



ESCOLA DE COMANDO E ESTADO-MAIOR DA AERONÁUTICA
COORDENADORIA ACADÊMICA
CURSO AVANÇADO DE COMANDO E ESTADO-MAIOR

RODRIGO DE FREITAS FAULSTICH Ten Cel Av

**A INFLUÊNCIA DO SIMULADOR DE VOO DO C-95 MODERNIZADO NA
FORMAÇÃO DOS PILOTOS DO CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO OPERACIONAL
DO 1º/5º GAV**

Rio de Janeiro

2023

ESCOLA DE COMANDO E ESTADO-MAIOR DA AERONÁUTICA
COORDENADORIA ACADÊMICA
CURSO AVANÇADO DE COMANDO E ESTADO-MAIOR

RODRIGO DE FREITAS FAULSTICH Ten Cel Av

**A INFLUÊNCIA DO SIMULADOR DE VOO DO C-95 MODERNIZADO NA
FORMAÇÃO DOS PILOTOS DO CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO OPERACIONAL
DO 1º/5º GAV**

Trabalho de conclusão de curso apresentado,
como requisito parcial para aprovação, no
Curso Avançado de Comando e Estado-Maior.
Linha de Pesquisa: Poder Aeroespacial.
Orientador: Luiz Felipe Almeida de Souza.

Rio de Janeiro

2023

Ao Centro de Computação da Aeronáutica de São José dos Campos que faz um excelente trabalho para a Força Aérea Brasileira, em especial à equipe da Subdivisão de Simuladores, esta pesquisa é a comprovação do alto desempenho de vocês.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus que me deu a vida, a sabedoria e a determinação para concluir este trabalho. À minha esposa Caroline que foi meu porto seguro e não me deixou desanimar nos momentos mais difíceis. Aos meus filhos Ester e Isaias pelo amor, carinho e compreensão nos momentos em que não pude lhes dar muita atenção. Ao meu orientador pelo suporte oferecido. Ao meu amigo Savio Mayer Gomes Pinto pelas aulas de estatística que foram fundamentais para enriquecer o meu trabalho. Aos amigos Luiz Dircineu Lacerda Junior e Kllaus Fernando Gaio Gomes Siqueira, do 1º/5º GAV, pelo apoio na obtenção dos dados necessários para esta pesquisa.

RESUMO

Esta pesquisa teve o objetivo de investigar a influência do simulador de voo do C-95 modernizado na formação dos pilotos do Curso de Especialização Operacional do 1º/5º GAV. Esse simulador foi desenvolvido pelo CCA-SJ como maneira de suprir a necessidade do Esquadrão com uma forma de baixo custo, obedecendo a Concepção Estratégica Força Aérea 100. Para atingir o objetivo, foram comparadas as médias das fichas de voo da fase de instrumento dos anos de 2018, antes do simulador, com as de 2020, após a implementação do simulador, chegando à conclusão de que, após o treinamento no simulador as médias foram mais altas. Também foi feita uma análise estatística para calcular as dispersões de cada ano, comparando suas variâncias, obtendo o resultado que o treinamento agrupou as notas dos pilotos e preveniu os *outliers*, trazendo uma uniformização para a instrução aérea. Por fim, foi calculado o coeficiente de correlação de Pearson entre as médias de cada tipo de exercício, onde foi verificada uma correlação forte e positiva, demonstrando uma tendência de aumentar as médias dos pilotos com o treinamento no simulador. Assim, esta pesquisa comprovou a eficiência do simulador para a instrução aérea, reafirmando o processo de aprendizagem de Walker na melhoria da performance dos pilotos associada à obtenção da experiência de voo adquirida com o treinamento, além de reduzir os custos de aquisição de simuladores. Proporciona embasamento para que o Alto Comando da Aeronáutica possa aplicar recursos na produção e desenvolvimento de simuladores de baixo custo para os demais Esquadrões.

Palavras-chave: simulador de voo; aprendizagem; instrução aérea; redução de custos.

ABSTRACT

This research aimed to investigate the influence of the modernized C-95 flight simulator on the training of pilots in the Operational Specialization Course of the 1^o/5^o GAV. This simulator was developed by the CCA-SJ to meet the needs of the Squadron with a low-cost way, obeying the Air Force 100 Strategic Conception. In order to achieve the objective, the averages of the flight records of the instrument phase of the years 2018, before the simulator, were compared with those of 2020, after the implementation of the simulator, reaching the conclusion that, after the training in simulator, the averages were higher. A statistical analysis was also carried out to calculate the dispersions of each year, comparing their variances, obtaining the result that the training grouped the pilots' notes and prevented outliers, bringing uniformity to the air instruction. Finally, Pearson's correlation coefficient was calculated between the averages of each type of exercise, where a strong and positive correlation was verified, demonstrating a tendency to increase the averages of pilots with training in the simulator. Thus, this research proved the efficiency of the simulator for aerial instruction, reaffirming Walker's learning process in improving the performance of pilots associated with obtaining the flight experience acquired through training, in addition to reducing the costs of acquiring simulators. Provides a basis for the Staff Command of the Air Force to apply resources in the production and development of low-cost simulators for the other Squadrons.

Keywords: *flight simulator; learning; aerial instruction; cost reduction.*

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	7
2	REFERENCIAL TEÓRICO	11
3	METODOLOGIA	13
4	APRESENTAÇÃO DE DADOS E ANÁLISE DE RESULTADOS.....	14
4.1	Apresentação de dados	14
4.2	Análise de resultados	16
4.2.1	Análise estatística	22
5	CONCLUSÃO	24
	REFERÊNCIAS.....	27
	ANEXO A – Proposta Comercial para Aquisição de um Simulador	29

1 INTRODUÇÃO

A formação do oficial aviador da Força Aérea Brasileira (FAB) se desenvolve na Academia da Força Aérea (AFA), localizada na cidade de Pirassununga/SP, contudo é após a sua formação que os pilotos irão se especializar nas diversas aviações de combate, quais sejam: Caça, Helicóptero, Transporte e Inteligência, Vigilância e Reconhecimento (IVR).

O Primeiro Esquadrão do Quinto Grupo de Aviação (1º/5º GAV), Esquadrão Rumba, sediado na Base Aérea de Natal (BANT), é o responsável pela especialização operacional dos pilotos nas aviações de Transporte e de IVR.

Para essa missão, desde 2002, utilizava-se a Aeronave C-95 Bandeirante, de fabricação nacional pela EMBRAER, que foi incorporada à FAB em 1973. Devido à sua obsolescência, a FAB deu início ao programa de modernização da aeronave. No final de 2012, o Esquadrão recebeu em sua dotação as aeronaves C-95M, o Bandeirante modernizado (fotografia 1), uma aeronave bimotor que experimentou um processo de revitalização, passando a utilizar o conceito de *Glass Cockpit*, que é o “painel onde são aplicados sistemas eletrônicos de instrumentos de voo, que utilizam telas de cristal líquido (LCDs) para apresentação integrada de todas as informações dos sistemas de navegação, de comunicação e de parâmetros dos motores” (FAULSTICH, 2015, p.5), o que passou a demandar uma maior carga de trabalho do piloto para o gerenciamento do voo (fotografia 3).

Fotografia 1 – Aeronave C-95M Bandeirante.



Fonte: Sgt Simo / Agência Força Aérea / Revista Aerovisão de jan/fev/mar 2014.

Embora a Aeronave estivesse modernizada, a Força Aérea Brasileira (FAB) continuou utilizando o simulador de voo em sua versão antiga, que ficava sediado na Escola Paranaense de Aviação, em Curitiba/PR. Além de permitir somente o treinamento dos procedimentos de

emergência, o piloto ainda executava procedimentos diferentes dos da aeronave modernizada neste simulador.

De acordo com a DCA 400-6 – Ciclo de vida de sistemas e materiais da Aeronáutica, a obsolescência operacional é o ponto a partir do qual o material passa a não mais atender aos requisitos estabelecidos (BRASIL, 2007).

O simulador antigo da aeronave C-95 não atendia mais às necessidades de treinamento dos pilotos do 1º/5º GAV, pois o painel de instrumentos não era o mesmo da aeronave real modernizada e não era possível realizar todos os procedimentos de aproximação por instrumento. As diferenças entre os painéis podem ser percebidas nas fotografias 2 e 3.

Fotografia 2 – Cockpit C-95 Bandeirante.



Fonte: André Martinis / airliners.net (2006).

Fotografia 3 – Cockpit C-95M Bandeirante (Modernizado).



Fonte: Maj Kllaus – 1º/5º GAV (2023).

Em decorrência do baixo orçamento para a compra de um simulador novo, que à época girava em torno de R\$ 10 milhões (de acordo com a proposta comercial no anexo A), o Comandante-Geral de Apoio determinou ao Centro de Computação da Aeronáutica de São José

dos Campos (CCA-SJ¹) que desenvolvesse um simulador da Aeronave C-95, de baixo custo, na versão modernizada (figura 4), que permitisse o treinamento dos procedimentos normais, de emergência e ainda fosse possível treinar procedimentos de voo por instrumento. Como foram utilizados os recursos humanos da própria FAB, os custos de aquisição de um novo simulador foram reduzidos.

Esse foi um projeto pioneiro na FAB, o desenvolvimento de um dispositivo de treinamento de simulação de voo (FSTD – *Flight Simulation Training Device*) do tipo 4, de acordo com o Manual de Critérios para Qualificação de FSTD da ICAO (*International Civil Aviation Organization*). Até então os simuladores utilizados pela FAB eram adquiridos por empresas consolidadas no mercado, o que demandavam gastos na sua aquisição e na sua manutenção. O simulador de baixo custo foi desenvolvido em 2018 por uma equipe formada por oficiais do quadro de Aviação e de Engenharia, além de graduados das especialidades de Informática e de Eletrônica. Ele foi entregue para o Esquadrão em 2019, sendo efetivamente utilizado na instrução a partir de 2020. Até o momento da conclusão desta pesquisa, a sua manutenção também vem sendo realizada pelos militares do CCA-SJ.

Fotografia 4 – Simulador da Aeronave C-95M Bandeirante.



Fonte: Revista Aerovisão Jul/Ago/Set 2019.

Diante disso, surgiu a inquietação deste autor por verificar a eficiência do simulador, desenvolvido pelos próprios militares da FAB, na formação dos pilotos do Curso de Especialização Operacional do 1º/5º GAV.

¹ CCA-SJ – Unidade responsável por gerenciar o suporte aos simuladores da FAB.

Dessa forma, o objetivo deste trabalho foi investigar em que medida o Simulador do C-95 modernizado contribuiu para a formação dos pilotos do Curso de Especialização Operacional do 1º/5º GAV.

A hipótese inicial foi que o treinamento prévio de procedimentos instrumento no novo simulador do C-95M aperfeiçoou a instrução aérea no 1º/5º GAV, contribuindo para uma melhor formação dos pilotos.

Fotografia 5 – Cockpit do Simulador da Aeronave C-95M.



Fonte: Revista Aerovisão Jul/Ago/Set 2019.

A proposta desta pesquisa está alinhada com o Plano Estratégico Militar da Aeronáutica, que tem como perspectiva de operacionalidade: “Aperfeiçoar a sistemática de capacitação operacional das equipagens, cuja finalidade é garantir que seja incrementado o uso de simuladores, priorizadas determinadas ações de Força Aérea e ajustado o treinamento aos cenários de emprego. (BRASIL, 2018b, p. 21). E ainda com a Diretriz para preparo da Força: “Capacitar os recursos humanos, por meio do emprego de equipamentos de simulação...” (BRASIL, 2018b, p. 31).

Desta forma, o resultado desta pesquisa veio proporcionar subsídios para que o Alto Comando da Aeronáutica tenha embasamento para aplicar recursos na produção e desenvolvimento de simuladores de baixo custo para os demais Esquadrões da FAB, incrementando assim o uso de simuladores para todas as equipagens da FAB.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Sobre o uso de simuladores é importante considerar que:

A simulação é eficaz e eficiente. Como uma ferramenta dentro de um programa de treinamento mais amplo, fornece um ambiente de treinamento excelente e bem aceito pela comunidade aeronáutica. Ela fornece uma oportunidade para qualificação inicial ou requalificação e é um meio para experimentar condições críticas que podem nunca ser encontradas em voo (WISE; HOPKIN; GARLAND, 2010, p.19-4, tradução nossa).

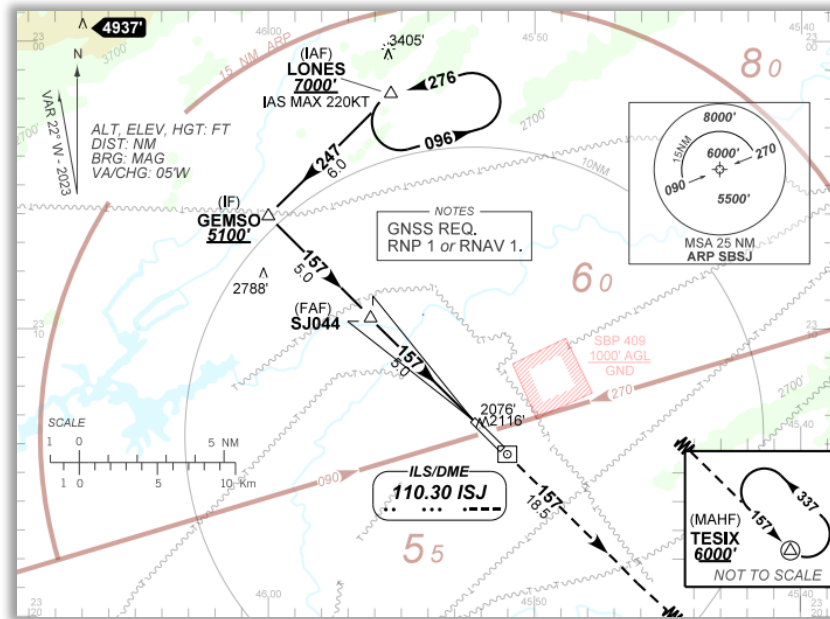
Também para Wise, Hopkin e Garland (2010), o simulador é importante para o treinamento de piores condições e, sem ele, talvez o piloto encare alguma emergência em voo pela primeira vez sem tê-la experienciado anteriormente.

De acordo com Walker (1969), a aprendizagem é uma melhoria na performance de uma pessoa associada à obtenção de uma experiência. Relacionando a teoria da aprendizagem de Walker com o uso dos simuladores, um piloto que realiza um treinamento no simulador antes de realizar um voo real, já terá adquirido a experiência do voo antes mesmo de ter entrado no avião. Isso proporcionará domínio na execução dos procedimentos normais de decolagem e pouso da aeronave, além de segurança em situações adversas.

Ainda sobre as vantagens no uso dos simuladores, Wise, Hopkin e Garland (2010) afirmam que os simuladores são mais eficientes pois estão disponíveis 24 horas por dia, independentemente da meteorologia, por exemplo. Fornecem acesso imediato à área operacional e permitem ao piloto completar um procedimento IFR (sob regras de voo por instrumento) e ser direcionado novamente para a última etapa para realizar mais um procedimento, sem consumir combustível e tempo. Para exemplificar esta situação, tomando-se como base a figura 1, após completar o procedimento ILS (Sistema de Pouso por Instrumento) T da pista 16 do aeródromo de São José dos Campos (SBSJ), caso o aluno tenha tido dificuldade em manter a rampa e o instrutor queira que o aluno repita o exercício, numa situação real o controlador iria direcioná-los para o ponto de início LONES (IAF), para realizar todo o procedimento novamente. No simulador é possível colocar o aluno diretamente no ponto final SJ044 (FAF) e realizar somente a parte essencial definida pelo instrutor, pois isso não interferirá em outros tráfegos aéreos existentes.

Em suma, os simuladores proporcionam mais oportunidades de treinamento do que o voo em uma aeronave real durante um mesmo intervalo de tempo, reduzindo assim os custos de operação.

Figura 1 – Carta IAC do Procedimento ILS T da Pista 16 de SBSJ.



Fonte: Aisweb.

Os autores também acrescentam um aumento dos erros causados pela automação.

Embora a automação tenha trazido benefícios consideráveis para a operação e controle desses sistemas com críticas interações homem-máquina, há evidências empíricas crescentes apontando para alguns efeitos negativos, especialmente em relação ao desempenho do monitoramento humano e à conscientização do sistema. (MOULOUA; KOONCE, 1997; MOULOUA; PARASURAMAN, 1994; PARASURAMAN; MOULOUA, 1996; SCERBO; MOULOUA, 1998; VINCENZI; MOULOUA; HANCOCK, 2004; WIENER, 1988 apud WISE; HOPKIN; GARLAND, 2010, p. 8-1, tradução nossa)

No mundo real, o monitoramento humano de sistemas automatizados para mau funcionamento geralmente pode ser infrutífero como resultado da baixa frequência de falhas de automação ao lidar com sistemas automatizados confiáveis. (PARASURAMAN, 1987 apud WISE; HOPKIN; GARLAND, 2010, p. 8-2, tradução nossa)

De acordo com o dicionário brasileiro da Língua Portuguesa, o termo automação diz respeito a um sistema constituído por dispositivos eletrônicos destinado à operacionalização e controle de processos, que dispensa a intervenção direta do homem. Os sistemas atuais da aeronave além de demandar uma menor intervenção humana, ainda possuem uma baixa frequência de falhas, o que pode provocar uma acomodação com relação às emergências e uma consequente falta de ação devida em uma fase importante do voo. Posto isto, somente com o treinamento corrente em simuladores de voo será possível realizar o treinamento dessas emergências advindas da automação.

Almeida, Mariano e Rebelatto (2006, apud Mariano, 2007, p.1) acrescentam que:

A eficiência de um sistema pode ser definida como sendo a capacidade desse sistema de utilizar, da melhor maneira possível, os recursos disponíveis e de aproveitar, ao

máximo, as condições ambientais para obter o desempenho ótimo em alguma dimensão. Um índice de eficiência pode ser obtido comparando-se um indicador de desempenho com o valor máximo que esse indicador pode alcançar; valor esse definido a partir de algumas condições de contorno (ambiente + recursos disponíveis).

Segundo Mariano, Almeida e Rebelatto (2006), o índice de eficiência, ou simplesmente eficiência, de um sistema, seja ele qual for, é definido como sendo a divisão entre um indicador de desempenho desse sistema e o valor máximo que esse indicador poderia alcançar.

Baseado nessa definição, o antigo simulador do C-95 não atendia aos requisitos mínimos de eficiência para a instrução aérea, uma vez que não abrangia os sistemas automatizados. Como resultado, o indicador de desempenho máximo alcançado pelo simulador não era adequado o bastante.

Dessa forma, o novo simulador de voo da aeronave C-95M, com um custo aproximado de R\$ 200 mil, foi desenvolvido para a Força Aérea Brasileira como forma de sanar essa deficiência e alinhar-se com a Concepção Estratégica Força Aérea 100, que diz que:

Igualmente importante deve ser a busca por **redução de custos**, implementando a uniformização das diversas fases da gestão dos recursos humanos. Neste cenário, um dos caminhos mais promissores para a agilidade no treinamento operacional e prontidão dos recursos humanos da Força Aérea é a **simulação** Real-Virtual-Construtiva. (BRASIL, 2018, p. 39, grifo nosso).

3 METODOLOGIA

De acordo com Gil (2002), quanto aos seus **objetivos**, esta pesquisa foi classificada como descritiva, pois buscou estabelecer uma relação entre o uso do novo simulador do C-95M e a qualidade da formação dos pilotos do Curso de Especialização Operacional no 1º/5º GAV. Quanto ao seu **delineamento**, foi classificada como uma pesquisa documental, pois ela se valeu de materiais que ainda não haviam recebido um tratamento analítico, como foi o caso das fichas de voo obtidas pelo Sistema de Análise e Gerenciamento de Missões (SAGEM). Quanto à forma de **abordagem**, ela foi classificada como quantitativa, pois as informações analisadas foram os graus das fichas de voo. E quanto à sua **natureza**, foi aplicada, pois decorreu do desejo de conhecer com vistas a fazer algo de maneira mais eficiente.

Para atingir o objetivo deste trabalho, que foi investigar em que medida o Simulador da aeronave C-95 modernizada contribuiu para a formação dos pilotos do Curso de Especialização Operacional do 1º/5º GAV, buscou-se confrontar as fichas de voo da fase de instrumento do ano de 2018 (anterior ao simulador) com as fichas do ano de 2020 (posterior ao simulador), comparando-se os graus médios em determinados exercícios, os graus médios dos alunos e as

quantidades de graus deficientes. No curso existem outras fases, contudo delimitou-se apenas à fase de instrumento, pois é a mais empregada em treinamento no simulador e a que utiliza a maior quantidade de funcionalidades dele, portanto a que mais agrega valor a este estudo.

Para definir uma trajetória de pesquisa, de modo a atingir o objetivo proposto, buscou-se alcançar os seguintes objetivos específicos:

OE1) Obter com o 1º/5º GAV todas as fichas de voo da fase de instrumento dos cursos realizados em 2018 e 2020, disponíveis no SAGEM.

OE2) Identificar os exercícios mais relevantes que puderam ser treinados no simulador de voo.

OE3) Calcular as médias dos graus de cada exercício e as médias por aluno de ambos os anos.

OE4) Identificar em quais itens específicos houve uma mudança significativa no grau.

OE5) Identificar em quais itens havia a maior taxa de atrito, contabilizando a quantidade de graus deficientes.

OE6) Fazer a análise estatística para medir as dispersões entre cada ano comparando suas variâncias e verificar a sua correlação.

4 APRESENTAÇÃO DE DADOS E ANÁLISE DE RESULTADOS

Para dar início à pesquisa científica, foram obtidas todas as fichas de voo da fase de instrumento do curso realizado em 2018, ano que não teve o auxílio do simulador de voo, e do curso realizado em 2020, ano que teve o auxílio do simulador. A pesquisa foi delimitada à comparação de apenas 2 anos devido ao tempo disponível do pesquisador e somente à fase de instrumento, pois é a fase em que o simulador de voo é mais utilizado para treinamento.

4.1 Apresentação de dados

Junto ao 1º/5º GAV, pelo sistema SAGEM, foram obtidas **54** fichas de voo do ano de 2018 e **45** fichas do ano de 2020, atingindo o OE1. Em ambos os anos, esse foi o total de alunos que fizeram o curso das Aviações de Transporte e de IVR, sendo incluídos até mesmo os que iniciaram o curso de caça no 2º/5º GAV, foram desligados e transferidos para o 1º/5º GAV.

De posse das fichas de voo, foi feita uma análise de cada exercício e foram definidos os mais relevantes para a pesquisa, que foram os exercícios com possibilidade de treinamento no simulador de voo, atingindo assim o OE2. Foram eles:

- 1) Mudança de QDM/QDR;
- 2) Mudança de curso/radial;
- 3) Curvas cronometradas;
- 4) S vertical A;
- 5) S vertical C;
- 6) Tráfego A;
- 7) Voo por BFI (*Backup Flight Instruments*);
- 8) Brifim de descida;
- 9) Órbita;
- 10) Procedimento VOR bimotor;
- 11) Procedimento VOR monomotor;
- 12) Procedimento ILS bimotor;
- 13) Procedimento ILS monomotor;
- 14) Procedimento RNAV;
- 15) Procedimento PAR; e
- 16) Operação do piloto automático.

A fase de instrumento é composta por 7 fichas (FPB²-10, FPB-11, FPB-12, FPB-13, FPB-14, FPB-15 e FPB-16), tendo cada uma delas uma série diferente de exercícios, não contendo necessariamente todos os 16 descritos anteriormente em todas elas.

Para o OE3, pegou-se todas as fichas de voo de cada aluno, extraíram-se os graus dos exercícios considerados anteriormente e inseriram-nos em um conjunto de planilhas. Calculou-se então a média por exercício de cada um dos alunos, conforme o exemplo na tabela 1.

Respeitando a INPREP/PESOP/05D, do Comando de Preparo (COMPREP), os graus vão de 1 a 6, sendo: 6 – Voo Bom; 5 – Voo Bem Satisfatório; 4 – Voo Satisfatório; 3 – Voo Satisfatório nos mínimos; 2 – Voo Deficiente; 1 – Voo Perigoso; e NR – Não realizado (BRASIL, 2023).

Feitas as inserções de todos os dados obtidos em cada uma das fichas de voo, extraíram-se as médias de cada exercício por aluno (M1, M2, M3...) e inseriram-nas em outras duas tabelas

² FPB – FICHA DE PILOTO BÁSICO

(tabela 3 – 2018 e tabela 4 – 2020), onde obteve-se a média geral de cada exercício e a média por aluno.

Tabela 1 – Dados Obtidos pelas Fichas de Voo da Fase de Instrumento de um Aluno.

Item	Exercício	FPB-10	FPB-11	FPB-12	FPB-13	FPB-14	FPB-15	FPB-16	Média ex. aluno
1	Mudança de QDM/QDR	6							6,00
2	Mudança de Curso/Radial	6							6,00
3	Curvas cronometradas	6							6,00
4	S vertical A	6							6,00
5	S vertical C	5							5,00
6	Tráfego A	5	6						5,50
7	Voo por BFI	6							6,00
8	Brifim de descida		6	6	6	6	6	6	6,00
9	Órbita		6		NR	NR	4	NR	5,00
10	Procedimento VOR Bimotor						3		3,00
11	Procedimento VOR Monomotor					4		5	4,50
12	Procedimento ILS Bimotor				6		5	3	4,67
13	Procedimento ILS Monomotor				2				2,00
14	Procedimento RNAV			5		6	3	5	4,75
15	Procedimento PAR			5		4		3	4,00
16	Operação do PA		5	6	6	5	4	5	5,17

Fonte: O autor.

4.2 Análise de resultados

Fazendo a análise com base nas tabelas 3 e 4, foram obtidas a média geral dos alunos de 2018 a qual foi **5,47** e a média geral dos alunos de 2020 a qual foi **5,73**, já sendo possível verificar a sinalização de uma influência do simulador de voo no aumento da média em 4,75%.

Também foram feitas as comparações entre as médias de cada exercício entre os dois anos, conforme a tabela 2 abaixo.

Tabela 2 – Comparação entre as Médias dos Exercícios de 2018 e de 2020.

Item	Exercícios	Médias 2018	Médias 2020
1	Mudança de QDM/QDR	5,75	5,95
2	Mudança de Curso/Radial	5,81	5,98
3	Curvas cronometradas	5,72	5,93
4	S vertical A	5,69	5,84
5	S vertical C	5,28	5,47
6	Tráfego A	5,21	5,51
7	Voo por BFI	5,94	5,95
8	Brifim de descida	5,83	5,97
9	Órbita	5,66	5,87
10	Procedimento VOR Bimotor	4,95	5,48
11	Procedimento VOR Monomotor	5,34	5,60
12	Procedimento ILS Bimotor	5,20	5,50
13	Procedimento ILS Monomotor	5,05	5,50
14	Procedimento RNAV	5,32	5,62
15	Procedimento PAR	5,38	5,69
16	Operação do PA	5,55	5,89

Fonte: O autor.

Tabela 3 – Média das Médias de cada Exercício e Média de cada Aluno do Curso de 2018.

Item	Exercício	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12	M13	M14	M15	M16	M17	M18	M19	M20	M21	M22	M23	M24	M25
1	Mudança de QDM/QDR	6,00	6,00	6,00	5,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	5,00	5,00	6,00	6,00	6,00	6,00	5,00	6,00	6,00	6,00	5,00	6,00	6,00
2	Mudança de Curso/Radial	6,00	6,00	6,00	5,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	5,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	5,00	6,00	6,00
3	Curvas cronometradas	6,00	5,00	6,00	6,00	6,00	6,00	5,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	5,00	5,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	5,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00
4	S vertical A	6,00	5,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	4,00	6,00	6,00	5,00	6,00	5,00	6,00	6,00	6,00	5,00	6,00	6,00	6,00
5	S vertical C	4,00	6,00	5,00	6,00	4,00	6,00	5,00	5,00	5,00	6,00	5,00	6,00	4,00	5,00	5,00	6,00	5,00	5,00	5,00	6,00	6,00	5,00	6,00	5,00	5,00
6	Tráfego A	5,00	6,00	5,00	5,00	5,00	6,00	5,00	4,50	5,00	5,50	4,50	5,00	5,00	4,50	5,00	6,00	5,50	5,00	5,50	5,50	5,50	5,50	5,50	5,00	5,00
7	Voo por BFI	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	5,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00
8	Brifim de descida	5,50	6,00	5,83	5,83	6,00	5,67	5,83	5,50	5,33	5,83	5,83	6,00	5,67	5,67	5,83	5,83	6,00	5,83	5,50	5,67	5,83	5,83	5,83	6,00	5,67
9	Órbita	5,40	5,60	5,40	5,20	5,80	5,80	5,80	6,00	5,33	5,80	5,75	6,00	5,50	5,75	5,75	5,50	5,00	5,20	6,00	5,50	6,00	5,40	5,67	5,60	6,00
10	Procedimento VOR Bimotor	4,50	6,00	5,00	4,50	4,00	4,00	5,00	5,00	4,00	5,00	5,50	5,50	4,50	4,50	5,00	5,50	3,00	5,00	5,00	5,50	5,00	4,00	5,00	5,50	5,00
11	Procedimento VOR Monomotor	5,50	5,50	5,50	5,50	6,00	4,50	5,50	4,50	3,50	6,00	5,50	5,00	5,00	5,00	5,50	5,00	4,50	5,00	3,50	5,50	5,50	5,00	5,50	6,00	5,50
12	Procedimento ILS Bimotor	5,33	5,67	5,33	4,67	5,67	5,33	6,00	5,00	4,33	5,67	5,25	5,00	4,67	5,00	4,67	5,00	4,67	5,33	5,33	5,00	5,00	5,33	4,75	5,33	5,67
13	Procedimento ILS Monomotor	5,00	5,00	6,00	4,00	6,00	6,00	5,00	4,50	5,00	6,00	5,00	5,00	5,00	5,00	4,00	5,00	2,00	4,00	4,00	4,00	5,00	5,00	3,00	6,00	6,00
14	Procedimento RNAV	5,25	5,75	5,25	5,25	5,25	5,00	5,25	4,50	5,00	5,50	5,50	5,25	5,00	5,00	5,75	5,50	4,75	5,25	5,50	5,25	5,75	4,25	5,25	5,50	5,00
15	Procedimento PAR	4,00	6,00	5,67	5,00	6,00	5,67	5,00	5,33	5,67	6,00	5,00	4,67	4,00	5,67	5,50	5,00	4,00	5,50	6,00	6,00	5,00	4,33	6,00	6,00	5,50
16	Operação do PA	5,33	6,00	5,67	5,67	6,00	5,17	5,33	5,50	5,00	5,67	5,83	5,67	5,67	5,50	5,33	5,17	5,17	5,50	5,33	5,83	5,83	5,00	5,17	6,00	5,50
Média por aluno		5,30	5,72	5,60	5,29	5,61	5,57	5,48	5,33	5,14	5,81	5,48	5,57	5,00	5,22	5,46	5,53	4,97	5,35	5,35	5,55	5,65	5,23	5,35	5,75	5,61

M26	M27	M28	M29	M30	M31	M32	M33	M34	M35	M36	M37	M38	M39	M40	M41	M42	M43	M44	M45	M46	M47	M48	M49	M50	M51	M52	M53	M54	Média ex. geral
5,00	NR	6,00	5,00	6,00	NR	6,00	6,00	5,00	6,00	6,00	5,00	6,00	5,00	5,00	6,00	6,00	6,00	6,00	5,00	6,00	6,00	6,00	NR	6,00	6,00	6,00	6,00	5,75	
5,00	5,00	6,00	6,00	6,00	4,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	5,00	6,00	6,00	5,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	5,81	
6,00	5,00	6,00	6,00	6,00	4,00	6,00	6,00	5,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	5,00	5,00	5,00	6,00	6,00	5,00	6,00	6,00	5,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	5,72	
6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	5,00	5,00	5,00	6,00	6,00	6,00	5,00	6,00	5,00	5,00	5,00	5,00	6,00	5,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	5,69	
5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	4,00	6,00	5,00	5,00	5,00	6,00	5,00	5,00	5,00	6,00	5,00	6,00	6,00	5,00	5,00	6,00	6,00	5,00	5,00	6,00	5,00	6,00	6,00	5,28	
5,50	4,00	6,00	5,00	5,50	4,00	6,00	5,50	5,00	6,00	4,50	5,50	5,00	5,00	6,00	5,50	5,50	5,00	4,50	5,00	5,00	5,00	5,50	5,50	6,00	5,00	5,00	5,00	5,21	
6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	5,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	5,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	5,94	
6,00	5,67	5,83	5,17	6,00	5,50	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	5,83	6,00	6,00	5,67	5,67	5,83	6,00	6,00	6,00	5,83	6,00	5,67	6,00	5,83	6,00	5,83	6,00	5,83
5,75	5,67	6,00	6,00	5,60	6,00	5,50	5,00	5,60	6,00	5,60	6,00	5,20	5,75	6,00	5,50	5,50	5,50	5,80	5,67	5,67	5,80	6,00	5,00	5,80	5,00	6,00	5,75	6,00	5,66
5,00	5,50	6,00	5,50	4,50	4,50	4,00	5,00	4,50	6,00	4,00	5,50	4,00	5,50	5,50	6,00	4,00	4,50	6,00	5,00	5,50	4,50	5,00	5,50	4,50	4,50	5,50	5,50	6,00	4,95
5,50	5,00	4,50	5,00	4,50	6,00	6,00	5,50	6,00	5,00	5,50	6,00	5,50	6,00	5,00	5,50	5,00	5,50	6,00	5,50	5,50	6,00	5,50	5,50	6,00	6,00	6,00	5,50	5,34	
5,67	5,67	5,00	4,67	5,33	5,00	5,00	6,00	5,33	5,67	4,33	5,67	4,33	5,00	5,33	5,00	5,33	5,33	5,67	5,67	5,67	4,67	5,33	5,00	5,00	5,00	5,33	5,67	5,33	5,20
5,00	5,00	5,00	6,00	4,00	6,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	6,00	3,00	5,00	4,00	6,00	6,00	6,00	6,00	5,00	5,00	6,00	6,00	6,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,05	
6,00	5,50	5,75	5,50	4,75	5,00	5,25	4,50	4,75	5,75	5,00	5,50	4,50	6,00	5,50	5,25	5,75	5,25	6,00	5,50	6,00	5,25	6,00	5,50	4,50	5,00	5,75	5,75	5,32	
5,50	5,67	5,33	5,00	6,00	4,00	6,00	5,67	5,67	6,00	5,33	6,00	5,67	6,00	5,67	5,67	5,67	6,00	6,00	5,00	6,00	3,67	6,00	NR	NR	3,00	6,00	6,00	5,00	5,38
6,00	5,83	5,83	5,50	5,50	5,83	5,17	5,33	5,33	6,00	5,67	5,83	4,67	5,50	5,80	5,17	5,83	5,33	5,83	5,50	5,67	5,67	5,83	5,67	5,00	5,50	5,83	5,83	5,67	5,55
5,56	5,37	5,64	5,46	5,42	5,06	5,56	5,47	5,26	5,78	5,43	5,75	5,04	5,67	5,55	5,45	5,52	5,59	5,77	5,40	5,56	5,52	5,60	5,59	5,41	5,30	5,85	5,65	5,70	

Fonte: O autor.

Tabela 4 – Média das Médias de cada Exercício e Média de cada Aluno do Curso de 2020.

Item	Exercício	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12	M13	M14	M15	M16	M17	M18	M19	M20	M21	
1	Mudança de QDM/QDR	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	NR	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00
2	Mudança de Curso/Radial	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00
3	Curvas cronometradas	6,00	6,00	5,00	5,00	6,00	6,00	5,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00
4	S vertical A	6,00	6,00	6,00	6,00	5,00	6,00	5,00	6,00	6,00	6,00	5,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00
5	S vertical C	5,00	5,00	6,00	6,00	5,00	6,00	5,00	6,00	6,00	5,00	5,00	6,00	6,00	6,00	5,00	6,00	5,00	6,00	6,00	6,00	5,00	6,00
6	Tráfego A	6,00	6,00	5,50	4,50	5,50	5,00	5,50	5,50	6,00	5,50	5,50	5,00	6,00	5,50	6,00	5,50	6,00	5,00	6,00	6,00	5,50	5,00
7	Voo por BFI	6,00	6,00	6,00	5,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00
8	Brifim de descida	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	5,83	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	5,67	6,00	6,00
9	Órbita	5,67	6,00	6,00	5,50	6,00	6,00	5,67	6,00	6,00	5,50	6,00	6,00	5,60	6,00	5,60	6,00	6,00	6,00	6,00	5,75	6,00	5,25
10	Procedimento VOR Bimotor	5,50	5,50	5,00	5,50	6,00	6,00	5,50	6,00	6,00	6,00	5,50	6,00	6,00	6,00	3,50	5,50	6,00	5,00	5,50	5,50	5,50	4,50
11	Procedimento VOR Monomotor	6,00	5,33	4,67	5,67	6,00	5,67	5,67	5,33	5,33	5,67	5,67	5,33	6,00	5,67	4,67	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	5,67	5,67
12	Procedimento ILS Bimotor	5,67	5,33	4,67	5,75	5,75	6,00	5,00	5,50	5,67	5,67	5,00	5,67	5,33	5,33	5,67	5,25	6,00	5,67	6,00	5,00	5,00	6,00
13	Procedimento ILS Monomotor	6,00	6,00	NR	6,00	6,00	5,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	5,00	5,00	5,00	6,00	4,00	6,00	5,00	5,00
14	Procedimento RNAV	4,75	6,00	5,50	5,75	6,00	5,75	5,25	6,00	5,50	5,75	5,50	5,25	5,75	6,00	5,25	6,00	6,00	6,00	5,50	6,00	5,50	5,50
15	Procedimento PAR	5,33	6,00	6,00	5,67	6,00	5,67	6,00	6,00	5,33	5,50	5,00	6,00	5,67	6,00	6,00	NR	6,00	5,67	5,33	5,50	5,00	5,00
16	Operação do PA	5,33	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	5,83	5,83	6,00	6,00	5,67	6,00	5,83	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	5,83	6,00
Média por aluno		5,70	5,82	5,62	5,65	5,83	5,82	5,60	5,83	5,85	5,78	5,60	5,83	5,88	5,91	5,53	5,82	5,88	5,83	5,73	5,75	5,62	5,62

M22	M23	M24	M25	M26	M27	M28	M29	M30	M31	M32	M33	M34	M35	M36	M37	M38	M39	M40	M41	M42	M43	M44	M45	Média ex. geral
6,00	6,00	NR	6,00	6,00	5,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	NR	6,00	6,00	6,00	6,00	5,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	5,95
6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	5,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	5,98
6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	5,93
6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	5,00	5,00	6,00	6,00	6,00	5,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	5,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	5,84
5,00	6,00	5,00	6,00	6,00	5,00	5,00	5,00	6,00	5,00	5,00	5,00	5,00	6,00	5,00	5,00	6,00	4,00	6,00	5,00	5,00	5,00	6,00	6,00	5,47
6,00	5,50	5,00	6,00	6,00	5,00	6,00	5,50	5,00	6,00	5,50	5,50	6,00	5,00	6,00	4,50	6,00	5,00	5,50	5,50	5,50	5,50	5,00	5,00	5,51
6,00	6,00	6,00	6,00	NR	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	5,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	5,95
6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	5,83	5,83	6,00	6,00	6,00	5,67	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	5,97
6,00	6,00	5,75	5,33	6,00	6,00	5,60	6,00	5,80	5,80	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	5,50	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	5,87
5,50	5,50	6,00	4,50	6,00	6,00	6,00	4,00	4,50	5,00	5,50	6,00	5,50	5,50	5,50	6,00	5,50	4,50	6,00	5,00	5,50	6,00	6,00	6,00	5,48
6,00	5,33	5,67	6,00	5,67	6,00	5,67	5,67	5,33	5,33	6,00	4,67	6,00	5,67	6,00	6,00	5,00	6,00	5,33	5,33	5,67	4,67	5,00	5,00	5,60
5,33	5,33	5,67	5,00	4,67	6,00	6,00	5,67	5,33	6,00	5,00	5,67	6,00	5,33	6,00	5,67	5,00	5,67	6,00	5,67	4,67	5,33	5,67	5,00	5,50
5,00	6,00	5,00	5,00	4,00	5,00	6,00	5,00	6,00	6,00	6,00	5,00	5,00	3,00	5,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	5,00	5,00	5,50
5,60	5,00	5,75	5,50	6,00	5,50	5,25	5,50	5,75	6,00	5,75	5,25	5,75	5,50	6,00	6,00	5,75	6,00	5,25	5,75	5,50	5,50	4,75	5,25	5,62
5,50	6,00	6,00	5,67	5,67	5,67	6,00	5,67	5,33	5,67	5,67	5,50	5,67	5,67	6,00	6,00	5,33	5,67	5,50	5,67	5,50	6,00	5,67	5,50	5,69
6,00	5,83	6,00	5,83	5,67	6,00	6,00	5,50	6,00	6,00	5,67	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	5,83	5,83	5,83	5,67	5,83	5,33	5,33	5,33	5,89
5,75	5,78	5,72	5,68	5,71	5,70	5,83	5,52	5,66	5,74	5,81	5,62	5,71	5,64	5,78	5,92	5,66	5,93	5,44	5,77	5,71	5,73	5,72	5,63	

Fonte: O autor.

Na tabela 2, pôde-se constatar que, após o treinamento no simulador de voo, houve melhora nos graus de **todos** os exercícios da fase de instrumento, demonstrando a influência do treinamento prévio na avaliação da instrução aérea.

Para alcançar o OE4, foi calculada a diferença entre as médias de 2018 e de 2020 e aplicado um filtro de classificação decrescente, conforme tabela 5, onde verificou-se que os três exercícios que foram mais influenciados pelo treinamento no simulador foram:

- 1) o procedimento VOR bimotor, tendo sua média aumentada de 4,95 para 5,48, uma diferença de 0,52 pontos;
- 2) o procedimento ILS monomotor, tendo sua média aumentada de 5,05 para 5,50, uma diferença de 0,45 pontos; e
- 3) a operação do piloto automático (PA), tendo sua média aumentada de 5,55 para 5,89, uma diferença de 0,34 pontos;

Tabela 5 – Diferença entre as Médias de 2018 e de 2020.

Exercícios	Médias 2018	Médias 2020	Diferença
Procedimento VOR Bimotor	4,95	5,48	0,52
Procedimento ILS Monomotor	5,05	5,50	0,45
Operação do PA	5,55	5,89	0,34
Procedimento PAR	5,38	5,69	0,31
Procedimento RNAV	5,32	5,62	0,30
Tráfego A	5,21	5,51	0,30
Procedimento ILS Bimotor	5,20	5,50	0,30
Procedimento VOR Monomotor	5,34	5,60	0,26
Órbita	5,66	5,87	0,22
Curvas cronometradas	5,72	5,93	0,21
Mudança de QDM/QDR	5,75	5,95	0,21
S vertical C	5,28	5,47	0,19
Mudança de Curso/Radial	5,81	5,98	0,16
S vertical A	5,69	5,84	0,16
Brifim de descida	5,83	5,97	0,15
Voo por BFI	5,94	5,95	0,01

Fonte: O autor.

A maior mudança para os pilotos com relação aos dois modelos de aeronave foi o aumento no gerenciamento do voo e, sendo tudo mais automatizado, o treinamento prévio influenciou bastante na operação do GPS (fotografia 6), instrumento onde são configurados os procedimentos, e na operação do Piloto Automático (fotografia 7), instrumento onde a aeronave é comandada, refletindo com mais ênfase nestes três exercícios.

Fotografia 6 – Garmin GNS430 – GPS do C-95M.



Fonte: <https://www.garmin.com/pt-BR/p/82>.

Fotografia 7 – Piloto Automático do C-95M.



Fonte: Maj Kllaus – 1º/5º GAV (2023).

O GPS e o PA são os dois principais instrumentos de gerenciamento do voo e são itens que não são treinados pelos cadetes na AFA, durante o treinamento na aeronave T-27, demonstrando a importância de um treinamento prévio antes do voo. O GPS não aparece na tabela de exercícios pois não é avaliado na ficha de voo.

Destaco ainda o exercício Voo por BFI (*Backup Flight Instruments*) que foi o menos influenciado pelo treinamento no simulador. O BFI (fotografia 8) é um sistema de emergência, para o caso de pane nos sistemas automatizados, que possui três instrumentos analógicos semelhantes aos da aeronave T-27 (fotografia 9), com que os pilotos vindos da AFA já estão bem familiarizados, demonstrando que houve pouca interferência do simulador neste item. Além disso, ambas as médias estão próximas ao grau máximo 6, retratando pouca dificuldade neste exercício.

Fotografia 8 – BFI do C-95M.



Fonte: Maj Kllaus (1º/5º GAV).

Fotografia 9 – Painel do T-27.

Fonte: Rodrigo Martins / Flickr (2014).

Para atingir o OE5, que foi identificar em quais exercícios havia a maior taxa de atrito, foram levantadas as quantidades de deficientes (graus 2) e de satisfatório nos mínimos (graus 3), que são os graus que indicam que o aluno está apresentando alguma dificuldade e precisa de mais atenção.

Pôde-se observar na tabela 6 que, em 2018 houve 04 graus deficientes, e que, em 2020 eles foram reduzidos a zero. Além disso, a quantidade de graus satisfatórios nos mínimos diminuiu de 26 para 14, o que caracterizou uma diminuição significativa das dificuldades dos alunos na execução dos exercícios, após o treinamento no simulador.

Tabela 6 – Quantidade de Graus Deficientes e de Satisfatórios nos Mínimos.

Exercícios	2018		2020	
	Qtd Grau 2	Qtd Grau 3	Qtd Grau 2	Qtd Grau 3
Brifim de descida	0	1	0	0
Órbita	0	1	0	0
Procedimento VOR Bimotor	0	7	0	3
Procedimento VOR Monomotor	1	1	0	3
Procedimento ILS Bimotor	0	4	0	3
Procedimento ILS Monomotor	1	2	0	1
Procedimento RNAV	1	5	0	2
Procedimento PAR	1	3	0	0
Operação do PA	0	2	0	2

Fonte: O autor.

4.2.1 Análise estatística

Por fim, para atingir o OE6 foi feita uma análise estatística para medir as dispersões entre as médias de 2018 e as de 2020, comparando suas variâncias. A variância é útil para determinar o afastamento da média que os dados de um conjunto analisado apresentam.

Para o cálculo das variâncias, utilizou-se a fórmula:

$$\sigma^2 = \sum \frac{(X - \mu)^2}{n}$$

Onde:

- ⇒ σ^2 é a variância
- ⇒ X é a média de cada aluno
- ⇒ μ é a média geral de todos os alunos
- ⇒ n é o número total de alunos

Obteve-se então que a variância para o ano de 2018 foi **0,0426** e para o ano de 2020 foi **0,0117**.

A variância mostra o quão distante o grau de cada aluno está da média da referida turma, podendo ser verificado que os graus dos alunos de 2018 estão mais distantes da média, demonstrando uma maior dispersão. Esta análise mostrou que o simulador diminuiu a dispersão dos graus dos alunos de 2020 em **72,53%**, demonstrando um aumento da uniformização na instrução.

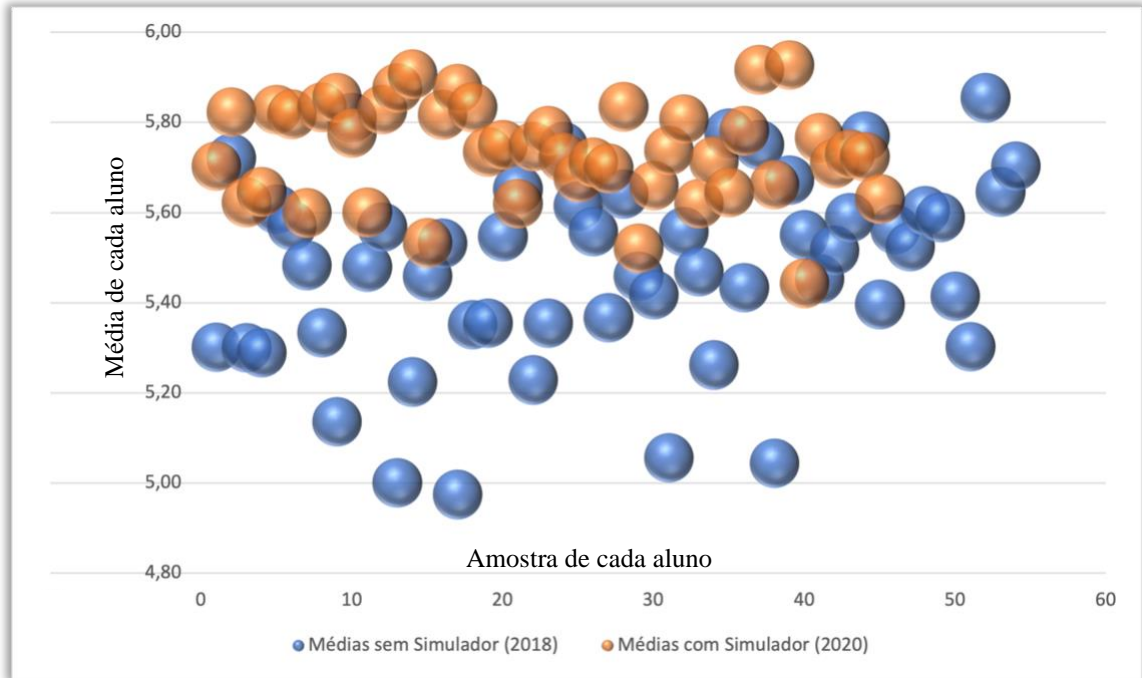
Para facilitar a visualização, construiu-se um gráfico de dispersão (Figura 2), onde verificou-se que sem o uso do simulador os graus foram mais baixos e mais dispersos (bolinhas azuis). O uso do simulador proporcionou que os graus aumentassem e que ficassem mais próximos da média 5,73 (bolinhas laranjas), prevenindo destaques negativos (*outliers*).

Para finalizar a análise dos resultados, foi verificada a correlação entre as médias dos exercícios de 2018, sem o uso do simulador, com as médias dos exercícios de 2020, com o uso do simulador, de acordo com a tabela 5.

De acordo com Sousa (2019), a correlação determina o grau de relacionamento entre duas variáveis e para isso é preciso calcular o coeficiente de correlação de Pearson. Esse coeficiente varia entre -1 e +1, quando ele se aproxima de zero indica que não há relação entre as duas variáveis, ao passo que quando ele se aproxima das extremidades, indica que essas duas

variáveis possuem uma relação forte, sendo próxima de -1 uma correlação negativa e próxima de +1 uma correlação positiva.

Figura 2 – Gráfico de Bolhas de Dispersão.



Fonte: O autor.

Como forma de facilitar o entendimento e a visualização, foi construído um gráfico de correlação entre as médias dos exercícios de 2018 e as de 2020 (Figura 3). Neste gráfico, no eixo X estão as médias dos exercícios de 2018 e no eixo Y, as de 2020. Nele é possível verificar uma linha de tendência positiva, pois conforme as médias de 2018 aumentam, as de 2020 também aumentam, demonstrando uma correlação positiva.

Para descobrir o coeficiente de correlação, utilizou-se a seguinte fórmula:

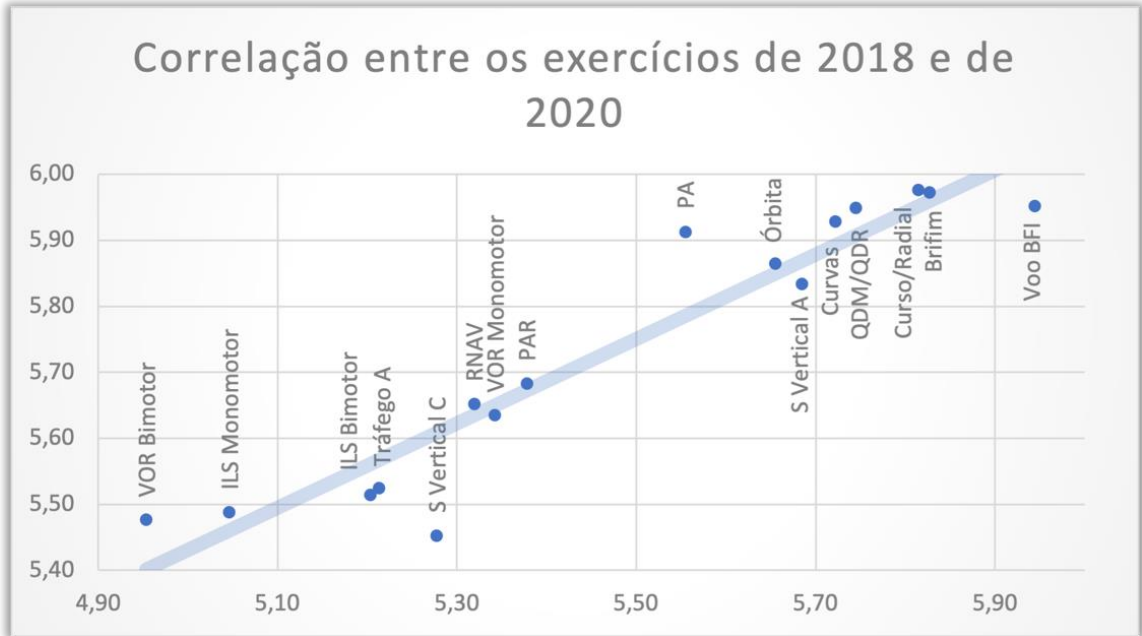
$$\rho = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{S_x S_y}$$

Onde:

- ⇒ ρ é a correlação
- ⇒ x_i é a média de cada exercício em 2018
- ⇒ \bar{x} é a média de todos os exercícios em 2018
- ⇒ y_i é a média de cada exercício em 2020
- ⇒ \bar{y} é a média de todos os exercícios em 2020
- ⇒ S_x é o desvio padrão da amostra para a primeira variável (2018)
- ⇒ S_y é o desvio padrão da amostra para a segunda variável (2020)

Assim, foi calculado o coeficiente de correlação de Pearson com base na fórmula, sendo encontrado o valor de **0,9475**, verificando que as duas variáveis, médias de 2018 e médias de 2020, têm uma correlação forte e positiva, pois o coeficiente é muito próximo de 1, significando a influência do simulador no aumento das médias.

Figura 3 – Gráfico de Correlação.



Fonte: O autor.

5 CONCLUSÃO

Devido à obsolescência do simulador do C-95, após o recebimento da aeronave C-95 modernizada, o 1º/5º GAV passou a ter a necessidade de um novo simulador de voo para o treinamento de seus alunos, visto que o antigo permitia apenas o treinamento dos procedimentos de emergência e não era possível realizar todos os procedimentos de aproximação por instrumento. Além disso, como os painéis eram diferentes, os pilotos executavam procedimentos diferentes dos da aeronave modernizada.

Há época o custo de aquisição de um novo simulador estava em torno de R\$ 10 milhões. Devido ao baixo orçamento disponível para a compra, o Comandante Geral de Apoio determinou ao CCA-SJ o desenvolvimento de um simulador da aeronave C-95M, de baixo custo, que possibilitasse o treinamento dos procedimentos normais, de emergência e ainda fosse possível treinar procedimentos de voo por instrumento.

Como foram usados os recursos humanos da própria FAB, o custo desse simulador foi de aproximadamente R\$ 200 mil, reduzindo os custos e mantendo o treinamento operacional

da Força, tudo isso de acordo com a Concepção Estratégica Força Aérea 100 e com o Plano Estratégico Militar da Aeronáutica.

Assim, este trabalho teve o objetivo de investigar em que medida o Simulador do C-95 modernizado, desenvolvido pelos próprios militares da FAB, contribuiu para a formação dos pilotos do Curso de Especialização Operacional do 1º/5º GAV, tendo como hipótese inicial que o simulador aperfeiçoou a instrução aérea e contribuiu para a formação dos pilotos pois, fazendo a relação com a teoria de aprendizagem de Walker (1969), o treinamento no simulador proporciona aos pilotos uma aquisição prévia de experiência, melhorando suas performances na hora do voo. Também, de acordo com Wise, Hopkin e Garland (2010), o simulador é importante para o piloto treinar as emergências críticas, transmitindo segurança durante a ocorrência de uma situação adversa em um voo real. Para Wise, Hopkin e Garland (2010) ainda, a automação nas aeronaves modernas traz benefícios consideráveis para a operação e controle dos sistemas, no entanto causa efeitos negativos devido a falhas de monitoramento humano, reforçando a necessidade do treinamento prévio em simulador de voo.

Destarte, de posse de todas as fichas dos alunos de 2018, ano sem o treinamento no simulador, e dos alunos de 2020, com o treinamento no simulador, foram comparadas as médias da fase de instrumento, visto que é a fase de voo que os pilotos usam a maior parte dos recursos do simulador e, portanto, a que mais sofre influência dele. A média geral sem o auxílio do simulador foi 5,47, enquanto a média com o auxílio do simulador foi 5,73, apresentando um aumento de quase 4,75%, sinalizando uma influência do simulador.

Foram comparadas também as médias de cada exercício isoladamente e verificou-se um aumento em todas as médias, sendo que os exercícios mais influenciados foram o procedimento VOR bimotor, com um aumento de 0,52 pontos, o procedimento ILS monomotor, com um aumento de 0,45 pontos, e a operação do PA, com um aumento de 0,34 pontos.

Um outro fator de influência no uso do simulador foi a supressão dos graus deficientes e a redução da quantidade dos graus satisfatórios nos mínimos de 26 para 14, caracterizando a diminuição das dificuldades dos alunos na execução dos exercícios.

Foi feita uma análise estatística para medir as dispersões das médias de 2018 e de 2020, comparando as suas variâncias, a fim de determinar o afastamento das médias nos dois conjuntos. O resultado desta análise demonstrou que o uso do simulador agrupou os graus para mais próximo da média geral em aproximadamente 72,53%, em contraste aos graus dos alunos que não usaram o simulador, os quais ficaram com suas médias mais dispersas, o que demonstrou que o treinamento simulado proporcionou uma maior uniformização na instrução aérea.

Para finalizar, foi calculado o coeficiente de correlação de Pearson entre as médias dos exercícios de cada ano, sendo verificada uma correlação forte e positiva, indicando que as médias dos exercícios dos alunos que usaram o simulador apresentaram uma tendência de alta em relação às médias dos exercícios dos alunos que não o utilizaram.

Por consequência de todas as análises realizadas, este trabalho veio comprovar a eficiência do simulador de voo de baixo custo desenvolvido pelos militares do CCA-SJ para a instrução aérea do 1º/5º GAV, corroborando com o processo de aprendizagem de Walker (1969) na melhoria da performance dos pilotos associada à obtenção da experiência de voo adquirida com o treinamento no simulador.

Ainda contribuiu para amenizar os erros de monitoramento humano advindos da automação, causados pela baixa frequência de falhas, de acordo com Parasuraman (1987 apud Wise; Hopkin; Garland, 2010).

Essa iniciativa proporcionou o aumento da qualidade da instrução aérea, além de proporcionar a redução dos custos de aquisição de um novo simulador desenvolvido por uma grande empresa, fortalecendo assim as diretrizes da Concepção Estratégica Força Aérea 100.

Desta forma, o resultado desta pesquisa proporciona embasamento para que o Alto Comando da Aeronáutica possa aplicar recursos na produção e desenvolvimento de simuladores de baixo custo para os demais Esquadrões, fomentando o treinamento simulado e aperfeiçoando a qualidade de voo de todas as equipagens da FAB.

Como sugestão para futuras pesquisas, pode-se investigar a influência dos simuladores de voo de realidade virtual na instrução aérea do 2º/5º GAV.

REFERÊNCIAS

- AEROVISÃO. Brasília: Centro de Comunicação Social da Aeronáutica, nº 261, Julho/Agosto/Setembro 2019, 17 jul. 2019. Disponível em: https://issuu.com/portalfab/docs/aerovisao_261_jul_ago_set_2019. Acesso em: 30 maio 2023.
- BRASIL. Comando da Aeronáutica. Comando de Preparo. Portaria COMPREP N° 1.968/SPOG-50, de 16 de março de 2023. Aprova a reedição da Coletânea de Instruções do Comando de Preparo sobre Programa de Especialização Operacional – Programa do Curso de Especialização Operacional da Aviação de Transporte (INPREP/PESOP/05D). **Boletim do Comando da Aeronáutica**, Rio de Janeiro, n. 053, f. 4069, 21 mar. 2023.
- BRASIL. Comando da Aeronáutica. Estado-Maior da Aeronáutica. Portaria nº 129/GC4, de 5 de março de 2007. Aprova a Diretriz que dispõe sobre Ciclo de Vida de Sistemas e Materiais da Aeronáutica (DCA 400-6). **Boletim do Comando da Aeronáutica**, Rio de Janeiro, n. 047, f. 1335, 09 mar. 2007.
- BRASIL. Comando da Aeronáutica. Estado-Maior da Aeronáutica. Portaria nº 1.597/GC3, de 10 de outubro de 2018. Aprova a reedição da Concepção Estratégica - Força Aérea 100. (DCA 11-45). **Boletim do Comando da Aeronáutica**, Rio de Janeiro, n. 180, f. 11265, 15 out. 2018.
- BRASIL. Comando da Aeronáutica. Estado-Maior da Aeronáutica. Portaria nº 2.102/GC3, de 18 de dezembro de 2018. Aprova a reedição do Plano Estratégico Militar da Aeronáutica (PCA 11-47). **Boletim do Comando da Aeronáutica**, Rio de Janeiro, n. 222, f. 14766, 20 dez. 2018.
- BUSSAB, W. O.; MORETTIN, P. A. **Estatística Básica**. 9. ed. São Paulo: Saraiva, 2017.
- FAULSTICH, R. F. **O impacto da terceirização dos serviços de hidráulica do PAMA-AF na disponibilidade da aeronave C-95M Bandeirante**. 2015. Monografia (Curso de Aperfeiçoamento de Oficiais da Aeronáutica) – Escola de Aperfeiçoamento de Oficiais da Aeronáutica, Universidade da Força Aérea, Rio de Janeiro, 2015. Disponível em: https://redebias.direns.aer.mil.br/index.php?codigo_sophia=62385. Acesso em: 17 fev. 2023.
- GIL, A. C. **Como Elaborar Projetos de Pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002.
- INTERNATIONAL CIVIL AVIATION ORGANIZATION (Montréal, Canada). **Manual of Criteria for the Qualification of Flight Simulation Training Devices**: Doc 9625. 4. ed. [S. l.: s. n.], 2015. 616 p.
- MARIANO, E. B. Conceitos Básicos de Análise de Eficiência produtiva. In: SIMPÓSIO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO (SIMPEP), 14., 2007, Bauru. **Anais [...]**. Bauru: EESC/USP, 2007. p. 1-12. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/257397765_Conceitos_Basicos_de_Analise_de_Eficiencia_produtiva. Acesso em: 26 jun. 2023.
- MENDIONDO, R. **Como calcular coeficiente de correlação Excel**. 2021. Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=Hb3rECDxU_o. Acesso em: 31 maio 2023.

MONTGOMERY, D. C.; RUNGER, G. C. **Applied Statistics and Probability for Engineers**. 5. ed. Hoboken: John Wiley & Sons, Inc., 2011.

NAVARAUSCKAS, J. **O que é correlação e como analisar os dados**. 2022. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=OHXM7qiI1ww>. Acesso em: 31 maio 2023.

OLIVEIRA, U. R. **Estatística I (para leigos): aprenda fácil e rápido**. São Paulo: Saraiva, 2017. Disponível em: <https://pdfcoffee.com/qdownload/livro-pdf-estatistica-i-para-leigos-aprenda-facil-e-rapido-pdf-free.html>. Acesso em: 02 maio 2023.

RAUNAIMER, A. **Utilização de software simulador de voo como ferramenta de aprendizagem**. 2021. Monografia (Curso de Comando e Estado-Maior) – Escola de Comando e Estado Maior da Aeronáutica, Universidade da Força Aérea, Rio de Janeiro, 2021. Disponível em: https://redebias.direns.aer.mil.br/index.php?codigo_sophia=82703. Acesso em: 15 fev. 2023.

SOUSA, A. Coeficiente de Correlação de Pearson e Coeficiente de correlação de Spearman: o que medem e em que situações devem ser utilizados? **Correio dos Açores**. Açores, 21 mar. 2019. Matemática, p. 19. Disponível em: <https://repositorio.uac.pt/handle/10400.3/5365>. Acesso em: 20 jun. 2023.

VICTOR, P. C. L. **A influência do simulador de voo da aeronave Amazonas na capacitação de pilotos**. 2012. Monografia (Curso de Comando e Estado-Maior) – Escola de Comando e Estado-Maior da Aeronáutica, Universidade da Força Aérea, Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2012. Disponível em: https://redebias.direns.aer.mil.br/index.php?codigo_sophia=62913. Acesso em: 17 fev. 2023.

WALKER, E. L. **Conditioning and Instrumental Learning**. New Delhi: Prentice-Hall of India Private Limited, 1969.

WISE, J. A.; HOPKIN, V. D.; GARLAND, D. J. **Handbook of Aviation Human Factors**. 2. ed. Boca Raton: CRC Press, 2010. E-book. Disponível em: <https://ftp.idu.ac.id/wp-content/uploads/ebook/ip/BUKU%20ERGONOMI/BUKU%20INGGRIS/Handbook%20of%20Aviation%20Human%20Factors%20Second%20Edition.pdf>. Acesso em: 21 fev. 2023.

ANEXO A – Proposta Comercial para Aquisição de um Simulador



ANEXO C

DEMONSTRATIVO DOS CUSTOS DO SIMULADOR

SPECTRA
TECNOLOGIA

INFORMAÇÕES SOBRE PRODUÇÃO E CICLO DE VIDA

1. SALÁRIOS DA EQUIPE TÉCNICA – EMBASAMENTO NO MERCADO

Por se tratar de serviço altamente especializado, é fundamental a utilização de profissionais bem capacitados, fundamentalmente engenheiros.

Para a execução dos trabalhos serão necessários os seguintes profissionais:

- a) Gerente do projeto (Consultor): Profissional com experiência em gerenciamento de projetos e condução de equipes de desenvolvimento e responsável pela comunicação com a equipe do COMAER, com no mínimo 20 anos de experiência e profundo conhecimento do projeto do Simulador;
- b) Engenheiro Consultor: Profissional com experiência no desenvolvimento e execução de projetos, com no mínimo 25 anos de experiência. A sua utilização é justificada para a minimização do risco envolvendo um projeto de alta complexidade. Possui experiência comprovada no Projeto de Simuladores;
- c) Engenheiro de Desenvolvimento de Sistemas Pleno: Profissional nível superior com experiência em desenvolvimento de programas e sistemas computacionais com experiência comprovada no projeto de Simuladores;
- d) Projetista Senior: Profissional com experiência em projetos de equipamentos e sistemas mecânicos, com experiência em programas de projetos 2D/ 3D;
- e) Técnico Pleno: Profissional com experiência em interpretação de projetos mecânicos e na montagem e manutenção de equipamentos e sistemas mecânicos;

Como referência inicial para o salário de engenheiro, destacamos que o piso estabelecido pela legislação federal para o ano de 2017 é de R\$ 8.433,00 para o regime de trabalho de 8 horas por dia e que pode ser verificado em consulta ao portal do sindicato dos engenheiros de São Paulo (<http://www.seesp.org.br/site/index.php/juridico/piso-salarial>).

Com relação à remuneração de mão de obra, tomamos como referência a pesquisa de mercado realizada pelo Instituto DATAFOLHA, (http://datafolha1.folha.com.br/empregos/segmentos?reference_date=2014-10-13&segment_id=5&find=Enviar), referência setembro de 2014, e cujas faixas são apresentadas na Tabela 1.

Atividade Profissional	Mínimo	Máximo
Técnico Eletrônico / Mecânico	R\$ 1.410,60	R\$ 9.107,50
Projetista Mecânico	R\$ 4.084,00	R\$ 9.211,00
Engenheiro Eletrônico	R\$ 4.351,00	R\$ 14.349,70
Engenheiro Civil Pleno	R\$ 5.264,10	R\$ 13.654,80
Engenheiro Civil Sênior	R\$ 9.799,30	R\$ 16.589,40
Gerente de Pesq. e Desenvolv. (Consultor)	R\$ 10.533,10	R\$ 26.197,90

Tabela 1 – Valores de salários de acordo com pesquisa DATAFOLHA

Tendo como base a pesquisa de mercado apresentada, os valores praticados pela Spectra estão perfeitamente dentro da realidade do mercado.

Atividade Profissional	Praticado
Técnico Pleno	R\$ 3.900,00
Projetista Senior	R\$ 9.100,00
Engenheiro Pleno	R\$ 9.500,00
Gerente Técnico e Consultor	R\$ 21.000,00

Tabela 2 – Tabela de Salários praticados Pela Spectra

2. CUSTOS DIRETOS - Detalhamento dos ENCARGOS

Foi considerada a incidência dos seguintes encargos e benefícios sobre os salários, com base na legislação vigente, planilha de referencia do Banco Central do Brasil e nos custos médios da Spectra:

TABELA 4 - DETALHAMENTO ENCARGOS SOCIAIS E TRABALHISTAS

Grupo “A” – Obrigações sociais	Percent.
Previdência Social	20,00%
Salário Educação	2,50%
SESC / SESI	1,50%
SENAC / SENAI	1,00%
SEBRAE	0,60%
INCRA	0,20%
GIIL-RAT (Seguro Acidente de Trabalho)	2,00%
FGTS	8,00%
Total do Grupo “A”	35,80%

Grupo “B” – Gratificações e tempo não trabalhado	Percent.
13o. Salário	8,33%
Férias + 1/3 sobre as Férias	11,11%
Auxílio Doença	1,39%
Acidente de Trabalho	0,13%
Licença Maternidade	0,07%
Licença Paternidade	0,03%
Faltas Legais	0,83%
Ausências no Aviso Prévio Trabalhado	0,19%
Total do Grupo “B”	22,09%

Grupo “C” – Indenizações em rescisões sem justa causa	Percent.
Aviso Prévio Indenizado (com encargos)	8,33%
Indenização (multa sobre o saldo do FGTS)	4,00%
Indenização Adicional (demissão antes da data-base)	3,60%
Total do Grupo “C”	15,93%

Grupo “D” – Reincidências	Percent.
Incidência do Grupo “A” sobre o Grupo “B”	7,91%
Total do Grupo “D”	7,91%

BENEFÍCIOS (Média da empresa)	Percent.
Plano de Saúde	
Vale Alimentação	
Transporte	
Treinamento/qualidade	
TOTAL CLASSE E	15,60%

Impostos Total (CLASSE A+B+C+D+E)	97,33%
--	---------------

Tabela 3 - Encargos e benefícios incidentes sobre o salário

Observação (1): No cálculo dos benefícios foi considerada a média geral da empresa.

Aplicando-se os benefícios e encargos incidentes sobre os salários (relacionados na tabela 2), podem ser calculados os custos totais diretos de mão-de-obra por mês:

PLANILHA DE CUSTO		
Custos diretos totais de mão-de-obra por mês		
CUSTOS TOTAIS	Salário Base	Salário com Encargos
Técnico Pleno	R\$ 3.900,00	R\$ 7.695,69
Projetista Sênior	R\$ 9.100,00	R\$ 17.956,62
Engenheiro Pleno	R\$ 9.500,00	R\$ 18.745,92
Gerente Técnico e Consultor	R\$ 21.000,00	R\$ 41.438,34

Tabela 4 – Custos diretos de mão-de-obra por mês com encargos

2. TABELA DE SALÁRIOS DA EQUIPE TÉCNICA MÉDIA ENVOLVIDA

Equipe técnica Média do Projeto			
Cargo	Quant.	Custo Mensal	Total Mensal
Técnico Pleno	3	R\$ 7.695,69	R\$ 23.087,08
Projetista Sr	1	R\$ 17.956,62	R\$ 17.956,62
Eng. Pleno	3	R\$ 18.745,92	R\$ 56.237,75
Eng. Consultor	1	R\$ 41.438,34	R\$ 41.438,34

Custo Mensal da Equipe Média	R\$ 138.719,79
Tempo estimado de Projeto e Fabricação	24
Custo Total Médio da MO utilizada	R\$ 3.329.274,89

3. TABELAS DE CUSTO E CONFIGURAÇÃO BÁSICA DOS COMPUTADORES E ACESSÓRIOS

Configuração básica dos Computadores	
Componente	Custo
Processador I7	R\$ 3.000,00
16 Gb RAM	R\$ 700,00
Disco SSD 480 Gb	R\$ 800,00
MotherBoard	R\$ 1.500,00
Gabinete 19 "	R\$ 800,00
fonte	R\$ 500,00
Windows 10 Pro	R\$ 700,00
teclado mouse misc	R\$ 500,00
Nobreak 1400 VA	R\$ 660,00
Custo Padrão	R\$ 9.160,00

Acessórios	Custo
Monitor LED 24"	R\$ 1.200,00
LCD 17" touch	R\$ 2.500,00
Placa gráfica EVGA GeForce GTX1080	R\$ 2.500,00

Custo dos Computadores	Preço Unitário
IOS (CPU+LCD Touch+Monitor)	R\$ 12.860,00
Central de Processamento	R\$ 9.160,00
Cabine	R\$ 9.160,00
Estação de Debriefing	R\$ 14.060,00
Sistema Visual (CPU+ Placa Video + SSD)	R\$ 11.660,00

4. TABELA DE CUSTO DO MATERIAL IMPORTADO

Cotação US\$	R\$ 3,20
Internação Hardware	75%
Internação Software	45%

Insumos Importados		
	Preço FOB	Preço SIF
Projetores Full HD	\$ 8.500,00	R\$ 47.600,00
Force-feedback	\$ 60.000,00	R\$ 336.000,00
Licenças Runtime IG	\$ 10.000,00	R\$ 46.400,00
Licença Warp-Blend	\$ 7.500,00	R\$ 34.800,00

5. TABELA DE CUSTOS INDIRETOS E IMPOSTOS

Impostos para Venda (NCM 8805.29.00)	
PIS	0,65%
COFINS	3,00%
IR	1,60%
CSLL	1,08%
ICMS	12,00%
IPI	0,00%
Total	18,33%

Custos Adicionais	
Gastos administrativos	8%
Gastos Gerais de Fabricação	7%
Margem de Lucro	15%
Total	30%

6. CUSTO TOTAL DO SIMULADOR

Custo Estimado do material do Simulador			
Sistema	Quant.	Custo Unitário	Custo Total
Sistema Visual			
Computadores	3	R\$ 11.660,00	R\$ 34.980,00
Projetores	3	R\$ 47.600,00	R\$ 142.800,00
Fabricação do Domo	1	R\$ 120.000,00	R\$ 120.000,00
Sistema de Audio	1	R\$ 2.000,00	R\$ 2.000,00
Cabine			
Computador	1	R\$ 9.160,00	R\$ 9.160,00
Instrumentos e Réplicas	1	R\$ 350.000,00	R\$ 350.000,00
Force Feedback	1	R\$ 336.000,00	R\$ 336.000,00
Material de Integração	1	R\$ 150.000,00	R\$ 150.000,00
Acessórios	1	R\$ 25.000,00	R\$ 25.000,00
Central de Processamento			
Computador	1	R\$ 9.160,00	R\$ 9.160,00
Estação do Instrutor (IOS)			
Computador	1	R\$ 12.860,00	R\$ 12.860,00
Acessórios	1	R\$ 2.500,00	R\$ 2.500,00
Estação de Debriefing			
Computador	1	R\$ 14.060,00	R\$ 14.060,00
Acessórios	1	R\$ 10.000,00	R\$ 10.000,00
Laboratório de Estudos e Testes em SJC			
Sistema Visual	1	R\$ 11.660,00	R\$ 11.660,00
Cabine + Central + IOS	1	R\$ 9.160,00	R\$ 9.160,00
Debriefing	1	R\$ 9.160,00	R\$ 9.160,00

Custo Total de Material	R\$ 1.248.500,00
--------------------------------	-------------------------

Custo dos Programas de terceiros			
Sistema	Quant.	Custo Unitário	Custo Total
Sistema Visual			
Licença Sistema Visual	1	R\$ 46.400,00	R\$ 46.400,00
Licença Warp Blend	1	R\$ 34.800,00	R\$ 34.800,00
Laboratório de Estudos e Testes em SJC			
Licença Sistema Visual	1	R\$ 46.400,00	R\$ 46.400,00
Custo Total dos Programas de Terceiros			R\$ 127.600,00
Custo parcial do Simulador (MO + Material + Licenças de Terceiros)			R\$ 4.705.374,00

Para obtermos o preço final de venda devemos aplicar sobre o custo os impostos incidentes, custos administrativos e a margem de lucro. É importante ressaltar que pela legislação tributária Brasileira, os impostos incidem sobre o valor final da venda. Ou seja:

$$\text{Valor Final} = \text{Custo} / (1 - \text{Impostos} - \text{Administrativos} - \text{Margem});$$

Aplicando-se sobre o custo parcial os impostos e a margem de lucro chegamos ao preço de venda destes elementos.

Valor de Venda dos Elementos do Simulador	R\$ 9.106.587,96
--	-------------------------

Finalizando, temos os valores dos sistemas desenvolvidos pela Spectra e que serão integrados como programas compilados ao simulador:

Custo dos Programas da Spectra			
Sistema	Quant.	Custo Unitário	Custo Total
Sistema Visual			
Licença dos Programas da Spectra	1	R\$ 100.000,00	R\$ 100.000,00
Cabine			
Licença dos Programas da Spectra	1	R\$ 80.000,00	R\$ 80.000,00
Central de Processamento			
Licença dos Programas da Spectra	1	R\$ 180.000,00	R\$ 180.000,00
Estação do Instrutor (IOS)			
Licença dos Programas da Spectra	1	R\$ 150.000,00	R\$ 150.000,00
Estação de Debriefing			
Licença dos Programas da Spectra	1	R\$ 100.000,00	R\$ 100.000,00

Custo Total dos Programas	R\$ 610.000,00
---------------------------	----------------

Somando-se o valor de venda dos elementos do Simulador às licenças dos Programas da Spectra temos o preço final do Simulador:

Valor de Venda do Simulador	R\$ 9.716.587,96
------------------------------------	-------------------------