros instrumentos de vôo. O indicador de atitude possui barras horizontais indicando em graus o ângulo formado entre o horizonte e o eixo

⁹Aeronave Arrow IV, utilizada no treinamento do PVPUC. Disponível em: <<http://www.pucrs.br/uni/poa/faca/>>. Acesso em 29 set. 2008.

¹⁰ O coeficiente de sustentação expressa a razão entre a força de sustentação produzida pela pressão dinâmica em uma determinada área. Disponível em <<http://www.grc.nasa.gov/WWW/K-12/airplane/liftco.html>>. Acesso em: 8 out. 2008.

longitudinal, que vai da cauda ao nariz do avião. Durante o voo nivelado, mudanças com o propósito de corrigir a atitude do avião devem ser feitas de maneira pequena e suave (FAA, 2001) ¹¹.

O altímetro fornece uma indicação direta da altitude, que deve permanecer a mesma durante o voo nivelado. O piloto deverá observar a razão com que o indicador se move no sentido horário ou anti-horário para que possam ser feitas correções com maior ou menor amplitude.

O indicador de velocidade vertical mostra indicações indiretas, sendo um instrumento que indica tendência e razão. Como instrumento de tendência, ele mostra um movimento vertical inicial que pode ser considerado causa de uma variação de *pitch*, exceto quando voando em áreas turbulentas. Este instrumento deve ser usado em conjunto com o altímetro. Quando o instrumento é usado para indicar razão de subida ou descida, deve-se considerar um atraso durante a sua estabilização para que a leitura da razão seja correta.

O velocímetro fornece ao piloto uma indicação indireta quanto a variações de atitude do avião. Com uma potência fixa ajustada, quando houver um aumento do *pitch* do avião, ocorrerá uma diminuição na velocidade e vice-versa.

O controle de bancagem (*bank control*) é o ângulo formado entre o eixo lateral do avião e o horizonte. Para a manutenção do voo em linha reta horizontal, o piloto deverá manter as asas niveladas (considerando um voo coordenado). Os instrumentos usados para este controle são o indicador de atitude, o indicador de proa e o *turn coordinator*.

Segundo a FAA (Federal Aviation Administration, 2001), o controle do avião tem como seus instrumentos primários e de suporte os seguintes mostrados na Figura 14.

¹¹ U.S Department of Transportation Federal Aviation Administration. **Instrument Flying Handbook**. 2001



Figura 14 – Vôo em linha reta horizontal (velocidade normal de cruzeiro)

Fonte: FAA (2001)

Os erros mais comuns de atitude no vôo em linha reta horizontal são: (a) ajuste inapropriado da atitude no indicador de atitude, há uma tendência de permanecer com a atitude da fase de vôo que se sucedeu; (b) uma deficiência no *cross-check* e na interpretação de instrumentos de *pitch*, por exemplo, a velocidade está baixa. Acreditando que a atitude seja de *pitch* alto, o piloto aplica pressão para frente no manche sem notar que está com pouca potência que é a causa da discrepância de velocidade. O piloto deverá melhorar a velocidade de *cross-check* e incluir todos os instrumentos relevantes antes de efetuar uma resposta nos comandos; (c) relutância em realizar pequenas correções, por exemplo, 20ft a mais ou a menos na altitude. A relutância talvez se dê pelo medo de entrarem em uma situação de *overcontrol*, porém esta situação deve ser treinada para que a chance de aplicação de controles excessivos diminua. Se um piloto tolerar pequenos erros, seus erros irão aumentar;

Além dos erros citados anteriormente, também podem ser percebidos alguns outros, como: (a) “caçar” o indicador de velocidade vertical. Esta tendência pode ser corrigida com um melhor *cross-check* dos outros instrumentos de *pitch*, e com uma melhora no entendimento das características dos instrumentos; (b) uso excessivo de correções de *pitch*, causando um erro maior ainda (*overcontrol*); (f) falhas durante a

trimagem do avião fazendo com que o piloto exerça uma pressão contínua no manche, podendo gerar atitudes indesejadas durante um pequeno atraso no *scan flow*; (f) fixações durante o *cross-check*. Após iniciar uma correção de proa, por exemplo, o piloto se preocupa com o controle da inclinação do avião e negligencia erros de *pitch*. Fixação nos instrumentos do motor enquanto realiza mudanças de velocidade, ocasionando atitudes indesejadas. Pequenos erros no ajuste da potência são mais facilmente corrigidos do que pequenos erros de *pitch*.

Os erros mais comuns de proa no vôo em linha reta horizontal são: (a) falha no *cross-check* do indicador de proa, especialmente durante mudanças de potência ou de *pitch*; (b) interpretação errada das mudanças de proa, resultando em correções na direção errada; (c) falhas em notar, e lembrar, da proa pré-escolhida; (d) falha em observar a razão da mudança de proa e a relação com a atitude da curva; (e) antecipação em mudanças de proa causando uma aplicação prematura de leme; (f) falha na correção de pequenas proas; (g) correções com inclinações impróprias. Por exemplo, para corrigir 10° de erro, o piloto utiliza 20° de inclinação, possibilitando a chance de ultrapassar a proa desejada; (h) falhas na setagem de uma proa pré-desejada.

Quanto à potência, os principais erros constituem: (a) na falha em saber a setagem de potência e atitude de *pitch* apropriada para várias velocidades e configurações do avião; (b) no uso brusco nas manetes de potência; (c) nas falhas na antecipação e amplitude correta de potência durante uma redução ou aceleração para um velocidade pré determinada; (d) na fixação na velocidade ou em instrumentos de motor, ocasionando erros no controle de ambos os instrumentos.

Durante a trimagem, os erros mais comuns são: (a) ajuste impróprio do assento e dos pedais para uma posição confortável para as pernas e pés; (b) confusão na operação dos compensadores, que pode variar entre diferentes tipos de aviões; (c) falha na técnica de compensação. O compensador deve ser usado, não para substituir os comandos primários, e sim para aliviar as pressões nos comandos; (d) uso excessivo do compensador; (e) falha na compreensão dos efeitos nas mudanças de trimagem, causando confusão e aplicação inadequada dos comandos.

4.4.2 Subida e Descida

Para um determinado peso e configuração de potência, existe somente um ângulo de atitude onde o avião consegue a melhor razão de subida. A velocidade e regime de potência ideal para a subida variam e são fornecidas pelos manuais das aeronaves. Durante o início da subida, o piloto deverá aplicar uma leve pressão no manche para frente de forma a iniciar e manter a atitude de subida. A potência deve ser aumentada para o regime de subida simultaneamente com a mudança de *pitch*.

Existem basicamente dois tipos de subidas, a subida com velocidade constante e a com razão constante. Na subida com velocidade constante, após o avião estabilizar na velocidade e atitude constante, o velocímetro é um instrumento primário de *pitch* e o indicador de proa continua sendo o instrumento primário de *bank*, como mostra a Figura 15.



Figura 15 – Subida estabilizada com velocidade constante

Fonte: FAA (2001)

A técnica para a entrada em uma subida com razão de subida constante é similar à subida com velocidade constante, porém o velocímetro se torna um instrumento primário de controle de *pitch* até que o indicador de velocidade vertical

(VSI-*vertical speed indicator*) aproxime-se do valor desejado. Então, o indicador de velocidade vertical torna-se o controle primário de *pitch* e o velocímetro o controle primário de potência, Figura 16.



Figura 16 – Subida estabilizada com razão de subida constante

Fonte: FAA (2001)

Para nivelar o avião de uma subida e manter a altitude, é necessário que se inicie o nivelamento antes da altitude desejada. A quantidade de antecipação varia, principalmente, com a razão de subida da aeronave.

Uma descida consiste em uma perda de altitude reduzindo a potência, adicionando arrasto e baixando o nariz para uma determinada atitude. Cedo ou tarde a velocidade irá estabilizar em um valor constante. Entretanto, o único instrumento que provê uma boa referência de *pitch* é o indicador de atitude. Durante a transição para a descida, mudanças na pressão aplicada no manche, ajustes no compensador, e um bom *cross-check* devem ser feitos de uma forma precisa se o piloto desejar manter um controle positivo sobre a aeronave.

No início da descida, o piloto deverá reduzir a velocidade, se for necessário, para a velocidade de descida desejada enquanto mantém o vôo em linha reta horizontal, então, reduzirá a potência para um ajuste pré-determinado. Assim que a

potência for ajustada, o piloto deverá baixar o nariz do avião a fim de manter a velocidade constante.

Durante uma descida com velocidade constante, qualquer variação na velocidade desejada deverá ser corrigida com ajustes de *pitch*. Para uma descida com razão constante, o início da manobra é a mesmo, mas o indicador de velocidade vertical é o instrumento primário para controle da atitude, e o velocímetro é o primário para controle de potência.

Os erros mais comuns nas subidas e descidas são: (a) *overcontrol* nas entradas do vôo em subida e descida; (b) falha na razão de *cross-check* durante mudanças de velocidade, potência e atitude durante as estradas das subidas e descida; (c) falha na manutenção do novo *pitch*; (d) falha na trimagem; (e) falha no aprendizado e uso adequado da setagem de potência; (f) falha no *cross-check* de velocímetro e velocidade vertical antes de realizar ajustes de potência e *pitch*; (g) coordenação imprópria de *pitch* e potência durante o nivelamento, por motivo de um *cross-check* lento; (h) falha no *cross-check* do indicador de velocidade vertical com outros instrumentos de controle de pitch, resultando em uma “caça” da velocidade vertical; (i) falha em notar a razão de descida ou subida para um planejamento de antecipação, resultando em um *overshooting* ou *undershooting* da altitude desejada; (j) falha em reconhecer as condições do vôo nivelado quando se está próximo ao nivelamento, sendo necessário um *cross-check* mais agilizado.

4.4.3 Curvas Cronometradas

Antes da realização das curvas cronometradas, é importante que o piloto domine a técnica da entrada e saída de curva, assim como as reações aerodinâmicas envolvidas. Para este treinamento é normalmente utilizado a manobra chamada coordenação avançada (C2), onde o piloto deverá efetuar curvas seguidas de 90° para lados opostos. Durante esta manobra, também é treinado o *scanning* do aluno através dos diversos instrumentos.

Curva cronometrada é uma curva onde o tempo e a razão de curva são utilizados de uma forma coordenada. Durante uma curva padrão, a razão de giro é de 3° por segundo, sendo assim, 45° de curva são percorridos em 15 segundos. O

turn coordinator indica a razão de giro da aeronave e tem sua marcação baseada na curva padrão, realizando uma curva de 360° em 2 minutos. Durante a realização destes tipos de curva, um bom *cross-check* entre os instrumentos e o relógio é fundamental para o sucesso da manobra.

Durante as curvas cronometradas com variação de altitude, por exemplo, uma curva de 360° subindo 1000 ft em 2 minutos, é necessário a combinação entre a técnica da curva e da subida e descida em linha reta. Os fatores aerodinâmicos que afetam a sustentação e o controle da potência devem ser considerados, exigindo um *cross-check* mais apurado para que os parâmetros do voo sejam mantidos.

No decorrer do treinamento, após o piloto apresentar boa proficiência nas curvas cronometradas com variação de altitude, ele poderá iniciar o treinamento de curvas sucessivas e intercaladas. A manobra de curvas sucessivas consiste em quatro curvas de 180°, uma seguida da outra, ou seja, o piloto deverá iniciar uma curva para o lado oposto logo após ter atingido o final da curva anterior. As curvas sucessivas podem ser realizadas variando-se a altitude, normalmente com uma razão de 500 ft/min, sendo as duas primeiras curvas subindo e as duas últimas descendo. As curvas intercaladas são similares às sucessivas, porém o piloto irá voar um segmento de reta de 30 segundos entre as curvas, encerrando a manobra com 6 minutos. Esta manobra também pode ser realizada com variação de altitude da mesma forma que as curvas sucessivas, porém o aluno deverá voar os segmentos de reta com altitude constante antes de iniciar a próxima curva.

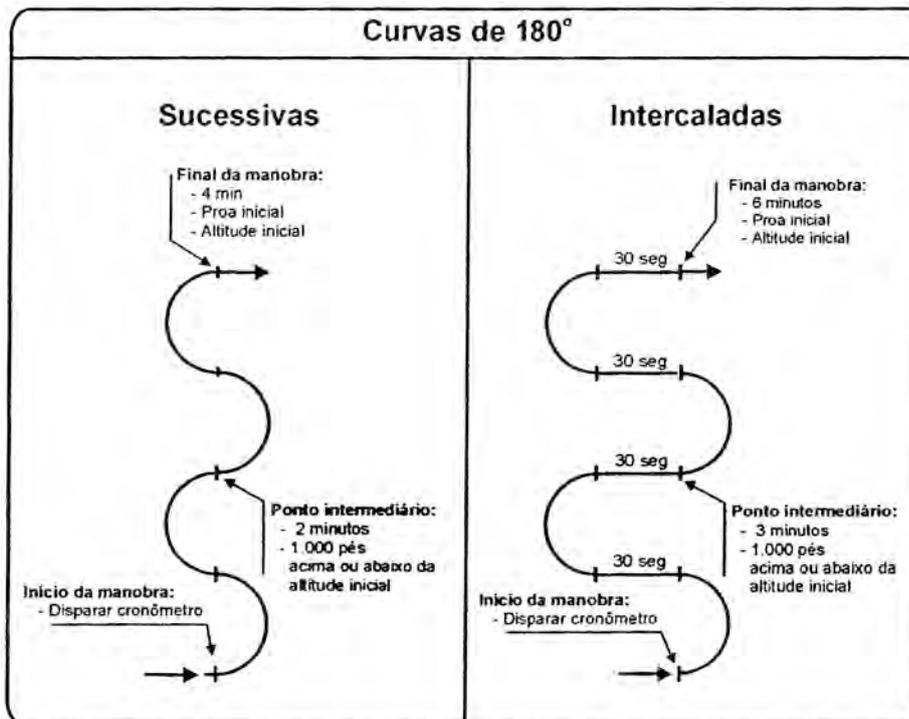


Figura 17 – Curvas sucessivas e intercaladas
 Fonte: Manual de Operações do PVPUC (2003)



Figura 18 – Curva cronometrada com velocidade constante
 Fonte: FAA (2001)

Durante a realização das curvas, os erros mais comuns de atitude são: (a) preocupação com a inclinação das asas na entrada e saída das curvas, causando uma falha na manutenção de *pitch*; (b) falha em entender ou recordar a necessidade do aumento *pitch* durante a curva devido à diminuição da componente vertical da sustentação; (c) *overcontrol* nas mudanças de *pitch*; (d) falha na manutenção do *cross-check* do vôo nivelado após o encerramento da curva, resultando em um aumento da altitude; (f) falha no *cross-check* durante a curva, resultando em acúmulo de erros; (g) razão de inclinação errada, devido ao deficiente *cross-check* do indicador de atitude.

Os erros durante a realização de manobras podem ser divididos em alguns grupos. Com relação à inclinação de asa, os mais comuns são: (a) antecipação ou atraso da proa desejada; (b) fixação em um único instrumento de *bank*; (c) falha em compensar a precessão dos instrumentos; (d) falha na utilização de uma inclinação adequada. Por exemplo, 20° de inclinação para corrigir 10° de proa; (e) esquecimento da proa desejada; (f) curvar para o lado errado, devido a um erro de leitura ou má interpretação do indicador de proa; (g) Curvar para o lado menor da curva, quando por alguma razão (por exemplo, procedimento de descida) a curva deve ser para o lado maior.

Para um controle efetivo da aeronave, é necessário uma boa coordenação entre comandos de vôo e potência. Os erros mais comumente apresentados na potência são: (a) falha no *cross-check* do velocímetro durante mudanças de *pitch*; (b) falha na aplicação de potência e no recheque do velocímetro; (c) pobre coordenação entre controle de potência e *pitch*, associado a um lento *cross-check*.

4.4.4 Canyon Approach

A manobra de *canyon approaches* realizada durante uma fase mais avançada do treinamento. Esta manobra visa simular um procedimento de descida para pouso, fazendo com que o piloto divida sua atenção entre o painel de instrumento, a carta de aproximação, o cronômetro e a situação espacial. As manobras de *canyon*

approaches são muito úteis para a melhora da consciência situacional¹², pois além da manobra em si, envolvem um perfil de vôo que deve ser seguido. Este perfil está representado em uma carta, onde o piloto deverá dividir sua atenção com o painel de instrumentos.

¹² Consciência situacional é um rótulo que é comumente usado para se referir a processos cognitivos envolvendo o que chamamos de dinâmica atencional (ENDSLEY, 1988; SARTER e WOODS, 1991; TENNEY *et al.*, 1992).

5 MÉTODO DE PESQUISA

5.1 CLASSIFICAÇÃO DO ESTUDO

O tipo de pesquisa que foi realizado é do tipo pesquisa exploratória. As pesquisas exploratórias têm como principal finalidade desenvolver, esclarecer e modificar conceitos e idéias, tendo em vista a formulação de problemas mais precisos ou hipóteses pesquisáveis para estudos posteriores (GIL, 1999). Esses tipos de pesquisa normalmente têm como finalidade proporcionar uma visão geral, de tipo aproximativo, acerca de determinado fato. Pesquisas exploratórias são realizadas especialmente quando o tema escolhido é pouco explorado e torna-se difícil a formulação de hipóteses precisas. Não é raro que pesquisas exploratórias constituem a etapa inicial de uma investigação mais ampla.

5.2 ESTRATÉGIA DE PESQUISA

Este estudo é baseado na Análise de Tarefas Cognitivas (*Cognitive Task Analysis*). A fim de entender como as pessoas agem com o mundo que as circula, é necessário entender o que se passa dentro das suas cabeças. Particularmente quando a tarefa que elas estão realizando é complexa, não é suficiente observar seus comportamentos. Também é importante descobrir como elas pensam e o que elas sabem, como organizam e estruturam a informação, e o que elas buscam para um melhor entendimento. *Cognitive Task Analysis* (CTA) é uma família de métodos e ferramentas para a investigação dos processos mentais que organizam e dão significado aos comportamentos observados. O método CTA descreve o processo cognitivo e fundamenta a performance das tarefas e as habilidades cognitivas que os indivíduos necessitam para responderem adequadamente à situações complexas, sem excluir que toda atividade tem elementos comportamentais (*Applied Research Associates, Inc, 2008*).

CTA pode melhorar a performance humana guiando o desenvolvimento de ferramentas e programas que ajudam no processo cognitivo que a tarefa requer. Os

resultados dos estudos em CTA têm sido aplicados com sucesso nas áreas de instrução e treinamento, desenvolvimento de sistemas, projeto de interfaces homem – máquina, projeto organizacional, projeto de produto e marketing. CTA consiste tipicamente em fases distintas da obtenção do conhecimento, análises e da representação do saber.

Dentro da família de métodos que o CTA engloba, está o ACTA (*Applied Cognitive Task Analysis*). Esta metodologia foi desenvolvida pelo Centro de Desenvolvimento e Pesquisa Pessoal da Marinha Americana (*Navy Personnel Research and Development Center, 1997*), com a finalidade de tornar o CTA menos teórico e mais prático, explicando técnicas para aplicá-lo.

5.3 DELINIAMENTO DO ESTUDO

A monografia teve sua ordem cronológica segundo a Figura 19 abaixo. Inicialmente, foi feita uma análise para a identificação das variáveis da pesquisa. Após esta etapa, foi feita uma seleção dos participantes de acordo com um perfil pré-determinado.

A segunda parte, foi a pesquisa de campo, onde os dados foram colhidos no simulador e analisados. Por fim, de posse de todos os dados, os resultados foram elaborados, gerando as conclusões desta pesquisa. Durante todo o decorrer da pesquisa, foi realizada revisões da bibliografia para o embasamento teórico.



Figura 19 – Delimitação do Estudo

5.3.1 Identificação das variáveis

O objetivo desta pesquisa é conhecer melhor as dificuldades encontradas durante o treinamento e realização do voo por instrumentos. Segundo Woods *et al.*(1994) todas as falhas estão relacionadas com três aspectos, sendo eles, dinâmica atencional, conhecimento e estratégia. Esta pesquisa tem como eixo principal estes três fatores, e procura relacioná-los com determinadas tarefas realizadas durante o voo. Estes elementos são as variáveis básicas da pesquisa, juntamente com as técnicas de controle e *scan flow*.

5.3.2 Seleção dos participantes e manobras

A amostragem da pesquisa tem como escopo principal os alunos da Faculdade de Ciências Aeronáuticas da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul (PUCRS) que estão cursando ou que já concluíram os treinamentos de PVSO-MONO (Prática de Voo Simulado Obrigatória - Monomotor) e PVSO-MULTI (Multimotor). Estes treinamentos têm como objetivo o desenvolvimento das habilidades de pilotagem e gerenciamento necessárias ao voo por instrumentos, integrando e vivenciando conteúdos curriculares ministrados em diferentes

disciplinas. Ao final destes treinamentos, o aluno deve ser capaz de iniciar o treinamento de voo IFR, desempenhando manobras, procedimentos e rotinas operacionais consolidados em níveis de aprendizagem, memorização e compreensão (PUCRS, 2008).

Inicialmente, visando buscar participantes para o estudo, foram aplicados 40 questionários nos alunos da FACA (Faculdade de Ciências Aeronáuticas PUCRS) matriculados nos semestres IV e VI no segundo semestre letivo de 2008. O resultado foi que 30% do total de questionários obtiveram um resultado que se encaixam no perfil ideal, devendo já ter finalizado no mínimo o treinamento PVSO-MONO. Tabela 1.

Tabela 1 – Perfil dos participantes

Participante	Horas de Voo	PVSO-MONO concluída	PVSO-MULTI concluída
Respondente 1	187	SIM	SIM
Respondente 2	130	SIM	SIM
Respondente 3	90	SIM	NÃO
Respondente 4	161	SIM	SIM
Respondente 5	115	SIM	SIM
Respondente 6	130	SIM	SIM
Respondente 7	150	SIM	SIM
Respondente 8	100	SIM	SIM
Respondente 9	100	SIM	SIM
Respondente 10	150	SIM	SIM
Respondente 11	54	SIM	NÃO
Respondente 12	200	SIM	NÃO

Estes questionários iniciais continham uma listagem de 13 tarefas, onde os alunos deveriam atribuir um nível de dificuldade entre alta, média ou baixa, Apêndice A. As 13 tarefas foram escolhidas para este questionário pois são as manobras trabalhadas nas fases iniciais da PVSO-MONO e PVSO-MULTI que visam desenvolver habilidades de estratégia, atenção e conhecimento, sendo estes, os objetos desta pesquisa. Baseado nos resultados destes questionários (Tabela 2) foram escolhidas seis manobras para serem usadas na pesquisa em simulador.

Dentre estas manobras, estão duas das que obtiveram um alto grau de dificuldade atribuído, duas com grau médio, e duas com grau baixo de dificuldade. O

segundo critério na escolha das manobras foi a semelhança com as outras, ou seja, manobras com muita semelhança foram excluídas. Como pode ser visto na Tabela 2, as manobras mais indicadas para serem analisadas no simulador foram:

- A) Baixa dificuldade – Vôo em linha reta horizontal e Descida com IAS e razão constante.
- B) Média dificuldade – Curva cronometrada com variação de altitude e Curva intercalada com variação de altitude.
- C) Alta dificuldade – Curvas sucessivas com variação de altitude e *Canyon Approaches*.

Tabela 2 – Resultado do questionário inicial

Manobra	Grau			
	1- Baixa	2- Média	3-Alta	Desconheço
Descida com IAS e razão constante	0	0	12	0
Curvas cronometradas com altitude constante	0	5	7	0
Coordenação altitude / potência (CAP)	0	2	10	0
Vôo em linha reta horizontal	0	0	12	0
Canyon Approach	2	8	2	0
Curva nivelada	0	0	12	0
Curvas cronometradas com variação de altitude	0	12	0	0
Curvas intercaladas com altitude constante	0	5	7	0
Subida com IAS e razão constante	0	1	11	0
Curvas sucessivas com altitude constante	0	4	8	0
Curvas intercaladas com variação de altitude	2	10	0	0
Coordenação avançada (C2)	0	1	11	0
Curvas sucessivas com variação de altitude	4	8	0	0

5.3.3 Entrevista e observação nos simuladores

A coleta de dados foi realizada nos simuladores ELITE PCATD (Personal Computer-Based Aviation Training Device) na aeronave Arrow IV da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul (PUCRS) durante os dias 01 de setembro a 11 de setembro e está subdividida em três partes.

O *briefing* iniciou-se com a apresentação do roteiro da pesquisa, seguido da leitura e assinatura do Termo de Consentimento (Apêndice B). Concluindo com os detalhes da finalidade do estudo para o respondente.

Durante a pesquisa de campo, o respondente realizou uma tarefa (manobra) por vez, enquanto o pesquisador anotou seus principais erros para futura análise. Todas as repostas orais foram gravadas e transcritas para o devido fim. Após o final de cada tarefa, o respondente indicou em um esquema do painel do avião, a ordem de importância dos instrumentos na realização da tarefa. O pesquisador perguntou o motivo de determinados instrumentos serem mais importantes que outros. Logo, foi pedido ao respondente que marcasse no esquema do painel o seu padrão de *scanning*. O respondente, então, atribuiu um grau entre baixa, média e alta dificuldade para a tarefa e apontou as principais dificuldades encontradas. Após a realização destes passos anteriores, foi iniciada outra tarefa (manobra), de um total de seis.

5.3.4 Análise de dados e resultados

A análise de dados consistiu inicialmente nas transcrições das gravações. Seguido da elaboração de tabelas, indicando e demonstrando os padrões e erros realizados durante a tarefa pelos respondentes levando em consideração os três eixos da pesquisa: estratégia, dinâmica atencional e conhecimento.

Os recursos utilizados para a pesquisa de campo foram: (a) esquemas do painel da aeronave Arrow IV, idêntica ao simulador ELITE PCATD (Apêndice C); (b) questionários (Apêndice A); (c) gravador; (d) canetas e papel; (e) simulador ELITE PCATD da PUCRS (Figura 20).



Figura 20 – Foto do Simulador ELITE PCATD

6 ANÁLISE DE DADOS

6.1 VÔO EM LINHA RETA HORIZONTAL

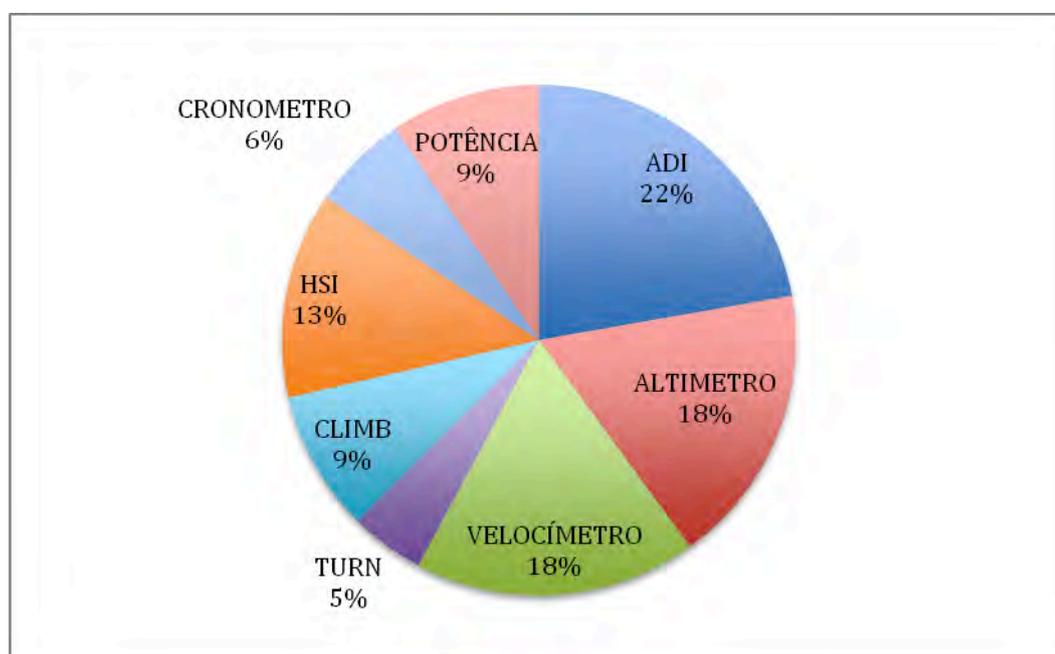
A análise dos dados consiste na tabulação, aferição e compreensão das variáveis do estudo. Durante a manobra do vôo em linha reta horizontal, o participante deve manter um vôo coordenado mantendo altitude, proa e velocidade constante. A manobra foi realizada a 2000 ft, com uma velocidade de 100 Kt e uma proa pré-determinada e teve a duração de 1 minuto.

A fim de obter uma análise da estratégia dos dez participantes, após o término da manobra, foi pedido para que fossem marcados números de 1 a 8 aos instrumentos de maior importância para a realização daquela tarefa. Baseado nas respostas, foi gerada a Tabela 3 com uma função inversa, onde o número 8 representa o instrumento de maior importância, oposto ao que o participante assinalou. O motivo da inversão deve-se ao fato de que a soma comparada com o total de prioridades possíveis, gerou uma média da importância de cada instrumento.

Na Tabela 3 as colunas indicam os participantes da pesquisa e as linhas os instrumentos do painel. A média de importância dos instrumentos está mostrada na Figura 21 abaixo. A Figura mostra o grau de importância relativa entre instrumentos, possibilitando uma análise de quantas vezes determinado instrumento é mais importante que outro.

Tabela 3 – Função inversa da importância dos instrumentos no vôo em linha reta horizontal

	Participante 1	Participante 2	Participante 3	Participante 4	Participante 5	Participante 6	Participante 7	Participante 8	Participante 9	Participante 10	SOMA
ADI	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	80
ALTÍMETRO	7	7	6	6	7	7	6	6	7	5	64
VELOCÍMETRO	6	6	7	7	6	5	7	7	6	7	64
TURN	2	1	1	1	3	2	1	4	1	1	17
CLIMB	3	2	4	4	1	3	5	5	2	3	32
HSI	5	5	5	5	5	4	4	3	5	6	47
CLOCK	1	3	3	2	2	1	2	1	3	4	22
POTÊNCIA	4	4	2	3	4	6	3	2	4	2	34
											360 Total

**Figura 21** – Média da importância dos instrumentos no vôo em linha reta horizontal

Como pode ser verificado na Tabela 3, todos os participantes colocaram o ADI como sendo o instrumento de maior importância, seguido do altímetro, velocímetro e HSI. Podemos concluir que o “T” básico é o local onde a maior parte da atenção é direcionada. Na Figura 21, durante uma análise da importância relativa, observa-se que o ADI tem uma importância 2,44 vezes maior que a potência, por exemplo. Esta comparação pode ser feita entre todos os instrumentos.

Em uma análise da dinâmica atencional aliada à micro estratégia, foi pedido aos participantes para que traçassem em um esquema do painel o seu provável *scan flow*, que foi digitalmente reproduzido. Pode ser visto claramente na Figura 22 que um padrão de *cross-check* do tipo radial selecionada predomina dentre os três tipos possíveis, principalmente, com a atenção principal no “T” básico. Nesta técnica, após a atenção passar por algum instrumento, ela sempre se voltará para o ADI, que é o instrumento base de controle.

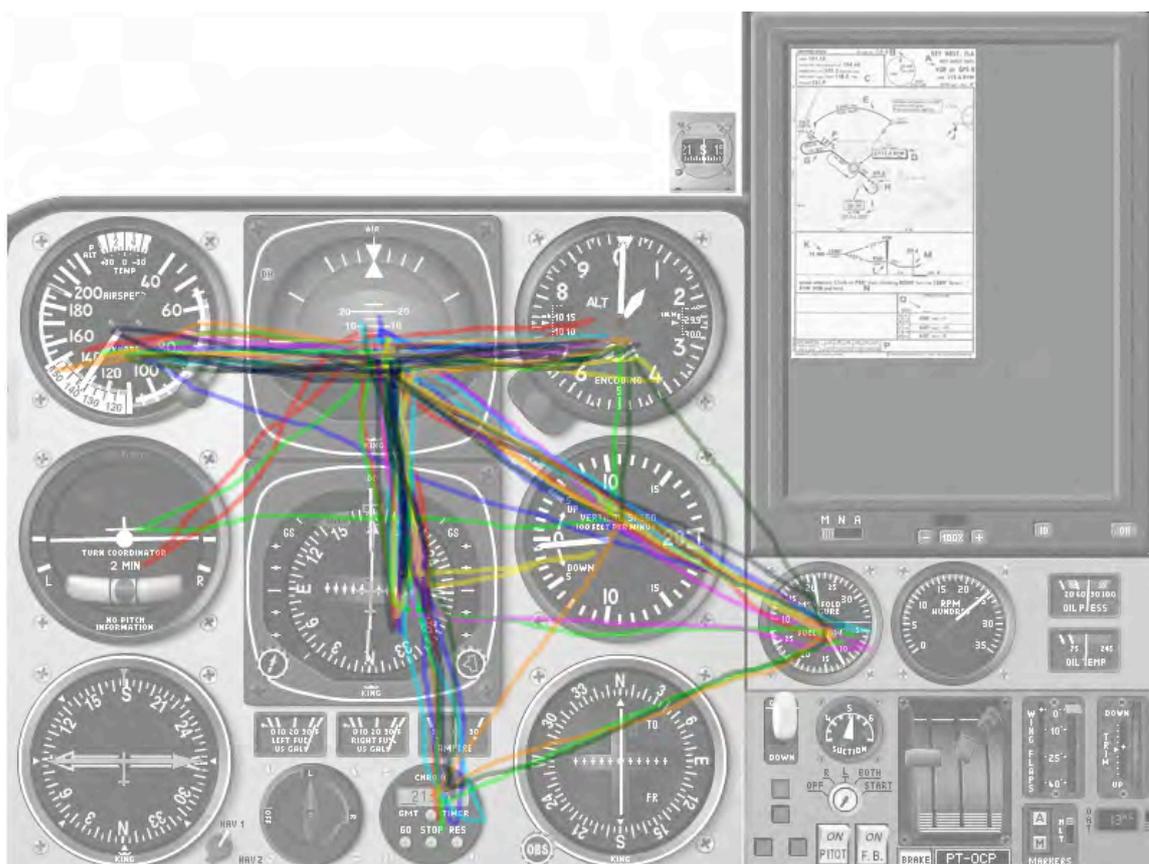


Figura 22 – Padrões de *scan* sobrepostos no voo em linha reta horizontal

Dentre os dois métodos de voo por atitude, ficou evidenciado que 40% dos pilotos utilizam o método de instrumentos primários e de suporte para manter os parâmetros do voo e 60% utiliza o método de controle e performance, utilizando o *scan* ADI (*pitch*) e potência.

Durante a realização das tarefas, o observador apontou desvios, que podem ser vistos na Tabela 4 com suas médias e desvios padrões. Todos os participantes atribuíram um grau de dificuldade baixo para o voo em linha reta horizontal.

Tabela 4 – Desvios durante o vôo em linha reta horizontal

	Participante 1	Participante 2	Participante 3	Participante 4	Participante 5	Participante 6	Participante 7	Participante 8	Participante 9	Participante 10	SOMA	MÉDIA	DESVIO PADRÃO
DESVIOS:													
VELOCIDADE(Kt)	0	10	0	2	0	3	5	4	0	0	24	2.4	3.27
PROA(GRAUS)	0	0	0	3	10	0	5	0	0	0	18	1.8	3.36
ALTITUDE(ft)	20	40	40	40	20	25	50	20	20	50	325	32.5	12.75

Apesar de um padrão de alocação de atenção e estratégia muito próxima a média, foi observado que os Participantes 2 e 7 tiveram os maiores desvios, 10 Kt e 50 ft respectivamente. O principal motivo está ligado a um *scan* extremamente lento, onde ocorreram momentos de fixação e omissão de instrumentos. O Participante 5 proporcionou um desvio de 10° de proa, sendo muito acima da média e do desvio padrão. Durante a análise, ficou bem claro que o erro ocorreu por motivo de uma falha na estratégia. Este participante atribuiu como grau 8 (grau 1 na Tabela 3 de função inversa) para o HSI, porém este instrumento é o principal na indicação de proa da aeronave. Este erro também pode ser chamado de omissão quando analisada a dinâmica atencional do respondente.

Através de perguntas gravadas e posteriormente analisadas, observou-se também que nenhum participante demonstrou grande falta de conhecimento, sabendo na grande maioria do tempo o motivo de suas ações. O que corrobora que o problema é atencional.

6.2 DESCIDA COM VELOCIDADE E RAZÃO CONSTANTE

A manobra de descida com velocidade e razão constante foi realizada com uma velocidade de 100 Kt, descendo de 2000 para 1000 ft com uma razão de descida de 500 ft/min. Durante esta descida a proa deveria ser a mesma do início da manobra.

No aspecto da estratégia durante a análise da tarefa cognitiva, assim como no vôo em linha reta horizontal, foi pedido aos participantes que numerassem os

instrumentos por grau de importância. Podemos observar os resultados na Tabela 5 e suas médias na Figura 23.

Tabela 5 – Função inversa da importância dos instrumentos na descida com razão e velocidade constantes

	Participante 1	Participante 2	Participante 3	Participante 4	Participante 5	Participante 6	Participante 7	Participante 8	Participante 9	Participante 10	SOMA
ADI	8	8	6	8	8	8	8	8	8	8	78
ALTÍMETRO	6	4	8	6	7	5	5	5	7	6	59
VELOCÍMETRO	7	6	3	7	4	7	7	6	6	7	60
TURN	1	2	1	1	1	1	1	3	1	1	13
CLIMB	4	7	2	5	5	3	6	7	3	5	47
HSI	5	5	7	4	3	6	3	4	5	3	45
CLOCK	3	1	5	2	6	4	4	1	4	4	34
POTÊNCIA	2	3	4	3	2	2	2	2	2	2	24
											360 total

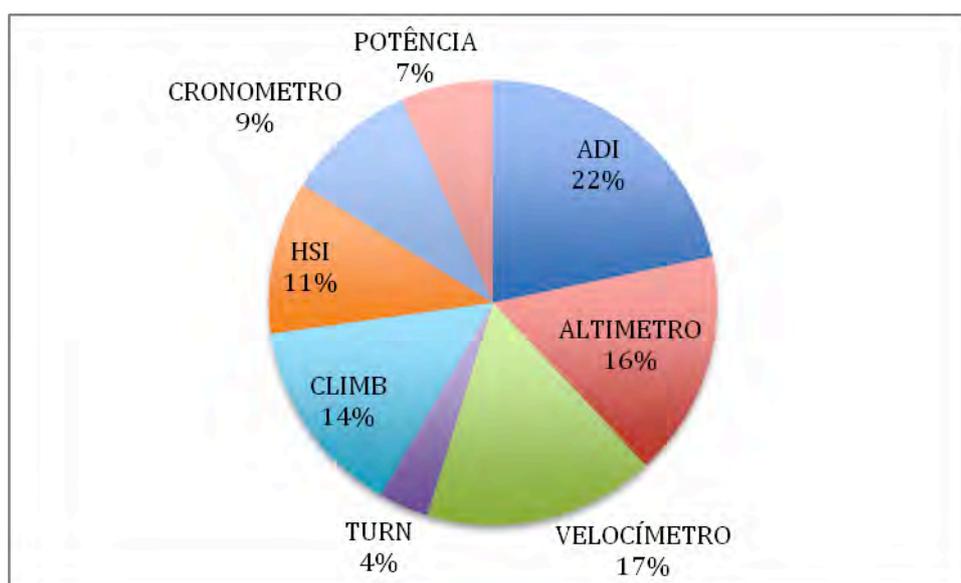


Figura 23 – Média da importância dos instrumentos na descida com razão e velocidade constantes

A Figura 23 demonstra que a importância e a micro estratégia continuam localizadas basicamente no “T” básico, constituído pelo ADI (indicador de atitude), velocímetro, altímetro e HSI. Podemos observar também um crescimento de importância no indicador de razão de descida (*climb*) e no cronômetro. O motivo

deste crescimento pode ser explicado pelas mudanças de parâmetros que estão sendo exigidos nesta manobra.

No esquemático do painel da aeronave Arrow IV, foram traçados os padrões de *scan flow* que podem ser vistos na Figura 24. Nesta figura, os padrões dos dez participantes estão sobrepostos, para que facilite uma identificação de um padrão.



Figura 24 – Padrões de *scan* sobrepostos na descida com razão e velocidade constantes

Na manobra de descida com velocidade e razão constantes, podemos observar que a atenção se deslocou para o lado direito do painel, onde estão localizados o altímetro e o indicador de velocidade vertical. Este fato colabora com a variação na estratégia, que teve um crescimento de importância nestes dois instrumentos citados acima. Nesta manobra é difícil identificar um padrão de *cross-check*, contudo, podemos dizer que os participantes se utilizaram de uma técnica mista, mesclando padrões teóricos (retangular, V invertido e radial selecionada). Foi identificado que o trabalho prescrito se difere do trabalho real, pois na prática, os padrões de *cross-check* teóricos não são vistos. Pode-se dizer que no trabalho real

da tarefa de descida, somente 30% dos participantes utilizam a técnica da radial selecionada, onde o ADI é o centro de *scan*. A técnica de *cross-check* retangular pode ser observada no lado direito do painel, onde ocorrem cheques diretos entre instrumentos de suporte, e não primários, para o controle da aeronave. Não foi raro a radial selecionada ter seu centro deslocado do ADI para o altímetro.

Exatamente como no vôo em linha reta horizontal, 60% dos participantes utilizaram o método de controle e performance na realização da manobra. Os 40% restantes voaram tendo como base, instrumentos primários e de suporte.

A dificuldade da manobra foi considerada por 80% de grau baixo, enquanto os outros 20% atribuíram grau médio dentre os três níveis de dificuldade possíveis. Na tabela 6 podem ser vistos os desvios cometidos durante a realização da manobra.

Tabela 6 – Desvios durante a descida com razão e velocidade constantes

	Participante 1	Participante 2	Participante 3	Participante 4	Participante 5	Participante 6	Participante 7	Participante 8	Participante 9	Participante 10	SOMA	MÉDIA	DESVIO PADRÃO
DESVIOS:													
VELOCIDADE(Kt)	10	8	10	10	8	5	5	4	10	5	75	7.5	2.51
PROA (GRAUS)	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0.3	0.95
ALTITUDE (ft)	50	30	40	50	40	80	30	180	20	50	570	57	46.20

Foi observado que 40% dos participantes utilizaram um *cross-check* direto entre altímetro e tempo, se utilizando de modelos mentais e parâmetros pré-estabelecidos durante seus treinamentos. Isto resultou em poucos desvios de altitude, porém, devido ao foco atencional priorizar o lado direito do painel, ocorreram variações significativas de velocidade nestes mesmos indivíduos.

O Participante de número 3 atribuiu ao altímetro e ao indicador de velocidade vertical, a maior importância no painel respectivamente. Esta estratégia certamente colaborou para uma variação de altitude abaixo da média. Por outro lado, este mesmo indivíduo indicou o velocímetro como um instrumento de pouca

importância, grau 6, em uma escala de 1 a 8, sendo grau 8 o menos importante. Esta micro estratégia (Figura 25) se mostrou falha, pois o Participante 3 obteve um desvio de velocidade superior a média. Sua alocação de atenção no painel é condizente com a sua estratégia, como pode ser visto na Figura 25. Sua dinâmica atencional é erroneamente focalizada em somente alguns parâmetros da manobra.

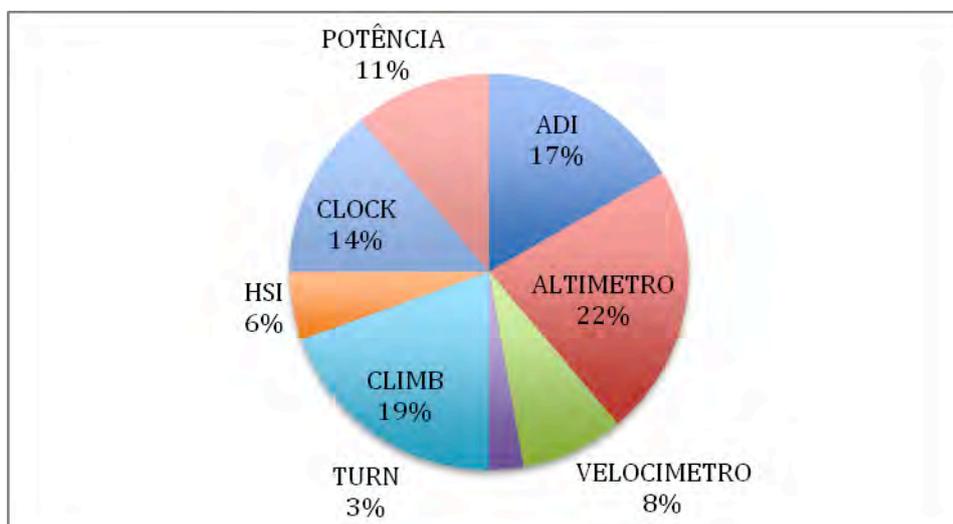


Figura 25 – Média da importância dos instrumentos do Participante 3 na descida com razão e velocidade constantes



Figura 27 – Padrão de *scan* do Participante 8 na descida com razão e velocidade

6.3 CURVA CRONOMETRADA VARIANDO ALTITUDE

A manobra de curva cronometrada com variação de altitude consiste em uma curva de 360° em 2 minutos, utilizando uma razão de curva padrão de 3°/segundo. Além da curva, é realizada uma subida de 1000 para 2000 ft, com uma razão de subida de 500 ft/min. Uma velocidade constante de 100 Kt foi exigida durante toda a manobra.

A dificuldade da manobra foi classificada por 80% dos participantes da pesquisa como sendo de médio grau da dificuldade. Os outros 20% se dividiram em 10% para alta dificuldade e 10% para baixa dificuldade.

Assim como nas tarefas realizadas anteriormente, foram inseridos em uma tabela de função inversa das respostas, a importância dos instrumentos de voo e controle da aeronave, com o intuito de mapear a estratégia utilizada pelos respondentes. Os resultados podem ser vistos na Tabela 7, e estão dispostos na Figura 28 as médias dos dez participantes.

Tabela 7 – Função inversa da importância dos instrumentos na curva cronometrada variando altitude

	Participante 1	Participante 2	Participante 3	Participante 4	Participante 5	Participante 6	Participante 7	Participante 8	Participante 9	Participante 10	SOMA
ADI	8	5	7	8	8	8	8	8	8	8	76
ALTÍMETRO	6	6	5	5	6	6	2	4	6	5	51
VELOCÍMETRO	5	4	3	6	5	3	4	6	5	7	48
TURN	2	1	2	1	7	1	1	7	1	3	26
CLIMB	4	3	4	4	2	7	5	3	7	2	41
HSI	7	8	8	7	3	5	7	5	3	6	59
CLOCK	3	7	6	3	4	4	6	2	4	4	43
POTÊNCIA	1	2	1	2	1	2	3	1	2	1	16
											360 total

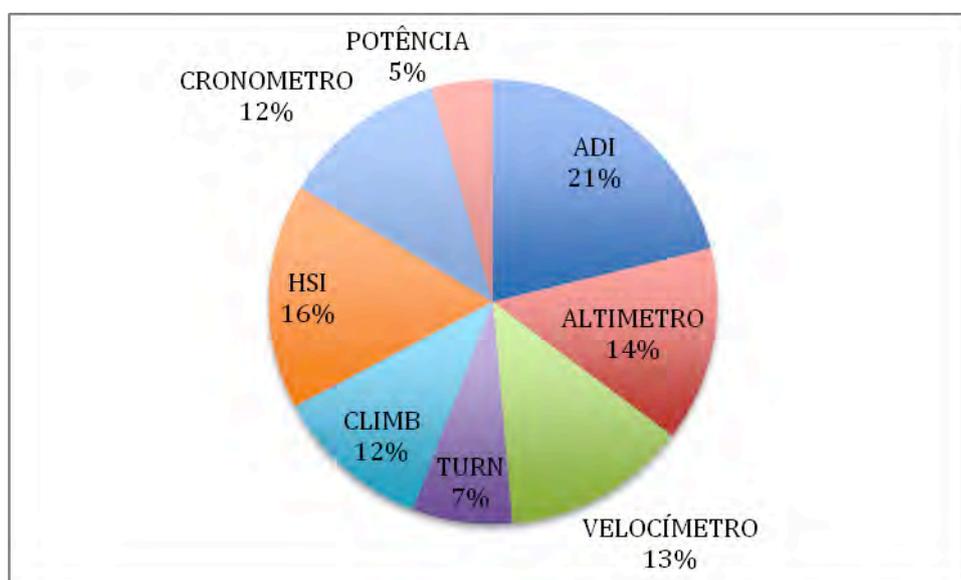


Figura 28 – Média da importância dos instrumentos na curva cronometrada variando altitude

A estratégia média dos respondentes continua tendo sua maior importância no “T” básico. Podemos notar também um aumento significativo de 11% para 16% do HSI devido à peculiaridade da manobra, que exige uma certa quantidade de curva em um determinado tempo. Pelo mesmo motivo, o cronômetro obteve um aumento de 3% quando comparado a descida e 5% quando comparamos com o vôo em linha reta horizontal.

A Figura 29 mostra a dinâmica atencional dos dez respondentes apresentados de uma forma sobreposta. Cada cor representa o *scan* de um participante.



Figura 29 – Padrões de *scan* sobrepostos na curva cronometrada variando altitude

Comparando com a manobra anterior, podemos notar um padrão mais centralizado da dinâmica atencional. Durante a execução desta tarefa, obteve-se padrões muito diferenciados. O padrão de *cross-check* baseado na radial selecionada foi escolhido por 60% dos respondentes, porém somente um realizou o trabalho real idêntico ao prescrito. Os restantes efetuaram pequenos cheques diretos entre instrumentos sem passar pelo ADI. No controle da aeronave e de parâmetros durante a manobra, apenas 20% dos participantes utilizaram o método de controle e performance, os outros 80% utilizaram instrumentos primários e de suporte.

Durante a análise, foi identificado que 30% dos respondentes realizaram seu *cross-check* sem padrão algum. Alguns destes cheques foram realizados entre

instrumentos que não têm nenhuma correspondência de indicações, como o *turn coordinator* e o altímetro. Algumas destas faltas de padrão acabaram resultando em desvios, que estão dispostos na Tabela 8.

Tabela 8 – Desvios durante a curva cronometrada variando altitude

	Participante 1	Participante 2	Participante 3	Participante 4	Participante 5	Participante 6	Participante 7	Participante 8	Participante 9	Participante 10		MÉ- DIA	DESVIO PADRÃO
DESVIOS:													
VELOCIDADE (Kt)	10	10	10	5	10	10	5	5	5	19	89	8.9	4.33
PROA (GRAUS)	0	10	0	5	30	20	20	20	20	30	155	15.5	11.17
ALTITUDE(ft)	100	100	150	40	20	40	80	50	80	230	890	89	62.44

O Participante número 10 apresentou a maior quantidade de desvios durante a tarefa. A sua micro estratégia foi dentro da média de importância dos instrumentos comparando com o total de respondentes, não sendo um fator contribuinte. Certamente, o seu padrão disperso de *scan* contribuiu para seus desvios, podendo ser visualizado na Figura 30. O próprio participante comentou que omitiu o velocímetro por certos momentos, ocasionando uma variação de 19 Kt, apesar da importância deste instrumento. Isto demonstra que a falha ocorreu na realização da manobra e não em nível de conhecimento.



Figura 30 – Padrão de scan do Participante 10 na curva cronometrada variando altitude

O Respondente 3 realizou o método de radial selecionada como padrão de *cross-check*. Porém, o método da radial selecionada foi realizado com o HSI como instrumento primário pelo participante, e não o ADI, que é o instrumento primário de controle (Figura 31). A estratégia também foi diferente dos demais, Tabela 7, com uma importância de apenas 8% ao velocímetro. Esta estratégia e *scan* diferenciado, ajudou para que não houvesse variações de proa na manobra, certamente porque o instrumento priorizado foi o HSI. Porém, a falta de atenção com o altímetro e velocímetro resultaram em desvios significativos. Certamente, com uma atenção maior ao ADI, facilitaria o controle de todos os parâmetros. Com relação ao conhecimento, o participante demonstrou algumas noções erradas, priorizando os parâmetros da manobra e não dando atenção devida ao controle do avião.



Figura 31 – Padrão de *scan* do Participante 3 na curva cronometrada variando altitude

6.4 CURVA INTERCALADA VARIANDO ALTITUDE

A curva intercalada consiste em uma curva cronometrada de 180° para um lado, um vôo em linha reta horizontal por 30 segundos e mais uma curva de 180° para o lado oposto. A manobra toda contém quatro curvas e quatro segmentos de reta, totalizando 6 minutos de manobra (Figura 32). Durante a curva intercalada variando altitude, o piloto deverá descer com uma razão de descida de 500 ft/min nas duas primeiras curvas, e subir com esta mesma razão nas duas últimas curvas. Toda a manobra foi realizada mantendo 100 Kt.

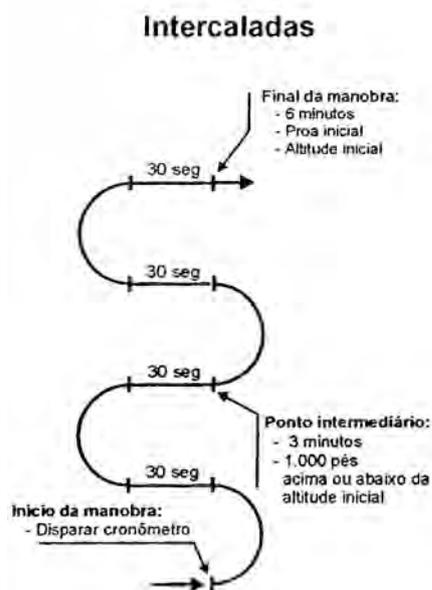


Figura 32 – Curva intercalada

Fonte: Manual de Operações do PVPUC (2003)

Após o final de cada manobra, foi pedido aos respondentes que atribuíssem um grau de dificuldade a manobra. O resultado foi de 30% para alto grau de dificuldade e 70% para média dificuldade.

Com o objetivo de mapear e analisar a estratégia dos participantes durante a tarefa, assim como nas manobras analisadas anteriormente, foi criada a Tabela 9. Posteriormente, foi gerado a Figura 33 comparando as médias dos valores atribuídos a cada instrumento pelos dez respondentes.

Tabela 9 – Função inversa da importância dos instrumentos na curva intercalada variando altitude

	Participante 1	Participante 2	Participante 3	Participante 4	Participante 5	Participante 6	Participante 7	Participante 8	Participante 9	Participante 10	SOMA
ADI	8	7	7	8	8	8	8	8	8	8	78
ALTÍMETRO	7	3	5	3	7	6	2	5	7	5	50
VELOCÍMETRO	5	2	3	2	4	3	4	4	4	7	38
TURN	2	6	2	7	3	1	1	3	1	3	29
CLIMB	3	5	4	4	2	7	5	2	3	1	36
HSI	6	8	8	6	5	5	7	7	6	6	64
CLOCK	4	4	6	5	6	4	6	6	5	4	50
POTÊNCIA	1	1	1	1	1	2	3	1	2	2	15
											360 total

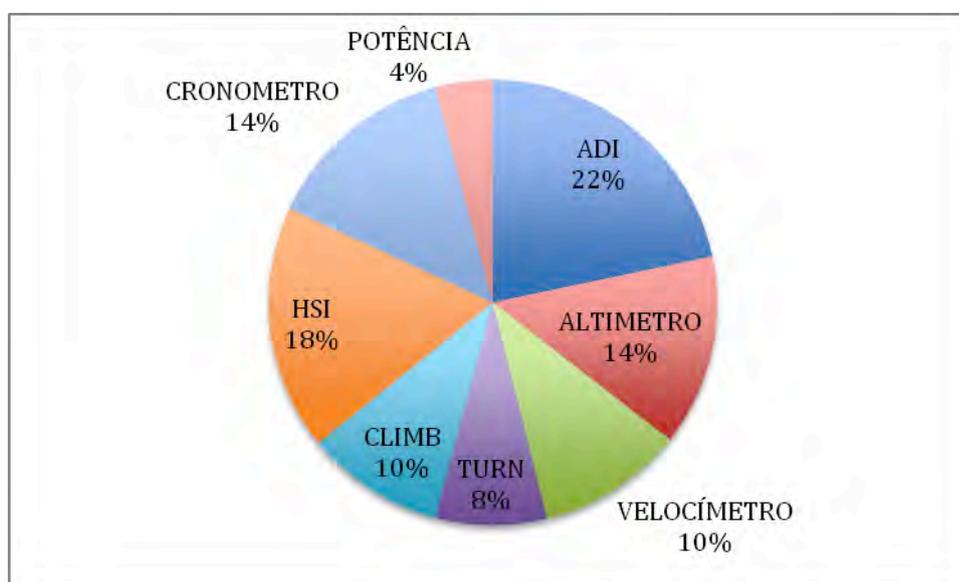


Figura 33 – Média da importância dos instrumentos na curva intercalada variando altitude

Podemos notar na Figura 33, que seguido do ADI, o HSI e o cronômetro obtiveram grande importância nesta manobra. A grande importância ao cronômetro pode ser explicada, pois toda a manobra é baseada em parâmetros de tempo. É curioso a pouca importância atribuída a potência, apesar de ser um instrumento de controle da aeronave. Certamente, este fato contribuiu para a grande quantidade de desvios apresentados na tarefa. Outro fator muito importante durante a tarefa é a dinâmica atencional de cada respondente, que pode ser observada de uma forma

sobreposta na Figura 34 Podemos comparar os desvios e suas médias na Tabela 10.

Tabela 10 – Desvios durante a curva intercalada variando altitude

	Participante 1	Participante 2	Participante 3	Participante 4	Participante 5	Participante 6	Participante 7	Participante 8	Participante 9	Participante 10	SO- MA	MÉ- DIA	DESVIO PADRÃO
DESVIOS:													
VELOCIDADE (Kt)	12	10	10	8	10	10	18	5	8	12	89	8.9	3.40
PROA (GRAUS)	10	30	15	20	30	20	25	10	35	20	155	15.5	8.51
ALTITUDE(ft)	250	130	50	200	80	100	200	120	100	150	890	89	62.15



Figura 34 – Padrões de scan sobrepostos na curva intercalada variando altitude

Foi observado que 50% dos participantes utilizaram um padrão do tipo radial selecionada para o seu *cross-check*. Os restantes utilizaram padrões mistos ou até

mesmo nenhum padrão de alocação de atenção. Durante a estratégia de controle da aeronave, 50% dos respondentes utilizaram o método de controle e performance, os restantes utilizaram instrumentos primários e de suporte. Apesar da quantidade de participantes que utilizaram o padrão de radial selecionada ser o mesmo que utilizaram o método de controle e performance, não foram os mesmos indivíduos.

Durante uma análise dos desvios, podemos observar que o Participante 1 variou 250 ft durante a manobra. Segundo depoimento do próprio, após uma variação significativa da velocidade, ele comentou que para corrigir este desvio inicial, fixou no velocímetro. O respondente cometeu um erro de fixação que acarretou em desvios de proa e principalmente altitude. Este tipo de erro é muito comum durante uma alocação de atenção deficiente. Não foi observada nenhuma falha no seu conhecimento prévio e sua estratégia está entre parâmetros da média.

O maior desvio quanto à proa ocorreu durante a manobra do Participante 9, inicialmente os erros foram aceitáveis e dentro da média. O participante possui uma estratégia e uma dinâmica atencional também compatível com a média dos participantes. O grande desvio de 35° de proa ocorreu durante o decorrer da manobra em que o respondente se perdeu, hesitando ao iniciar a curva por não saber o lado e nem o tempo correto. Isto ocorreu devido a uma falha no conhecimento da manobra e também devido a uma displicência e falta de concentração na realização da tarefa.

Um desvio de 18 Kt, 200 ft e 25° de proa foi observado na tarefa do Respondente de número 7. Este indivíduo demonstrou desvio não somente em algum parâmetro, e sim, desvios significativos em todos os parâmetros observados. Foram observados falhas na estratégia, por exemplo, foi indicado uma importância maior ao indicador de velocidade vertical do que o velocímetro. Ocorreram também problemas na dinâmica atencional, onde o participante realiza *cross-checks* entre instrumentos sem ligação alguma de indicação como, *turn coordinator* e altímetro, ou, *climb* e velocímetro. Foi observado um *scan* disperso, onde fica evidenciado que o indivíduo não sabe o que está procurando no painel, demonstrando também falhas no conhecimento. O padrão disperso e sem ordem lógica pode ser observado na Figura 35.



Figura 35 – Padrão de *scan* do participante 7 na curva intercalada variando altitude

6.5 CURVA SUCESSIVA VARIANDO ALTITUDE

A curva sucessiva consiste em um somatório de quatro curvas de 180° . As curvas devem ser realizadas de uma forma seqüencial e com uma razão de giro de $3^\circ/\text{segundo}$. Toda a manobra foi realizada pelos respondentes mantendo 100 Kt de velocidade indicada. Durante estas curvas, o piloto deve descer e subir com uma razão constante de 500 ft/min, onde as duas primeiras curvas são realizadas descendo e as duas últimas subindo. A manobra tem um tempo total de 4 minutos.

A manobra de curvas sucessivas variando altitude foi apontada como sendo de alto grau de dificuldade por 50% dos participantes, o restante considerou a manobra com grau de dificuldade médio.

Após o término da tarefa, foi pedido aos participantes que numerassem os instrumentos do painel do avião pelo seu grau de importância durante a execução daquela manobra. Com o intuito de analisar um padrão de estratégia, os dados

foram tabulados com uma função inversa, onde o número 8 significa o maior grau de importância atribuído. Os resultados estão mostrados na Tabela 11 e as médias de importância estão dispostos na Figura 36.

Tabela 11 – Função inversa da importância dos instrumentos na curva sucessiva variando altitude

	Participante 1	Participante 2	Participante 3	Participante 4	Participante 5	Participante 6	Participante 7	Participante 8	Participante 9	Participante 10	SOMA
ADI	8	7	5	8	8	8	8	8	8	8	76
ALTÍMETRO	5	4	6	3	7	7	5	2	4	5	48
VELOCÍMETRO	4	3	3	2	6	3	4	3	5	7	40
TURN	2	2	2	7	3	1	1	1	1	1	21
CLIMB	3	6	4	4	2	4	3	6	3	2	37
HSI	7	8	8	6	5	6	7	7	7	6	67
CLOCK	6	5	7	5	4	5	6	4	6	4	52
POTÊNCIA	1	1	1	1	1	2	2	5	2	3	19
											360 total

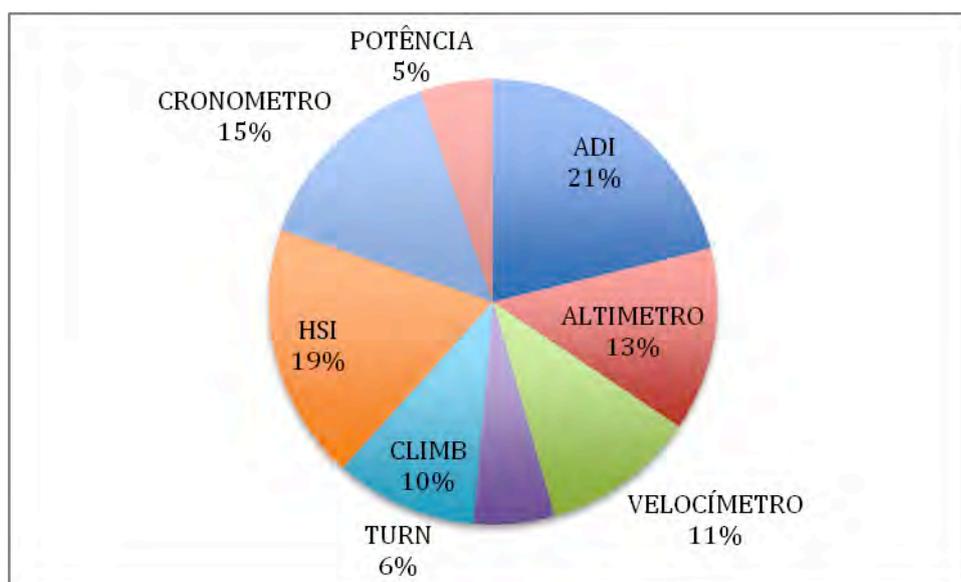


Figura 36 – Média da importância dos instrumentos na curva sucessiva variando altitude

Por esta manobra se assemelhar com a curva intercalada variando altitude, sete dos oito instrumentos utilizados tiveram um acréscimo ou decréscimo de somente 1% na sua importância para a média dos respondentes. A atenção foi

basicamente alocada nos instrumentos do “T” básico incluindo o cronômetro. Aliada diretamente a micro estratégia de importância dos instrumentos, está a estratégia da alocação de atenção no painel. Esta estratégia de alocação pode ser vista na Figura 37 onde está representado o *scan* de painel de todos os dez respondentes de uma forma sobreposta.

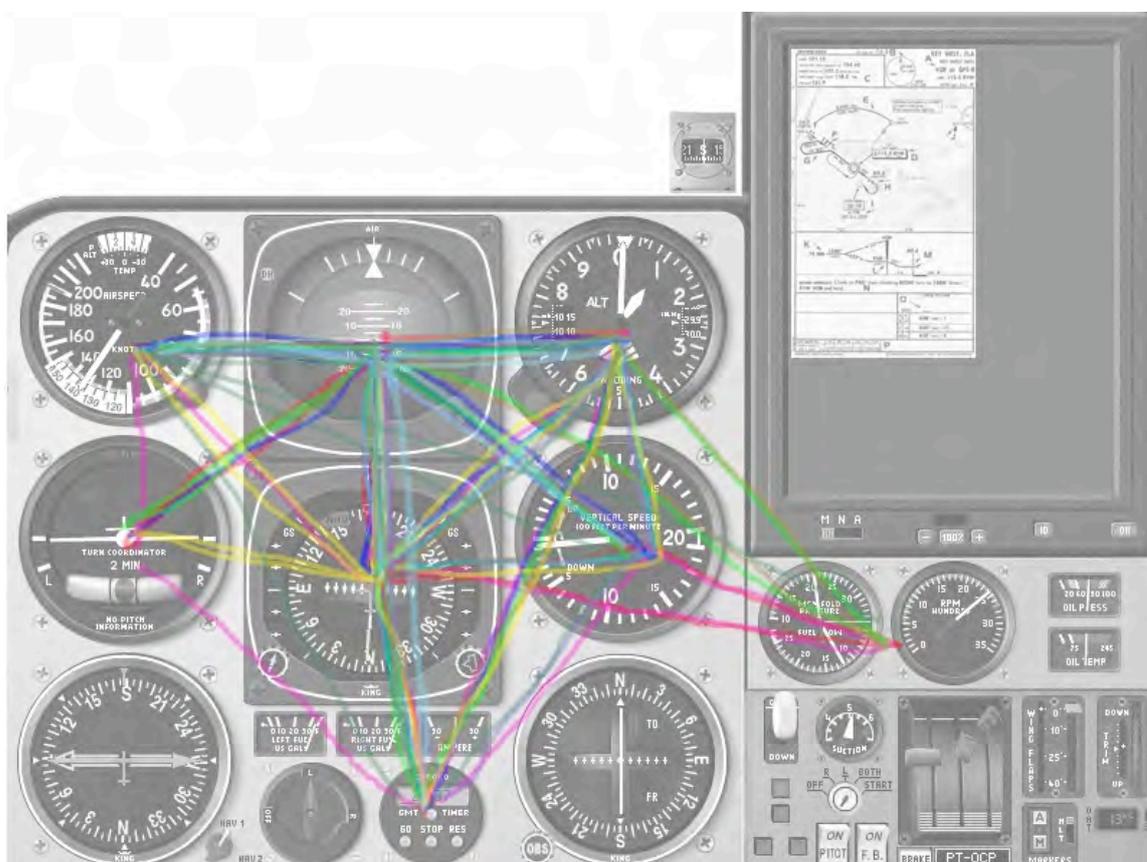


Figura 37 – Padrões de *scan* sobrepostos na curva sucessiva variando altitude

Podemos observar que as estratégias são muito variadas, certamente devido ao alto grau de complexidade da manobra. Durante a análise das estratégias de *cross-check*, foi constatado que 40% dos participantes utilizam-se do padrão da radial selecionada. No restante, não foi possível determinar um padrão pré-estabelecido. Durante a curva sucessiva, somente 20% dos respondentes realizaram a tarefa com o método de controle e performance, apesar de este ser o método recomendado pelo treinamento de simulador da PUCRS.

Durante a realização da tarefa, o observador apontou os principais desvios de altitude, velocidade e proa. Estes desvios podem ser observados na Tabela 12 com suas médias e seus desvios padrões.

Tabela 12 – Desvios durante a curva sucessiva variando altitude

	Participante 1	Participante 2	Participante 3	Participante 4	Participante 5	Participante 6	Participante 7	Participante 8	Participante 9	Participante 10	SOMA	MÉDIA	DESVIO PADRÃO
DESVIOS:													
VELOCIDADE (Kt)	10	10	10	10	10	15	10	6	8	5	94	9.4	2.715
PROA (GRAUS)	5	20	0	0	40	15	10	30	5	10	135	13.5	13.134
ALTITUDE (ft)	50	120	50	40	100	100	150	100	200	20	930	93	55.181

O Participante que obteve um maior desvio de velocidade, foi o de número 6. A variação total de velocidade chegou a atingir 15 Kt, superando dois desvios padrões acima da média. O motivo fundamental para este desvio é uma falha na estratégia. O respondente atribui um grau de importância de 6, entre 1 a 8, sendo o 1 o mais importante. Durante a entrevista realizada, o indivíduo não apresentou grandes falhas no conhecimento específico da manobra, apesar dos erros de estratégia estarem ligados a uma falha no conhecimento básico.

O maior desvio de proa foi cometido pelo Respondente 5. Foi observado que este participante não apresentou estratégias de alocação de atenção e importância de instrumentos diferente da média. O seu desvio ocorreu devido a um atraso no início da manobra, onde o participante fixou em determinados instrumentos, realizando um *cross-check* deficiente. Como a manobra consiste em curvas sucessivas, este erro foi recuperado durante o decorrer da manobra.

Quanto a altitude, o desvio de 200 ft foi observado durante a manobra do Participante 9. Este erro ocorreu durante o início da terceira curva, quando o respondente apresentou dificuldade em transicionar do vôo em descida para o vôo em subida. Esta dificuldade pode estar ligada a falta de parâmetros e déficits na habilidade psicomotora do controle da aeronave.

6.6 CANYON APPROACHES

A manobra de *canyon approach* tem a finalidade de simular um procedimento IFR (vôo por instrumento). Durante a manobra, o piloto deverá cumprir um perfil vertical e horizontal descrito em uma carta (Figura 38). Os participantes foram instruídos para que mantivessem 100 Kt durante toda a manobra. A tarefa foi classificada como sendo de alto grau de dificuldade por 70% dos participantes.

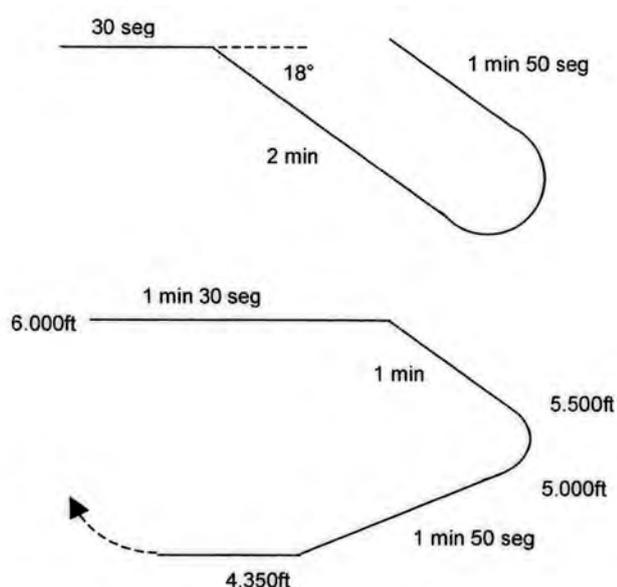


Figura 38 – Canyon Approach

Durante a realização da manobra, são utilizadas todas as técnicas das manobras anteriormente analisadas. No início da manobra, o piloto deverá efetuar um vôo em linha reta horizontal, em seguida realizará uma descida com razão e velocidade constante, e por último, uma curva cronometrada variando altitude. Como a manobra tem diversas fases, a análise da estratégia e da alocação da atenção ficou prejudicada, pois foi observado que os participantes mudaram suas prioridades e técnicas ao decorrer da mesma. Apesar disto, foi constatado que a carta obteve uma importância de 12% com relação aos outros 8 instrumentos. Vale também salientar que dois participantes não conseguiram efetuar a manobra de maneira correta, ultrapassando restrições mínimas de altitude e realizando curvas fora do tempo pré-estabelecido. Com exceção da falta de atenção e da displicência, podemos atribuir estas falhas a um deficiente *briefing* da manobra.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo teve como objetivo, analisar as principais dificuldades encontradas durante o voo por instrumento, apontando os seus motivos e possíveis correções. A pesquisa foi baseada em uma análise cognitiva do *scan flow* de painel dos participantes. O escopo da análise foi localizado nas três classes de fatores que, segundo Woods (1991), afetam a performance dos operadores e influenciam no modo como elas agem. Estes fatores são: conhecimento, dinâmica atencional e estratégia.

O estudo utilizou uma amostragem não probabilística, onde a amostragem foi escolhida em função de critérios, definidos no capítulo 5. Os dados não são considerados estatísticos, pois a amostra é muito pequena. Foi feita uma análise qualitativa, embora o uso de dados quantitativos (contagens e frequência) foram utilizados para auxiliarem nos dados qualitativos e na formulação de hipóteses.

A hipótese gerada pelo estudo, primeiramente, aponta que a performance dos pilotos é diretamente afetada pelo conhecimento, dinâmica atencional e micro estratégia. Pode-se observar que estes três elementos da cognição estão diretamente ligados entre si. Em uma análise da performance, o conhecimento mostrou ser a plataforma para uma boa micro estratégia e uma dinâmica atencional eficiente.

Foi constatado durante a pesquisa com os alunos que efetuaram o programa de voo simulado obrigatório (PVSO) da PUCRS, que alguns participantes apresentaram algumas faltas de conhecimento, principalmente em manobras mais complexas. Alguns pequenos desvios de atenção ou até mesmo uma estratégia deficiente foi mais claramente observado durante as manobras com alto grau de complexidade. Durante estas manobras, para que a quantidade de desvios seja mínima, o indivíduo deve ter uma boa base de conhecimento, uma estratégia pré-determinada que seja confortável e eficiente, assim como uma boa distribuição de atenção para que a estratégia seja realizada.

O voo por instrumentos em si, é uma tarefa complexa devido ao alto grau de variabilidade do sistema e a grande imprevisibilidade. Um indivíduo que tenha consolidado os três fatores anteriormente citados, irá diminuir a variabilidade e a imprevisibilidade do sistema, gerando uma melhor performance na tarefa.

Observa-se que, seguindo uma seqüência lógica e um aumento crescente na complexidade das manobras, o programa de vôo em simulador da PUCRS está bem estruturado. Juntamente com os recursos disponíveis, o treinamento possibilita um bom aprendizado do vôo por instrumentos por grande parte dos alunos. Durante uma análise mais aprofundada dos dados da pesquisa, foi concluído que existem algumas deficiências na estratégia e na dinâmica atencional dos participantes. Apesar da instrução ministrada durante o treinamento focar no método de controle e performance, foi observado um número alto de participantes que se utilizaram do método de instrumentos primários e de suporte. Isto acaba se refletindo em erros no foco de atenção e em estratégias confusas ou deficientes.

A fim de melhorar a instrução, sugere-se que boa parte dos vôos iniciais do programa sejam feitos com painel parcial com o auxílio de máscaras. O objetivo deste tipo de treinamento é que seja criado um padrão mais eficaz de alocação de atenção e estratégia, melhorando o *scan flow* dos alunos, acarretando em uma melhor performance.

Durante a pesquisa, existiram indícios de que indivíduos com padrões bem definidos tiveram desvios abaixo da média. Apesar disto, alguns participantes com padrões de *cross-check* bem diferenciados da média, obtiveram performances positivas. Talvez estes participantes venham a ter algumas dificuldades durante o vôo em aeronaves mais complexas, por exemplo, durante o treinamento de Jet-Trainer. Estas aeronaves mais complexas demandam um *scan* mais ágil em função da velocidade e outras características de controle.

Devido ao alto grau de complexidade, velocidade do avião e diferenças de pilotagem, estudos futuros com os alunos que apresentaram grandes diferenças no *scan* e *cross-check*, podem ser feitos no simulador Jet-Trainer da PUCRS. Estes estudos futuros poderão confirmar a hipótese que foi levantada nesta pesquisa, assim como a realização de estudos descritivos e análises longitudinais dos mesmos dez participantes.

Como esta pesquisa obteve resultados não estatísticos, gerando somente hipóteses e sugestões de melhoras, fica a sugestão para uma ampliação da amostra em uma pesquisa futura.

Concluindo, apesar da pequena amostragem da pesquisa, foi observado que os três fatores analisados interferem diretamente na performance de vôo dos pilotos. O conhecimento pode ser classificando como a base para a criação de uma micro

estratégia durante as fases iniciais do treinamento de vôo. Assim que uma boa estratégia é definida, os pilotos devem construir e treinar a capacidade de alocarem suas atenções de uma maneira eficiente.

REFERÊNCIAS

- APPLIED Research Associats. Disponível em:
<http://www.ara.com/capabilities/tech_cognitive.htm>. Acesso em: 16 set. 2008.
- BADDELEY, Alan; WEISKRANTZ, Lawrence. **Attention**: selection, awareness, and control: a tribute to Donald Broadbent. Oxford: Clarendon Press, 1995
- BUCK, Robert. **The art of flying**. Charlottesville: Thomasson-Grant, 1992.
- DAVIDSON, Mary Jo; DOVE, Laura; WELTZ, Julie. Mental Models and Usability Depaul University. **Cognitive Psychology**, 404, nov. 15, 1999.
- ESTADOS UNIDOS. Department of Transportation. Federal Aviation Administration. **Instrument flying handbook**. Department of Transportation. Washington: [s.n.], 2001.
- EYSENCK, Michael W. **Psicologia cognitiva**: um manual introdutório. Porto Alegre: Artes Médicas, 1994.
- FACULDADE de Ciências Aeronáuticas – PUCRS. Disponível em:
<<http://www.pucrs.br/uni/poa/faca>>. Acesso em: 22 ago. 2008.
- GIL, Antonio Carlos. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 1999.
- GUIMARAES, Lia Buarque de Macedo. **Ergonomia cognitiva**: processamento da informação, erro humano, IHC. 2. ed. Porto Alegre:UFRGS, FEEng, 2004.
- INSTRUMENT Commercial Manual. Englewood: Jeppesen Sanderson, 1996.
- LAMBERTS, Koen; GOLDSTONE, Robert L. **Handbook of cognition**. London: Sage, 2005.
- MATLIN, Margaret W. **Psicologia cognitiva**. 5. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2004.

REINHART, Richard O. **Basic flight physiology**. 3. ed. New York: McGraw-Hill, 2008

SARTER, Nadine B.; AMALBERTI, René. **Cognitive engineering in the aviation domain**. Mahwah: Lawrence Erlbaum, 2000.

TALLEUR, Donald A.; WICKENS, Christopher D. The Effect of Pilot Visual Scanning Strategies on Traffic Detection Accuracy and Aircraft Control. University of Illinois at Urbana-Champaign. Institute of Aviation. In: International Symposium on Aviation Psychology, 12th. **Proceedings**, Dayton, OH, 2003.

THOMAS, Lisa C.; WICKENS, Christopher D. Eye-tracking and individual differences in off-normal event detection when flying with a Synthetic Vision System Display. University of Illinois, Aviation Human Factors Division. **Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society 48th Annual Meeting**. Santa Monica: Human Factors and Ergonomics Society, 2004.

WICKENS, Christopher D.; HOLLNADS, J.. **Engineering psychology and human performance**. 3rd ed. Upper Saddle River: Prentice Hall, 2000.

_____. et al. The Allocation of Visual Attention for Aircraft Traffic Monitoring and Avoidance: Baseline Measures and Implications for Freeflight. Prepared for Federal Aviation Administration Civil Aeromedical Institute. Technical Report, Oklahoma City, may 2000.

_____. et al. D. Pilot Visual Workload and Task Management in Freeflight: a Model of Visual Scanning. In: International Symposium on Aviation Psychology, 11th. Aviation Human Factors Division. **Proceedings**. Columbus: The Ohio State University. 2001.

WOODS, David D. et al.. **Behind Human Error: Cognitive Systems, Computers, and Hindsight**. Columbus: Ohio State University, 1994.

APÊNDICES

APÊNDICE A – Questionário

APÊNDICE B – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

APÊNDICE C – Simulador ELITE PCATD

Questionário

Nome:

Licenças: PP PC PC-IFR MONO PC-IFR MLTE

Horas Totais:

Treinamento:

PVSO-IFR/MONO completo

Em curso-Sessão:

PVSO-IFR/MULTI completo

Em curso-Sessão:

Classifique as manobras a seguir de acordo o grau de dificuldade na sua opinião.

1- Alta dificuldade 2- Média dificuldade 3- Baixa dificuldade D-Desconheço

Manobra	Grau			
	1	2	3	D
Descida com IAS e razão constante	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Curvas cronometradas com altitude constante	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Coordenação altitude / potência (CAP)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Vôo em linha reta horizontal	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Canyon Approach	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Curva nivelada	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Curvas cronometradas com variação de altitude	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Curvas intercaladas com altitude constante	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Subida com IAS e razão constante	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Curvas sucessivas com altitude constante	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Curvas intercaladas com variação de altitude	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Coordenação avançada (C2)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Curvas sucessivas com variação de altitude	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Pesquisadores: Thomas Treteski - Aluno da FACA (PUCRS)

Éder Henriqson - Orientador

Participante:

Caro participante:

Gostaríamos de convidá-lo a participar como voluntário desta pesquisa, que refere-se a um projeto de Trabalho de Conclusão de Curso de graduação em Ciências Aeronáuticas na Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul. O objetivo deste estudo é analisar o *scan flow* de pilotos na realização de manobras básicas de voo a partir dos elementos da cognição: conhecimento, estratégia e atenção. Sua participação consiste em realizar uma série de manobras e responder algumas perguntas.

Seu nome não será utilizado em qualquer fase da pesquisa o que garante o seu anonimato.

Não será cobrado nada; não haverá gastos nem riscos na sua participação neste estudo; não são previstos ressarcimentos ou indenizações; não haverá benefícios imediatos na sua participação. Os resultados contribuirão para esta pesquisa.

Gostaríamos de deixar claro que sua participação é voluntária e que poderá recusar a participar ou retirar seu consentimento, ou ainda descontinuar sua participação a qualquer momento se assim, o preferir.

Desde já agradecemos sua atenção e participação e colocamo-nos à disposição para maiores informações.

Em caso de dúvida(s) e outros esclarecimentos sobre esta pesquisa você poderá entrar em contato com o responsável principal Prof. Éder Henriqson (orientador). Av Ipiranga 6681, prédio 10 – sala 104, Porto Alegre, fone: (51) 3320.3542.

Eu confirmo que Thomas Treteski explicou-me os objetivos desta pesquisa, bem como, a forma de participação. As alternativas para minha participação também foram discutidas. Eu li e compreendi este termo de consentimento, portanto, eu concordo em dar meu consentimento para participar como voluntário desta pesquisa.

Data: / /

Assinatura do participante

SIMULADOR ELITE PCATD

