

A EFETIVIDADE DOS SIMULADORES DE VOO NO TREINAMENTO DE PILOTOS PARA TAREFAS PROCESSUAIS ESPECÍFICAS E AQUISIÇÃO DE HABILIDADES

THE EFFECTIVENESS OF FLIGHT SIMULATORS ON PILOT TRAINING FOR SPECIFIC PROCEDURAL TASKS AND SKILL ACQUISITION

Vinícius Cabrini dos Santos¹

Guilherme Amaral da Silveira²

RESUMO

Este artigo tem como objetivo analisar a transferência de treinamento em um ambiente de simuladores de voo, levando em consideração o seu nível de fidelidade e os métodos utilizados pelos instrutores de voo, de forma a manter e sempre que possível, elevar o nível da transferência de treinamento. Baseado em uma análise bibliográfica, nota-se que a fidelidade do simulador não define por si só a efetividade do treinamento. O papel do instrutor de voo é de extrema importância, especialmente em situações nas quais os dispositivos de treinamento tenham baixos níveis de fidelidade.

Palavras-chave: Transferência de treinamento. Simulador de voo. Fidelidade do simulador. Instrutor de voo.

ABSTRACT

The purpose of this paper is to analyse transfer of training in flight simulators, with emphasis on fidelity and instructional methods in order to maintain and, whenever possible, increase transfer effectiveness ratio. As a result of literature review, it was observed that training effectiveness is not dependent exclusively on simulator`s fidelity. The role of the flight instructor was herein found to be of significant importance, particularly in situations where training devices have low fidelity levels.

Keywords: Transfer of training. Flight simulator. Simulator`s fidelity. Flight instructor.

¹ Bacharel em Ciências Aeronáuticas pela Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul.

² Mestre em Ciências Aeronáuticas pela Embry-Riddle Aeronautical University e Professor Adjunto do Curso de Ciências Aeronáuticas da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul.

1 INTRODUÇÃO

Historicamente, os simuladores de voo se desenvolveram durante a segunda guerra mundial, e muito pelo avanço da engenharia e tecnologia. Mas grande parte deste desenvolvimento ocorreu através de estudos e experiências em centros de treinamento (CARO, 1976). Com o intuito de elevar as habilidades de pilotagem, reduzir o número de acidentes e, por conseguinte, gerar economia de recursos. Assim, no decorrer dos anos, a fidelidade dos simuladores foi se desenvolvendo em conjunto com a aviação e a tecnologia, com o propósito de atingir os objetivos esperados que a cada dia tornam-se mais exigentes. Com o passar dos anos, os simuladores de voo foram sendo cada vez mais utilizados para o treinamento de pilotos. Esses treinamentos exigem atenção e cuidado, pois os conhecimentos aí transferidos e/ou adquiridos se refletirão durante os voos.

O presente artigo buscou analisar o *transfer of training* em um ambiente de treinamento em simuladores de voo, baseado no nível de fidelidade dos mesmos e nos métodos de aprendizagem aplicados pelos instrutores. O *transfer of training*, do inglês, transferência de treinamento, é o processo pelo qual o conhecimento e as habilidades são transmitidos durante o treinamento, mensurando a efetividade destes em situações reais (HOCHMITZ; YUVILER-GAVISH, 2011).

Beneficiou-se, desta forma, de uma revisão bibliográfica, que em conformidade com Gil (2008, p. 50), “a pesquisa bibliográfica é desenvolvida a partir de material já elaborado, constituído principalmente de livros e artigos científicos.” A importância de uma metodologia em uma pesquisa científica é evidente para demonstrar de que forma os dados e consequentes resultados foram obtidos, pois, segundo Lakatos e Marconi (2003, p. 83) “método é o conjunto das atividades sistemáticas e racionais que, com maior segurança e economia, permite alcançar o objetivo”. Isto posto, a pesquisa possui um caráter exploratório sobre os conceitos, com uma abordagem qualitativa sobre os resultados, para tornar possível atingir os objetivos apresentados pela pesquisa.

Cada vez mais, as companhias aéreas têm investido no treinamento de seus empregados e até mesmo criado seus próprios centros de treinamentos, garantindo um nível de transferência de treinamento que julgam ser os adequados. Treinamento, para Swezey e Andrews (2000) é a aplicação esquemática dos princípios de aprendizado científico para produzir uma instrução que mudará um

determinado comportamento no instruendo. O simulador por sua vez, é um dispositivo que representa uma máquina, sistema ou ambiente e suas funções, sob certas condições específicas (GERATHEWOHL, 1969).

A fidelidade dos simuladores tem um papel muito importante, e está estreitamente ligada a este processo. A capacidade de representação das condições reais de voo da aeronave influencia de forma direta na efetividade e nos métodos de treinamento utilizados pelos instrutores de voo. Com um viés um pouco diferente, vê-se que o verdadeiro desafio está, na maioria das vezes, com os instrutores, por serem eles os responsáveis finais pelo treinamento em simuladores.

É importante que o modelo do simulador usado para o treinamento seja escolhido de forma criteriosa pela empresa aérea, ou pelo próprio piloto envolvido no treinamento. Todavia, o fato do simulador ser de alta fidelidade não significa que o treinamento será efetivo. O papel do instrutor de voo entra com grande importância neste momento. Sobretudo em simuladores de baixa fidelidade, que dependem muito das técnicas e meios que serão utilizados pelos instrutores. Eles conseguem preencher as lacunas deixadas por este, e elevar o nível da transferência de treinamento. Tenha-se em mente, o quão efetivo seria um treinamento em um simulador de alta fidelidade, cujo instrutor seja capaz de incrementar ainda mais este grau de fidelidade.

Comparando, agora, o treinamento em simuladores com o treinamento diretamente em aeronaves, nota-se de antemão uma grande diminuição de custo, tanto por preservar a própria aeronave, como por um menor gasto com combustível. Acrescendo a isto, há uma grande redução do impacto ambiental, pela menor emissão de CO₂ e de ruído (CARO; PROPHET, 1973). Deste modo, a projeção para um aumento da efetividade do treinamento passa muito mais pelo instrutor e pelo programa de treinamento do que pelo simulador. Isto faz com que a busca por estratégias que elevem a qualidade do treinamento seja, de certo modo, incessante e de interesse geral da aviação, pela sua grande importância na formação do profissional.

2 TRANSFERÊNCIA DE TREINAMENTO

O *transfer of training*, trata da efetividade do treinamento em si, considerando-se que os objetivos almejados no treinamento tenham sido alcançados. O *negative transfer of training* é o oposto disto. Podendo ser ainda pior, por também ser caracterizado pela transferência errada do treinamento ou conhecimento. Baldwin e Ford (1988), referem-se ao *transfer of training* como o processo pelo qual o conhecimento e habilidades são adquiridos através de um treinamento contextualizado, e aplicados na situação real. Para Higgins et al. (2002) é o processo pelo qual o conhecimento e as habilidades são transmitidos durante o treinamento e mensurando a efetividade destes em situações reais.

Negative transfer of training é o efeito atenuante de uma aprendizagem prévia no exercício de habilidades ou em novas aprendizagens (BLAIWES; PUIG; REGAN, 1973). Para Borgvall et al. (2007) transferência de treinamento negativa é quando aprender em uma situação interfere no conhecimento ou nas habilidades anteriores de outra situação. A transferência negativa ocorre quando alguém age como se houvesse habilidades comuns para duas situações diferentes. A transferência de treinamento negativa neutraliza a construção de novos conhecimentos e habilidades, ou ainda acontece quando alguém aplica incorretamente, em um ambiente, métodos e técnicas aprendidas em outro.

Dado que as habilidades processuais são específicas de uma determinada tarefa, e dado que tais habilidades são adquiridas através da prática repetida, assegurar que o treinamento se assemelhe à tarefa real certamente será importante para uma transferência de treinamento bem-sucedida (HOCHMITZ; YUVILER-GAVISH, 2011). É esperado que, com a evolução do aluno, ocorra uma maior facilidade na aquisição de habilidades e na execução de certas tarefas propostas em cada exercício. A experiência adquirida no decorrer do seu treinamento faz com que uma nova tarefa se torne mais fácil do que outra anteriormente proposta. Realçando a importância de uma sequência lógica no treinamento, fazendo com que uma tarefa complemente a outra, e assim a transferência de treinamento será incrementada.

Lintern (1991), explica que, se duas tarefas são consideravelmente relacionadas, haverá alta transferência de treinamento, e se eles são essencialmente não relacionados, não haverá transferência. Em algumas circunstâncias a transferência de treinamento pode ser negativa. Isto é, o desempenho na tarefa de transferência será

mais pobre do que se não houvesse nenhum pré-treinamento. Isso ocorre quando as tarefas estão relacionadas, mas diferem radicalmente em algum aspecto crítico. Já em outras circunstâncias, a experiência prévia com uma determinada tarefa pode resultar em um melhor desempenho, caracterizando uma transferência de treinamento positiva.

Sendo assim, existem alguns métodos utilizados para medir a transferência de treinamento. Um deles e o mais utilizado foi apresentado por Roscoe (1971) e Roscoe, Williges (1980), sendo capaz de medir a Razão de Efetividade de Transferência (TER - *Transfer Effectiveness Ratio*). Este método consegue calcular os graus de transferência de treinamento positivo e negativo através de um grupo de controle e de um grupo experimental.

$$TER = \frac{Y_C - Y_X}{Y_C} \times 100\%$$

Y_C – tempo, tentativas ou erros exigidos por um grupo de controle para atingir um critério de desempenho;

Y_X – valor correspondente para um grupo experimental ou de transferência que tenha recebido prática anterior em outra tarefa;

- $TER > 1$, representa que a quantidade de treinamento em simulador de voo é menor do que aquela necessária caso o treinamento fosse realizado inteiramente na aeronave real. Pode ser ainda interpretado como um indicador de que o treinamento é eficaz e também mais eficiente do que o treinamento na aeronave real. Mesmo assim, caso os custos operacionais do simulador de voo forem superiores aos do treinamento na aeronave real, o treinamento pode não ter custo efetivo.
- $TER = 1$, representa que a quantidade de esforço do treinamento salvo no treinamento na aeronave real é igual à quantidade de esforço de treinamento gasto no simulador de voo.
- $TER < 1$, representa que a quantidade de treinamento requerida em simulador é maior do que aquela necessária caso o treinamento fosse realizado inteiramente em aeronave real. Se os custos operacionais do simulador de voo forem inferiores aos do treinamento na aeronave real, os benefícios do treinamento ainda poderão ser obtidos, apesar do fato de que o treinamento no simulador de voo possa exigir mais esforço do que

no treinamento na aeronave real.

Substituindo por valores as variáveis acima:

$$TER = \frac{100 - 25}{100} \times 100\%$$

$$TER = 75\%$$

Neste caso tem-se 75% de transferência de treinamento, que de acordo com estudos é a percentagem mais comum em programas de treinamentos em simuladores (BLAIWES; PUIG; REGAN, 1973). É esperado que Y_c seja maior que Y_x , ou seja, o número de horas de treinamento requerido para um determinado objetivo sem simulador de voo seja maior do que o número de horas de treinamento requerido com simulador de voo, demonstrando que houve de fato uma economia de tempo e de recursos com o uso de simuladores de voo no treinamento (ROLFE; CARO, 1982). Porém esta medição de transferência de treinamento em percentagem não demonstra o quanto de tempo de treinamento foi usado antes de ocorrer transferência de treinamento. Com isto, esta fórmula foi refinada de forma que apresente resultados que melhor representem a qualidade do treinamento em si, ou seja, sendo capaz de mensurar a quantidade de treinamento em horas necessárias para que ocorra a transferência de treinamento. Desta forma, foi criado o *Cumulative Transfer Effectiveness Function* (CTEF).

2.1 CUMULATIVE TRANSFER EFFECTIVENESS FUNCTION (CTEF)

Definido como sendo capaz de mensurar a economia total de tempo de treinamento na aeronave real, em relação ao tempo gasto no simulador de voo (ROSCOE, 1971).

$$CTEF = \frac{Y_o - Y_x}{X}$$

Y_o – tempo, tentativas ou erros exigidos por um grupo de controle para atingir um critério de desempenho;

Y_x – valor correspondente para um grupo experimental, ou de transferência, que tenha recebido prática anterior em outra tarefa;

X – tempo total, tentativas ou erros exigidos pelo grupo experimental para atingir um critério de desempenho.

Substituindo por valores as variáveis acima:

$$CTEF = \frac{50 - 40}{10}$$

$$CTEF = 1$$

Por exemplo, considerando que o grupo de controle teve um treinamento com a duração de 50 horas de voo totais para atingir o critério de desempenho da tarefa. E que o grupo experimental tenha tido um treinamento com a duração total de 40 horas de voo totais para atingir o critério de desempenho da tarefa, após receber 10 horas em um simulador de voo. O resultado representa 1 hora de transferência de treinamento e economia de tempo para cada hora no simulador de voo, ou seja, as exatas 10 horas no simulador de voo foram aproveitadas.

$$CTEF = \frac{50 - 40}{20}$$

$$CTEF = 0.5$$

Com isso, continuando, caso se faça o dobro de horas (20 horas) em simulador de voo durante o treinamento, estas horas a mais poderão caracterizar-se como inúteis, pois as horas aproveitadas continuarão sendo as mesmas (10 horas). Deste modo, apenas 0.5 hora de transferência de treinamento serão aproveitadas para cada hora no simulador de voo. Caracterizando um desperdício de recursos e de tempo.

2.2 INCREMENTAL TRANSFER EFFECTIVENESS FUNCTION (ITEF)

Provê a economia gradual ou incremental de tempo de treinamento na aeronave real, em relação ao tempo gasto no simulador de voo. O ITEF é capaz de reconhecer o valor decrescente causado por incrementos sucessivos no tempo de treinamento em simuladores de voo, em termos de tempo economizado em equipamentos que geralmente são mais caros, como por exemplo na própria aeronave real (WILLIGES; ROSCOE; WILLIGES, 1973).

$$ITEF = \frac{Y_{x-\Delta x} - Y_x}{\Delta X}$$

$Y_{x-\Delta x}$ – tempo total, tentativas ou erros exigidos pelo grupo experimental para atingir um critério de desempenho, após $X-\Delta X$ unidades de treinamento em simulador;

Y_x – valor correspondente para um grupo experimental ou de transferência que tenha recebido prática anterior em outra tarefa;

ΔX – quantidade incremental de tempo, tentativas ou erros no simulador.

Substituindo por valores as variáveis acima:

$$ITEF = \frac{Y_{5-1} - Y_5}{5 - 4}$$

$$ITEF = \frac{5^{2/3} - 5}{5 - 4}$$

$$ITEF = 2/3$$

Calculando para um grupo experimental que tenha requerido $5^{2/3}$ horas na aeronave para atingir o critério de desempenho, após receber 4 horas de treinamento em simulador, e outro grupo experimental que tenha requerido 5 horas na aeronave para atingir o critério de desempenho, após 5 horas de treinamento no simulador, o resultado é que, aumentando o tempo de treinamento do simulador de 4 para 5 horas terá economizado $2/3$ horas na aeronave real (ROSCOE; WILLIGES, 1980; BORGVALL et al., 2007). Evidenciando que há um limite de horas em simulador de voo que podem ser aproveitadas posteriormente em um voo real. Micheli (1972) diz que experimentos revelam que apenas quantidades substanciais de horas de voo podem ser substituídas pelo tempo em simuladores. Isto faz com que se evite um possível *over-training*, ou seja, garantir que o tempo de treinamento seja utilizado para atingir o nível de proficiência desejado e nada além disto (CARO, 1971).

Portanto, não é possível realizar todo o treinamento de um piloto em um simulador de voo. Caso alguma parte deste seja feito em simuladores, a quantidade de horas que de fato poderão ser aproveitadas pelo piloto em um voo real será limitada. Borgvall et al. (2007) afirma que há evidências de que a transferência da

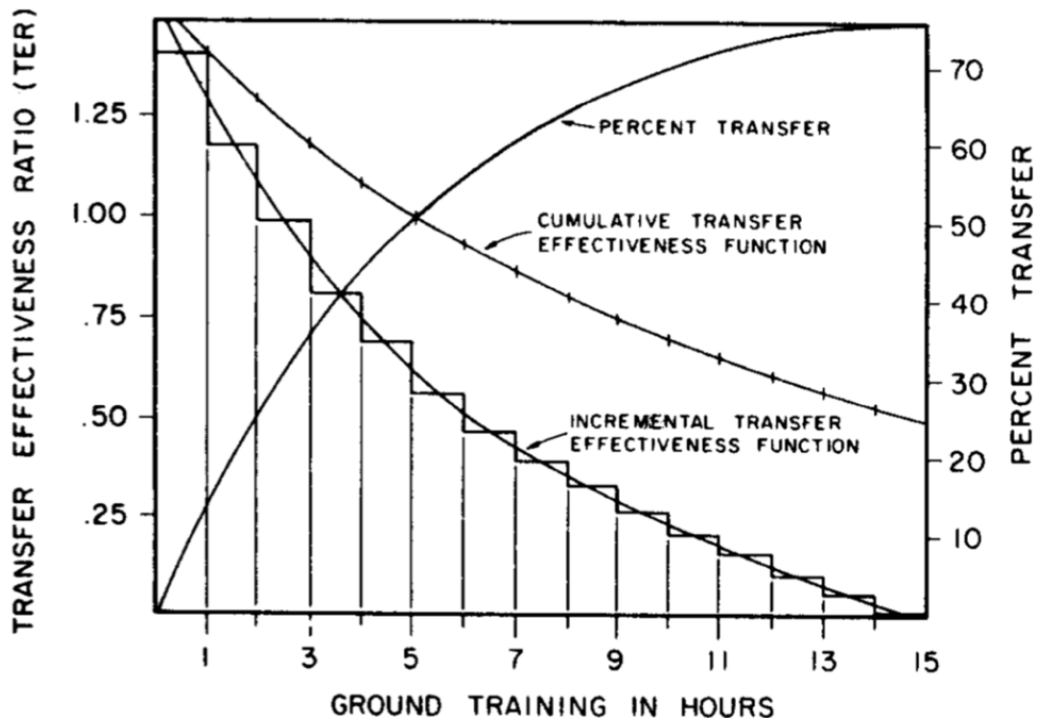
primeira hora no simulador é maior do que na segunda hora e assim por diante. Conseqüentemente, a eficácia da transferência de treinamento vai diminuindo ao longo do tempo no simulador, conforme demonstram as figuras abaixo.

Figura 1 - Tabela relacionando entre a transferência de treinamento por hora de treinamento em simulador

	GROUND TRAINER HOURS, X															
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Flight Hours, Y	10.00	8.60	7.44	6.48	5.68	5.01	4.45	3.98	3.59	3.27	3.01	2.81	2.66	2.56	2.51	2.50
Flight Hours Saved, $Y_0 - Y_x$		1.40	2.56	3.52	4.32	4.99	5.55	6.02	6.41	6.73	6.99	7.19	7.34	7.44	7.49	7.50
Percent Transfer, $\frac{Y_0 - Y_x}{Y_0} \cdot 100$		14.0	25.6	35.2	43.2	49.9	55.5	60.2	64.1	67.3	69.9	71.9	73.4	74.4	74.9	75.0
Incremental TER, $\frac{Y_x - \Delta x - Y_{x-1}}{\Delta X}$		1.40	1.16	0.96	0.80	0.67	0.56	0.47	0.39	0.32	0.26	0.20	0.15	0.10	0.05	0.01
Cumulative TER, $\frac{Y_0 - Y_x}{X}$		1.40	1.28	1.17	1.08	1.00	0.93	0.86	0.80	0.75	0.70	0.65	0.61	0.57	0.53	0.50

Fonte: Roscoe (1971).

Figura 2 - Representação gráfica dos valores da Figura 1



Fonte: Roscoe (1971).

Isto foi demonstrado por Roscoe (1971), descobrindo que o treinamento inicial em um simulador de voo era mais eficiente do que em aeronaves reais, porém até certo ponto, após o qual a transferência de treinamento começava a diminuir. Deste modo, com base em valores hipotéticos e alguns estudos anteriores, Roscoe criou a tabela acima relacionando os valores de TER, ITEF e CTEF com o número de horas de treinamento em simuladores de voo, e representaram ainda a diminuição da transferência de treinamento na medida em que o tempo de treinamento vai aumentando.

No caso de treinamento de voo, são necessárias comparações diretas dos custos operacionais dados pela razão entre o custo operacional da hora do treinamento em simuladores de voo e da aeronave real, a fim de fornecer um guia para o ponto de corte de custo-benefício na escala TER. Esta razão foi chamada de *Training Cost Ratio* (TCR) e é representada pela seguinte equação (ROLFE; CARO, 1982):

$$TCR = \frac{\text{Custo de operação em simulador de voo}}{\text{Custo de operação na aeronave real}}$$

A relação dita acima, entre o TER e o TCR, é feita pela equação abaixo denominada de *Cost Effectiveness Ratio* (CER) (ROLFE; CARO, 1982):

$$CER = \frac{TER}{TCR}$$

- CER > 1 indica que um treinamento econômico pode ser alcançado.

Substituindo por valores as variáveis acima:

$$TER = \frac{50 - 10}{50}$$

$$TER = 0.8$$

Considerando agora que o custo por hora do treinamento em simuladores de voo seja 35\$, enquanto que o custo por hora do treinamento em aeronaves reais seja de 300\$, tem-se:

$$TCR = \frac{35\$/h}{300\$/h}$$

$$TCR = 0.11$$

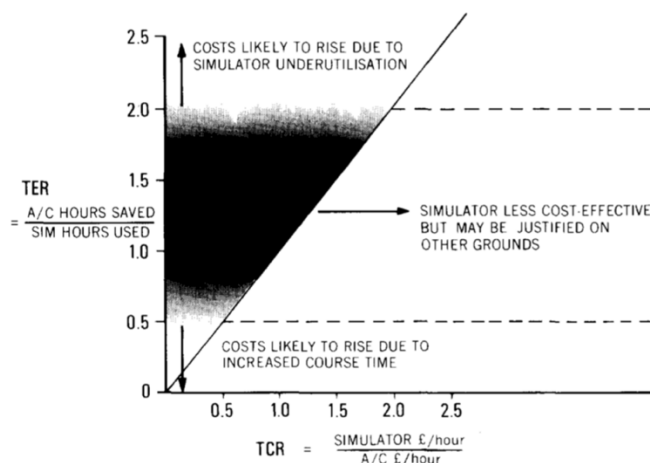
Aplicando os resultados acima na fórmula CER, tem-se:

$$CER = \frac{0.8}{0.11}$$

$$CER = 7,27$$

Este resultado demonstra que, neste caso, de acordo com estes valores, o treinamento em simuladores de voo teria um bom custo-benefício. Um custo elevado no treinamento em simuladores de voo, demonstraria um possível mal planejamento do mesmo, pois teria sido causado pelo uso desnecessário de simuladores de alta fidelidade, e ainda, por ter um longo período de duração. Ainda assim, caso o resultado demonstre um elevado custo no treinamento, isto não significa que não se deve usar este treinamento. Algumas variáveis como as condições da aeronave, meteorologia, congestionamento de tráfego aéreo e segurança, tornam ainda o uso do treinamento de solo viável (ROSCOE; WILLIGES, 1980). A relação CER, demonstrada através da resolução das fórmulas e das interpretações dos seus respectivos resultados, pode ainda ser representada em forma de gráfico, conforme feito por Rolfe e Caro (1982):

Figura 3 - Representação gráfica da relação entre o TER e o TCR



Fonte: Rolfe e Caro (1982).

O gráfico acima demonstra como é possível antecipar os limites de custo-efetividade do treinamento. Pode acontecer dos custos do treinamento serem identificados mais cedo como estando fora das regiões de custo-efetividade. Nesses casos, o reconhecimento precoce da situação permite a reavaliação do programa de treinamento ou o fornecimento de informações objetivas adicionais para apoiar o programa por motivos que não sejam apenas custos, como as variáveis ditas acima.

3 FIDELIDADE

Com o passar dos anos, devido ao próprio desenvolvimento de tecnologias, os simuladores acabaram tornando-se complexos e de certo modo mais fiéis à realidade. Pode-se dizer que conceitos como o de fidelidade e o de transferência de treinamento, são fundamentais quando se tratando da efetividade dos simuladores de voo. Segundo Noble (2002) a fidelidade é o grau em que um simulador ou experiência simulada imita o mundo real. Quanto a Hays e Singer (1989), a fidelidade é definida pelo quão semelhante deve ser uma situação de treinamento, em relação à situação operacional real, a fim de treinar com mais eficiência. Gerathewohl (1969) da *Federal Aviation Administration* (FAA), define fidelidade como o grau com que um dispositivo reproduz com precisão um efeito específico.

A fidelidade, ainda, é usada como o conceito de organização para determinar como conduzir análises de tarefas e usar seus resultados para tomar decisões de design de sistemas de treinamento (fidelidade física e cognitiva). A fidelidade interage com vários parâmetros para determinar a eficácia de um determinado treinamento. O efeito da fidelidade no treinamento não é simples, e é modificado pelo contexto total de treinamento (HAYS; SINGER, 1989). Bunker (1978) afirma que houve progresso somente quando as pessoas perceberam que, em vez de ponderar como alcançar o realismo, devem perguntar como alcançar o treinamento. Hamstra et al. (2014), identificou durante o seu estudo como um dos pontos mais importantes, o fato do mesmo simulador poder ser visto como de alta ou baixa fidelidade. Isto depende de quais recursos serão realçados ou ignorados e que os requisitos de fidelidade variam de acordo com o objetivo do treinamento, concluindo que classificar a fidelidade como alta ou baixa é muito simplista.

Williges, Roscoe e Williges (1973) dizem que decisões como incluir sistemas complexos e caros em simuladores de voo são muitas das vezes determinados

pelas atitudes dos alunos e instrutores. Caro (1976) diz que a fidelidade é uma questão de proporcionar relevância à simulação para atingir os objetivos do treinamento, não sendo somente uma correspondência física da aeronave real. Afirma, ainda, que um alto nível de fidelidade gera, de certa forma, uma motivação em quem nela operará. Logo, se um instrutor operar um simulador que realmente se pareça com a aeronave real, isto o motivará e terá um impacto positivo sobre a sua atitude perante o treinamento que, por conseguinte, também refletir-se-á no aluno.

Para Noble (2002), quando se trata de uma avaliação em uma aeronave real, espera-se que os pilotos *experts* (experientes) reajam com precisão e eficiência, enquanto é esperado que os pilotos *novices* (neófitos) cometam certos erros no processo de aprendizado. Portanto, pode-se deduzir que a alta fidelidade é desejada em dispositivos de treinamento, baseados em simulações que se propõem a prever o desempenho de pilotos experientes em situações do mundo real. Ryder, Redding e Beckschi (1987), definiram pilotos experientes como sendo mais flexíveis na resolução de problemas, podendo acessar mais prontamente seus conhecimentos sobre uma determinada tarefa, e de serem mais capazes de monitorar e regular seu desempenho. Adams (1993) afirma que a velocidade e a precisão para a resolução de problemas, usando a memória, é o processo fundamental que explica as diferenças entre as capacidades de pensamento de pilotos experientes e neófitos.

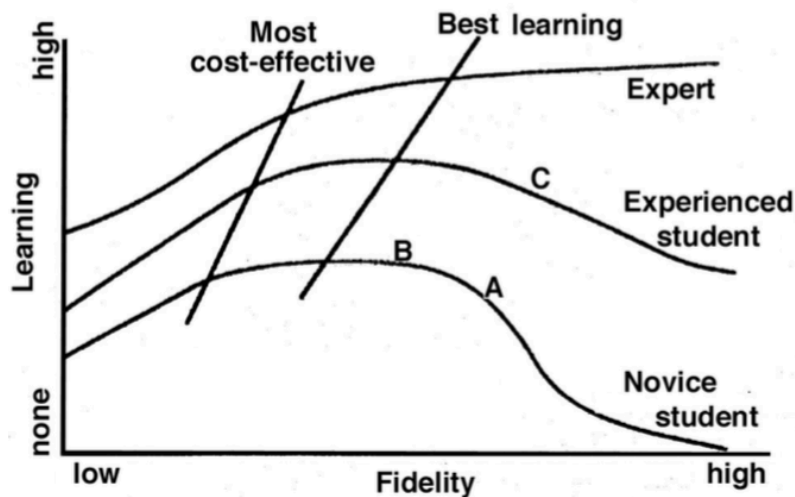
Segundo este raciocínio, a expertise, é outro fator a ser levado em consideração. Isto acontece tanto com a fidelidade física quanto com a fidelidade cognitiva. Pilotos experientes requerem uma maior fidelidade do simulador de voo e do treinamento em si (NOBLE, 2002). No caso da fidelidade física, seria o grau de semelhança do simulador de voo com a aeronave real. Uma maior fidelidade cognitiva será alcançada em um simulador que estimule cognitivamente o aluno, e ainda, através de um programa de treinamento estruturado para desenvolvimento destas habilidades.

Para Adams e Ericsson (1992), estudos demonstram que a expertise facilita a aquisição e integração da informação presente e consequente tomada de decisão, de acordo com as suas experiências prévias. Em um treinamento baseado em cenários, por exemplo, pilotos experientes tomariam decisões mais sábias e sensatas, com base na sua experiência e vivência adquiridas durante seus voo reais. Já um piloto neófito, tomaria uma decisão coerente com o seu grau de conhecimento do momento, sendo muitas das vezes tomada pela primeira vez e,

talvez, julgada como não cabível na respectiva situação. Requer-se, assim, uma avaliação que leve em consideração o nível de experiência do piloto.

Inicialmente, Miller (1974), em suas considerações para os projetos de dispositivos de treinamento, afirmou que os estudos nunca mostraram que a alta fidelidade está associada a um baixo nível de treinamento, ou mesmo *negative transfer of training*. Posteriormente, esta declaração foi constatada como falsa. Em um estudo da Força Aérea Americana (MARTIN; WAAG, 1978), foi demonstrado que os simuladores de voo com alta fidelidade forneciam demasiadas informações para os neófitos e, na verdade, prejudicavam o seu treinamento.

Figura 4 - Grau de fidelidade em função do nível de aprendizagem



Fonte: Alessi (1988).

Percebe-se, que a taxa de melhor transferência de treinamento está em uma faixa intermediária de fidelidade física e cognitiva, sendo que quanto maior a experiência do piloto, mais alto é o nível de fidelidade e de melhor transferência de treinamento. Na medida em que esta fidelidade aumenta, maior é a transferência de treinamento em pilotos experientes, enquanto que para os pilotos neófitos, a transferência de treinamento cai bruscamente. Desta maneira, o treinamento custo-efetivo se encontra em uma faixa entre a baixa fidelidade e a fidelidade intermediária, justamente por dispender menos recursos. A taxa de melhor transferência de treinamento deverá, sempre, procurar ser alcançada. Através do planejamento de programas de treinamento com objetivos bem definidos, torna-se possível a escolha adequada do nível de fidelidade para o treinamento que se propõe.

3.1 FIDELIDADE FÍSICA

A fidelidade física segue o princípio de elementos idênticos, sendo definida como o grau em que a simulação se assemelha, soa e representa a tarefa real (ALEXANDER et al., 2005). De acordo com estudos, quanto maior for a quantidade de elementos idênticos entre o simulador e a aeronave real, maior será a transferência de treinamento. Porém, nem sempre é possível atingir um nível elevado de fidelidade física em simuladores. De acordo com Blaiwes, Puig e Regan (1973), alguns desvios deste padrão considerado ótimo de fidelidade física ocorrem devido a 4 razões:

- a) Efetividade do treinamento - é contrário à boa prática de treinamento tentar fazer do treinamento uma réplica exata do mundo real. Assim, dependendo do objetivo do treinamento, uma alta fidelidade física pode não ser necessária;
- b) Rentabilidade – um simulador de alta fidelidade exige um gasto maior de recursos, assim como um treinamento em uma aeronave real. Caso seja possível atingir um bom nível de transferência de treinamento com um custo menor, com certeza deverá ser levado em consideração;
- c) Segurança – o trabalho em si pode ser muito perigoso para ser praticado em um contexto de treinamento;
- d) Barreiras tecnológicas – devido à complexidade da tecnologia e a seu alto custo, por vezes não é possível atingir o nível desejado de fidelidade física.

A influência desta no treinamento de pilotos foi demonstrada em relatórios finais de vários acidentes aeronáuticos, como fatores contribuintes. Um deles, é o caso do voo 587 da *American Airlines*, cujo estabilizador vertical despreendeu-se da aeronave após sucessivas aplicações de pedal por parte do piloto. O *American Airlines 587* passava pela esteira de turbulência³ de outra aeronave que decolara instantes antes. Após as investigações a *National Transportation Safety Board* (NTSB) realçou dois fatores contribuintes relacionados ao treinamento no simulador: primeiro, o instrutor instruiu de forma errônea o piloto sobre a aplicação do pedal e,

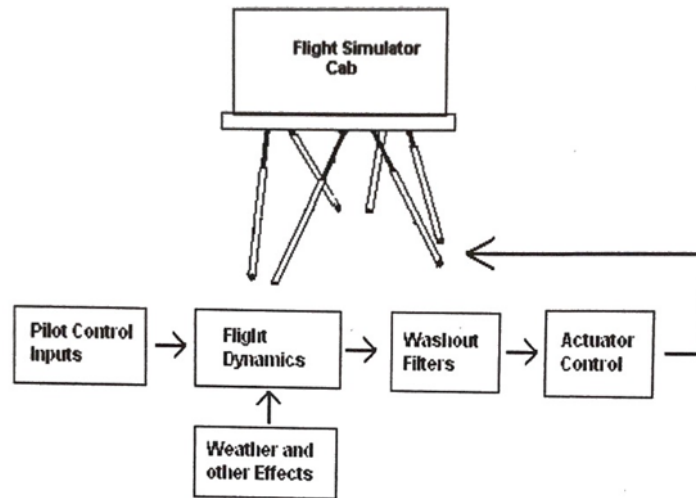
³ Esteira de turbulência - perturbações causadas por um ou mais pares de vórtices contra-rotativos que se arrastam nas pontas das asas das aeronaves, causados pelo diferencial de pressão entre o extradorso e o intradorso da asa (FAA, 2014).

segundo, devido à baixa fidelidade do simulador, fez com que a resposta do mesmo sobre as aplicações dos pedais fosse consideravelmente diferente em relação à aeronave real (NTSB, 2004). Apresentando de antemão, a importante relação entre a fidelidade física e seus possíveis desvios, com o instrutor de voo.

Estudos apontam que a influência da fidelidade do simulador no treinamento é de certo modo variável. Dependendo do tipo de treinamento e da fase da aprendizagem do piloto-aluno, um simulador com um baixo nível de fidelidade pode não necessariamente se mostrar prejudicial, podendo satisfazer às necessidades do treinamento naquele momento, em uma determinada etapa ou treino específico. Hamstra et al. (2014) diz que uma ênfase indevida na alta fidelidade pode direcionar a atenção do aluno para aspectos irrelevantes do simulador de voo e distanciar-se dos elementos centrais do objetivo primário de treinamento. Isto faz com que um simulador alta fidelidade não seja de todo necessário pelo fato da transferência de treinamento já ter sido alcançada. Como consequência ter-se-á uma economia de recursos, pois claramente um simulador de baixa fidelidade despenderá de menores custos de instalação e manutenção.

Em alguns casos a alta fidelidade se faz necessária. Além de termos um painel em escala real e sistemas similares aos da aeronave real, um dos fatores que muito influenciam na questão da fidelidade física é o *motion*. Para Lee (2005) *motion* é um sistema responsável e capaz de mover todo o simulador em torno de um ou mais eixos. Em simuladores *motion*, dois tipos de movimentos são apresentados: o movimento que está correlacionado com a manobra do piloto é chamado de *correlated motion* ou *maneuver motion*, e o movimento que está relacionado com as mudanças ambientais é chamado de *disturbance motion* (movimento de perturbação devido a cisalhamento do vento, turbulência ou falha do motor). Ambas as fontes de movimento podem fornecer um *feedback* ou retorno que é usado para o piloto ajustar o seu voo (GRUNDY et al., 2016; CARO, 1979). Observa-se na figura abaixo, a relação entre o *maneuver motion* representado como *pilot control inputs*, *disturbance motion* representado como *weather and other effects* e as suas interferências nos atuadores da plataforma do simulador.

Figura 5 - Ilustração de uma plataforma *motion* de simulador



Fonte: Lee (2005).

Tomando como exemplo um treinamento prático no simulador de voo para a recuperação de *stall*⁴. Neste caso é necessário um alto nível de fidelidade do simulador (através do uso de atuadores hidráulicos) para reproduzir o *motion* e, até, com a instalação de um dispositivo de vibração no manche para reproduzir o *buffet*⁵, como o *Stick Shaker*⁶ em aeronaves de grande porte. Isso claramente aumentará a transferência de treinamento, visto que o piloto em instrução conseguirá evidenciar os indícios de um *stall* e conseqüentemente, saber agir corretamente quando o mesmo acontecer em um voo real.

Pode-se usar a mesma explicação acima, para um treinamento *multi engine*. Visto que o *motion* daria uma percepção mais acurada do motor em pane, e assim realizar o respectivo procedimento de forma mais agilizada e segura. Contudo, no caso de um treinamento *multi engine* em um simulador não *motion*, isto obrigaria o aluno a identificar outros meios que também são capazes de indicar de forma precisa a guinada e, conseqüentemente o motor em pane. Muitos estudos falharam em apontar a real influência do *motion* em um treinamento *multi engine*.

⁴ *Stall* - é uma condição aerodinâmica na qual ocorre uma perda de sustentação e um aumento no arrasto quando voando em ângulos de ataque maiores do que o ângulo de ataque na qual a sustentação é máxima (ângulo de ataque crítico) (FAA, 2000).

⁵ *Buffet* - é uma vibração sentida a bordo da aeronave causada geralmente pelo descolamento e turbilhonamento do fluxo de ar (Boeing, 2001).

⁶ *Stick Shaker* - é um dispositivo mecânico que vibra o manche da aeronave para avisar sobre o início do *stall*. Nada mais é do que uma indicação artificial do *buffet*.

3.2 FIDELIDADE COGNITIVA

Esta abordagem, considera ainda a fidelidade como sendo algo importante e necessário para a transferência de treinamento. Todavia não é a fidelidade física, com seu nível otimizado, que é levada em consideração nesta análise. O ponto central é a fidelidade cognitiva, que é a forma como o treinamento, ou o simulador, envolve cognitivamente o aluno (KAISER; SCHROEDER, 2003).

Para Lee (2005), fidelidade cognitiva refere-se à variedade de funções mentais de alta demanda, como a memória, atenção e raciocínio simbólico. Este processo cognitivo individual gera uma certa demanda sobre os recursos mentais disponíveis do piloto. Habilidades de voo dos pilotos que são certamente dependentes de um certo processo cognitivo, são classificadas como habilidades cognitivas. Gerenciamento da carga de trabalho, planejamento, comunicação, procura por solução de problemas e o processo decisório, são exemplos de processos cognitivos muito frequentes no dia a dia dos pilotos.

Acrescenta⁷ ainda que, para o simulador prover um alto nível de fidelidade cognitiva, o projetista do simulador deve ter um grande entendimento e conhecimento sobre o ambiente de tarefas operacionais dos pilotos. Este ambiente de tarefas operacionais pode se diferenciar amplamente, dependendo do tipo de operação da aeronave para o qual cada piloto está sendo treinado. Com isso, a simulação de uma mesma aeronave pode ser consideravelmente diferente, de acordo com o ambiente operacional, realçando mais uma vez a importância de um programa de treinamento e da definição de objetivos a serem atingidos. Estes ambientes de tarefas operacionais podem ser introduzidos no treinamento através de programas como o *Line-Operations Simulation* (LOS) e o *Line-Oriented Flight Training* (LOFT) que muito são utilizados pelas companhias aéreas nos dias de hoje.

O LOFT⁸ é o programa que se refere ao uso de um simulador de treinamento e um cenário altamente estruturado, para simular o ambiente operacional, visando treinamento de tripulações de voo. São cenários e situações que geram uma elevada carga de processos mentais durante o treinamento, exigindo muito das habilidades não técnicas dos pilotos, como o gerenciamento de cabine, processo

⁷ LEE, Alfred T. **Flight Simulation: virtual environments in aviation**. Burlington: Ashgate Publishing Company, 2005.

⁸ LAUBER, J. K.; FOUSHEE, H. C. **Guidelines for Line-Oriented Flight Training**. 1981, v. 1, p. 5.

decisório, resolução de problemas e a comunicação entre a tripulação. O LOS⁹, por sua vez, é usado pelo LOFT para auxiliar no desenvolvimento e na avaliação de procedimentos operacionais e novos equipamentos, verificação de proficiência e ainda na pesquisa de fatores humanos na cabine.

Um dos meios para a definição de um programa de treinamento que leve em consideração os processos cognitivos associados a uma determinada tarefa, é o *Cognitive Task Analysis* (CTA). Seamster e Redding (1997) definem CTA como uma nova abordagem para treinamento, projeto de sistemas e gerenciamento de recursos humanos. Ele descreve as habilidades cognitivas que suportam o desempenho no trabalho, como compreensão conceitual, tomada de decisão, resolução de problemas, alocação de atenção e planejamento e gerenciamento de carga de trabalho.

O CTA descreve os processos mentais que suportam o desempenho no trabalho e as interações dos pilotos com o computador e outras formas de automação do sistema. Particularmente, quando combinado com a análise comportamental, o CTA fornece um retrato abrangente de como o pensamento e o comportamento guiam o desempenho humano. Esta análise pode ser feita através de métodos como entrevistas cognitivas, comunicação entre a equipe, reportes verbais e escalas psicológicas. Todavia, estes métodos só são possíveis, quando se identificam as estruturas e processos cognitivos essenciais (SEAMSTER; REDDING, 1997):

- a) Conhecimento - conceitos de trabalho, princípios ou regras;
- b) Conhecimento estrutural - a organização mental que descreve as inter-relações entre os principais conceitos, princípios ou regras do trabalho;
- c) Habilidades automáticas - atividades cognitivas ou físicas que os especialistas podem executar com rapidez, sem esforço e com pouca atenção consciente, liberando assim recursos mentais para realizar outras tarefas (o termo habilidades automáticas não está relacionado à automação do sistema);
- d) Habilidades de representação - a representação mental dinâmica (imagem mental) de uma tarefa, processo ou sistema de tarefa que melhora o desempenho da tarefa permitindo que o trabalhador preveja os resultados antes de executar uma ação. As habilidades de representação desempenham um papel fundamental na manutenção da conscientização da situação;
- e) Táticas de tomada de decisão e solução de problemas - heurísticas,

⁹ LAUBER, J. K.; FOUSHEE, H. C. **Guidelines for Line-Oriented Flight Training**. 1981, v.1, p. 5.

algoritmos e regras práticas para decidir entre alternativas;

- f) Estratégias de alto nível - estratégias de controle mental para planejar, monitorar e ajustar o desempenho.

Com o passar dos anos, e com o desenvolvimento da tecnologia, a demanda cognitiva requerida do piloto vem aumentando consideravelmente. As próprias companhias aéreas solicitam em seus *Standard Operational Procedures (SOP)*¹⁰ que os pilotos usem o máximo da automação possível, fazendo com que etapas do voo, como o de cruzeiro, não exijam deles a pilotagem propriamente dita. Mas sim que gerenciem os modos do piloto automático, cálculos mentais, solução de problemas e tomada de decisão, entre outros vistos acima. Tudo isso, aumenta a carga de trabalho e os processos cognitivos dos pilotos, demonstrando a importância de uma análise cognitiva no treinamento.

Figura 6 - Tarefas e processos cognitivos em diferentes etapas do voo durante uma aproximação por instrumentos

	Task	Cognitive Process
Cruise	<ul style="list-style-type: none"> - Planning/preparation - Monitoring aircraft state parameters - Monitoring/processing radio communications 	<ul style="list-style-type: none"> - Long term/working memory - Attention allocation - Working memory and attention allocation
Descent	<ul style="list-style-type: none"> - Monitoring/correcting aircraft state parameters - Monitoring/processing ATC radio communications - Monitoring of broadcast communications for terminal area information - Airport diversion decision 	<ul style="list-style-type: none"> - Attention allocation - Working memory and attention allocation - Attention allocation long term & working memory - Decision making
Approach	<ul style="list-style-type: none"> - Monitoring/correcting aircraft state parameters - Monitoring of communication for ATC directives - Review approach procedures - Continue/discontinue approach - Airport diversion decision 	<ul style="list-style-type: none"> - Attention allocation and working memory - Attention allocation - Long term/working memory - Decision making - Decision making

Fonte: Lee (2005).

¹⁰ SOP - o procedimento operacional padrão fornece aos tripulantes de voo um guia de como realizar as operações de uma aeronave de maneira efetiva, segura e coordenada de acordo com as orientações do fabricante e da companhia aérea.

Nesta tabela, nota-se a relação entre as tarefas e os processos cognitivos associados a elas. É essencial a capacidade de analisar e relacionar tarefas e processos cognitivos, para que se possa alcançar um objetivo específico. Sendo assim, capazes de planejar e estruturar corretamente uma sequência de treinamento adequada, garantindo a efetividade deste e, por conseguinte, transferência de treinamento.

A fidelidade cognitiva no treinamento em simuladores de voo, pode ser implementada com o desenvolvimento de programas de treinamento que construam uma base de conhecimento flexível e acessível, com modelos mentais eficientes para a compreensão e o desempenho das tarefas. Com isto, o aluno possui diversas ferramentas para realizar tarefas complexas, em vez de apenas aprender uma sequência de ações de um certo procedimento. Além disso, a abordagem cognitiva pode facilitar muito a transferência de treinamento, ensinando habilidades metacognitivas, como estratégias de aprendizagem e resolução de problemas (RYDER; REDDING; BECKSCHI, 1987).

Com isso, é possível haver transferência de treinamento através de determinadas tarefas que não necessariamente repliquem o mundo real, mas que provoquem estímulos e um certo esforço cognitivo que serão úteis em situações reais (LATHAN et al., 2002). Fatores psicológicos e preceptivos como consciência situacional, ansiedade, estresse e o processo decisório, são muito importantes para a efetividade do treinamento nestes casos (TABER, 2014). Um treinamento que requer um alto nível de atenção do piloto e produz efeitos psicológicos como os citados acima, é considerado de alta fidelidade cognitiva pois duplica a situação cognitiva em relação ao mundo real, em que o piloto deve monitorar vários sistemas e planos simultaneamente (HOCHMITZ; YUVILER-GAVISH, 2011).

Independentemente do nível de experiência do piloto, geralmente não se consegue realizar múltiplos processos cognitivos ao mesmo tempo. Por exemplo, refazer a navegação, mentalmente calcular o combustível remanescente e negociar esta nova rota com o controlador de tráfego aéreo durante o voo. Isto geralmente exige uma grande demanda mental do piloto e, na medida em que a aeronave e o espaço aéreo vão se tornando mais complexos, as habilidades cognitivas do piloto despontam com sua grande importância (LEE, 2005).

A automaticidade seria um exemplo de habilidade possível a ser desenvolvida através de tarefas cognitivas, condicionando de certa forma o piloto a ter reações automáticas em certas situações, sem muita concentração mental, com pouco

esforço aplicado e sem precisar prestar muita atenção para detectar os problemas. Quando estas tarefas que possam ser executados automaticamente são inteligentemente analisadas e escolhidas, são vantajosas para o desempenho, especialmente sob condições de estresse, carga de trabalho excessiva ou vigiância (RYDER; REDDING; BECKSCHI, 1987).

A fidelidade cognitiva no treinamento de simulação para aquisição de habilidades processuais pode ser alcançada projetando o simulador para suportar imagens motoras. Em sua definição mais básica, a imagem motora é um processo no qual o indivíduo imagina a ação auto-executada (ANNETT, 1995). Isto seria o voo mental, que é muito recomendado para alunos durante o seu treinamento, principalmente na fase inicial, onde ele é capaz de imaginar cada etapa de uma determinada tarefa do voo, facilitando a memorização destas tarefas ou procedimentos e aumentando a agilidade nos mesmos.

4 RELAÇÃO ENTRE A FIDELIDADE E A TRANSFERÊNCIA DE TREINAMENTO

Acredita-se que vários fatores afetam a transferência de treinamento. A maioria diz respeito a diferentes aspectos da fidelidade da simulação. Além do desejo de treinar com segurança manobras perigosas no solo, a principal razão para a construção de simuladores de voo é oferecer treinamento com custo reduzido. Portanto, investigar quais facetas do simulador contribuem, ou não, para transferência de treinamento, é uma questão crucial. A transferência de treinamento não é uma função linear em relação à fidelidade (BORGVALL et al., 2007).

Segundo Simon e Roscoe (1984), um dos princípios que deve ser seguido quando se estiver relacionando a fidelidade com a transferência de treinamento é: A transferência de treinamento do simulador de voo para a aeronave real é uma função positiva do grau em que o simulador de voo reflete fielmente as características da aeronave real. O efeito deste princípio tem se refletido em simuladores de voo com uma alta fidelidade física. Porém é reconhecido que *task similarity* (similaridade da tarefa) não depende necessariamente da fidelidade física. Para Micheli (1972) o modo como um dispositivo ou simulador é usado pode influenciar diretamente no aprendizado e na transferência em maior grau do que o design ou fidelidade do simulador ou treinamento.

Diante dos conceitos anteriormente abordados, nota-se uma relação entre eles. Esta relação foi evidenciada por Lee (2005), afirmando que a presença de baixa fidelidade pode levar a uma transferência negativa de treinamento com resultados inseguros e até mesmo catastróficos. Hays e Singer (1989), concluíram através do senso comum que o aumento da transferência de treinamento é associado a níveis mais altos de fidelidade em simuladores. Para Caro e Prophet (1971) muitos dos simuladores nos dias de hoje são projetados e desenvolvidos para melhorar a transferência de treinamento ao invés de tentarem duplicar ao máximo a fidelidade física quando comparado à aeronave real.

Hochmitz e Yuviler-Gavish (2011) realizaram um estudo simples que dividiu os entrevistados em dois grupos, consistindo de um grupo de fidelidade física e um grupo de fidelidade cognitiva. Um simulador virtual tridimensional foi usado. As medidas de desempenho incluíram o tempo de treinamento, o número de erros finais, o tempo de teste, o número de erros corrigidos e o tempo usado para corrigir os erros. Os autores concluíram que, para o desenvolvimento de habilidades processuais em tarefas psicomotoras, era necessária tanto uma abordagem de treinamento com um certo nível de fidelidade cognitiva, quanto um treinamento com um certo nível de fidelidade física.

Contudo, alguns estudos demonstram que a fidelidade do simulador pode não ser necessariamente um indicativo de melhora no treinamento. De acordo com Bürki-Cohen et al. (2000), pesquisas indicaram que mesmo em simuladores *motion*, não se constatou nenhuma melhora de uma maneira operacionalmente significativa para as manobras nas quais foram testadas. Lintern et al. (1989), notam em seu estudo sobre o bombardeamento de ataque ao solo que a diminuição da fidelidade física nem sempre leva a uma diminuição na transferência de treinamento. Vaden e Hall (2005) concluíram que o desempenho do simulador e o desempenho da transferência subsequente não mostraram uma relação direta. Lintern et al. (1989) diz que a fidelidade física não é um requisito para uma transferência de treinamento positiva.

Muito é dito que as companhias aéreas sempre usaram simuladores de forma eficaz por causa de seus pilotos sofisticados e já preparados. Sabendo tudo o que há para saber sobre voar, sendo apenas uma questão de ensiná-los a operar um novo equipamento ou aeronave. Nestes casos, a alta fidelidade do simulador aliada a pilotos experientes, é de extrema conveniência e importância uma transição rápida

e eficiente do simulador de voo para a aeronave real. De acordo com esse raciocínio, uma vez que um piloto na fase inicial de graduação não é tão bem qualificado quanto o piloto ingressando em uma companhia aérea, seu treinamento deve ser conduzido majoritariamente no ar (CARO, 1972).

No caso da aquisição de habilidade em um treinamento de regras de voo por instrumentos (IFR - *Instruments Flight Rules*), a fidelidade física do simulador tem um papel discutível. O voo por instrumentos tem o objetivo de realçar o uso dos instrumentos para controlar a aeronave, e navegar principalmente em condições de baixas visibilidades. Não necessitando de telas que representem o cenário externo do voo, por exemplo, e tão pouco de um painel que seja idêntico à aeronave real, sendo importante apenas a representação exata e fiel dos instrumentos utilizados em voos IFR. Pois as manobras básicas como curvas, subidas e descidas, manutenção de uma radial e localizador, manutenção da proa, velocidade e altitude são facilmente feitas pela visualização dos instrumentos da aeronave, sendo que este é o real objetivo do treinamento IFR, à capacidade de voar a aeronave fora de condições visuais. A tela para representação do cenários externo será necessária apenas para ações como pousos e decolagens (LEE, 2005).

Borgvall et al. (2007) afirma que fidelidade e sua relação com a formação é uma questão crucial, mas altamente contextual. Para evitar o excesso de investimento, os projetistas e desenvolvedores de simuladores precisam determinar níveis adequados de fidelidade para alcançar os efeitos de treinamento desejados. Este nível adequado pode ser identificado através de um estudo para a definição de um programa de treinamento, para assim adequarem os simuladores e a instrução de acordo com a transferência de treinamento que pretende-se fazer. Essa filosofia é geralmente chamada de fidelidade direcionada. Sendo interessante, usar uma combinação entre as fidelidades física e a cognitiva, aliada ao programa de treinamento, para facilitar e efetivar o treinamento de determinadas tarefas processuais, visto que as duas fidelidades têm vantagens complementares.

5 PAPEL DO INSTRUTOR DE VOO

Este papel fica evidente, através de Hays e Singer (1989), enunciando que uma melhor utilização dos recursos instrucionais pode melhorar o programa geral de instrução. Ainda assim, afirma que os pesquisadores agora estão cientes de que a

forma como o dispositivo é usado para cada tarefa pelos instruídos e pelos instrutores, é tão importante quanto as suas características de fidelidade. O instrutor é, muitas vezes, negligenciado neste processo, apesar do seu papel como um elemento-chave no sucesso do treinamento (LEE, 2005).

Esta atribuição do instrutor de voo está relacionada com a área da andragogia, termo criado por Malcolm Knowles em meados de 1930, referindo-se ao processo de aprendizagem em adultos (AFIP, 2014). Este conhecimento ajuda o instrutor de voo a entender o processo de transferência de treinamento e como pode-se aumentar sua efetividade. No âmbito da formação aeronáutica, este processo é caracterizado por ser longo e específico devido aos diferentes simuladores e sessões de treinamento aos quais os pilotos são submetidos, antes de serem considerados aptos a comandar uma aeronave real.

Para que esta influência seja determinante, é esperado que o instrutor tenha conhecimento e experiência de voo na aeronave em questão. Conforme aponta o estudo de Myers, Starr e Mullins (2018) é imperativo que o instrutor identifique as diferenças entre o simulador e a aeronave, para evitar que as deficiências conhecidas do simulador criem uma transferência negativa de treinamento. As lacunas originadas por baixa fidelidade, devem ser preenchidas pelo instrutor, alertando os alunos sobre as deficiências do simulador. O papel do instrutor em minimizar as desvantagens do simulador é fundamental para uma transferência de treinamento positiva.

Exerce o seu papel durante a aplicação do treinamento, para que seja possível alcançar os objetivos. Gagne, Briggs e Wager (1992), afirmam que é importante definir os objetivos de cada sessão ou missão de um programa de treinamento, para que se atinja com êxito o objetivo final do mesmo. De acordo com eles, existem nove eventos instrucionais essenciais durante a estruturação e aplicação de um programa de treinamento, que são:

- a) Ganho de atenção - mostre que um treinamento bem estruturado, pode ser muito efetivo para os seus alunos.
- b) Identificar e informar o aluno sobre o objetivo - colocar a questão: "O que é esperado que o aluno aprenda no final do treinamento?", após isso, informe e esclareça ao aluno qual foi o objetivo definido.
- c) Lembre-se de aprender antes – é muito importante que o instrutor tenha total domínio sobre aquilo que se pretende transmitir.

- d) Apresente um estímulo – estímulos como mudanças na entoação da voz e perguntas que chamem a atenção do aluno para um determinado instrumento painel, quando necessários, são bem vindos.
- e) Guia de aprendizagem – dê exemplos, sugestões e assinale previamente a missão, alguns pontos que se considere crucial para a aprendizagem de uma determinada tarefa.
- f) Estimular o desempenho – estratégias com este fim podem ser aplicadas, por exemplo, pedir aos alunos que criem 5 exemplos diferentes sobre o assunto previsto na missão, ou que tarefas de casa sejam dadas no final de cada missão.
- g) Fornecer *feedback* – é interessante, que o instrutor forneça respostas aos seus alunos sobre os seus desempenhos.
- h) Avaliar o desempenho – aplicar um método de avaliação individual que seja coerente com o treinamento, permitindo que o instrutor obtenha amostras de desempenho dos alunos e do próprio programa de desempenho, podendo assim, corrigir as deficiências identificadas nestes.
- i) Aprimore a retenção e a transferência de treinamento – elaborar estratégias que possibilitem o aluno reter a informação, como discussões e revisões sobre a missão anterior.

É importante, que o instrutor, seja capaz de identificar as deficiências de seus alunos nas mais variadas manobras e temas, para assim, poder trabalhar em prol do aumento da taxa de transferência de treinamento, que muito depende de si. Estas deficiências podem, ainda, ser identificadas pelo próprio sistema do simulador, cabendo ao instrutor aliar esta ferramenta ao seu julgamento quando possível, e interpretar corretamente as informações ali apresentadas.

O instrutor, nada mais é, do que um facilitador do treinamento. É importante que esteja sempre motivado, pois isto se refletirá na qualidade da instrução. Como exemplo, a aplicação do conceito LOFT para a introdução de cenários no treinamento. Um instrutor motivado seria capaz de elaborar e aplicar devidamente um cenário, e acabaria passando esta mesma motivação aos alunos, que também necessitam dela para mergulharem no cenário e levarem a sério o que está sendo proposto.

Como visto, o instrutor tem muitos deveres e desempenha vários papéis. Ele deve estar familiarizado com as capacidades e limitações do simulador, conhecer os

objetivos da sessão e instruir de forma a obter o melhor desempenho dos alunos que variam em nível de habilidade prática e habilidade cognitiva (LINTERN et al., 1989). Ainda mais, o instrutor é responsável por identificar o estágio do treinamento em que o aluno se encontra, podendo ser mais avançado ou estando apenas no seu início. Do mesmo modo, em considerar o mesmo como experiente ou neófito que, como visto anteriormente, influencia no simulador a ser usado e na posterior transferência de treinamento. Noble (2002) salienta que as evidências empíricas sobre a relação entre o grau de fidelidade do simulador de voo e a transferência de aprendizagem podem ser enganosas, se o responsável ou instrutor não examinar cuidadosamente o estágio de aprendizado dos pilotos.

Os simuladores de alta fidelidade, por si só, não podem fornecer treinamento adequado aos alunos, sugerindo que o grau de fidelidade dentro de um simulador independe da eficácia do treinamento. Em vez disso, a alta fidelidade dentro dos simuladores é mais associada a resultados positivos de treinamento, onde a integração sistemática através de programação instrucional de qualidade permite o envolvimento do aluno (HAMSTRA et al., 2014). Assim, exalta-se a importância do papel do instrutor de voo, visto que ele será capaz de efetivar o treinamento, independente de estar em um simulador de alta fidelidade ou não. Minimiza os pontos negativos que por ventura os simuladores de baixa fidelidade tenham e, como resultado, efetiva o processo de transferência de treinamento.

6 RELAÇÃO ENTRE O INSTRUTOR DE VOO E A TRANSFERÊNCIA DE TREINAMENTO

O instrutor tem diversos papéis como facilitador na transferência de treinamento, e nos dias de hoje tornou-se mais um gerenciador de recursos de treinamento. As metas de treinamento estão começando a ser vistas em termos de desempenho mensuráveis, em vez de, principalmente, em termos de horas de voo registradas (CARO, 1973). Assim como para a relação entre a fidelidade e a transferência de treinamento feita acima, vale ressaltar mais uma vez a importância que tem um programa de treinamento com objetivos definidos e, mesmo neste caso mostra-se essencial para a transferência de treinamento. Para Micheli (1972) diferentes objetivos das tarefas de voo se refletem em diferentes efeitos de transferência de treinamento. Através de um programa de treinamento o instrutor é

capaz de definir qual tipo de simulador usar, além de estabelecer um rumo para o treinamento em si, de acordo com as habilidades existentes e as a serem atingidas pelos seus alunos (CARO, 1973).

Para Lee (2005), o instrutor pode comunicar aos alunos as diferenças no desempenho do simulador e da aeronave para que eles possam se familiarizar com as diferenças e não serem surpreendidos na aeronave real. Se as habilidades de adaptação e compensação forem excessivas, o instrutor tem a obrigação de relatar essas discrepâncias à equipe de gerenciamento de treinamento de manutenção para ações futuras. O instrutor de voo está diretamente ligado à taxa de transferência de treinamento que será atingida no final do treinamento.

Usando alguns recursos do simulador (função de reposicionamento, de aumentar a velocidade ou de ainda dar *replay* no voo de forma a mostrar para o aluno os seus erros de forma clara), o instrutor pode otimizar o tempo e reduzir os custos gerais de treinamento. Os resultados obtidos pelo método de mensuração de transferência de conhecimento TER (visto anteriormente), podem ser desviados para o positivo se o instrutor reposicionar e reconfigurar rapidamente o simulador (LEE, 2005), pelo fato de acabar diminuindo o tempo de simulador e conseqüentemente efetivando o treinamento.

Uma função importante do instrutor de simulador é o monitoramento do desempenho do treinamento. Isso é necessário para que ele possa fornecer retorno adequado ao aluno, e determinar a sua proficiência no treinamento. Muitos dispositivos de treinamento mais antigos possuem instrumentos repetidores para esse propósito. Geralmente eles estão localizados em uma posição de instrução remota, e o instrutor obtém, através deles, as informações necessárias de monitoramento de treinamento (PROPHET; CARO; HALL, 1972).

Geralmente, ainda nos simuladores de voo atuais, a inserção de panes é feita pelo instrutor de voo através de uma função específica no simulador. Isto ocorre por opção e não por uma necessidade absoluta. Atualmente existe tecnologia suficiente para o próprio sistema dos simuladores efetuarem esta inserção (PROPHET; CARO; HALL, 1972). Independentemente da forma utilizada, é esperado que o aluno neófito receba uma instrução prévia sobre a pane em questão, em sessões ou aulas anteriores, para que consiga gerenciar e executar o determinado procedimento de emergência, ao mesmo tempo em que é monitorado e avaliado pelo instrutor.

Enaltecendo as técnicas de instrução, por vezes, quando a manobra sugerida em uma sessão é um tanto quanto complexa, ou por ser algo novo, necessita de uma explicação mais abrangente, aliada a uma demonstração, pode-se executar a manobra, inicialmente, com o piloto automático ligado. Por exemplo, caso seja a primeira sessão de treinamento *Instrument Landing System* (ILS)¹¹ em um programa de treinamento IFR de um aluno, é interessante que se faça o primeiro procedimento ILS no piloto automático. Desta forma o aluno não terá a sua atenção tão dispersa durante o procedimento e, assim conseguirá prestar atenção em pontos que são novos para ele e que de fato fazem a diferença para a realização de um procedimento ILS. Acrescido a isto, durante o procedimento o instrutor é capaz de ir chamando a atenção do aluno para certos instrumentos, acontecimentos e pontos do painel que ele julgue necessário, enquanto segue com as explicações atinentes a cada tópico.

Tem, como um dos seus papéis, o planejamento prévio do programa de treinamento. Ele é capaz de identificar as deficiências presentes em seus alunos e assim, poder definir meios de como alcançar os objetivos do treinamento. Sendo capaz de analisar e levar em consideração todos fatores influenciadores na transferência de treinamento aqui visto, e com base nos recursos disponíveis na sua instituição, comandar o programa de treinamento.

7 CONCLUSÃO

Com base no que foi apresentado, conclui-se que a efetividade de um treinamento é influenciada por variados fatores e que todos estes devem passar por uma análise prévia à implementação do treinamento. Realçando a importância de um programa de treinamento adequado e a definição de um objetivo a ser alcançado no final deste, para assim, poder garantir a transferência de treinamento e um treinamento custo-efetivo.

Verificou-se que a maior taxa de transferência de treinamento ocorre nas primeiras horas do trabalho, e que a tendência é diminuir no decorrer destas, conforme o conceito ITEF. Para além do tempo de duração do treinamento, tem-se ainda o custo deste, que pode ou não tornar viável o treinamento. Caso o custo de

¹¹ ILS - é um auxílio de aproximação por instrumentos de precisão com base em dois feixes de rádio, que juntos fornecem aos pilotos orientação vertical e horizontal durante uma aproximação para uma determinada pista.

um treinamento em simuladores de voo supere o custo de um treinamento na aeronave real, por se usar simuladores de alta fidelidade ou por ser longo demais, isto demonstra que possivelmente o treinamento não foi devidamente planejado. Porém, mesmo neste caso, este treinamento em simuladores de voo ainda poderá ser utilizado, por exemplo, quando a meteorologia ou as condições da aeronave real estiverem degradadas.

Existem diversas fórmulas capazes de mensurar a transferência de treinamento, sendo ainda possível prever se o programa de treinamento será de fato custo-efetivo, através da relação CER. Precisa-se antecipar a isto, prevenindo gasto de tempo e de recursos desnecessariamente, com a implementação de um programa de treinamento que posteriormente poderá se mostrar não custo-efetivo. Então, uma análise minuciosa desta relação, se faz necessária durante o planejamento de um programa de treinamento.

Notou-se, que a fidelidade requerida em um treinamento varia, e que a mesma é escolhida com a definição do objetivo do treinamento. Ficou claro que um alto nível de fidelidade, não necessariamente resulta em uma alta transferência de treinamento. O nível de fidelidade adequado do simulador de voo e do programa de treinamento, varia de acordo com o objetivo deste e do grau de experiência dos alunos. Enfatizando que o modo certo de abordagem desta questão, é considerar como pode-se atingir a transferência de treinamento esperada, e não necessariamente um grau de realismo no treinamento. A maior taxa de transferência de treinamento e de custo-efetividade, tanto para alunos experientes quanto neófitos é, de modo geral, atingida em faixas intermediárias de fidelidade. A fidelidade cognitiva, depende de uma relação entre as tarefas que se pretende que o aluno realize, em conjunto com os processos cognitivos necessários para a realização destas. Esta tem apresentado a sua importância no decorrer dos anos, na medida em que a tecnologia vem evoluindo. Exigindo mais dos pilotos, as habilidades não técnicas como a capacidade de gerenciar a automação, se comunicar com tripulantes, processo decisório e resolução de problemas.

O instrutor de voo tem seu papel aqui presente. De nada adianta ter um simulador de voo de alta fidelidade se o instrutor não tiver capacidade de gerenciá-lo e de tirar dele o máximo de proveito. Caracterizando um desperdício de tempo e recursos que, como visto, é crucial quando se falando na efetividade da transferência do treinamento. É um facilitador responsável por efetivar o

treinamento, influenciando diretamente na transferência de treinamento que ali será atingida e, por isso, é importante que esteja sempre motivado. O instrutor pode reduzir o tempo do treinamento por simplesmente saber manusear as ferramentas disponíveis no simulador. Posto isto, ele possui um papel importante na aplicação de todo planejamento e estruturação de um programa de treinamento, para que se possa aproveitar ao máximo os recursos disponíveis, de forma sábia e eficiente.

REFERÊNCIAS

ADAMS, Richard J. **How Expert Pilots Think Cognitive Processes in Expert Decision Making**. ADVANCED AVIATION CONCEPTS INC JUPITER FL, 1993.

ADAMS, Richard J.; ERICSSON, Anders E. **Introduction to Cognitive Processes of Expert Pilots**. ADVANCED AVIATION CONCEPTS INC JUPITER FL, 1992.

AFIP, Liyana B. A. Motivating Adult Learners Using Blended Learning in Higher Education Institution. **Researchers World: Journal of Arts, Science & Commerce**, Kelantan, v. 5, n. 3, p.35-42, 3 jul. 2014.

ALESSI, Stephen M. Fidelity in the design of instructional simulations. **Journal of computer-based instruction**, 1988.

ALEXANDER, A., BRUNYÉ, T., SIDMAN, J. and WEIL, S. **From Gaming to Training: A Review of Studies on Fidelity, Immersion, Presence, and Buy-In and Their Effects on Transfer in PC-Based Simulations and Games**. DARWARS Training Impact Group, Woburn, 2005.

ANNETT, John. Imagery and motor processes: Editorial overview. **British Journal of Psychology**, 86.2, p. 161-167, 1995.

BALDWIN, Timothy T.; FORD, J. Kevin. Transfer of Training: A Review and Directions for Future Research. **Personnel Psychology**, [s.l.], v. 41, n. 1, p.63-105, mar. 1988. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1744-6570.1988.tb00632.x>.

BLAIWES, Arthur S.; PUIG, Joseph A.; REGAN, James J. Transfer of Training and the Measurement of Training Effectiveness. **Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society**, [s.l.], v. 15, n. 6, p.523-533, dez. 1973.

BOEING. In-Flight Airplane Vibration and Flight Crew Response. **Aero Magazine**, n. 16, 2001.

BORGVALL, Jonathan et al. **Transfer of training in military aviation**. Command and control systems, Swedish defence research agency (FOI), 2007.

BUNKER, W. M. **Training Effectiveness versus Simulation Realism**. In the Eleventh NTEX/Industry Conference Proceedings. Naval Training Equipment Center: Orlando, Florida, 1978.

BÜRKI-COHEN, Judith et al. Simulator fidelity: The effect of platform motion. In: **Proceedings of the Royal Aeronautical Society conference on Flight Simulation: the next decade**. London, 2000.

CARO, Paul W. **An Innovative Instrument Flight Training Program**. SAE Technical Paper, 1971.

CARO, Paul W. **Transfer of instrument training and the synthetic flight training system**. Human Resources Research Organization. Alexandria VA, 1972.

CARO, Paul W. Aircraft simulators and pilot training. **Human Factors**, v. 15, n. 6, p. 502-509, 1973.

CARO, Paul W. **Some factors influencing transfer of simulator training**. Human Resources Research Organization. Alexandria VA, 1976.

CARO, Paul W. The relationship between flight simulator motion and training requirements. **Human Factors**, 21.4, p. 493-501, 1979.

CARO, Paul W.; Prophet Wallace W. Some considerations for the design of aircraft simulators for training. **Proceedings of Second Annual Psychology in the Air Force Symposium**, U.S. Air Force Academy. Colorado, 1971.

FEDERAL AVIATION ADMINISTRATION. **Aircraft Wake Turbulence**, Advisory Circular AC 90-23G, 2014.

FEDERAL AVIATION ADMINISTRATION. **Stall and Spin Awareness**, Advisory Circular AC 61-67C, 2000.

GAGNE, Robert M.; BRIGGS, Leslie J.; WAGER, Walter W. **Principles of instructional design**. Holt, Rinehart & Winston, 1992.

GERATHEWOHL, Siegfried Johannes. **Fidelity of simulation and transfer of training: a review of the problem**. Department of Transportation, Federal Aviation Administration, Office of Aviation Medicine, 1969.

GIL, Antonio Carlos. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2008. 200 p.

GRUNDY, John G. et al. The effectiveness of simulator motion in the transfer of performance on a tracking task is influenced by vision and motion disturbance cues. **Human factors**, 58.4, p. 546-559, 2016.

HAMSTRA, Stanley J. et al. Reconsidering fidelity in simulation-based training. **Academic Medicine**, v. 89, n. 3, p. 387-392, 2014.

HAYS, Robert T.; SINGER, Michael J. **Simulation Fidelity in Training System Design: Bridging the Gap Between Reality and Training**. New York: Springer-verlag, 1989. 415 p. (III).

HOCHMITZ, Ilanit; YUVILER-GAVISH, Nirit. Physical Fidelity Versus Cognitive Fidelity Training in Procedural Skills Acquisition. **Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society**, [s.l.], v. 53, n. 5, p.489-501, 11 jul. 2011.

KAISER, Mary K.; SCHROEDER, Jeffrey A. Flights of Fancy: The Art and Science of Flight Simulation. In: **Principles and Practice of Aviation Psychology**. Publication of: Lawrence Erlbaum Associates, Incorporated, 2003.

LATHAN, Corinna E. et al. Using Virtual Environments as Training Simulators: Measuring Transfer. **Handbook of virtual environments: Design, implementation, and applications**, p. 403-414, 2002.

LAUBER, J. K.; FOUSHEE, H. C. **Guidelines for Line-Oriented Flight Training**, Volume 1. 1981.

LEE, Alfred T. **Flight Simulation: Virtual Environments in Aviation**. Burlington: Ashgate Publishing Company, 2005. 137 p.

LINTERN, Gavan et al. Simulator Design and Instructional Features for Air-to-Ground Attack: A Transfer Study. **Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society**, [s.l.], v. 31, n. 1, p.87-99, fev. 1989.

LINTERN, Gavan. An Informational Perspective on skill Transfer in Human-Machine Systems. **Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society**, [s.l.], v. 33, n. 3, p.251-266, jun. 1991.

MARCONI, Marina de Andrade; LAKATOS, Eva Maria. **Fundamentos de Metodologia Científica**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2003. 311 p.

MARTIN, Elizabeth L.; WAAG, Wayne L. **Contributions of Platform Motion to Simulator Training Effectiveness: Study 2. Aerobatics**. AIR FORCE HUMAN RESOURCES LAB BROOKS AFB TX, 1978.

MICHELI, Gene S. **Analysis of the transfer of training, substitution, and fidelity of simulation of transfer equipment**. Training Analysis and Evaluation Group (NAVY). Orlando FL, 1972.

MILLER, Gary G. **Some considerations in the design and utilization of simulators for technical training**. AIR FORCE HUMAN RESOURCES LAB BROOKS AFB TEX, 1974.

MYERS, Paul; STARR, Arnold; MULLINS, Kadie. Flight Simulator Fidelity, Training Transfer, and the Role of Instructors in Optimizing Learning. **International Journal Of Aviation, Aeronautics, And Aerospace**, [s.l.], v. 5, n. 1, p. 1-26, 19 fev. 2018. Embry-Riddle Aeronautical University/Hunt Library.

NATIONAL TRANSPORTATION SAFETY BOARD. 2004. In-Flight Separation of Vertical Stabilizer, **American Airlines Flight 587**, Airbus Industrie A300-605R, N14053, Belle Harbor, New York, November 12, 2001. Aircraft Accident Report NTSB/AAR-04/04. Washington, DC.

NOBLE, Cliff. The Relationship Between Fidelity and Learning in Aviation Training and Assessment. **Journal Of Air Transportation**, Daytona Beach, v. 7, n. 3, p.33-54, jan. 2002.

PROPHET, Wallace W.; CARO, Paul W., HALL, Eugene R. **Some Current Issues in the Design of Flight Training Devices**. 1972.

PROPHET, Wallace W.; CARO, Paul W. **Simulation and Aircrew Training and Performance**. 1973.

ROLFE, J. M.; CARO, P. W. Determining the training effectiveness of flight simulators: Some basic issues and practical developments. **Applied ergonomics**, 13.4, p. 243-250, 1982.

ROSCOE, Stanley N. Incremental Transfer Effectiveness. **Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society**, [s.l.], v. 13, n. 6, p.561-567, dez. 1971.

ROSCOE, Stanley N.; WILLIGES, Beverly H. Measurement of transfer of training. **Aviation psychology**, 2121, p. 50014-8300, 1980.

RYDER, Joan M.; REDDING, Richard E.; BECKSCHL, Peter F. Training Development for Complex Cognitive Tasks. **Proceedings Of The Human Factors Society Annual Meeting**, [s.l.], v. 31, n. 11, p.1261-1265, set. 1987.

SEAMSTER, T., REDDING, R. **Applied Cognitive Task Analysis in Aviation**. London: Routledge, 1997. 368 p.

SIMON, Charles W.; ROSCOE, Stanley N. Application of a multifactor approach to transfer of training research. **Human Factors**, 26.5: 591-612, 1984.

SWEZEY, Robert W.; ANDREWS, Dee H. **Readings in Training and Simulation: A 30-Year Perspective**. Santa Monica: Human Factors And Ergonomics Society, 2000. 422 p.

TABER, Michael J. Simulation fidelity and contextual interference in helicopter underwater egress training: an analysis of training and retention of egress skills. **Safety science**, v. 62, p. 271-278, 2014.

VADEN, Eric A.; HALL, Steven. The Effect of Simulator Platform Motion on Pilot Training Transfer: A Meta-Analysis. **The International Journal Of Aviation Psychology**, [s.l.], v. 15, n. 4, p. 375-393, out. 2005. Informa UK Limited.

WILLIGES, Beverly H.; ROSCOE, Stanley N.; WILLIGES, Robert C. Synthetic flight training revisited. **Human Factors**, 15, p. 543-560, 1973.