

GUILHERME MARCOS GUERREIRO

**DESENVOLVIMENTO DE METODOLOGIA PARA INCORPORAÇÃO
DA ERGONOMIA EM PROJETOS DE CABINE DE AVIÃO**

Trabalho de formatura apresentado à Escola
Politécnica da Universidade de São Paulo para
obtenção do diploma de Engenheiro de
Produção

São Paulo
2012

GUILHERME MARCOS GUERREIRO

**DESENVOLVIMENTO DE METODOLOGIA PARA INCORPORAÇÃO
DA ERGONOMIA EM PROJETOS DE CABINE DE AVIÃO**

Trabalho de formatura apresentado à Escola
Politécnica da Universidade de São Paulo para
obtenção do diploma de Engenheiro de
Produção

Orientador: Professor Doutor Laerte Idal
Sznclwar

São Paulo
2012

FICHA CATALOGRÁFICA

Guilherme Marcos Guerreiro

**Desenvolvimento de Metodologia para Incorporação da Ergonomia
em Projetos de Cabine de Avião**

/ G.M. Guerreiro. -- São Paulo, 2012.

92 p.

**Trabalho de Formatura - Escola Politécnica da Universidade
de São Paulo. Departamento de Engenharia de Produção.**

**1. Ergonomia (Engenharia de produção). 2. Interior de aeronaves.
I. Universidade de São Paulo. Escola Politécnica. Departamento de
Engenharia de Produção II. t.**

DEDICATÓRIA

À minha mãe pelo amor incondicional.

AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador, Laerte Idal Sznelwar, pela competência e dedicação ao me orientar neste trabalho de formatura.

À Embraer pela colaboração e solicitude.

A todos da empresa em que estagiei em 2012, especialmente ao Marcelo pelo aprendizado que me proporcionou.

À Cris e ao Osni do CAEP pela generosidade com que sempre me trataram quando fui tirar xérox, imprimir algo ou simplesmente tocar violão e conversar com eles.

À Marlene da biblioteca pela boa vontade e bom humor com que sempre me tratou.

Aos amigos e colegas da POLI pelos momentos de alegria e pela ajuda e aprendizado mútuo, em especial aos amigos Mendes, Pelê e Pion.

*“Happiness can be found even in the darkest of
times, if one only remembers to turn on the light”*

(do filme Harry Potter, do Dumbledore)

RESUMO

Este trabalho possui como foco a questão da ergonomia no projeto de cabines de avião. A relevância deste trabalho se dá pelo acirramento da competição no setor de aviação e pelo conforto da cabine ser um fator primordial na escolha de companhias aéreas por parte dos clientes. Por meio da análise da atividade dos passageiros desempenhadas em um voo, foi possível identificar vários pontos de melhoria no projeto do produto das cabines de avião. Essa análise resultou em uma série de parâmetros a serem levados em conta pela equipe de projeto de desenvolvimento de produto da empresa analisada.

Palavras-chave: Ergonomia. Ergonomia de Produto. Projeto de Produto. Análise da Atividade. Conforto em cabines de avião. Observação participante.

ABSTRACT

This work has focused on the issue of ergonomics in the design of aircraft cabins. The relevance of this work is given by the increasing competition in the aviation industry and the cabin comfort is a primary factor in choosing airlines by customers. By analyzing the activity of passengers carried on a flight, it was possible to identify several areas for improvement in product design of aircraft cabins. This analysis resulted in a number of parameters to be taken into account by the project team product development company analyzed.

Keywords: Ergonomics. Product Ergonomics. Product Project. Activity Analysis. Comfort in Aircraft Cabins. Participant Observation.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Embraer no mundo	19
Figura 2 - Receitas por mercado	20
Figura 3 – LINEAGE 1000.....	21
Figura 4 - KC-390	21
Figura 5 – IPANEMA	22
Figura 6 - EMBRAER 195	22
Figura 7 - Receitas por segmento	23
Figura 8 - As 5 Forças de Porter da Embraer	26
Figura 9 - Estrutura da revisão bibliográfica	28
Figura 10 - Quadro explicativo da ergonomia e tudo que a envolve.....	30
Figura 11 - Esquema das três realidades do trabalho	31
Figura 12 - Diferenciação entre tarefa e atividade	32
Figura 13 - Mudanças no corpo humano com o envelhecimento	41
Figura 14 - Estatura percentual do ser humano em função da idade	42
Figura 15 - Diferenças nas proporções corporais em diferentes etnias	43
Figura 16 – Influência do tempo e angulação da cabeça inclinada na sensação de dor ...	47
Figura 17 - As três fases do projeto de desenvolvimento de uma metodologia para incorporação da ergonomia em projetos de cabine de avião.....	51
Figura 18 - Estrutura do capítulo 4	61
Figura 19 - Distância da mesa em relação ao corpo e baixa altura da mesa dificultaram alimentação	65
Figura 20 - Conflito de braços na alimentação	65
Figura 21 - Mesa baixa e letras miúdas do formulário dificultaram a escrita.....	66
Figura 22 - Baixa altura da mesa prejudica a cervical no uso do IFE	67
Figura 23 - Peso do IFE dificulta segurá-lo, tendo que apoiá-lo no colo.....	68
Figura 24 - Mesa baixa prejudica a leitura.....	69
Figura 25 - Postura em que os braços entram em fadiga e os cotovelos são submetidos a muita pressão	69
Figura 26 - Cotovelos apoiados no apoio de braço central, o que gera conflito com o braço do outro passageiro	70
Figura 27 - Conflito do apoio de braços dificulta a leitura e outras atividades.....	70

Figura 28 - Grande distância da mesa ao corpo baixa altura da mesa geraram desconforto no uso do <i>notebook</i>	71
Figura 29 - Falta de apoios laterais para a cabeça dificultou o repouso	73
Figura 30 - Uso da parede interna como tentativa de apoiar melhor a cabeça.....	73
Figura 31 - Pesquisadores F3H1 (corredor) e F3H2 (janela) no <i>mock-up</i> térmico.....	74
Figura 32 – Partes da poltrona.....	78
Figura 33 – Vinte e nove variáveis antropométricas	90
Figura 34 - Representação bidimensional das vinte e nove variáveis antropométricas do anexo anterior	91
Figura 35 - A medida horizontal representa o <i>pitch</i> e vertical representa a altura	92

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Informações sobre o projeto de conforto	18
Tabela 2 - Embraer em números.....	23
Tabela 3 - Análise SWOT	25
Tabela 4 - Tabela de atividades e tipos de esforço	45
Tabela 5 - Vantagens e desvantagens de algumas posturas	46
Tabela 6 - Dados antropométricos dos pesquisadores das fases 2 e 3	60
Tabela 7 - Tabela usada na fase 2 para analisar os ensaios no <i>mock-up</i>	62
Tabela 8 - Tabela usada na fase 3 para analisar os ensaios no <i>mock-up</i>	62
Tabela 9 - Tabela feita na fase 2 da atividade de repouso	63
Tabela 10 - Tabela nova da fase 3 da atividade de repouso.....	63
Tabela 11 - Matriz atividade/objeto	79

LISTA DE SIGLAS

CEC	Centro de Engenharia e Conforto
Embraer	Empresa Brasileira Aeronáutica S.A.
FAPESP	Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo
FINEP	Financiadora de Estudos e Projetos
IFE	<i>In-flight entertainment</i> (entretenimento a bordo)
PDP	Processo de Desenvolvimento de Produtos
PRO	Departamento de Engenharia de Produção da Universidade de São Paulo
TTO	Trabalho, Tecnologia e Organização
UFSC	Universidade Federal de Santa Catarina
UFSCAR	Universidade Federal de São Carlos
USP	Universidade de São Paulo

Sumário

1	INTRODUÇÃO	17
1.1	A empresa	19
1.2	Descrição do problema e relevância	27
1.3	Objetivo do trabalho	27
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	28
2.1	Ergonomia	28
2.2	Trabalho	31
2.3	Tarefa e atividade	32
2.4	Intervenção do ergonomista	33
2.4.1	Diagnóstico do problema	34
2.4.2	Reunião dos ingredientes da abordagem da atividade futura	35
2.4.3	Implementação das simulações	36
2.4.4	Execução do projeto e partida	37
2.4.5	Avaliação	37
2.5	Fisiologia	38
2.5.1	Fadiga	38
2.5.2	Tédio e monotonia	39
2.6	Antropometria	39
2.6.1	Variações de medidas entre os sexos	40
2.6.2	Variações de medidas intra-individuais	41
2.6.3	Variações de medidas entre as etnias	42
2.6.4	Variações de medidas por influência do clima	43
2.7	Biomecânica	44
2.7.1	Tipos de esforço e atividades	45
2.7.2	Posturas	45
2.8	Ergonomia do produto	47

2.9	Processo do desenvolvimento de produtos	48
3	MÉTODOS DE PESQUISA	50
3.1	Método inspirado na observação participante	51
3.2	Análise da atividade.....	53
3.3	Método inspirado na observação participante e análise da atividade	54
3.4	Protocolo experimental	55
3.4.1	Protocolo experimental da fase 2	55
3.4.2	Protocolo experimental da fase 3	56
3.5	Aparato	56
3.6	Participantes.....	58
4	DIAGNÓSTICO E ANÁLISES	61
4.1	Análise dos ensaios da fase 1.....	61
4.2	Análise dos ensaios da fase 2.....	62
4.2.1	Problemas na atividade alimentação	64
4.2.2	Problemas na atividade escrita	66
4.2.3	Problemas na atividade uso de IFE	66
4.2.4	Problemas na atividade leitura	68
4.2.5	Problemas na atividade uso de <i>notebook</i>	71
4.2.6	Problemas na atividade repouso	72
4.3	Análise dos ensaios da fase 3.....	73
4.3.1	Problemas identificados pelo pesquisador F3H1.....	74
4.3.2	Problemas identificados pelo pesquisador F3H2.....	76
5	PROPOSIÇÃO DE SOLUÇÕES	77
5.1	Poltrona	80
5.1.1	Apoio para a cabeça	80
5.1.2	Apoio para os braços.....	81
5.1.3	Encosto	81
5.1.4	Assento	82

5.2	Espaço entre poltronas	82
5.3	Piso e apoio para os pés	83
5.4	Mesa	83
6	CONCLUSÃO	85
6.1	Contribuições do estudo para projetos de cabine avião	85
6.2	Limitações do estudo	85
6.3	Estudos futuros e desdobramentos do estudo	86
7	REFERÊNCIAS	87
	ANEXO A – Variáveis antropométricas	90
	ANEXO B – Representação bidimensional das variáveis antropométricas do anexo anterior	91
	ANEXO C – Vista lateral das poltronas	92

1 INTRODUÇÃO

A importância de se considerar a ergonomia no PDP (Processo de Desenvolvimento de Produtos) é cada vez maior devido à maior concorrência interempresarial, menor ciclo de vida dos produtos por conta dos rápidos avanços tecnológicos e também devido à formação de consumidores cada vez mais exigentes e ciosos de seus desejos e necessidades. Segundo Rozenfeld et al. (2009, p. 4):

“O PDP situa-se na interface entre empresa e mercado, cabendo a ele identificar e até mesmo antecipar as necessidades do mercado e propor soluções (por meio de projetos de produtos e serviços relacionados) que atendam tais necessidades.”

Levar em conta a ergonomia em um projeto de desenvolvimento ou melhoria de um produto não é apenas fazer algo com design mais anatômico e confortável, mas sim fazer um profundo estudo da interface produto-usuário de modo a fazer um diagnóstico correto e assim agir de forma eficaz. E essa eficácia na ergonomia do produto pode ser traduzida nos Critérios Ergonômicos descritos em Dejean e Naël (2007, p. 395-396): segurança, eficácia, utilidade, tolerância aos erros, primeiro contato, conforto e prazer.

Com base nesses critérios, pode-se identificar uma correlação direta entre ergonomia e qualidade do produto. Porém, de acordo com Dejean e Naël (2007, p. 396), “quaisquer que sejam suas qualidades ergonômicas, os produtos devem também se inscrever numa lógica de mercado”, ou seja, a organização deve integrar os setores de PDP e Marketing de forma a um alimentar o outro de informações, requisitos e necessidades. Logo, a ergonomia do produto é um fator com função de agregar mais valor ao produto, melhorando a vantagem em relação aos concorrentes.

Nesse contexto, a empresa em que foi realizado o presente trabalho, a Embraer (Empresa Brasileira de Aeronáutica S.A.) por ser uma empresa de vanguarda e por estar em um ambiente extremamente competitivo, identificou a necessidade de melhorar o conforto de suas aeronaves e em 2006 começou a desenvolver um Projeto de Conforto de Cabine em parceria com a USP (Universidade de São Paulo), UFSC (Universidade Federal de Santa Catarina), UFSCAR (Universidade Federal de São Carlos), FAPESP (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo) e FINEP (Financiadora de Estudos e

Projetos). Em 5 de maio de 2012, na Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, foi inaugurado o CEC (Centro de Engenharia e Conforto) para o desenvolvimento de aviões que propiciem um voo mais confortável aos passageiros.

Tabela 1 - Informações sobre o projeto de conforto

O Projeto	
Conforto de cabine: desenvolvimento e análise integrada de critérios de conforto	
n° 2006/52570-1	
Modalidade	
Parceria para Inovação	
Tecnológica (Pite)	
Coordenador	
Jurandir Itizo Yanagihara, Poli/USP	
Investimento	
R\$ 3,2 milhões (FAPESP)	
R\$ 4,5 milhões (Embraer)	
R\$ 4,3 milhões (Finep)	
R\$ 2,9 milhões (Embraer)	

Fonte: Marcolin (2012, p. 23)

O CEC é composto por dois *mock-ups* de fuselagens de aviões da família Embraer 170/190. Um é o *mock-up* térmico, usado para variar as condições térmicas, e o outro é o *mock-up* integrado, instalado dentro de uma câmara de pressão, usado para simular um voo real, podendo simular condições reais de pressão, umidade, ruídos, vibrações, temperatura e iluminação.

O grupo de pesquisa TTO (Trabalho, Tecnologia e Organização) está inserido no projeto do CEC por meio de pesquisas ligadas à ergonomia com foco na análise da atividade. O TTO, segundo PRO (2012) possui o seguinte foco:

“Trata da organização do trabalho em todas as instâncias da atividade produtiva e dedica especial atenção à relação dinâmica entre trabalho e tecnologia. Parte da abordagem sócio-técnica para diagnóstico, projeto e gestão dos processos de produção de bens e serviços, aplica os ensinamentos da ergonomia para a o estudo do trabalho humano e busca o relacionamento entre a Engenharia e as Ciências Sociais Aplicadas.

O grupo de pesquisa Trabalho, Tecnologia e Organização desenvolve pesquisas focadas nas questões organizacionais e de inovação tecnológica. O trabalho humano é um dos centros das atenções, seja em aspectos ergonômicos (com ênfase na análise da atividade), seja em aspectos da estrutura organizacional ou das relações sociais de produção. O outro centro é o do conhecimento, tecnologia e inovação voltados à competitividade.”

1.1 A empresa

A Embraer é uma empresa brasileira do ramo da aeronáutica e, como destaca Miranda (2007, p. 21), “Como terceira maior fabricante de aviões do mundo, a Embraer é líder de uma rede de empresas no Brasil e no exterior, e responsável por uma parcela expressiva das exportações brasileiras de manufaturados”. Abaixo, uma figura com a participação dela no mundo.

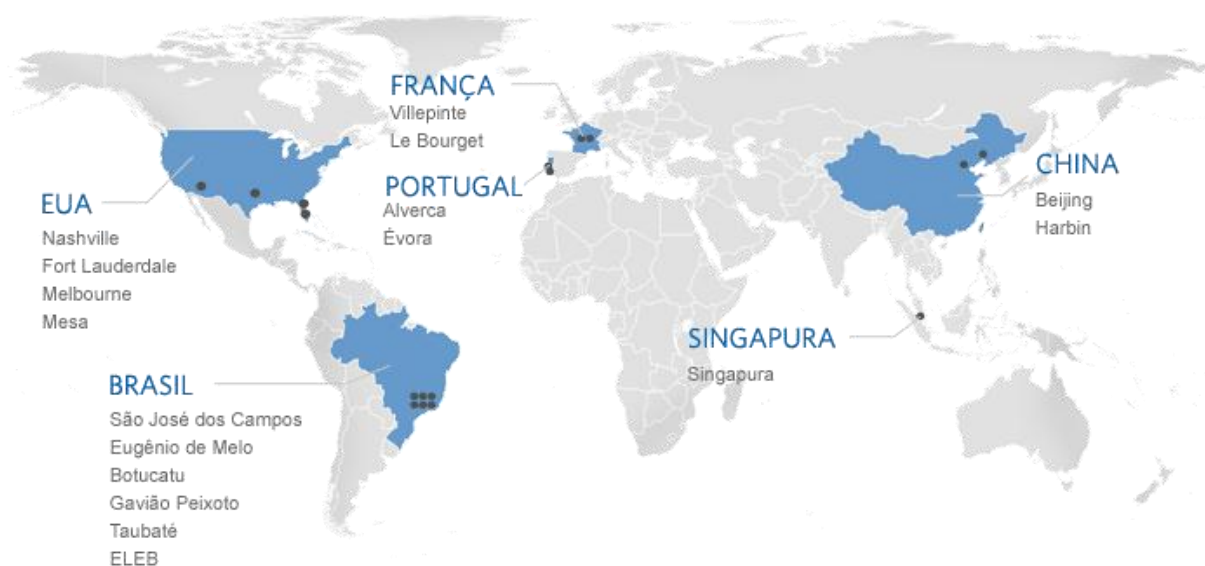


Figura 1 - Embraer no mundo

Fonte: Embraer (2012)

Para melhor ilustrar a participação mundial da Embraer, a seguir há uma figura sobre as receitas por mercado.

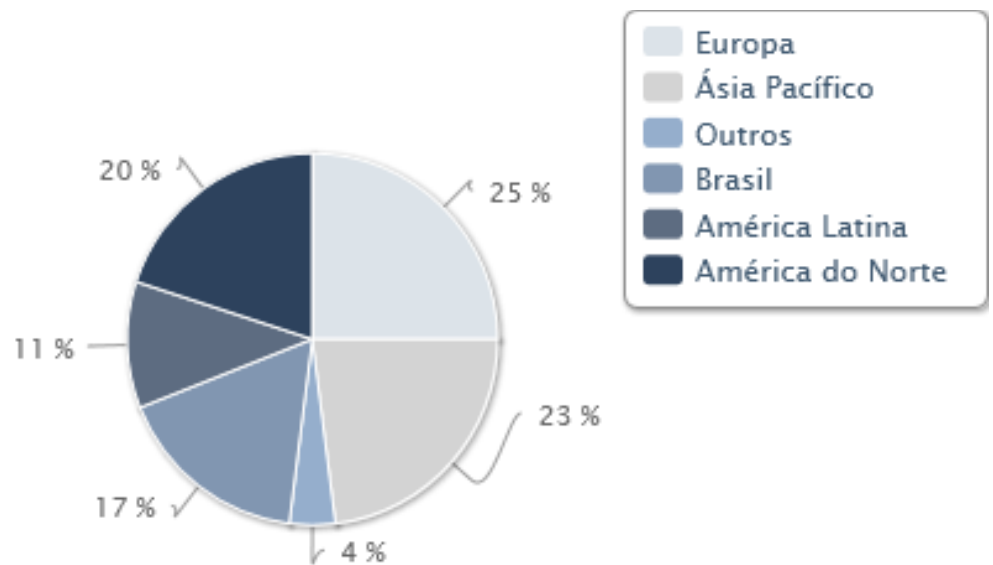


Figura 2 - Receitas por mercado

Fonte: Embraer (2012)

Em Embraer (2012), tem-se que a visão da empresa é “A Embraer continuará a se consolidar como uma das principais forças globais dos mercados aeronáutico e de Defesa e Segurança, líder nos seus segmentos de atuação, reconhecida pelos níveis de excelência em sua ação empresarial”.

Conforme Embraer (2012), os valores da empresa são:

- “**Nossa gente** é o que nos faz voar
- Existimos para servir **nossos clientes**
- Buscamos a **excelência empresarial**
- **Ousadia e inovação** são a nossa marca
- **Atuação global** é a nossa fronteira
- Construimos um **futuro sustentável**”

A empresa possui quatro segmentos de atuação na aviação, quais sejam:

- aviação executiva;



Figura 3 – LINEAGE 1000

Fonte: Embraer (2012)

- defesa e segurança;



Figura 4 - KC-390

Fonte: Embraer (2012)

- serviços aeronáuticos e outros;



Figura 5 – IPANEMA

Fonte: Embraer (2012)

- aviação comercial.



Figura 6 - EMBRAER 195

Fonte: Embraer (2012)

A seguir, uma figura que representa as receitas por segmento.

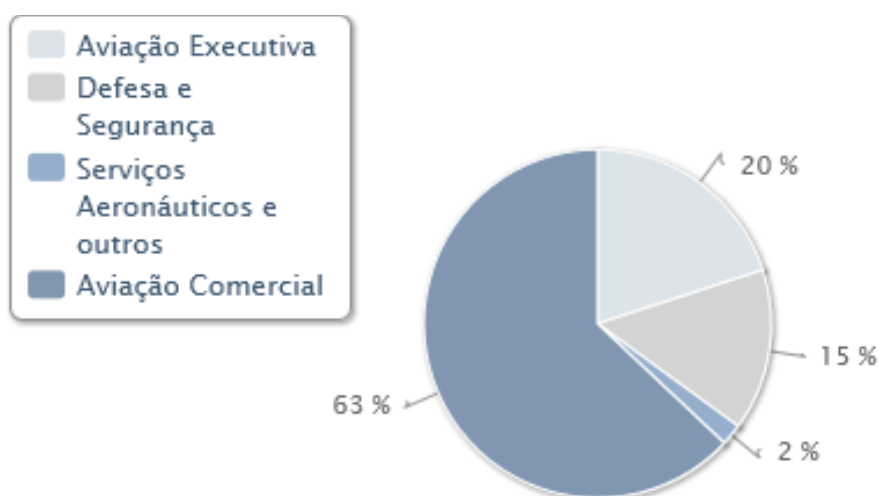


Figura 7 - Receitas por segmento

Fonte: Embraer (2012)

Tratando da Embraer em números, tem-se a seguinte tabela:

Tabela 2 - Embraer em números

Embraer em números	
Números de empregados (março/2012)	17.629*
Pedidos firmes em carteira (2T12)	US\$ 12,9 bilhões
Receita líquida (3M12)	R\$ 2.049 milhões**
Lucro líquido (3M12)	R\$ 111 milhões**

Fonte: Adaptado de Embraer (2012)

*Número não inclui empregados de suas subsidiárias não-integrais, OGMA e HEAL.

**Dados consolidados em legislação societária

Seguindo, será contextualizada a história da Embraer de acordo com Embraer (2012).

Essa contextualização será dividida em datas importantes.

- **19 de agosto de 1969:** Foi criada a Embraer, companhia de capital misto e controle estatal. Além de iniciar a produção do Bandeirante, a Embraer foi contratada pelo governo brasileiro para fabricar o jato de treinamento avançado e ataque ao solo EMB 326 Xavante, sob licença da empresa italiana Aermacchi. Outros desenvolvimentos que marcaram o início das atividades da Embraer foram o planador de alto desempenho EMB 400 Urupema e a aeronave agrícola EMB 200 Ipanema.
- **Final da década de 1970:** O desenvolvimento de novos produtos – como o EMB 312 Tucano e o EMB 120 Brasília, seguidos pelo programa AMX, em cooperação com as empresas Aeritalia (hoje Alenia) e Aermacchi – permitiu que a Empresa alcançasse a um novo patamar tecnológico e industrial.
- **1994:** Privatização da Embraer no governo de Itamar Franco com conseqüente reestruturação dando as bases para se tornar uma líder no mercado.
- **A partir de 2004:** A entrada em operação da nova família de jatos comerciais EMBRAER 170/190, a confirmação da presença definitiva da Embraer no mercado de aviação executiva com o lançamento de novos produtos, assim como a expansão de suas operações no mercado de serviços aeronáuticos, estabeleceram bases sólidas para o desenvolvimento futuro da empresa.

A fim de fornecer uma visão mais aprofundada da Embraer por meio de uma análise ambiental, foi feita uma análise SWOT.

Tabela 3 - Análise SWOT

INTERNOS	PONTOS FORTES (Capitalizar) <ul style="list-style-type: none"> • Marca forte • Incentivos do governo • Voltada para inovação 	PONTOS FRACOS (Melhorar) <ul style="list-style-type: none"> • Altos custos de produção
	OPORTUNIDADES (Monitorar) <ul style="list-style-type: none"> • Crescimento internacional • Mercado de aviões de médio porte 	AMEAÇAS (Eliminar) <ul style="list-style-type: none"> • Forte concorrência com a Bombardier • Crise na Europa e Estados Unidos (queda de demanda)

Fonte: Elaborado pelo autor

Além da análise SWOT, foi feita, também, a fim de complementar a análise da empresa, a representação gráfica das cinco forças de Porter.

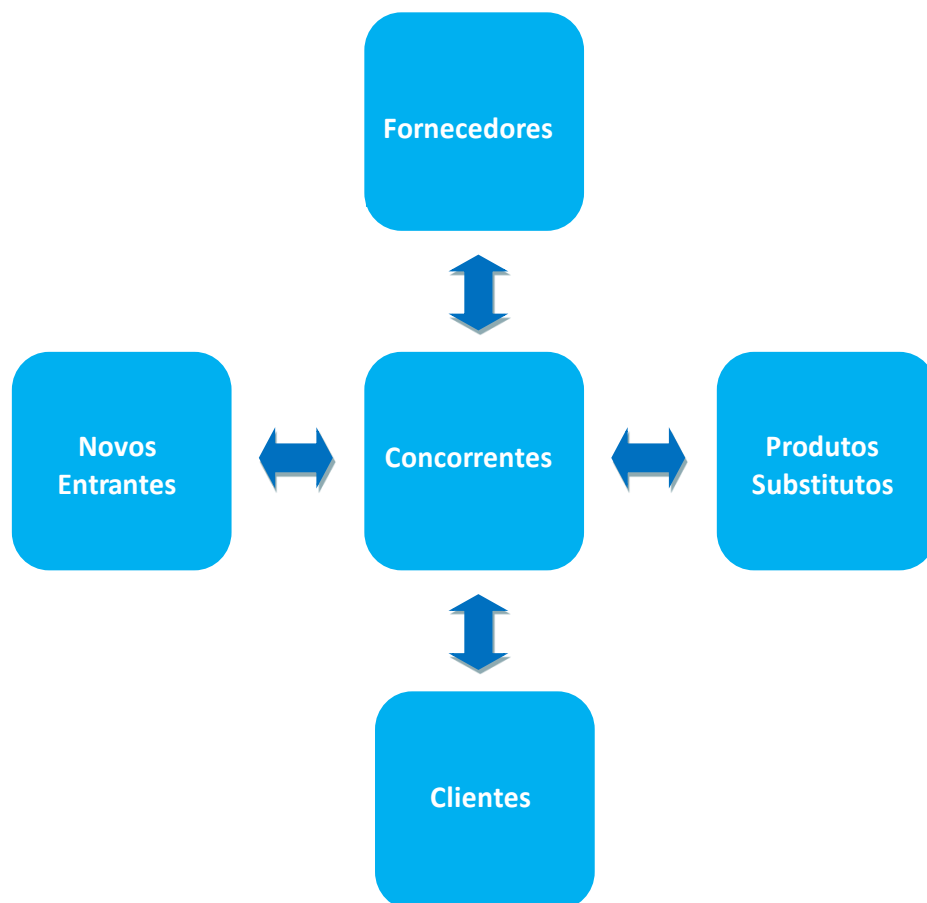


Figura 8 - As 5 Forças de Porter da Embraer

Fonte: Porter (1990, p.4)

A seguir, a explicação de cada força.

- **Fornecedores:** É uma força de intensidade média, pois a Embraer além de possuir bastantes fornecedores, fabrica muitas de suas peças internamente, diminuindo a dependência e o poder de barganha dos fornecedores.
- **Produtos Substitutos:** Trata-se de uma força de intensidade baixa, pois o avião é o meio de transporte mais rápido.
- **Clientes:** Trata-se de uma força de intensidade média, pois não há muitos concorrentes nesse porte.
- **Novos Entrantes:** Força de intensidade baixa, pois os custos são muito altos.
- **Concorrentes:** A concorrência é muito forte, principalmente com a empresa canadense Bombardier, que é a terceira maior fabricante de jatos civis, atrás apenas da Airbus e da Boeing.

1.2 Descrição do problema e relevância

Em um voo, os passageiros interagem com vários elementos e dispositivos do avião e, por meio deles, desempenham diversas atividades tais como leitura, alimentação, repouso, uso de *notebook*, uso de IFE (*in-flight entertainment*), escrita e etc. Essas atividades, no entanto, muitas vezes são desempenhadas com dificuldade, desconforto ou até mesmo não desempenhadas. E isso se deve à não devida consideração de aspectos ergonômicos no projeto de aviões.

Esses aspectos ergonômicos essenciais a uma concepção de cabines que sejam confortáveis e compatíveis com as necessidades dos passageiros são vários: anatomia humana, antropometria, fisiologia, biomecânica e, principalmente, análise da atividade, que consiste em observar como o usuário modifica ou não o uso convencional (ou prescrito) de certo dispositivo a fim de realizar seu objetivo.

1.3 Objetivo do trabalho

Neste trabalho, será abordada a ergonomia física, mais especificamente, o uso que o passageiro faz de alguns elementos dentro do avião durante o voo, quais sejam, poltrona, assento, mesa para alimentação e *notebook*, IFE e, assim, analisar as atividades realizadas pelos indivíduos identificando pontos de melhoria para o projeto dos aviões bem como a incorporação desses conceitos de ergonomia no processo de concepção de um avião. Depois de feito o diagnóstico dos problemas ergonômicos nas cabines de avião, serão desenvolvidas soluções para esses problemas. Adicionalmente, essas soluções serão apresentadas não como tabelas com faixas ótimas de medidas de objetos da cabine, mas sim de uma forma que a equipe de concepção da Embraer incorpore essas conclusões em forma de um manual de projeto.

A relevância deste trabalho se dá pelo fato do acirramento da competição no setor de aviação e pelo conforto da cabine ser um fator primordial na escolha de companhias aéreas.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A revisão bibliográfica tratará da análise da atividade, fisiologia, antropometria, biomecânica, ergonomia do produto e projeto do desenvolvimento de produtos.

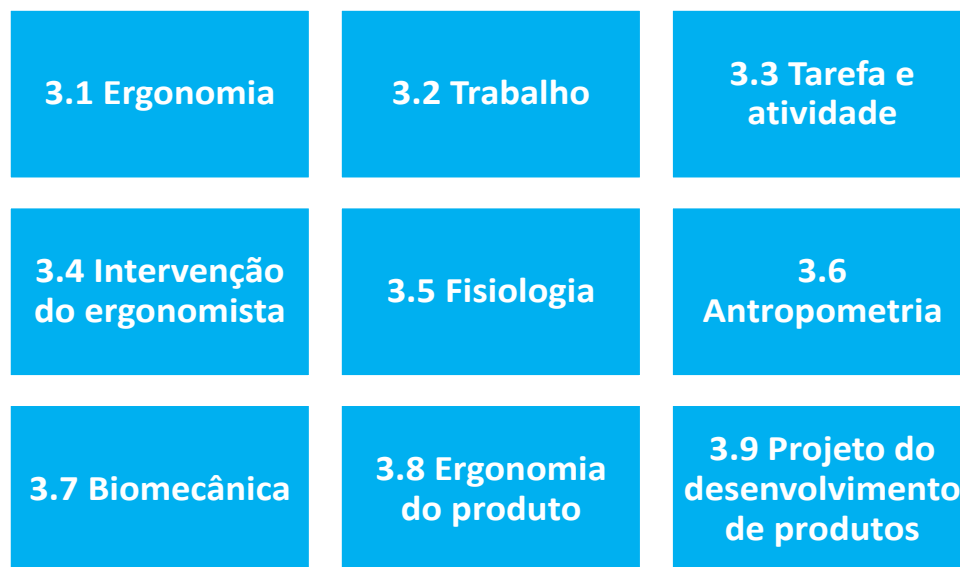


Figura 9 - Estrutura da revisão bibliográfica

Fonte: Elaborado pelo autor

2.1 Ergonomia

Ergonomia é a composição de duas palavras gregas: *ergon* (trabalho) e *nomos* (leis e regras). Trata-se de uma ciência multidisciplinar que tem como marco inicial em 1949, na Inglaterra, com a criação da Ergonomics Society Research por parte do engenheiro e psicólogo Murrell. Muitos autores atestam que o nascimento da ergonomia ocorreu na pré-história quando havia preocupação do homem das cavernas em fazer uma ferramenta mais adequada ao manuseio para melhor desempenhar suas funções de sobrevivência na época. Porém, a ergonomia com este nome e com um formato definido originou-se em 1949 com Murrell. E esse surgimento deve ser entendido como consequência do Taylorismo e da 2ª Guerra Mundial, que transformaram drasticamente a relação homem-

trabalho por meio da análise científica do trabalho e do advento de novas máquinas e equipamentos, havendo a necessidade de um maior entendimento dessas mudanças de modo a agir de maneira eficaz.

A fim de proporcionar maior entendimento do conceito de ergonomia, serão colocadas algumas definições.

- Definição da Ergonomics Society (2012): “Ergonomia lida com a interação de tecnologia e situações de trabalho com o ser humano. As ciências humanas básicas envolvidas são anatomia, fisiologia e psicologia. Essas ciências são aplicadas pelo ergonomista com dois objetivos principais: o uso mais produtivo das capacidades humanas, e a manutenção da saúde humana e o bem-estar. Em uma frase, o trabalho deve combinar com a pessoa em todos os aspectos, e a situação de trabalho não deve comprometer as capacidades e limitações humanas.”.
- Definição da International Ergonomics Association (2012): “A Ergonomia (ou Fatores Humanos) é uma disciplina científica relacionada ao entendimento das interações entre os seres humanos e outros elementos ou sistemas, e à aplicação de teorias, princípios, dados e métodos a projetos a fim de otimizar o bem estar humano e o desempenho global do sistema. Os ergonomistas contribuem para o planejamento, projeto e a avaliação de tarefas, postos de trabalho, produtos, ambientes e sistemas de modo a torná-los compatíveis com as necessidades, habilidades e limitações das pessoas”.

Essas definições e o próprio surgimento da ergonomia contêm o conceito de trabalho envolvido, principalmente o trabalho em indústria. Certamente, há muitas aplicações da ergonomia na indústria, e de acordo com Abrahão et al. (2009, p. 29), há muitos outros campos de aplicação: “O ergonomista pode atuar em diferentes contextos desde aqueles nos quais ocorrem trabalho humano ou se concebem equipamentos e instrumentos funcionais”. Com isso, surge a necessidade de definir o conceito trabalho, já que “transformar o trabalho é a finalidade primeira da ergonomia” segundo Guérin et al. (2001, p. 1).

Para Moraes (1993) em Pequini (2007, p. 20), a ergonomia se situa como mediadora entre as ciências que estudam os diversos aspectos do ser humano como, por exemplo,

biomecânica, fisiologia, psicologia, e as diversas tecnologias projetuais, para as quais a ergonomia fornece recomendações que viabilizam projetos e ambientes humanos.

Abaixo, um esquema da ergonomia e tudo que a envolve.

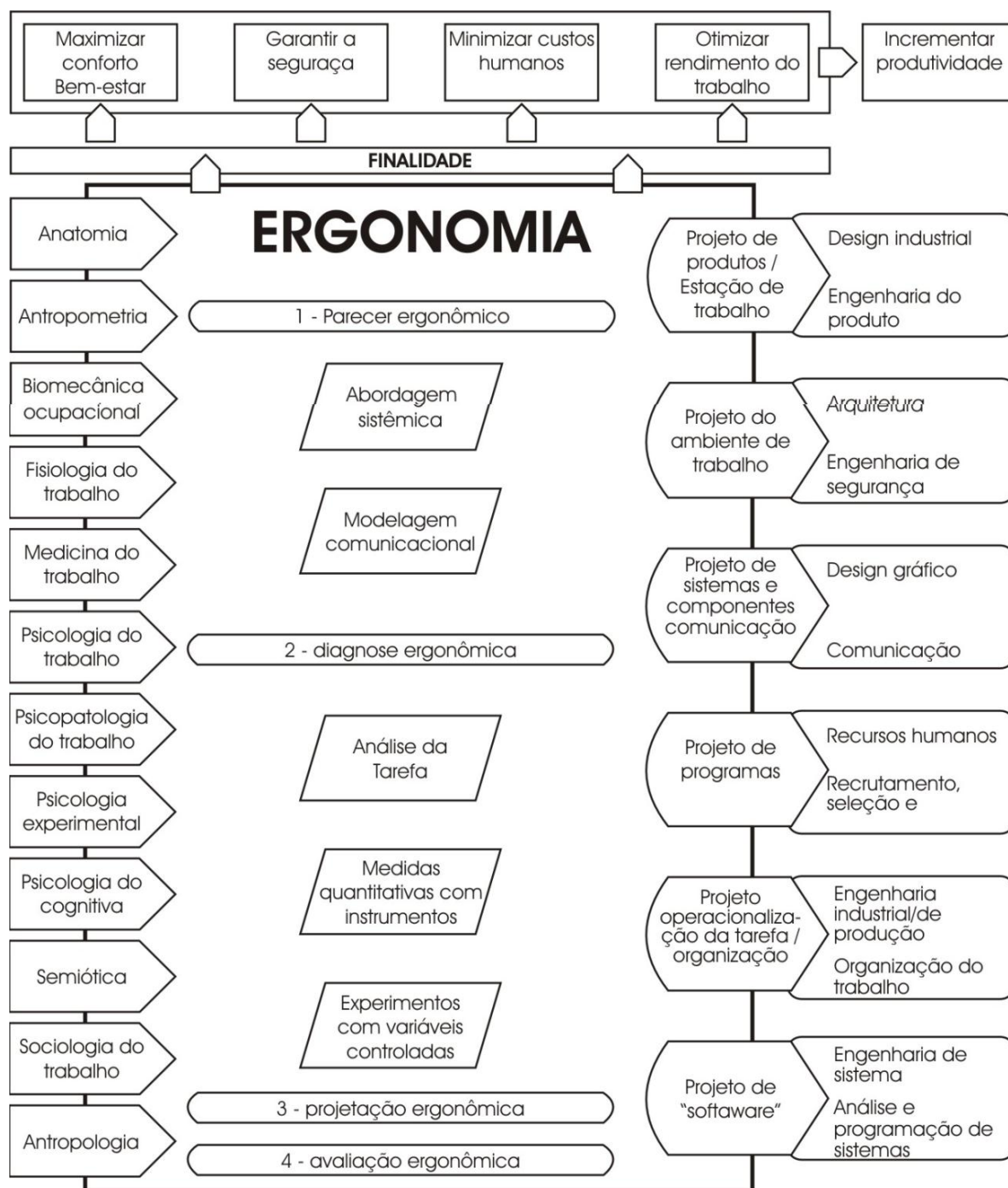


Figura 10 - Quadro explicativo da ergonomia e tudo que a envolve

Fonte: Moraes (1933) em Pequini (2005)

2.2 Trabalho

Trabalho, de acordo com Guérin et al. (2001, p. 11), é a junção de três realidades: condições, tarefa/atividade e resultados. Sendo assim, pode-se considerar como trabalho o uso de um produto, já que sempre há um design (condições), há um uso prescrito/real (tarefa/atividade) e há um objetivo realizado ou não (resultado). E tal conceito de uso de produto como um tipo de trabalho permeará todo o desenvolvimento deste trabalho. Abaixo, encontra-se um esquema do que é trabalho.

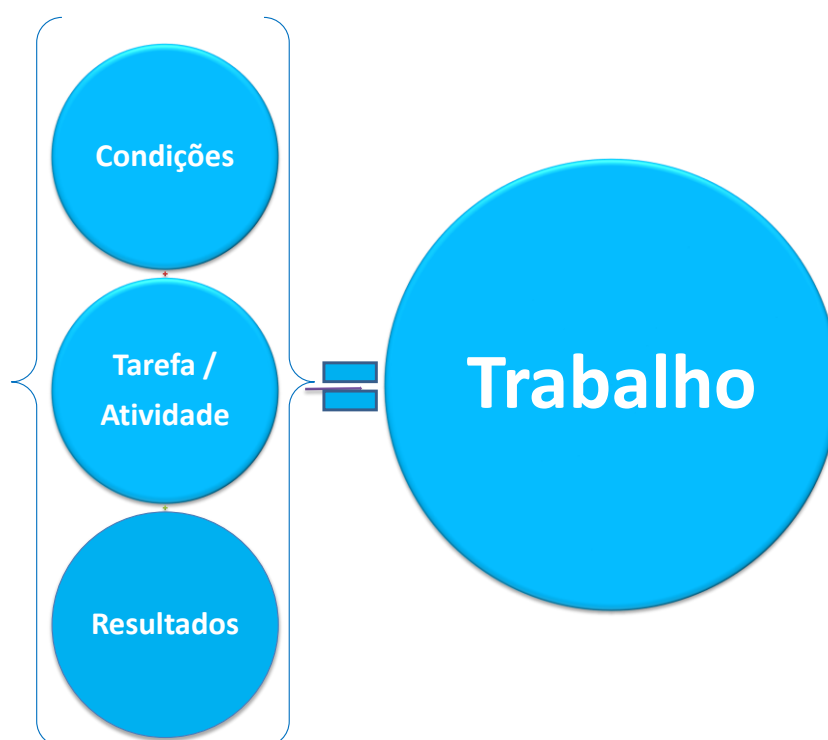


Figura 11 - Esquema das três realidades do trabalho

Fonte: Adaptado de Guérin et al. (2001, p. 11)

2.3 Tarefa e atividade

Para definir o que é tarefa e atividade, foi necessário definir ergonomia e trabalho, pois sem esses conceitos, não será possível o entendimento completo do conceito de atividade, que permeia todo este trabalho.

Tarefa e atividade são dois conceitos fundamentais para o entendimento de toda a ergonomia. A tarefa, no caso de um produto, é o uso prescrito do mesmo. Em uma cabine de avião, é o uso que se deve fazer dos dispositivos (mesa, poltrona, IFE e etc). Um exemplo de prescrição seria inclinar a poltrona ao querer repousar. É o uso convencional do produto, o uso pensado pelos projetistas. No entanto, como observa Guérin et al. (2001, p. 17), no ato profissional (no caso deste trabalho, no uso do produto), a pessoa põe em jogo toda a sua vida pessoal e social na utilização de um produto, ou seja, modifica o que é prescrito com a finalidade de se obter as metas respeitando sua singularidade. Como observa Abrahão et al. (2009, p. 49), a atividade é a integração das prescrições e constrangimentos às características das pessoas, por isso, a atividade é uma síntese de diversos aspectos. Abaixo, uma figura ilustrativa da diferença entre tarefa e atividade, lembrando-se da analogia que está sendo feita neste trabalho de que trabalho remete ao uso dos dispositivos da cabine de avião por parte do passageiro.

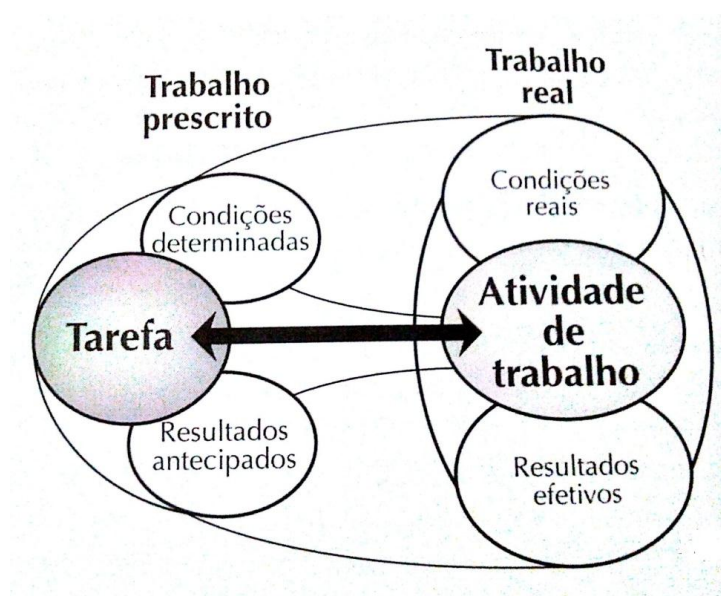


Figura 12 - Diferenciação entre tarefa e atividade

Fonte: Guérin et al. (2001, p. 15)

É importante esclarecer que a tarefa não é algo com conotação negativa e a atividade algo com sentido positivo. A tarefa não é apenas um conjunto de constrangimentos, já que é a tarefa que conduz e permite a atividade como salienta Abrahão et al. (2009, p. 56). E o ergonomista deve fazer uma profunda investigação da atividade de modo a agir sobre o real (atividade), porém deve-se analisar a tarefa, já que, como já foi dito, será a guia da atividade.

A análise da tarefa consiste em determinar quais prescrições dificultam o desempenho da atividade e como deve-se, de maneira eficaz, balizar o espaço em cujo interior se desenvolve a atividade de cada pessoa, segundo observa Daniellou e Béguin (2007, p. 285).

2.4 Intervenção do ergonomista

Em relação a um problema, cabe sempre ao ergonomista agir, já que “uma característica essencial de toda intervenção ergonômica é que ela não se contenta em produzir um conhecimento sobre as situações de trabalho: ela visa à ação”.

Referente à análise da atividade, a ação ergonômica na concepção de um produto é algo paradoxal, como atenta Theureau e Pinsky (1984, p. 25-31) em Daniellou (2007, p. 303), já que a atividade é algo referente a um uso de um produto existente, um uso modificado, porém o produto ainda não existe e sua análise por parte dos ergonomistas deve contornar essa dificuldade.

Tal dificuldade é tratada da seguinte maneira:

- diagnóstico do problema;
- reunião dos ingredientes da abordagem da atividade futura;
- implementação das simulações;
- execução do projeto e partida;
- avaliação.

A seguir, cada etapa será discutida separadamente.

2.4.1 Diagnóstico do problema

Na ergonomia, o diagnóstico deve ser construído de duas maneiras Daniellou (2007, p. 304): social e técnica. A construção social consiste em posicionar o ergonomista e suas ações em relação aos atores envolvidos no projeto. Esses atores são os engenheiros, o empreendedor, os usuários do produto, ou seja, depende do caso. Adicionalmente, a própria formação dos ergonomistas é heterogênea, pois podem haver ergonomistas formados em engenharia com especialização em ergonomia, outros formados em medicina com especialização em ergonomia, outros com curso de ergonomia propriamente dito e etc. Tal fato, torna ainda mais complexa as relações de comunicação entre todos os envolvidos no projeto. Para Abrahão et al. (2009, p. 230), “Há sempre um trabalho de tradução e de interpretação por parte do ergonomista, uma vez que os atores sociais não são especialistas em tudo”. Já a construção técnica está ligada à representação dos elementos do sistema a serem melhorados com técnicas de análise da atividade. Para isso, deve-se inicialmente entender o sistema e reunir as informações necessárias a fim de se analisar a atividade futura.

Diagnóstico é um termo usualmente relacionado ao campo da medicina, porém como esclarece Guérin et al. (2001, p. 177), ao contrário do diagnóstico médico, que visa classificar o problema a uma categoria de problemas conhecida e tratá-lo de maneira padronizada, o diagnóstico ergonômico é uma construção original, já que há diversas variáveis singulares como empresa, trabalhadores, atividades; no caso de um produto, empresa, usuários, equipe de concepção do produto e etc.

De acordo com Abrahão et al. (2009, p. 179):

“Em Ergonomia não há um modelo predeterminado de ação. O que existe são princípios comuns, oriundos de conhecimentos gerais. Contudo, se por um lado cada demanda apresenta elementos que nos permitem compreendê-la à luz de trabalhos anteriores, por outro, apresenta particularidades para as quais nem sempre é possível fornecer soluções preestabelecidas, completas e suficientes para serem simplesmente aplicadas aos problemas colocados. A realidade tem demonstrado o quanto uma

abordagem restrita pode gerar resultados insatisfatórios quando da aplicação de conhecimentos gerais e de sua reprodução”.

Em seguida, passa-se para a definição do tempo do projeto, Daniellou (2007, p. 307-308) atenta para cinco etapas-chave para o desenvolvimento de um projeto industrial:

- Os estudos preliminares: trata-se da avaliação de custo e viabilidade econômica do projeto e são conduzidos por uma equipe restrita.
- Os estudos de base: são conduzidos pelo coordenador do projeto depois do “sinal verde” estratégico em relação à condução do projeto e consiste em investigar o problema a fim de levantar memoriais descritivos que serão usados como consulta pelos fornecedores.
- Os estudos de detalhe: consiste no detalhamento com alto grau de precisão de todos os elementos do sistema para permitir a realização do projeto. Devido ao grande número de especialistas envolvidas nesta etapa, deve-se atentar para o alinhamento de informações e objetivos para evitar o risco de redundâncias e contradições.
- A fase de construção: consiste na realização material. Muitos testes são realizados nesta etapa.
- A partida: Início da produção.

Segundo Daniellou (2007, p. 308), há duas coisas importantes dessas cinco fases de desenvolvimento de projeto industrial para se atentar: elas não são necessariamente sequenciais, podem ser simultâneas; e que o posicionamento do ergonômista em determinada etapa influencia toda sua ação, pois se ele for integrado às etapas iniciais, sua ação será mais efetiva, pois estará nas fases de construção e concepção, no entanto, se ele for integrado a etapas finais, sua ação estará limitada ao que já foi feito, e se contrapor a ações antecedentes de projetistas de concepção pode ser inviável.

2.4.2 Reunião dos ingredientes da abordagem da atividade futura

Como já foi dito, analisar a atividade futura de um sistema na fase de concepção é algo paradoxal. Para contornar essa dificuldade, Daniellou (2007, p. 308) propõe,

primeiramente, analisar e usar situações de referência a fim de construir e entender a atividade futura.

Situações de referência são situações as quais contêm certas características do sistema em planejamento só que configuradas de forma diferente. No caso de um projeto de modernização, Daniellou (2007, p. 308) diz que “a situação de referência pode ser a situação existente no começo do projeto”.

Depois de analisar as situações, cabe ao ergonomista recenseá-las, ou seja, enumerar as variabilidades que possam aparecer na atividade do sistema em concepção. Sobre a fase do recenseamento das situações de ação características, tem-se:

“O recenseamento de situações de ação características prováveis no futuro sistema é a ferramenta essencial do ergonomista em todas as etapas do processo de concepção, na medida em que permite estabelecer uma ponte entre as atividades efetivamente analisadas e a abordagem da atividade futura” (DANIELLOU, 2007, p. 309).

Como resultado desse processo de recenseamento, o ergonomista obtém as referências para a concepção, que são as constatações do ergonomista e que são levadas pra o cliente (ou empreendedor) para a validação do mesmo.

2.4.3 Implementação das simulações

Uma definição de simulação formal é a seguinte: Simulação é a construção de um modelo que permita que se façam testes de hipóteses e análise de cenários. Sendo que modelo é uma simplificação da realidade com uma finalidade. Implementar significa executar.

Daniellou (2007, p. 311) atenta para uma característica importante nas condições de simulação da atividade futura, os materiais e componentes para prefigurar o sistema futuro e, também, o tamanho dos mesmos, que são classificados em dois tipos: real e reduzido. Adicionalmente, tratando-se das maquetes em tamanho natural, como no caso do *mock-up* utilizado nos testes deste trabalho, tem-se:

“Quando um protótipo ou uma maquete em tamanho natural está disponível, as simulações podem ser organizadas como uma experimentação, onde os sujeitos efetivamente realizarão roteiros e durante a qual será possível analisar a atividade deles, para identificar as dificuldades encontradas, avaliar o resultado do desempenho e os custos” (DANIELLOU, 2007, p. 311).

As simulações, além de fornecerem respostas para os projetistas de concepção, permitem os atores serem sensibilizados, gerando integração dos mesmos e, por conseguinte, troca de constatações.

2.4.4 Execução do projeto e partida

Esta fase da intervenção ergonômica consiste na realização do projeto. Daniellou (2007, p. 313) ressalta que mesmo que a concepção tenha sido feita com muita cautela e competência, surgiram fatos não previstos como um erro na concepção ou uma dificuldade na execução que podem acarretar em efeito significativo sobre a atividade futura. Por isso, é importante a presença do ergonomista nesta fase, já que ele poderá balizar as medias dos projetistas em relação ao impacto das mesmas na atividade futura.

2.4.5 Avaliação

A avaliação é relativa à ação ergonômica e, por conseguinte, ao próprio ergonomista. Daniellou (2007, p. 313) observa que alguns critérios de avaliação da ação já foram estabelecidos no início do projeto com o empreendedor, mas outros só serão criados com a partida. Segundo Guérin et al. (2001, p. 187), a avaliação envolve várias dimensões e muitas vezes contraditórias, e o julgamento sobre o sucesso ou fracasso da ação ergonômica varia de acordo com o contexto e de quem é o avaliador, ou seja, é muito subjetivo.

2.5 Fisiologia

A fisiologia estuda o organismo humano. A ergonomia, por ser uma ciência multidisciplinar, leva em conta a fisiologia, porém não se aprofunda muito. A fisiologia na ergonomia é utilizada de maneira a projetar algo que se adapte melhor ao organismo.

Para este trabalho, serão tratados alguns conceitos importantes da fisiologia: fadiga, tédio e monotonia.

2.5.1 Fadiga

Tratando da terminologia de fadiga, tem-se:

“Fadiga é um estado familiar a todos nós, na vida diária. O termo geral denota uma perda de eficiência e um desinteresse para qualquer atividade, mas não é um estado único e definido. Também não é muito claro se deve ser definido como fadiga física, mental, etc” (KROEMER; GRANDJEAN, 2005, p. 151).

Adicionalmente, Kroemer e Grandjean (2005, p. 151) atentam para o fato de que há dois tipos de fadiga: fadiga muscular e fadiga geral. A fadiga muscular está relacionada à dor muscular localizada. Já a fadiga geral está ligada ao desinteresse e indolência e afeta todo o organismo.

Neste trabalho, será tratada apenas a fadiga muscular, pois a fadiga geral foge do escopo de analisar a atividade dos passageiros na cabine de avião.

No desempenho de algumas atividades, certas posturas podem causar sobrecarga de alguns músculos, mesmo que seja um esforço estático, levando-os a entrar em fadiga. E essa fadiga caracteriza-se por dor e queda de desempenho em realizar a tarefa.

A respeito de uma pessoa com fadiga, Iida (2005, p. 356) diz o seguinte: “Ela começa a fazer uma simplificação de sua tarefa, eliminando tudo o que não for essencial. A força, velocidade e precisão dos movimentos tendem a diminuir”.

Em Kroemer e Grandjean (2005, p. 151-152), há um exemplo de fadiga muscular em sapos. Em um experimento, estimulou-se eletricamente um músculo da perna de um sapo causando a contração e, com isso, o levantamento de um peso. Alguns segundos depois, observaram-se três consequências desse esforço:

- diminuição da altura do levantamento;
- contração e relaxamento mais devagar;
- maior latência (intervalo da resposta entre o estímulo elétrico e a contração).

Referente à medição dos níveis de fadiga, Kroemer e Grandjean (2005, p. 160) atentam para a dificuldade de quantificar a fadiga, devendo-se recorrer a indicadores como, por exemplo, a qualidade e quantidade do trabalho realizado.

2.5.2 Tédio e monotonia

Inicialmente, a definição de tédio:

“Um ambiente monótono é aquele que tem falta de estímulos. A reação do indivíduo à monotonia é chamada tédio. Tédio é um estado mental complexo, caracterizado por sintomas de redução da ativação de centros nervosos com uma concomitante sensação de cansaço, letargia e redução do estado de alerta” (KROEMER; GRANDJEAN, 2005, p. 171).

O tédio origina-se de um ambiente que não motiva as pessoas por conta do desempenho de atividades repetitivas, pobre em estímulos, ou seja, um “ambiente uniforme” (Iida, 2005, p. 360). Como consequência da monotonia, de acordo com Iida (2005, p. 361), ocorrem os erros no desempenho das atividades devido à diminuição da atenção e do aumento do tempo de reação.

2.6 Antropometria

Antropometria é a ciência que estuda as medidas do corpo humano. Sua importância para o ergonomista no projeto de um posto de trabalho ou de um produto reside no fato de

projetar algo mais adaptável fisicamente às condições do ser-humano, ou seja, “às medidas do corpo e à mobilidade do operador” (KROEMER; GRANDJEAN, 2005, p. 35).

As variações das medidas do corpo humano são tratadas pelos projetistas com muita atenção, já que se deve estudar o público-alvo do sistema que está sendo projetado e, por meio de ferramentas estatísticas, estabelecer as medidas dos componentes do sistema de modo a contemplar todos ou a maioria dos usuários. A contemplação de todos os usuários ocorre geralmente em um produto específico para uma pessoa, um produto médico por exemplo.

A contemplação dos usuários, segundo Iida (2005, p. 135), não pode se ater às medidas médias do público-alvo, pois em muitos casos devem-se levar em conta os extremos. Uma porta, por exemplo, não pode ter sua altura projetada pela média, mas sim pelos mais altos. Já no caso de um armário, deve-se projetá-lo de modo que as pessoas mais baixas alcancem a parte superior do mesmo. Em seguida, Iida (2005, p. 135) atenta para a impossibilidade de se cobrir todas as pessoas a quem o produto se destina e, por isso, devem ser adotados percentis do público-alvo de acordo com a necessidade do projeto. Uma opção é adotar uma distribuição normal e cobrir 90% centrais da população, deixando de contemplar os 5% inferiores e os 5% superiores da distribuição.

Nota-se que a variabilidade de medidas do corpo humano possui certas fontes, cujas principais são:

- sexo;
- intraindividuais;
- étnicas;
- clima.

A seguir, serão explicadas cada uma dessas fontes.

2.6.1 Variações de medidas entre os sexos

Tratando da variabilidade dos sexos, é importante observar que homens são mais altos e mais largos que as mulheres em geral. Iida (2005, p. 98-99) ressalta que, na fase adulta, as

mulheres possuem maior proporção gordura/músculos, e que a gordura subcutânea das mulheres localiza-se em lugares diferentes em relação à gordura dos homens como bacia e coxas.

2.6.2 Variações de medidas intra-individuais

As variações intraindividuais são referentes às fases da vida, “Há uma alteração do tamanho, proporções, forma e peso” (IIDA, 2005, p. 99). A seguir, duas figuras sobre as variações intraindividuais, a primeira ilustra o envelhecimento de um ser-humano e a segunda ilustra a variação da estatura em relação à idade.

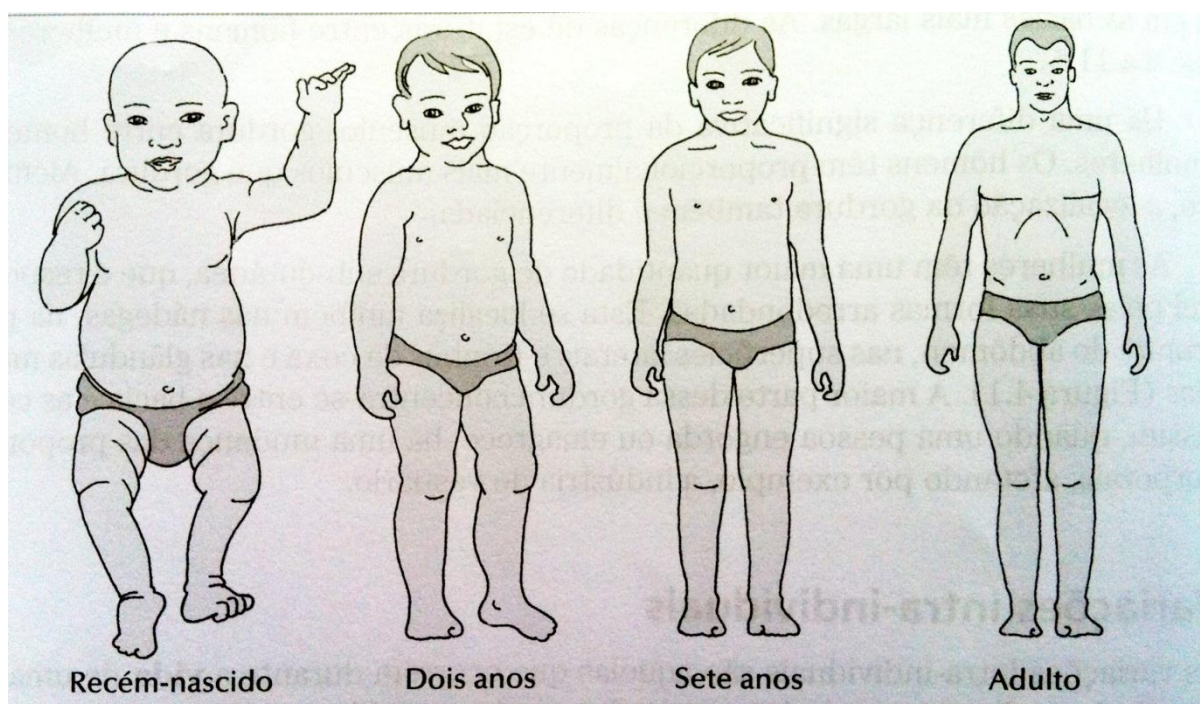


Figura 13 - Mudanças no corpo humano com o envelhecimento

Fonte : Iida (2005, p. 100)

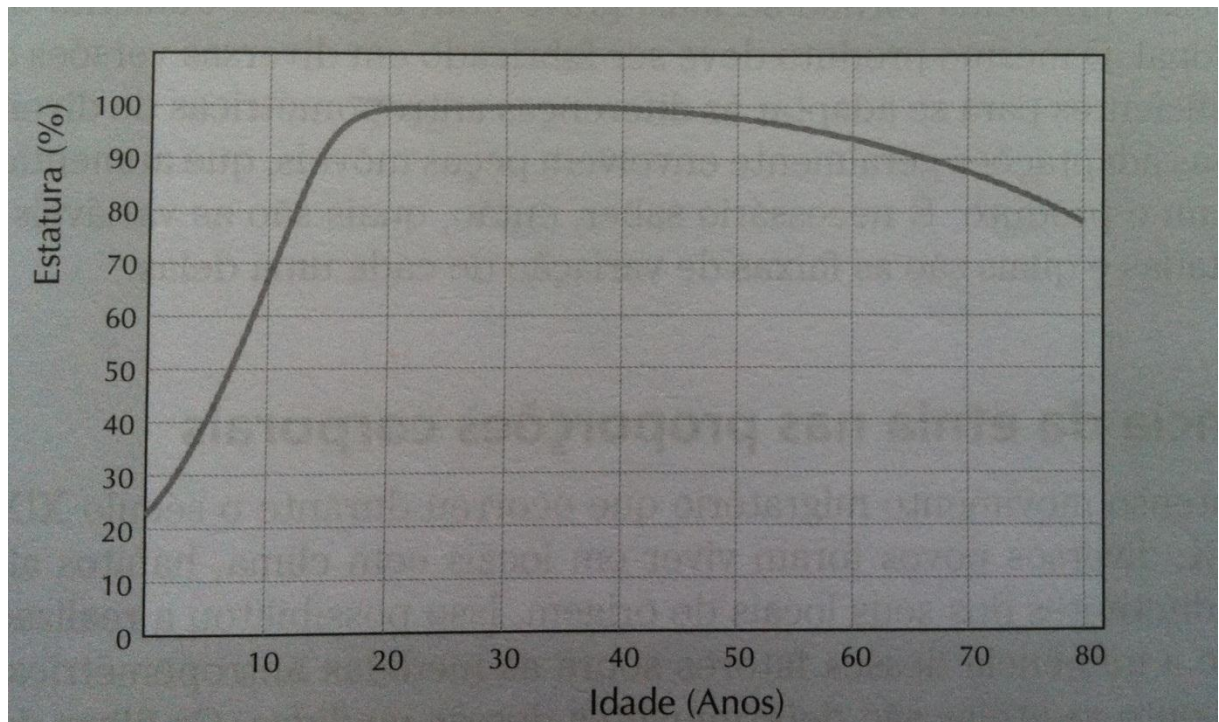


Figura 14 - Estatura percentual do ser humano em função da idade

Fonte: Iida (2005, p. 101)

2.6.3 Variações de medidas entre as etnias

No projeto de um produto, as variações entre etnias devem ser levadas em conta, pois há muitas diferenças antropométricas. As medidas antropométricas de um branco americano se diferenciam bastante das medidas antropométricas de um japonês por exemplo, como se verifica na figura a seguir.

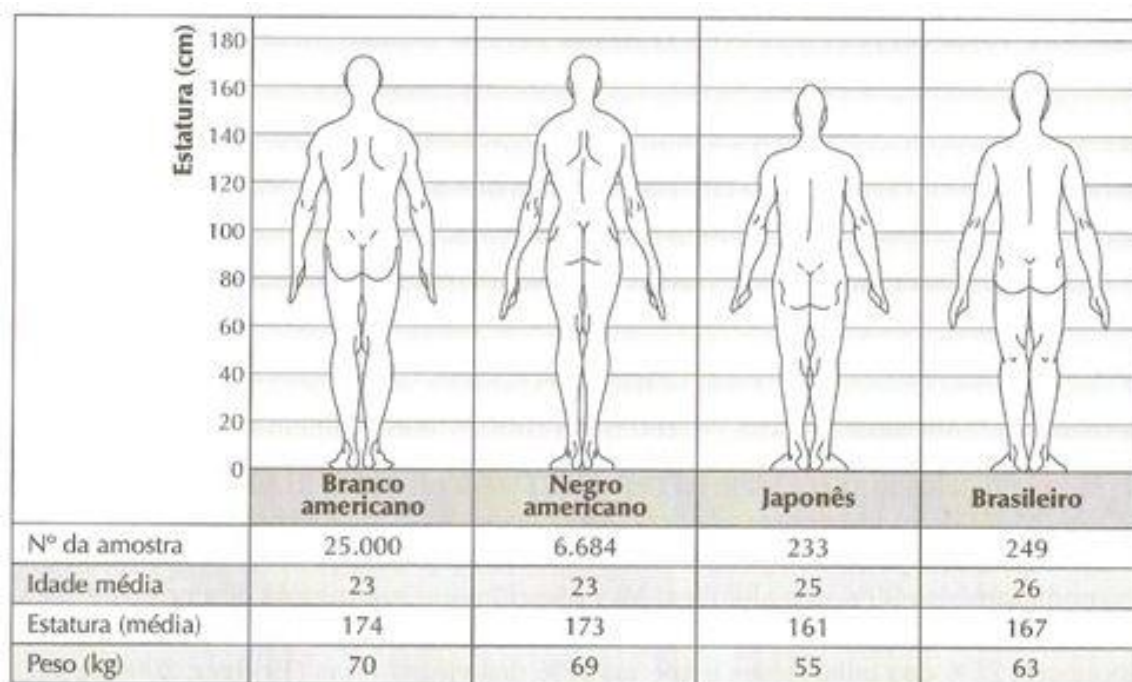


Figura 15 - Diferenças nas proporções corporais em diferentes etnias

Fonte: Iida (2005, p. 102)

E essas diferenças estão sendo cada vez mais levadas em conta, como observa Iida (2005, p. 102), devido à intensificação do comércio internacional, que deve contemplar, com o mesmo produto, diversas etnias.

Em relação às diferenças interindividuais da população brasileira, tem-se:

“Observa-se que a variabilidade interindividual na população brasileira provavelmente é maior em relação aos povos de etnia homogênea. Isso se deve à grande variedade de biótipos existentes no Brasil, resultante da miscigenação de diversas etnias. Além disso, há diferenças acentuadas das condições de nutrição e saúde em diferentes segmentos sociais e entre regiões do país” (IIDA, 2005, p. 103).

2.6.4 Variações de medidas por influência do clima

Segundo Iida (2005, p. 103), por conta de um processo de adaptação durante séculos, as pessoas de regiões com climas quentes possuem corpos mais finos e longos, que facilitam

a troca de calor; e as pessoas de regiões frias possuem corpos mais volumosos e arredondados, que facilitam a conservação de calor.

2.7 Biomecânica

A biomecânica complementa-se à antropometria, pois esta estuda as medidas do corpo humano e aquela, os movimentos do corpo humano. Neste capítulo, será tratada a biomecânica ocupacional, que é definida por Lida (2005, p. 159) da seguinte maneira:

“A biomecânica ocupacional é uma parte da biomecânica geral que se ocupa dos movimentos corporais e forças relacionadas ao trabalho. Assim, preocupa-se com as interações físicas do trabalhador, com o seu posto de trabalho, máquinas, ferramentas e materiais, visando reduzir os riscos de distúrbios músculo-esqueléticos. Analisa basicamente a questão das posturas corporais no trabalho, a aplicação de forças, bem como as suas consequências.”

No desempenho das atividades dos passageiros dentro do avião, há muito esforço muscular, seja estático ou dinâmico. Abrahão et al. (2009, p. 90) ressalta que, no desempenho das atividades, há sempre um esforço físico associado, seja para manter a postura, seja para realizar algum movimento. Kroemer e Grandjean (2005, p. 15) diferenciam o trabalho muscular dinâmico do estático da seguinte maneira: O trabalho dinâmico ocorre por contração e extensão do músculo (tensão e relaxamento) com mudança do comprimento do músculo. Já o estático é um estado prolongado de contração muscular como, por exemplo, ficar em pé. Em seguida, Kroemer e Grandjean (2005, p. 19) observam que, “Em muitos casos, não é possível distinguir claramente entre os esforços estático e dinâmico. Uma dada tarefa pode ser parcialmente estática e parcialmente dinâmica”.

2.7.1 Tipos de esforço e atividades

Neste trabalho, serão analisadas seis atividades desempenhadas pelos passageiros e cada uma será classificada em termos de esforço estático, dinâmico e a combinação estático e dinâmico na seguinte tabela:

Tabela 4 - Tabela de atividades e tipos de esforço

	Leitura	Alimentação	Repouso	Uso de <i>Notebook</i>	Uso de IFE	Escrita
Esforço estático	√		√			
Esforço dinâmico						
Esforço estático e dinâmico		√		√	√	√

Fonte: Elaborado pelo autor

É importante salientar que leitura poderia ser considerada como um esforço estático e dinâmico pelo fato de virar página ser um esforço dinâmico, porém optou-se por classificá-la como um esforço estático, visto a grande predominância deste em relação àquele.

O interior do avião é um espaço em que, por razões comerciais, é colocado o máximo de pessoas e, por conta disso, as pessoas estão submetidas a um constrangimento de movimentos. Logo, no desempenho dessas seis atividades mostradas na tabela, predominam os esforços estáticos, mesmo quando são combinados com o dinâmico, verifica-se uma maior parcela do esforço muscular proveniente do esforço estático.

2.7.2 Posturas

A definição de postura é: “Postura é o estudo do posicionamento relativo de partes do corpo, como cabeça, tronco e membros, no espaço” (IIDA, 2005, p. 164).

A seguir, serão descritas quatro posturas: posição deitada, posição de pé, posição sentada e inclinação da cabeça para frente. No desempenho das seis atividades escolhidas para se analisar neste trabalho, nem todas essas posturas são adotadas, mas estudar as quatro enriquecerá a análise nos próximos capítulos.

Tabela 5 - Vantagens e desvantagens de algumas posturas

	Vantagens	Desvantagens
Posição deitada	Não há tensão corporal	Dificuldade em se realizar tarefas que não sejam o repouso
Posição de pé	Grande mobilidade corporal	Altamente fatigante por conta do intenso trabalho muscular estático
Posição sentada	Grande mobilidade das pernas e facilidade de realizar tarefas com as mãos por conta do assento ser uma referência fixa	Alta tensão no dorso, ventre e ísquios
Inclinação da cabeça para frente	Necessidades específicas como o uso de um microscópio	Altamente fatigante para os músculos do pescoço e dos ombros

Fonte: Elaborado pelo autor com base em Lida (2005, p. 166-167)

A figura seguinte retrata a dor no pescoço correlacionando-a com dois parâmetros, tempo e ângulo de inclinação.

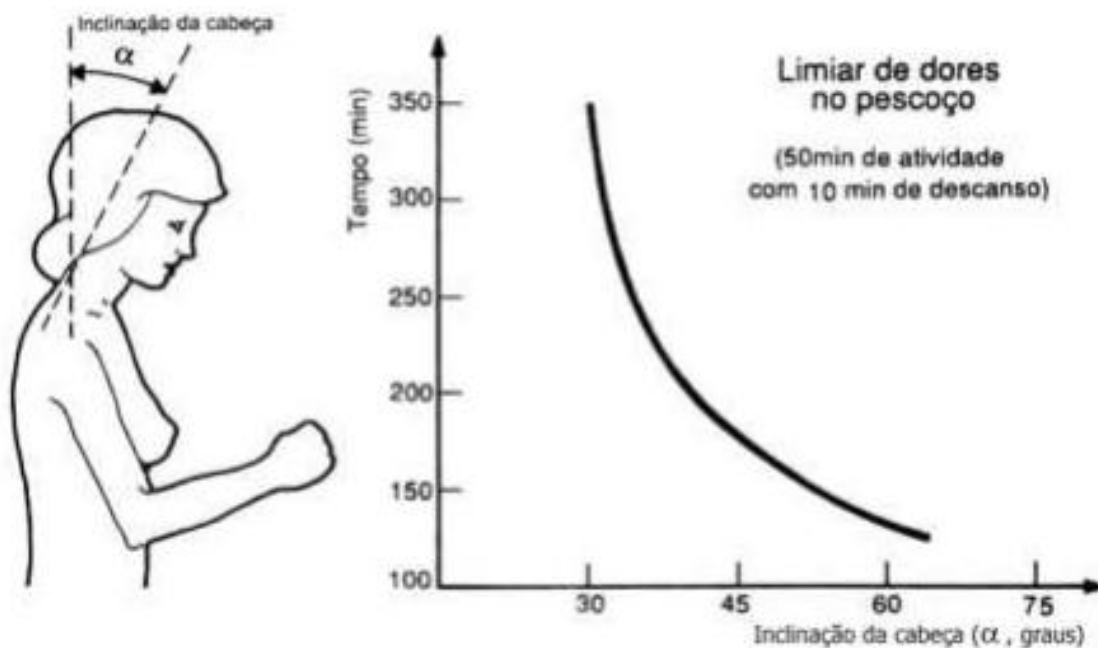


Figura 16 – Influência do tempo e angulação da cabeça inclinada na sensação de dor

Fonte: Iida (2005, p.168)

Iida (2005, p. 169) observa que em uma jornada de trabalho, ou, no caso deste trabalho, em um voo, a pessoa pode assumir centenas de posturas diferentes, logo, uma simples observação visual das posturas não é satisfatória para a análise das mesmas. Além disso, Abrahão et al. (2009, p.91) atenta que “As reações corporais à atividade muscular dependem da duração, frequência, tipo de contração muscular e a duração da recuperação”. Com isso, há a necessidade de enriquecer a análise das posturas com outras técnicas. As técnicas utilizadas serão descritas no capítulo seguinte: MÉTODO DE PESQUISA.

2.8 Ergonomia do produto

Segundo Dejean e Naël (2007, p. 393), a ergonomia do produto difere-se da ergonomia geral pois esta trata de questões ligadas a sistemas industriais e condições de trabalho, já aquela se inscreve em uma lógica de mercado, concorrência e maior incerteza.

Dejean e Naël (2007, p. 394-395) definem sete critérios ergonômicos:

- **Segurança:** Consiste em analisar todo o ciclo do produto e verificar se há algum risco para os atores passivos e ativos do produto (usuários, fabricantes, distribuidores etc). Possui caráter prioritário em relação aos outros critérios.
- **Eficácia:** Relaciona-se com a adaptação da função do produto aos objetivos esperados pelo usuário.
- **Utilidade:** Trata-se de alcançar os objetivos esperados pelo usuário.
- **Tolerância aos erros:** Consideração dos erros mais significativos provenientes de erros de manipulação dando atenção maior aos que envolvem segurança.
- **Primeiro contato:** Refere-se à primeira utilização. Se houver fracasso nas primeiras tentativas, pode ocorrer a desistência do uso do produto ou subutilização do mesmo.
- **Conforto:** Mede-se o conforto pelo não desconforto. É importante ressaltar que conforto não é eficácia. Uma poltrona pode te deixar relaxado porém com o tempo causar fadiga.
- **Prazer:** Refere-se à experiência do usuário, positiva ou negativa.

Todos esses critérios serão levados em consideração na análise da cabine de avião e de seus elementos.

2.9 Processo do desenvolvimento de produtos

Esta seção será iniciada com a definição de processo de desenvolvimento de produtos.

“De modo geral, desenvolver produtos consiste em um conjunto de atividades por meio das quais busca-se, a partir das necessidades do mercado e das possibilidades e restrições tecnológicas, e considerando as estratégias competitivas e de produto da empresa, chegar às especificações de projeto de um produto e de seu processo de produção, para que a manufatura seja capaz de produzi-lo. O desenvolvimento de produto também envolve as atividades de acompanhamento do produto após o lançamento para, assim, serem realizadas as eventuais mudanças

necessárias nessas especificações, planejada a descontinuidade do produto no mercado e incorporadas, no processo de desenvolvimento, as lições aprendidas ao longo do ciclo de vida do produto” (ROZENFELD et al., 2009, p. 3-4).

Devido ao aumento da concorrência entre as empresas e ao maior nível de exigência dos clientes, é, por meio desse processo de desenvolvimento de produtos, que muitas empresas se mantêm e crescem no mercado. Como consequência desse processo, há desde inovações incrementais (pequenas melhorias em produtos existentes) até inovações radicais (algo novo para o mundo).

Em Rozenfeld et al. (2009, p. 8-9), são discutidos os tipos de projetos de desenvolvimento de produtos de acordo com os graus de inovação dos mesmos em relação a projetos anteriores. São definidos três tipos:

- Projetos radicais: envolvem alto grau de mudança do produto existente com incorporação de novas tecnologias e, geralmente, vêm acompanhados de grandes mudanças no processo de manufatura.
- Projetos plataforma ou próxima geração: são os projetos que envolvem um grau médio de mudanças, ou seja, não há a introdução de novas tecnologias e novos materiais, porém representam algo novo, uma melhoria ou uma nova geração de produtos existentes.
- Projetos incrementais ou derivados: consistem em pequenas modificações em projetos já existentes, seja por redução de custo, seja por inovações incrementais nos produtos e processos. Envolvem menos recursos.

No caso deste presente trabalho, serão apresentadas as bases e recomendações em termos de conforto e *design* para que a equipe de desenvolvimento de produtos da Embraer leve em conta ao desenvolver um novo avião ou a melhorar um modelo já existente.

3 MÉTODOS DE PESQUISA

Primeiramente, serão descritos os antecedentes do projeto, que serviram para fornecer bases para o presente trabalho. O projeto teve várias fases e a participação de muitos pesquisadores do TTO. Cada fase teve um método, um enfoque e um objetivo. A primeira fase consistia na sensibilização, entendimento da situação e testes iniciais a fim de estruturar o que seria analisado e obter algumas conclusões iniciais. Para isso, três pesquisadores fizeram testes no *mock-up* e testes em voos comerciais. Em uma fase posterior, houve, por parte de seis pesquisadores, simulações de voos no *mock-up*, utilização de softwares, manta de pressão e, além disso, realização de estudos mais focados em determinadas atividades. Tais estudos geraram relatos e conclusões que foram usados no presente trabalho. Atualmente, encontram-se na equipe três pesquisadores (incluindo o autor deste trabalho) e a seguir será explicado o que foi feito nesta terceira fase.

Os três pesquisadores atuais uniformizaram as informações antecedentes por meio de diversas planilhas e fizeram simulações de voo no *mock-up* a fim de se sensibilizarem e obterem bases para maior entendimento da situação de voo e informações adicionais. É importante ressaltar que as simulações da fase 2 no *mock-up* tinham sempre uma atividade como foco da simulação, ou seja, em um determinado tempo, o pesquisado só podia desempenhar uma determinada atividade como, por exemplo, leitura. Já na fase 3, na simulação de voo do autor deste trabalho, realizou-se um ensaio livre em que se podia desempenhar a atividade que quisesse.

Agora falando especificamente deste trabalho, em termos de pesquisa, foram obtidas informações em livros de ergonomia, livros de desenvolvimento de produto, em artigos científicos (principalmente de pesquisadores do TTO) e internet. Abaixo, encontra-se um esquema das três fases do projeto de desenvolvimento de uma metodologia para incorporação da ergonomia em projetos de cabine de avião, sabendo que o autor deste trabalho encontra-se na terceira fase.

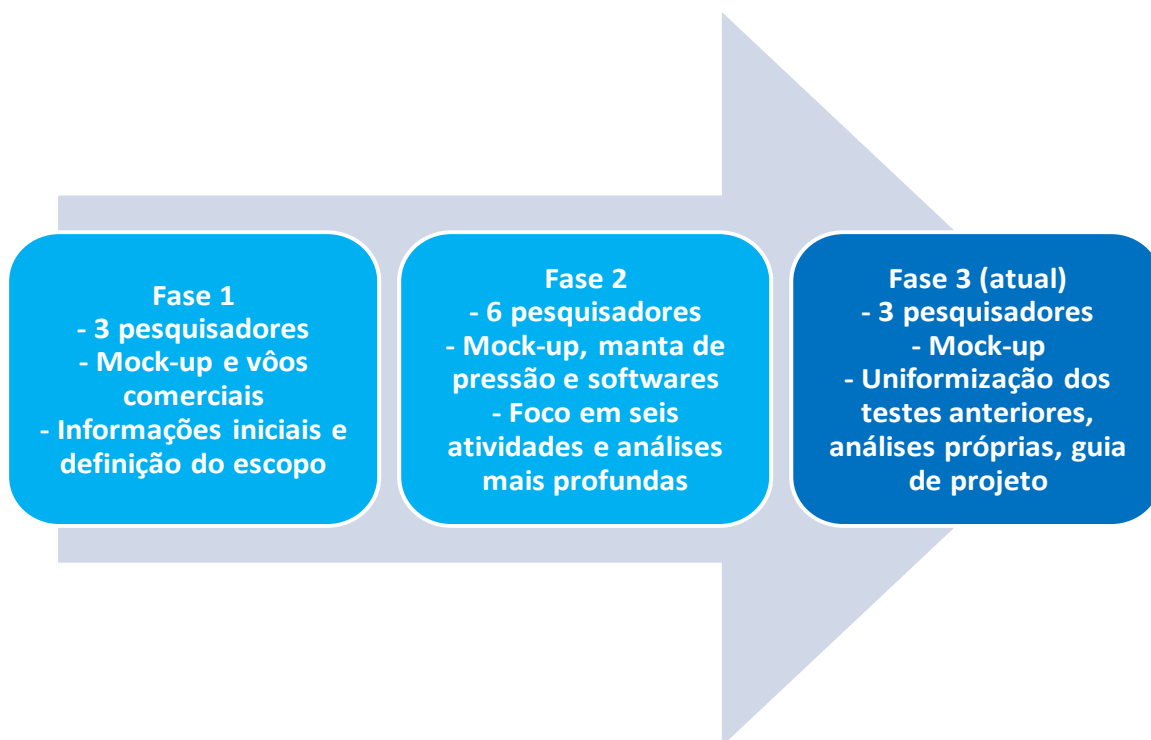


Figura 17 - As três fases do projeto de desenvolvimento de uma metodologia para incorporação da ergonomia em projetos de cabine de avião

Fonte: Elaborado pelo autor

Este projeto se apoia em dois métodos na identificação de pontos de melhoria em termos de conforto e usabilidade das cabines de avião: método inspirado na observação participante e análise da atividade. Os dois métodos serão contextualizados a seguir.

3.1 Método inspirado na observação participante

A observação participante é um método de investigação social e consiste no pesquisador atuar em uma situação semelhante ou idêntica àquela para a qual o produto está destinado. Conforme Martins (1996, p. 270) observa, trata-se de uma inserção do pesquisador no ambiente do pesquisado de modo a diminuir os efeitos dessa observação, diminuir a “estranheza recíproca”. Nessa perspectiva, é possível, através da vivência da situação, aumentar a sensibilidade do pesquisador quanto às reais dificuldades e necessidades que encontrarão os sujeitos. Assim, é possível construir uma visão mais global da situação e, também, mais específica devido ao maior conhecimento técnico

sobre a situação estudada aliada a um conhecimento teórico-conceitual que os pesquisadores já trazem consigo. Trata-se de um método utilizado nas ciências humanas para estudo de populações (inclusive indígenas) e, recentemente, está sendo aplicado em algumas pesquisas no campo da engenharia de produção e, inclusive, já foi utilizado em pesquisas em ergonomia da atividade. Em Silva (2012), há a definição do método observação participante de Hader e Lindeman (1933):

“A observação participante é baseada na teoria que uma interpretação de um acontecimento só pode ser aproximadamente correta quando se lida com um conjunto de dois pontos de vista, o externo e o interno. Assim, a visão da pessoa que tem sido um participante no evento, cujos desejos e interesses têm sido de alguma forma monitorados, e a visão da pessoa que não era um participante, mas um observador ou analista, se fundem numa síntese completa.”

É importante fazer a distinção entre o método participante do método participativo, que apesar de se aproximarem quando comparados a métodos puramente de observação, possuem diferenças. Como semelhanças, tanto o pesquisador participante quanto o pesquisador participativo desempenham uma função ativa na pesquisa, pois possuem papel de influenciar os resultados, e não de somente assistir o decorrer das ações e relatá-las. E no desenvolvimento de novos produtos, esses métodos de pesquisa fornecem uma visão mais próxima da visão do consumidor final como Lida (2005, p. 65) diz sobre o projeto participativo: “No projeto participativo, o usuário é envolvido desde a etapa inicial. Assim, não há separação entre projeto e sua avaliação” e como consequência, obtém-se um produto ou sistema final com menor necessidade de correções como diz Lida (2005, p. 65): “Os eventuais erros ou desvios de projeto são imediatamente corrigidos antes de se chegar ao protótipo”. Como diferenças, temos que o método participativo aplica-se na análise de postos de trabalho e consiste em uma colaboração do pesquisado ao pesquisador, não em uma completa inserção no ambiente do pesquisado. Para essa atuação em conjunto ser bem sucedida, há treinamento prévio do pesquisado e um protocolo de interação entre o pesquisado e o pesquisador. Em contrapartida, nesse caso do posto de trabalho, o método participante consistiria no pesquisador ocupar o posto de trabalho a fim de analisar o trabalho.

Jorgensen (1989, p. 13) atenta para o fato da observação participante ser eficaz em casos que certas condições estão presentes, quais sejam:

- no estudo, há a preocupação com as interações humanas do ponto de vista do pesquisador;
- o fenômeno investigado é observável no dia-a-dia da vida da comunidade;
- o pesquisador deve ser capaz de ganhar acesso de uma apropriada configuração;
- o fenômeno é limitado em termos de tamanho e localidade para ser estudado como um caso;
- questões de estudo são apropriadas para estudo de caso;
- o problema pesquisado pode ser dirigido por dados qualitativos recolhidos por observação direta e outros meios pertinentes para a definição de campo.

Em vista disso, neste trabalho, o método utilizado não foi a observação participante, mas sim uma inspiração da mesma, já que, apesar de terem sido realizados voos com passageiros na fase 1, não houve interação com os passageiros e o tempo de exposição à situação é menor se comparado aos casos clássicos de observação participante como no caso do pesquisador passar meses em uma tribo indígena. E nas fases 2 e 3, houve uma simulação de voo no *mock-up*, não havendo uma inserção na situação real de estudo. No *mock-up*, os próprios pesquisadores avaliaram a situação encontrada na cabine e analisaram o que o projeto atual da cabine propicia como condições para os usuários e, também, analisaram as dificuldades encontradas. Não houve interação pesquisador x pesquisado, mas sim uma simplificação dessa interação por questões de disponibilidade e da própria situação analisada, já que um voo dura algumas horas, e não semanas.

3.2 Análise da atividade

A análise da atividade consiste em examinar como o usuário do produto modifica ou não as características convencionais (ou prescritas) de uso do produto a fim de obter seu objetivo. E esse conceito de atividade x tarefa é essencial para o entendimento do uso do produto, pois, segundo Souza (2010, p. 24), em relação às poltronas de aviões, “a condição de serem ou não ergonômicas não é algo que diz respeito apenas ao mobiliário, mas também é dependente da relação que se estabelece entre o objeto e o corpo do

usuário”. E essa ideia pode ser extrapolada para todos os outros dispositivos da cabine. Essa relação, e conseqüente modificação do uso convencional, é muito recorrente e depende de diversos fatores como produto, anatomia, personalidade, estado físico e estado emocional do usuário, no caso, o passageiro. A análise da atividade será discutida com mais profundidade na revisão bibliográfica.

3.3 Método inspirado na observação participante e análise da atividade

Tendo contextualizado os dois métodos que serviram de base para as análises e coleta de informações neste presente trabalho, será explicado a seguir o método geral utilizado.

O método consiste em pesquisadores do TTO com conhecimentos de ergonomia participarem de uma simulação de voo no *mock-up* de um avião da Embraer e desempenharem algumas atividades típicas de um voo:

- leitura;
- alimentação;
- repouso;
- uso de *notebook*;
- uso de IFE;
- escrita.

Os participantes são filmados e relatam logo depois da simulação as dificuldades em realizar as atividades assim como desconfortos. Depois, eles preenchem tabelas com informações mais detalhadas sobre o experimento.

Em seguida, comparam-se as tabelas e relatos de todos os participantes como objetivo de achar pontos em comum, reclamações e dificuldades recorrentes e assim priorizar certos parâmetros e pontos de melhoria no projeto de cabines.

3.4 Protocolo experimental

Serão descritos os protocolos experimentais das fases 2 e 3 do projeto, já que foram as fases efetivamente usadas neste trabalho. A fase 1 serviu na concepção do estudo e definição do escopo. Houve coleta de dados na fase 1, porém nas fases 2 e 3 houve maior detalhamento dos dados.

3.4.1 Protocolo experimental da fase 2

O protocolo da fase 2, com testes realizados em 2010 e 2011 por seis pesquisadores, será descrito a seguir.

- Instalação das câmeras e da manta de pressão.
- Ensaios com 40, 30 e 10 minutos observados por outro pesquisador. Relato pessoal escrito. Comentários filmados após os ensaios. Discussões e cruzamento de dados.
- Ensaios:
 - 38 em *mock-up* realizados por 6 pesquisadores (1195 minutos) sem passageiro ao lado;
 - 15 em *mock-up* realizados por 6 pesquisadores (450 minutos) com passageiro ao lado;
 - Medição antropométrica de todos os participantes dos ensaios.
- Primeiro bloco de ensaios:
 - ensaio individual;
 - *pitch*¹ estendido (33'' = 82,5 cm);
 - ausência do cinto de segurança;
 - passageiro sempre na janela.
- Segundo bloco de ensaios:
 - ensaio em duplas;
 - *pitch* homologado (28'' = 74 cm);

¹ Pitch é o espaço entre a poltrona de trás e a poltrona da frente.

- uso do cinto de segurança;
- passageiro janela ou corredor;
- alternância de atividades e posição (corredor/janela).

3.4.2 Protocolo experimental da fase 3

O protocolo da fase 3, com testes realizados em 2012 por dois pesquisadores (dos três pesquisadores, dois fizeram os ensaios pois o terceiro já tinha feito na fase 2), será descrito a seguir.

- Instalação das câmeras.
- Ensaios livres com duração 3 horas observados por outro pesquisador. Relato pessoal escrito. Comentários filmados após os ensaios. Discussões e cruzamento de dados.
- Medição antropométrica de todos os participantes dos ensaios.
- Bloco de ensaios:
 - ensaio em dupla (um pesquisador na janela e outro no corredor);
 - *pitch* estendido (33'');
 - ausência do cinto de segurança;
 - ensaio livre (permissão para se realizar qualquer atividade).

Como o autor deste trabalho participou desse ensaio, posteriormente, serão tratadas as conclusões do autor deste trabalho separadamente das conclusões dos demais pesquisadores.

3.5 Aparato

Para se conseguir estabelecer parâmetros de projeto para o conforto de passageiros em cabines aeronáuticas segundo o método acima descrito, foram utilizadas as seguintes ferramentas.

- **Manta de Pressão** – FSA 4.0 Pressure Mapping System - Xsensor: Manta de monitoramento de pressão utilizada com a finalidade de mapear os diversos pontos do corpo do participante em contato com o assento e o encosto. Pontos com maior pressão estão relacionados à sensação de desconforto. Através desta ferramenta, é possível também se evidenciar as mudanças posturais.
- **Máquina filmadora de alta definição** – Modelo Samsung HMX-H105N: Utilizada para fazer o registro em vídeo dos ensaios nos *mock-ups* e voos comerciais, assim como os comentários feitos pelos pesquisadores/voluntários. Posicionada no corredor do *mock-up* em nível superior ao da poltrona, de forma a capturar informações precisas sobre as posições adotadas pelos participantes, a alternância destas, assim como apoios utilizados, as tarefas realizadas, movimentos e estratégias adotados. A filmagem dos ensaios teve por objetivo proporcionar a apreensão mais próxima possível com relação ao curso das ações desenvolvidas pelos sujeitos.
- **Software Kronos** – Versão 2.0.6: Esta ferramenta foi utilizada para relacionar as posturas adotadas em uma linha de tempo. Com ela é possível correlacionar mudanças de postura com os motivos que levam a estas mudanças, como dores, desconfortos, mudanças de atividades e outros. Ao cruzar os dados do Kronos, com os relatos gerados em Observação Participante e os dados gerados pela Manta de Pressão, é possível traçar uma relação entre as posturas adotadas e os motivos que levam à adoção das mesmas.
- **Software Ramsis** – Versão 3.8.30 Standalone: O Ramsis é um software utilizado para verificar adequações de projeto. Graças ao uso de manequins que simulam os limites reais de movimentos humanos é possível diagnosticar, em simulador virtual, o que pode vir a acontecer na realidade. Desta maneira, pode-se economizar muito na elaboração de *mock-ups* para testes. O Ramsis tem ajudado a entender melhor as relações entre o corpo humano e as partes das poltronas, como as pressões geradas em partes do corpo, por conta da conformação das diversas partes dos objetos. Com esta ferramenta, é possível indicar, de forma mais precisa, sugestões para alterações de projeto, que podem gerar mais conforto, bem como simular o uso de poltronas com diversas configurações de *pitch* e o uso com vizinhos sentados ao lado.

A seguir, serão descritos os participantes.

3.6 Participantes

Na fase 1, houve a participação de três pesquisadores: dois mestrandos (dois homens) e um aluno de iniciação científica (homem). Classificados como:

- Fase 1 – Homem 1
- Fase 1 – Homem 2
- Fase 1 – Homem 3

Na fase 2, houve a participação de seis pessoas: um doutorando (homem), um mestrando (homem) e quatro alunos de iniciação científica (dois homens e duas mulheres). Classificados como:

- Fase 2 – Homem 1
- Fase 2 – Homem 2
- Fase 2 – Homem 3
- Fase 2 – Homem 4
- Fase 2 – Mulher 1
- Fase 2 – Mulher 2

Na fase 3, houve a participação de três pessoas: o autor deste trabalho de formatura, um aluno de iniciação científica e um doutorando. Classificados respectivamente como:

- Fase 3 – Homem 1
- Fase 3 – Homem 2
- Fase 3 – Homem 3

A seguir, serão colocadas as medidas antropométricas de todos os participantes de modo fornecer uma base para a relativização das conclusões de cada pesquisador. Foi usada a seguinte nomenclatura: F_H/M_. No caso de ser F3H1, quer dizer fase 3 homem 1. No caso de ser F2M2, quer dizer fase 2 mulher 2.

Uma coisa importante de se ressaltar é que um dos homens da fase 2 corresponde a um dos homens da fase 3, já que se trata de um doutorando que participou do projeto desde a fase 2 e ainda se encontra no grupo de pesquisa. Ele corresponde ao F2H4 e F3H3, ou

seja, ambos os códigos representam a mesma pessoa. O pesquisador autor deste trabalho será representado pelo código F3H1.

Tabela 6 - Dados antropométricos dos pesquisadores das fases 2 e 3

Medidas (cm)	F2H1	F2H2	F2H3	F2H4	F2M1	F2M3	F3H1	F3H2	F3H3
Altura	1,87	1,78	1,78	1,75	1,70	1,54	1,80	1,91	1,75
Peso	100	68	78	69	70	57	85	85	69
Altura da cabeça a partir do assento, corpo ereto	99	90,85	92,35	87,8	86,5	80	92,1	96	87,8
Altura dos olhos a partir do assento, corpo ereto	86	80,25	79,9	78,6	75,5	69,1	77,3	85	78,6
Altura dos ombros a partir do assento, corpo ereto	68,5	59,6	58,3	59,1	55	52,5	57,5	69	59,1
Altura do cotovelo a partir do assento, corpo ereto	30	22,2	20,1	22,4	22,2	20,3	22	31,5	22,4
Altura do joelho, sentado	58,5	53,3	55,5	55,7	51,5	50	56,3	60	55,7
Altura poplíteia (parte inferior da coxa)	44,5	45,3	44,2	43,5	45	44,2	46,1	46	43,5
Comprimento do antebraço na horizontal até o centro da mão	39,5	34,7	34,1	36	36,2	34	34,6	32,3	36
Comprimento nádega-poplíteia	54,5	44,45	48,6	51,6	45,6	41,5	48,6	54,5	51,6
Comprimento nádega-joelho	65	53,2	59,2	59,5	53,4	52,7	59,4	62,4	59,5
Comprimento nádega-pé, perna estendida na horizontal	111,5	107	104,8	106,8	92,8	91,7	112,7	119,1	106,8
Altura da parte superior das coxas	19,5	14,5	14,8	15	15	14	15,2	17,7	15
Largura entre cotovelos. (ombros)	47	44,4	44	46	45,5	40,3	55,4	53,3	46
Largura dos quadris, sentado	43	31,1	38,5	33	36,7	40,2	42,5	42,1	33

Fonte: Medidas realizadas durante as fases 1, 2 e 3 do projeto pelos próprios pesquisadores

Observando esses dados antropométricos, influi-se que houve a contemplação de diversos tipos físicos nos ensaios no *mock-up*.

4 DIAGNÓSTICO E ANÁLISES

Neste capítulo, serão analisados os dados da fase 2 e da fase 3. O autor deste trabalho realizou as análises da fase 2 em conjunto com outros dois pesquisadores do TTO, um graduando e um doutorando. A fase 3, fase em que o autor deste trabalho participou dos testes, será analisada separadamente.

A estrutura deste capítulo é a seguinte:

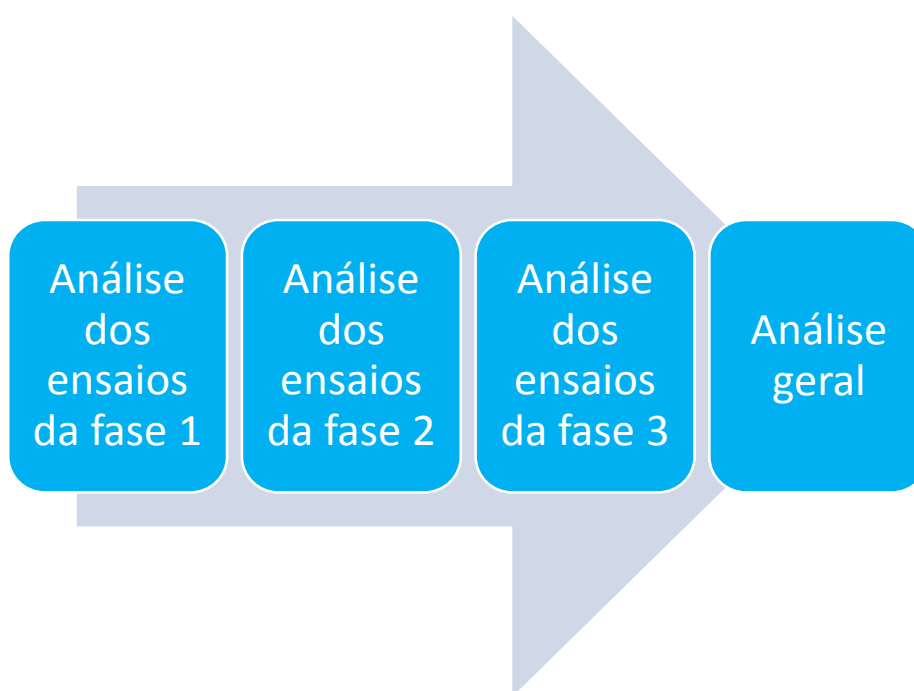


Figura 18 - Estrutura do capítulo 4

Fonte: Elaborado pelo autor

4.1 Análise dos ensaios da fase 1

Na fase 1, as análises foram sobre quais eram as atividades mais importantes a fim de delinear o escopo do projeto. Os pesquisadores envolvidos, ao analisarem a situação tanto em voos comerciais como no *mock-up*, chegaram à conclusão que havia desconforto e dificuldade no desempenho de algumas atividades. Em posse dessas conclusões iniciais, o projeto foi definido e desenvolvido nas fases subsequentes.

4.2 Análise dos ensaios da fase 2

Na fase 2, os testes no *mock-up* térmico, localizado no prédio da engenharia mecânica da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, ocorreram entre 2010 e 2011 e foram realizados por seis pesquisadores, como já foi dito no capítulo anterior. As análises iniciais da fase 2 foram realizadas pelos próprios pesquisadores da fase 2 por meio de uma planilha padronizada. A planilha se encontra abaixo.

Tabela 7 - Tabela usada na fase 2 para analisar os ensaios no *mock-up*

Tempo	Posicionamento do corpo (imagem)	Descrição da postura (atenção aos apoios)	Motivação da mudança postural (incômodos/dores)	Problemas
Inserir-se o intervalo de tempo.	Imagem do pesquisado no instante analisado.	Descrição técnica com termos da biomecânica e fisiologia.	Relato do pesquisador com as dificuldades encontradas.	Conclusões sobre as causas das dificuldades encontradas.

Fonte: Elaborada pelos pesquisadores da fase 2

Na fase 3, em 2012, os pesquisadores se encarregaram de analisar, uniformizar os dados e trabalhá-los de maneira a se obter melhores informações. Com isso, foi elaborada uma nova planilha para onde os dados da planilha original foram transferidos. A planilha que os pesquisadores da fase 3 criaram para analisar os ensaios da fase 2 pode ser vista abaixo.

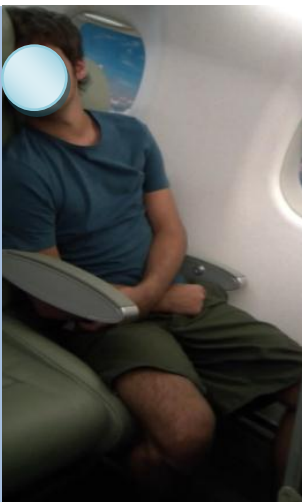
Tabela 8 - Tabela usada na fase 3 para analisar os ensaios no *mock-up*

Detalhes Principais das Atividades	Monumentos / Dispositivos / Objetos	Problemas	Trecho da Tabela	Imagem	Solução
Descrição sucinta da atividade analisada.	Todos os elementos com que o usuário interage no desempenho da atividade analisada.	Relato do pesquisador com as dificuldades encontradas.	Conclusões sobre as causas das dificuldades encontradas.	Imagem do pesquisado durante o desempenho da atividade analisada.	Alternativas de soluções para o problema em questão.

Fonte: Elaborada pelos pesquisadores da fase 3

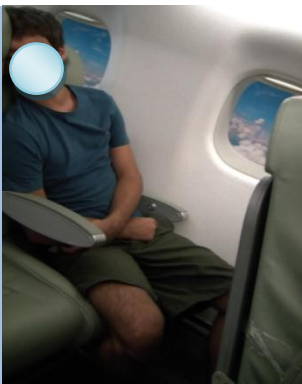
Abaixo, um exemplo de como as informações foram transferidas de uma planilha para a outra.

Tabela 9 - Tabela feita na fase 2 da atividade de repouso

Tempo	Posicionamento do corpo (imagem)	Descrição da postura (atenção aos apoios)	Motivação da mudança postural (incômodos/dores)	Problemas
10:00		Neste momento fica visível a evolução da postura do participante, na tentativa de projetar-se lateralmente. As pernas posicionaram-se mais para a direita do participante, enquanto os braços voltaram a cruzar-se e a cabeça a ser acomodada lateralmente no vão entre poltronas. Além disso, o participante começa a perder significativamente os apoios das costas, sendo que a lombar é a única que se encontra parcialmente apoiada.	Por sentir um grande desconforto na região das coxas e nádegas, busquei me posicionar de lado, cruzando os braços desta vez, assim poderia conseguir não só estabilidade da cabeça como dos braços. Neste momento ainda estava bastante inquieto para sair da poltrona, apesar de estar fisicamente cansado.	Além das observações já feitas sobre o posicionamento da cabeça e dos braços, podemos ressaltar a busca do participante por um posicionamento voltado para a lateral. Segundo os relatos, o participante começou a sentir desconfortos na região da coxa e das nádegas, sendo assim, buscou posicionar-se de forma a ficar na lateral. Esta posição, apesar de ser inadequada uma vez que o participante perdeu o apoio com toda a região das costas, ajudou o participante a aliviar a pressão nas coxas e nas nádegas, já que o peso ficou concentrado na região lateral direita do quadril e do tronco.

Fonte: Elaborada pelos pesquisadores da fase 2

Tabela 10 - Tabela nova da fase 3 da atividade de repouso

Detalhes Principais das Atividades	Monumentos / Dispositivos / Objetos	Problemas	Trecho da Tabela	Imagem	Solução
Colocação da cabeça no vão entre as duas poltronas.	Assento, encosto dorsal e vão entre as poltronas.	O vão não possui quaisquer adequações ergonômicas, uma vez que não foi projetado com essa finalidade. Ao utilizar este vão o participante curvou-se para a direita, tracionando os músculos da lateral esquerda. Isso pode ser responsável pelas dores observadas pelo participante no seu lado esquerdo da lombar mesmo após os ensaios. Além disso, como o peso do participante foi transportado quase que integralmente para a secção direita da poltrona, a coxa é requisitada com uma maior pressão em sua região inferior.	"Percebi que colocando a cabeça no vão das poltronas eu poderia conseguir um melhor apoio e deixaria a mesma parada."		Encosto de cabeça com apoios laterais a fim de dar maior estabilidade à cabeça.

Fonte: Elaborada pelos pesquisadores da fase 3

Com a nova planilha, não se levou em consideração os intervalos de tempo, mas somente as posturas. Muitas posturas eram repetidas e foi usado esse recurso tornar mais concisa as tabelas. Além disso, o último campo da tabela nova, o campo *Solução*, foi um fato

novo e que deu as bases para toda a análise subsequente gerando as oportunidades de melhoria.

Seguindo, com base nessas novas planilhas, serão expostas as reclamações dos seis pesquisadores da fase 2 que participaram dos ensaios no *mock-up*. E, junto com os problemas, estarão as alternativas de soluções desenvolvidas pelos pesquisadores da fase 3.

4.2.1 Problemas na atividade alimentação

No desempenho da atividade de alimentação, verificaram-se muitas reclamações acerca da distância da mesa e o corpo, causando desconforto do passageiro, pois o mesmo tem que escorregar o corpo pra frente, desapoando o tronco da poltrona, para poder se alimentar. Nos testes realizados com o *pitch* reduzido, o problema encontrado foi o oposto, a mesa estava muito próxima do corpo, causando grande desconforto devido à falta de mobilidade.

Outra queixa freqüente foi a baixa altura da mesa, obrigando a flexão da coluna para visualizar o que havia na mesa. Tal problema foi identificado tanto por pessoas com tipo físico maior quanto por pessoas com tipo físico menor.

Algumas pessoas reclamaram da falta de firmeza da mesa, o que causava instabilidade da bandeja e insegurança no desempenho da atividade devido ao risco de derrubar algo na roupa ou no caso de se cortar um alimento duro.

Em alguns ensaios com passageiro vizinho ao lado, houve reclamação relativa ao apoio dos braços nos apoios de braços, tendo que disputar um espaço reduzido com o vizinho e dificultando o manuseio do alimento.



Figura 19 - Distância da mesa em relação ao corpo e baixa altura da mesa dificultaram alimentação



Figura 20 - Conflito de braços na alimentação

4.2.2 Problemas na atividade escrita

A escrita é desempenhada no preenchimento dos formulários exigidos pela alfândega e imigração.

A reclamação mais frequente foi a baixa altura da mesa, que combinada com as letras miúdas do formulário, levavam o descolamento da coluna cervical e da dorsal da poltrona e a flexão do tronco a fim de ler e preencher o formulário. Tal postura causou dor na coluna e fadiga muscular do pescoço nos pesquisadores.

Outra reclamação foi o material da mesa, que, por ser muito liso, dificultava a aderência do formulário. Com isso, os pesquisadores tinham que apoiar com a mão sobre o formulário e, mesmo assim, o preenchiam com dificuldade.



Figura 21 - Mesa baixa e letras miúdas do formulário dificultaram a escrita

4.2.3 Problemas na atividade uso de IFE

O IFE do *mock-up* era removível, ou seja, ficava preso à poltrona da frente, mas podia ser retirado e manipulado manualmente. Muitos usuários o retiravam e baixavam a mesa para apoiar os pulsos, os braços ou o próprio IFE.

Em vista disso, alguns pesquisadores identificaram novamente a baixa altura da mesa como um problema, já que a altura e o ângulo de visão levavam a uma grande inclinação da cabeça para baixo, causando tensão na coluna cervical.

Outra queixa foi a distância da mesa ao corpo quando o IFE era retirado da poltrona da frente e apoiado na mesa. Nesse caso, o corpo tinha que ser projetado pra frente, descolando a coluna dorsal e coluna cervical da poltrona.

Houve também queixa do peso do IFE, o que acarretou em dificuldade ao erguê-lo.

Quando o IFE foi usado preso na poltrona da frente, houve queixas da distância dos olhos em relação ao IFE.



Figura 22 - Baixa altura da mesa prejudica a cervical no uso do IFE



Figura 23 - Peso do IFE dificulta segurá-lo, tendo que apoiá-lo no colo

4.2.4 Problemas na atividade leitura

A leitura de um livro e revista foi desempenhada de várias formas: livro apoiado na mesa, livro apoiado nas pernas, livro apoiado na perna com a perna cruzada e livro em frente à cabeça com os cotovelos apoiados nos apoios de braço.

As queixas de quem apoiou o livro nas pernas e na mesa são relativas ao ângulo de leitura. Os pesquisadores tiveram que olhar pra baixo causando forte tensão na coluna cervical. Para quem sustentou o livro na mesa, a mesa baixa é a fonte do problema. Ademais, para quem sustentou o livro com os braços, os braços entraram em fadiga rapidamente, além dos cotovelos doerem. Por conta desses problemas, ocorreu a incapacidade de conciliar a posição muscular do pescoço com sustentação do livro para a formação do foco de leitura.



Figura 24 - Mesa baixa prejudica a leitura



Figura 25 - Postura em que os braços entram em fadiga e os cotovelos são submetidos a muita pressão

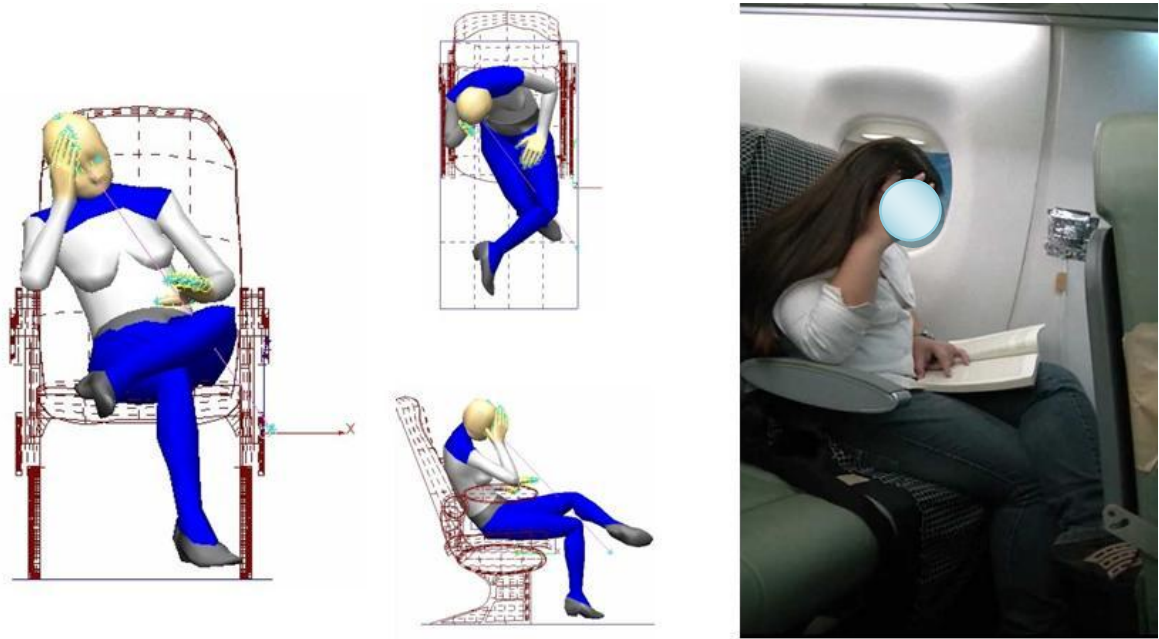


Figura 26 - Cotovelos apoiados no apoio de braço central, o que gera conflito com o braço do outro passageiro

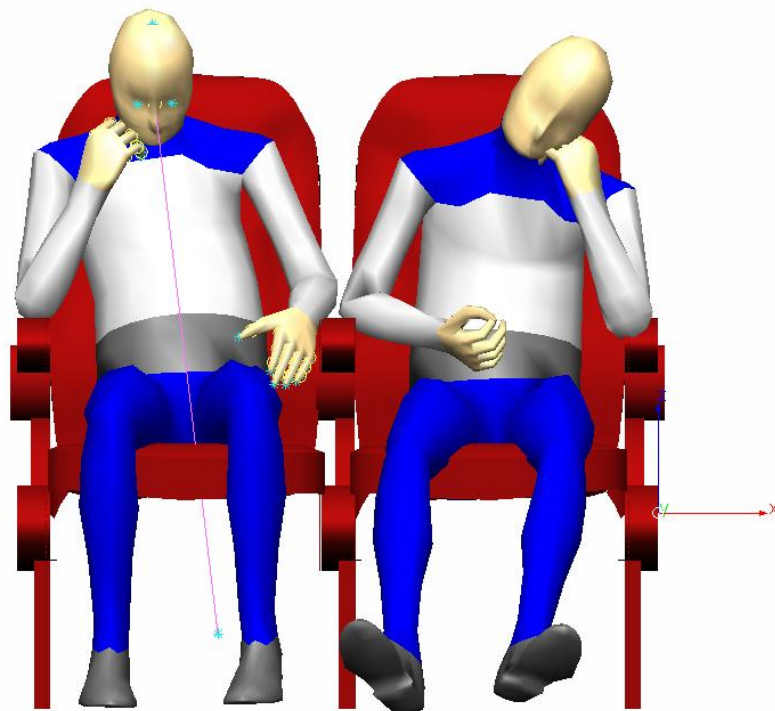


Figura 27 - Conflito do apoio de braços dificulta a leitura e outras atividades

Em geral, nas etapas finais dos ensaios, as mudanças posturais tornaram-se mais frequentes por parte dos pesquisadores. Isso retrata o aumento significativo da dor, do incômodo, da tensão e da impaciência do pesquisador a ponto de querer deixar de realizar a atividade.

4.2.5 Problemas na atividade uso de *notebook*

Em todos os ensaios, os usuários apoiaram o *notebook* na mesa.

A distância da mesa ao corpo e a baixa altura da mesa levaram os pesquisadores a posturas com falta de apoio para as regiões dorsal e cervical, gerando tensão e dor na coluna cervical, na coluna dorsal e nos ombros. Ademais, há aumento considerável na curvatura das costas devido a movimentos lombares, da cervical e torácica. A região cervical fica tracionada enquanto a região torácica fica comprimida.

Para digitar, devido à grande distância da mesa, houve queixa de falta de apoio dos braços nos apoios laterais quando se projeta o corpo pra frente, gerando dificuldade e desconforto no desempenho da digitação.

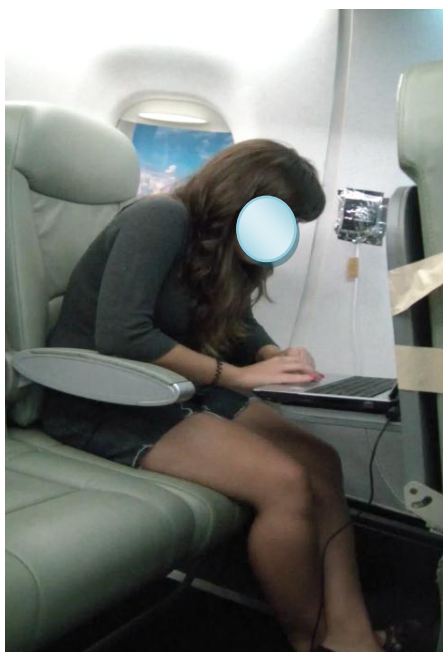


Figura 28 - Grande distância da mesa ao corpo baixa altura da mesa geraram desconforto no uso do *notebook*

4.2.6 Problemas na atividade repouso

O repouso se dá pela reclinção da poltrona, mas em alguns, devido às dificuldades encontradas, houve catacrese no uso da mesa e da parede interna do avião, onde algumas pessoas apoiaram a cabeça ao tentar relaxar. Essas catacrese não serão levadas em conta quando as melhorias forem sugeridas pois são vistas pelo autor deste trabalho como consequências de desempenhar o repouso. Como essas catacrese geraram diversas queixas também, elas podem ser vistas como tentativas frustradas de se adaptar aos elementos da cabine.

Na tentativa de se repousar, uma queixa comum a quase todos os pesquisadores foi a baixa inclinação da poltrona, que dificulta o relaxamento da musculatura. Os pesquisadores tentaram contornar a situação escorregando o corpo na poltrona deixando a coluna lombar suspensa, causando sobrecarga nos músculos da coluna.

Outra queixa bastante recorrente foi a falta de apoios laterais para a cabeça, que força a musculatura do pescoço a trabalhar ativamente a fim de manter a estabilidade da cabeça sem ser necessário tensionar o pescoço.

Muitos pesquisadores se queixaram da falta de apoio para os pés na poltrona da frente. Essa ausência de apoio para os pés gerou desconforto nos mesmos, pois impossibilitou que a perna ficasse esticada de modo que o peso do corpo ficasse apoiado de forma mais uniforme.

O pesquisador mais alto identificou como um problema a largura do *pitch* na movimentação da perna.

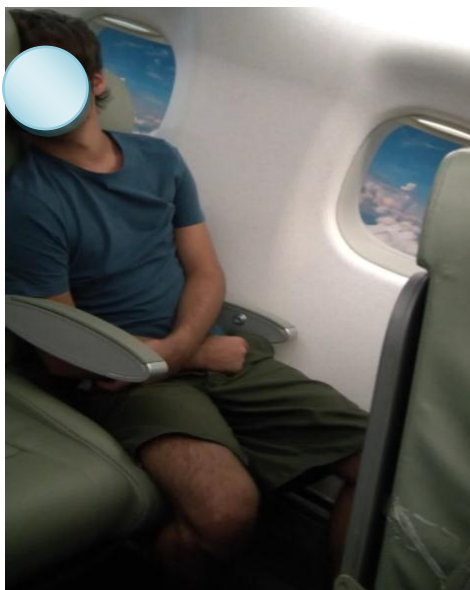


Figura 29 - Falta de apoios laterais para a cabeça dificultou o repouso

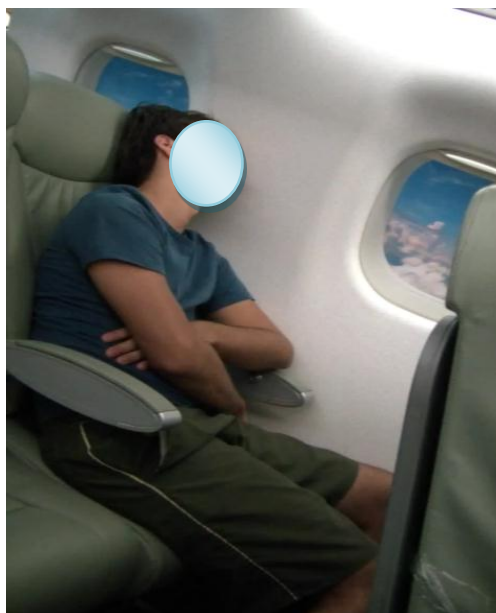


Figura 30 - Uso da parede interna como tentativa de apoiar melhor a cabeça

4.3 Análise dos ensaios da fase 3

Na fase 3, dos três pesquisadores dessa fase, dois fizeram um ensaio livre de três horas no *mock-up*, justamente os dois novos membros, pois o outro membro entrou no projeto na fase 2 e já estava bastante sensibilizado com os ensaios anteriores, não necessitando participar novamente.

A seguir, serão descritos os problemas encontrados pelos dois pesquisadores, F3H1 (o autor deste trabalho) e F3H2. Abaixo, uma foto do ensaio.



Figura 31 - Pesquisadores F3H1 (corredor) e F3H2 (janela) no *mock-up* térmico

A seguir, serão descritos os problemas encontrados pelos dois pesquisadores, F3H1 (o autor deste trabalho) e F3H2.

4.3.1 Problemas identificados pelo pesquisador F3H1

No ensaio livre de três horas, o pesquisador F3H1 sentou na poltrona do corredor e do seu lado, na poltrona da janela, estava o pesquisador F3H2.

Durante o ensaio livre, o pesquisador desempenhou/tentou desempenhar as seguintes atividades: alimentação, escrita, leitura, uso do *notebook* e repouso, ou seja, todas estudadas menos o uso do IFE.

Na alimentação, o pesquisador se queixou da distância grande da mesa em relação ao próprio corpo, tendo que escorregar o corpo para frente desapoando o tronco da poltrona e se curvar para frente. Porém, como vantagem, observou que a distância do *pitch* era boa

no desempenho da atividade de repouso, pois os joelhos não batiam na poltrona da frente. Sendo o ideal o *pitch* com aquele tamanho e uma mesa que chegasse mais perto do corpo.

Na escrita, o pesquisador não teve nenhuma reclamação, nem da altura da mesa (provavelmente pelo curto intervalo de tempo que teve que desempenhar a tarefa, não sentindo o efeito prolongado da postura com o tronco curvado), nem da superfície da mesa e nem de alguma falta de firmeza.

Na leitura, o pesquisador leu um livro leve e pequeno com a coluna totalmente apoiada na poltrona, com a cabeça reta e segurando o livro com as duas mãos a uma distância de trinta centímetros dos olhos. Os cotovelos ficaram apoiados nos apoios de braços e o apoio de braço compartilhado com o pesquisador F3H2 foi destacado com uma dificuldade devido ao conflito de espaço para o braço esquerdo do pesquisador F3H1 e o braço direito do pesquisador F3H2. É importante dizer que se a leitura tivesse sido desempenhada com um livro um pouco mais pesado, teria de se apoiá-lo na mesa, o que prejudicaria a coluna cervical.

O uso do *notebook* foi uma das tarefas mais incômodas para o pesquisador F3H1. O pesquisador usou o *notebook* apoiando o mesmo na mesa. Queixou-se bastante da baixa altura da mesa, fato que prejudicou sua cervical. Na tentativa de se adaptar à baixa altura da mesa sem prejudicar tanto sua cervical, reclinou a poltrona para baixo e escorregou o corpo no assento para baixo, descolando sua lombar. Essa tentativa de solução se mostrou tão ou mais prejudicial que a postura inicial, pois, apesar do pescoço não ter ficado tão inclinado, os músculos da lombar passaram a doer bastante. Para o pesquisador, a dificuldade em se usar o *notebook* de maneira que não doesse o corpo foi limitante no tempo de uso. Portanto, a tarefa deixou de ser desempenhada totalmente por conta do desconforto.

O repouso, por conta do extremo desconforto, não foi realizado. O pesquisador estava com sono e mesmo assim não conseguiu relaxar e dormir. Os fatores que impossibilitaram o desempenho de tal tarefa foram a baixa reclinção da poltrona e a falta de apoios laterais para a cabeça. A baixa reclinção impedia o relaxamento do corpo pois a postura era muito próxima da postura sentada sem a poltrona estar reclinada. E a falta de apoios laterais para a cabeça prejudicou o relaxamento pois ao relaxar o corpo, a cabeça caía para algum lado e o pescoço ficava muito tensionado.

Como observação geral, o pesquisador classificou como curta a distância entre os dois apoios de braço, o que dificultou o conforto na maioria do tempo.

4.3.2 Problemas identificados pelo pesquisador F3H2

O pesquisador F3H2 desempenhou/tentou desempenhar as seguintes atividades: alimentação, escrita, uso do *notebook* e repouso.

No relato, o pesquisador não se ateve muito às atividades, mas sim aos objetos que o incomodaram e dificultaram o desempenho ou tentativa de desempenho das atividades.

Os comentários do pesquisador F3H2 foram que o *pitch* era bom no sentido de ter espaço para as pernas, porém observou que a alimentação foi realizada com dificuldade por conta da grande distância da mesa, que é acoplada à poltrona da frente, ao corpo. Em seguida, atentou para o fato de que o problema não consistia no *pitch*, mas sim no curto comprimento da mesa, isto é, se a mesa chegasse mais perto do corpo com o mesmo *pitch*, a alimentação talvez não tivesse sido realizada com desconforto. Outra fonte de desconforto para o pesquisador foi o apoio de braço compartilhado com o pesquisador F3H1. No repouso, o pesquisador F3H2 destacou duas dificuldades, quais sejam, a baixa reclinção da cadeira e o formato da parede interna (fuselagem). Ele tentou dormir encostando a cabeça na parede interna, porém, de acordo com ele, o formato da parede naquela poltrona possuía certa curvatura que impossibilitou o repouso. Ademais, a luz foi um fator que dificultou o repouso. Outras queixas foram a falta de um apoio de pés, o ângulo de visão ao usar o *notebook* por conta da baixa estatura da mesa aliada à alta estatura do pesquisador F3H2.

5 PROPOSIÇÃO DE SOLUÇÕES

Para que as atividades sejam realizadas a contento e com conforto, é importante que o ambiente e os objetos possibilitem aos usuários condições de uso favoráveis ao sucesso de suas ações. Em vista disso, este capítulo consiste em elaborar parâmetros de projetos de cabine com vistas aos usuários de avião, mais precisamente, os passageiros, obter esse sucesso no desempenho de suas ações.

Em seguida, será descrito como e em que parte da organização estudada os parâmetros podem ser usados e implementados.

Esses parâmetros estão ligados aos objetos com os quais os passageiros interagem no desempenho das seis atividades analisadas neste trabalho, mais precisamente, no projeto dos objetos, e envolvem mudança de medidas e novos mecanismos. Os objetos analisados serão:

- Poltrona;
 - Apoio para a cabeça;
 - Apoio para os braços;
 - Encosto;
 - Assento.
- Espaço entre poltronas (*pitch*);
- Piso e apoio para os pés;
- Mesa.

A figura a seguir representa alguns dos objetos, mais especificamente, os que compõem a poltrona.



Figura 32 – Partes da poltrona

Fonte: Adaptado de Airbus (2012)

Antes de apresentar os novos parâmetros dos objetos, é preciso discutir qual a influência de cada objeto no desempenho das atividades analisadas com base no capítulo anterior. Essa discussão será feita por meio de uma matriz de graus de influência dos objetos nas atividades.

A matriz atividade/objeto usará o seguinte código para caracterizar a influência de determinado objeto em determinada atividade:

- 0: Nenhuma influência
- 1: Baixa influência
- 2: Média influência
- 3: Alta influência

Segue a matriz atividade/objeto.

Tabela 11 - Matriz atividade/objeto

Atividade/Objeto	Poltrona				Espaço entre poltronas	Piso e apoio para os pés	Mesa	Soma
	Apoio para a cabeça	Apoio para os braços	Encosto	Assento				
Alimentação	0	1	1	1	3	1	3	10
Escrita	0	1	1	1	3	1	3	10
Uso do IFE	2	2	1	1	2	1	2	11
Leitura	2	2	1	1	1	1	2	10
Uso do <i>Notebook</i>	1	1	1	1	2	1	3	10
Repouso	3	2	3	3	3	3	1	18
Soma	8	9	8	8	14	8	14	69

Fonte: Elaborado pelo autor

Dessa matriz, influi-se que o espaço entre as poltronas e a mesa são os objetos que possuem maior grau de influência nas das atividades analisadas. Portanto, são os dois objetos que devem ser mais levados em conta no projeto. Pode-se dizer que a mesa e o espaço entre as poltronas são complementares em algumas atividades. Por exemplo, na alimentação, houve muitas queixas da distância da mesa em relação ao corpo. Tal problema pode ser resolvido de duas formas: por meio de uma diminuição da distância entre as poltronas, o que poderia afetar outras atividades negativamente, ou por uma mesa mais próxima ao corpo, maior, sem alterar a distância entre as poltronas. O mesmo raciocínio pode ser aplicado à escrita, uso do IFE, leitura (para quem apoia o livro/revista na mesa) e uso do *notebook*.

Outro fato importante verificado na matriz é que, na atividade de repouso, a maioria dos objetos é usada e com alto grau de influência, com exceção da mesa, que só é usada como catacrese, ou seja, uso inesperado do objeto, já que algumas pessoas tentaram apoiar a cabeça e os braços na mesa com a intenção de repousar.

Observa-se que, na matriz atividade/objeto, os graus de influência do assento e do encosto não são tão altos na maioria das atividades. Obviamente, para qualquer atividade esses dois objetos são essenciais, pois o usuário em quase todo o tempo de voo está apoiado

nesses dois objetos, porém optou-se por diferenciar os graus do assento e do encosto pois verificaram-se que as dificuldades em determinadas atividades por conta desses dois objetos variava bastante. No repouso, a reclinção é essencial, sendo que, na atividade escrita, muitos passageiros descolaram a coluna do encosto. Com isso, atribuíram-se graus diferentes, mesmo sabendo da importância capital da poltrona em geral no desempenho de todas as atividades.

Nos itens subsequentes, serão propostas soluções para cada objeto da matriz.

5.1 Poltrona

Para facilitar o entendimento das alternativas de soluções para a poltrona, dividiu-se a mesma em apoio para a cabeça, apoio para os braços, encosto e assento. A seguir, as alternativas de soluções.

5.1.1 Apoio para a cabeça

O apoio para a cabeça é crítico no desempenho do repouso pelos passageiros, uma vez que sem ele, ao relaxar o corpo, os músculos da cabeça ficam sem apoio, o que causa forte tensão nos músculos superiores, principalmente, nos músculos do pescoço e ombros. Portanto, deve-se haver um apoio lateral de cabeça de modo a dar suporte à mesma no repouso e nas outras atividades.

O apoio para a cabeça deve possuir material de revestimento confortável. Ademais, o material de preenchimento não pode ser totalmente rígido, porém deve fornecer o suporte necessário à cabeça. Em termos de ajustes, o apoio para a cabeça deve possuir altura e abertura ajustáveis. Os ajustes mínimos e máximos devem ser calculados com base nas medidas antropométricas do público-alvo contemplando de 5% até 95%.

5.1.2 Apoio para os braços

O apoio para os braços é determinante no conforto ao se desempenhar a maioria das atividades analisadas, uma vez que em várias posturas de diversas atividades os braços estão apoiados no apoio para os braços.

O material de revestimento dos apoios para os braços deve ser macio, porém não pode ser escorregadio, pois se deve fornecer fixação aos braços na postura desejada.

Em termos de ajuste, há uma complicação pois se o apoio para os braços for ajustável em altura por exemplo, aumenta-se o conflito com o passageiro do lado, ou seja, além do conflito por espaço, haveria conflito funcional. Portanto, só se pode tornar a altura do apoio para os braços ajustável se entre duas poltronas adjacentes houver dois apoios para os braços, um para cada passageiro. Se esse ajuste for possível no projeto da poltrona, recomenda-se que os ajustes mínimos e máximos devem ser calculados com base nas medidas antropométricas do público-alvo contemplando de 5% até 95%.

Em relação ao conflito de braços com o passageiro do lado, podem ser adotados dois braços, porém tal modificação deveria vir acompanhada de mudança no comprimento do corredor e, por conseguinte, de todo o layout de poltronas da aeronave. Essa análise não será feita pois foge do escopo deste trabalho.

5.1.3 Encosto

O encosto é responsável por dar suporte à coluna do passageiro, portanto é determinante na sensação de conforto ou desconforto.

O encosto deve ser revestido de material confortável mas que não permita o escorregamento facilmente.

Em relação às curvaturas, uma curvatura convexa na região lombar e uma curvatura côncava na região dorsal, deve-se haver um mecanismo de ajuste pelo menos da curvatura inferior, a curva convexa que dá suporte à região lombar, uma vez que houve muitas reclamações nos ensaios. O mecanismo de ajuste pode ser uma expansão do material de enchimento do encosto.

Outro fato a ser levado em conta é a reclinção máxima do encosto. O encosto deve possuir uma reclinção máxima maior do que a do *mock-up* estudado, visto que muitas pessoas se queixaram da baixa reclinção. É sabido que dependendo da classe do voo, as reclinções máximas variam, porém independente da classe, deve-se haver um ângulo maior que o do *mock-up*, que gira em torno dos 20°.

5.1.4 Assento

O assento é fundamental no desempenho de todas as atividades analisadas, já que ele é usado em todas as atividades e possui função de apoiar grande parte do peso do corpo.

O material de revestimento deve ser confortável e possuir aderência a fim de evitar escorregamento do passageiro quando estiver com o corpo mais relaxado no desempenho do repouso. É recomendável uma pequena diminuição do ângulo do assento em relação ao encosto pois assim distribui-se mais uniformemente o peso do corpo, ou seja, transfere-se um pouco da pressão da região dos glúteos para a coluna.

Os projetistas também devem atentar à altura do assento. O ideal é que a altura seja regulável, mas caso isso não seja possível, devem-se analisar os dados antropométricos do público-alvo e projetar com base nos valores percentis mais baixos. Recomenda-se que a contemplação seja a partir dos 5% menores.

As curvaturas do assento devem ser ajustáveis de modo a adequá-lo mais às curvas ao corpo do passageiro. As curvas são uma região côncava mais perto dos glúteos e uma região convexa mais perto da fossa poplítea². Pode-se optar por deixar ajustável apenas a região convexa. Recomenda-se que os ajustes mínimos e máximos devem ser calculados com base nas medidas antropométricas do público-alvo contemplando de 5% até 95%.

5.2 Espaço entre poltronas

A distância mínima a ser prevista entre as poltronas deve considerar não apenas as medidas antropométricas para possibilitar a movimentação na postura sentada, mas

² Fossa poplítea é a região côncava atrás do joelho

também a movimentação na entrada e saída do espaço ao desempenhar atividades fora da poltrona como, por exemplo, ir ao banheiro. Além disso, na consideração da postura sentada, deve-se atentar ao fato que muitas pessoas cruzam as pernas e escorregam o corpo para frente.

5.3 Piso e apoio para os pés

O piso é determinante na sensação de conforto ou desconforto do passageiro na posição sentada, uma vez que o piso é responsável por apoiar os pés e por permitir a movimentação dos mesmos. Deve haver uma área útil para a movimentação das pernas de modo que no limite (perna estendida) seja possível escorregar os pés sobre o piso. Além disso, é preciso que o material do piso não seja escorregadio a fim de fornecer uma fixação adequada segundo o desejo do passageiro.

Durante os ensaios, algumas pessoas sentiram a necessidade de um apoio de pés. Os apoios de pés auxiliam na fixação dos pés e no relaxamento dos músculos dos pés. Portanto, é importante que haja apoio para os pés e que toda a planta do pé seja contemplada de modo a diminuir excesso de pressão em alguma região localizada do pé.

As áreas do piso e do apoio de pés devem ser calculadas com base nas medidas antropométricas do público-alvo contemplando até 95%.

5.4 Mesa

Pela análise dos problemas nas atividades, a mesa é um dos objetos que mais tem a se melhorar, visto que o fato de ela ser baixa, não ser regulável, não ser firme e ser pequena dificultou bastante algumas atividades. Por isso, focando nesses problemas e em inovação, pensou-se em um novo tipo de mesa.

- **Mecanismo:** A mesa deve possuir um mecanismo que possibilite o seu movimento descendente de basculação a partir da posição vertical travada, diminuindo gradativamente a angulação em relação à horizontal até o nível apropriado para a alimentação, ou seja, variando do ângulo de 90° até 0° em

relação ao piso. Tal mecanismo seria análogo ao mecanismo de uma janela basculante, porém a janela basculante não varia até 0° e a basculação é para o lado oposto ao da pessoa. Além disso, para a realização de diferentes atividades, é necessário que a mesa possua travamentos intermediários entre essas duas posições de acordo com a vontade do indivíduo, pois para a leitura, uso de IFE e uso do *notebook*, muitos passageiros optariam por um nível intermediário de angulação para apoiar o livro/revista, o IFE e o *notebook* respectivamente. Por conta dessa inclinação, a mesa deveria possuir um material com boa aderência para dificultar o escorregamento, porém não poderia ser rugoso, pois dificultaria consideravelmente a atividade de escrita. A mesa deve ser retrátil horizontalmente para permitir ao usuário aproximar ou afastar a mesa de si e, também, para aumentar a área útil da mesa, visto que alguns usuários reclamaram da pequena área útil para se colocar a bandeja no desempenho da alimentação. A mesa também deve se ajustável verticalmente a fim de contemplar as diversas necessidades e variações antropométricas, porém, se o assento for ajustável verticalmente, não há necessidade da mesa ser ajustável verticalmente também.

- **Forma:** Os vértices devem ser arredondados com o intuito de evitar qualquer desconforto ou acidente por conta de algum movimento brusco como, por exemplo, pegar um copo da comissária de bordo e raspar a mão no vértice pontudo. Em relação às arestas, a fim de permitir ao usuário aproximar a mesa de si sem que o contato com o corpo impossibilite o movimento ou comprima o corpo causando desconforto, a aresta mais próxima do abdômen do passageiro deve possuir uma pequena concavidade. Outra modificação é deixar as bordas arredondadas, pois assim evita-se o contato único e distribui-se melhor a pressão. Por exemplo, na leitura, no uso do IFE e no uso do *notebook*, muitos usuários apoiam as mãos na borda da mesa e com a borda não suavizada, a pressão é concentrada em grande parte na aresta.

Esse novo projeto de mesa se trata de uma oportunidade que pode gerar grande vantagem competitiva em relação a outras empresas concorrentes. Em curto prazo, a mesa poderia sofrer pequenas alterações como a suavização das bordas, o arredondamento dos vértices, o aumento de área útil seja pelo projeto de uma mesa maior ou pelo mecanismo retrátil proposto anteriormente.

6 CONCLUSÃO

6.1 Contribuições do estudo para projetos de cabine avião

Este trabalho forneceu um enfoque diferente do que vem sendo usado na maioria dos projetos de cabine de avião. Os projetistas, geralmente, levam em consideração apenas dados antropométricos e biomecânicos, tabelas e valores padronizados de objetos em detrimento de analisar o uso real, não prescrito, dos diversos objetos que compõem a cabine de avião a fim de adequar melhor o objeto ao usuário.

Ao fornecer uma análise do uso real dos elementos da cabine, ou seja, análise da atividade e não da tarefa, este estudo apresentou informações complementares aos projetistas atuais sobre as reais necessidades dos passageiros no desempenho das atividades durante o voo. Além disso, sugere-se que as análises e recomendações deste estudo sejam adotadas em forma de guia de projeto pelos engenheiros das fases iniciais de desenvolvimento das cabines de avião, pois assim a incorporação da ergonomia é mais facilmente realizada.

6.2 Limitações do estudo

Como limitações deste estudo, tem-se primeiramente o fato da maioria dos ensaios terem sido simulações no *mock-up*, e não voos reais. Além disso, com o uso do *mock-up* considera-se apenas o modelo de avião que o *mock-up* retrata. O ideal seria fazer diversos voos reais em diversos aviões e com diversos tempos de viagem.

Outra limitação foi o fato de terem sido priorizadas apenas seis atividades: Alimentação, escrita, uso do IFE, leitura, uso do *notebook* e repouso. Ida ao banheiro, colocação das malas no bagageiro superior, entrada e saída do avião, situação de turbulência e situação de emergência não foram estudadas.

Durante as três fases da pesquisa, nos ensaios, houve a participação de onze pessoas (três da fase 1, seis da fase 2 e três da fase 3, sendo que há uma pessoa que participou das fases 2 e 3). Apesar de serem pessoas com tipos físicos bastante diferentes, trata-se de uma

amostra pequena. O ideal seria uma amostra maior e uma análise estatística com testes de hipóteses a fim de se obter uma melhor validação dos dados.

6.3 Estudos futuros e desdobramentos do estudo

Sugerem-se, como estudos futuros, a consideração de outras atividades por parte dos passageiros, a análise das atividades da tripulação e, também, a consideração de casos extremos tanto físicos como psicológicos e como adaptar a cabine a esses sujeitos. Outro estudo futuro pode ser a análise da atividade no caso de voos *low-cost* em que se cogita a ida de passageiros em pé. Finalmente, o desenvolvimento do projeto da nova mesa, proposta no item 5.4, é uma grande oportunidade para se dar continuidade.

Como desdobramentos, pode-se expandir a ideia de analisar a atividade no avião para outros meios de transporte como trem, carro, navio, submarino, caminhão, ônibus e, até mesmo, naves espaciais.

7 REFERÊNCIAS

ABRAHÃO, J.; SZNELWAR, L.; SILVINO, A.; SARMET, M.; PINHO, D. **Introdução à Ergonomia: da prática à teoria**. São Paulo: Blücher, 2009.

AIRBUS. **Airbus SAS**. Disponível em: <<http://www.airbus.com>>. Acesso em 4 nov. 2012.

BÉGUIN, P. **O ergonomista, ator da concepção**. In: FALZON, P. *Ergonomia*. São Paulo: Edgard Blücher, 2007. Cap. 22.

DANIELLOU, F. **A ergonomia na condução de projetos de concepção de sistemas de trabalho**. In: FALZON, P. *Ergonomia*. São Paulo: Edgard Blücher, 2007. Cap. 21.

DANIELLOU, F.; BÉGUIN, P. **Metodologia da ação ergonômica: abordagens do trabalho real**. In: FALZON, P. *Ergonomia*. São Paulo: Edgard Blücher, 2007. Cap. 20.

DEJEAN, P. H.; NAËL, M. **Ergonomia do Produto**. In: FALZON, P. *Ergonomia*. São Paulo: Edgard Blücher, 2007. Cap. 28.

EMBRAER. **Empresa Brasileira de Aeronáutica S.A.** Disponível em: <<http://www.embraer.com.br>>. Acesso em 30 set. 2012.

Ergonomics Society. **Institute of Ergonomics & Human Factors**. Disponível em: <<http://www.ergonomics.org.uk>>. Acesso em 13 abr. 2012.

FELISBERTO, L. C.; PASCHOARELLI, L. C. **Dimensionamento preliminar de postos de trabalho e produtos – modelos antropométricos em escala**. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO. VII International Conference on Industrial Engineering e Operations Management, 2001, Salvador. Proceedings, 2001. 1 CD ROM.

GUERIN, F.; LAVILLE, A.; DANIELLOU, F.; DURAFFOURG, J. & KERGUELEN, A. **Compreender o Trabalho para Transformá-lo: A prática da Ergonomia**. São Paulo: Edgard Blücher, 2001.

HADER, J. J.; LINDEMAN E. **Dynamic social research**. London, New York: K. Paul, Trench, Trubner & Co. Harcourt, Brace, 1933.

IIDA, I. **Ergonomia: projeto e produção**. São Paulo: Edgard Blücher, 2005.

International Ergonomics Association. Disponível em: <www.iea.cc>. Acesso em 13 abr. 2012.

JORGENSEN, D. L. **PARTICIPANT OBSERVATION: A Methodology for Human Studies**. Newbury Park, CA: Sage Publications, 1989.

KROEMER, K. H. E.; GRANDJEAN, E. **Manual de ergonomia: adaptando o trabalho ao homem**. Porto Alegre: Bookman, 2005.

MARCOLIN, N. **Revista Pesquisa FAPESP**. Disponível em: <revistapesquisa.fapesp.br>. n. 194. Acesso em 26 out. 2012.

MARTINS, J. B. **Observação participante: uma abordagem metodológica para a psicologia escolar**. Semina: Ci. Sociais/Humanas, Londrina, v. 17, n. 3, p. 266-273, set. 1996.

MIRANDA, I. M. **O voo da Embraer: a competitividade brasileira na indústria de alta tecnologia**. São Paulo: Editora Papagaio, 2007.

MORAES, A. **Fronteiras da Ergonomia, Ciência e Tecnologia: Projetos Ergonômicos**. Rio de Janeiro: iUsEr, 1933.

PEQUINI, P. C. **INTERVENÇÃO ERGONÔMICA E SUAS IMPLICAÇÕES NA PRODUTIVIDADE E SATISFAÇÃO DOS FUNCIONÁRIOS: ESTUDO DE CASO DE LAVANDERIA INDUSTRIAL**. Tese (Graduação em Engenharia de Produção)-Faculdade de Ciência e Tecnologia Área 1. Salvador, 2007.

PEQUINI, S. M. **Ergonomia aplicada ao design de produtos: um estudo de caso sobre o design de bicicletas**. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo)–Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da USP. São Paulo, 2005.

PORTER, M. E. **Vantagem competitiva: criando e sustentando um desempenho superior**. Rio de Janeiro: Campus, 1990.

PRO. **Departamento de Engenharia de Produção da Universidade de São Paulo**. Disponível em: <<http://pro.poli.usp.br>>. Acesso em 14 set. 2012.

ROZENFELD, H.; FORCELLINI, F. A.; AMARAL, D. C.; DE TOLEDO, J. C.; DA SILVA, S. L.; ALLIPRANDINI, D. H.; SCALICE, R. K. **Gestão de Desenvolvimento de Produtos: Uma referência para a melhoria do processo**. São Paulo: Saraiva, 2009.

SILVA, R.S.; SZNELWAR, L.I.; SILVA, V.D. **The use of participant-observation protocol in an industrial engineering research**. Work 41 120-126 IOS Press, 2012.

THEUREAU, J.; PINSKY, L. **Paradoxe de l'ergonomie de conception et logiciel informatique**. *Revue des conditions de travail*. n.9, 1984.

ANEXO A – Variáveis antropométricas

FAAC / UNESP / BAURU		Homens			Mulheres		
Dimensões dos Segmentos Corpóreos Humanos		% 05	% 50	% 95	% 05	% 50	% 95
01	Estatura	159	171	182	149	160	170
02	Altura Piso - Ombros	132	142	152	123	133	143
03	Altura Piso – Olhos	151	161	172	141	151	161
04	Altura Assento – Cabeça	82	88	93	76	83	89
05	Altura Assento – Ombro	54	58	63	46	54	59
06	Profundidade do Tórax	23	26	29	21	25	32
07	Profundidade do Abdome	19	22	26	17	21	26
08	Largura do Tórax	26	29	34	-	-	-
09	Largura do Bideltoide (ombros)	39	43	47	34	38	42
10	Distância alcance frontal máximo	69	76	83	62	71	79
11	Comprimento do Braço	33	36	40	-	-	-
12	Comprimento intercular Ombro – Cotovelo	24	29	32	-	-	-
13	Comprimento intercular Cotovelo – Punho	23	25	28	-	-	-
14	Comprimento Cotovelo - Ponta do dedo médio	45	49	55	36	43	50
15	Comprimento intercular Joelho – Maleolo	35	40	44	-	-	-
16	Altura Assento – Coxa	12	14	17	11	14	17
17	Altura Piso – Poplitea	34	44	55	36	40	44
18	Altura Piso – Joelho	50	54	58	49	54	59
19	Distância Nãdegas – Poplitea	43	48	53	42	47	52
20	Distância Nãdegas – Joelho	55	60	65	52	58	63
21	Largura do Quadril	30	34	38	31	36	41
22	Altura entre pernas	76	80	87	66	73	80
23	Altura da Cabeça a partir do queixo	21	23	24	19	22	24
24	Largura da Cabeça	17	18	19	14	15	16
25	Profundidade da Cabeça	18	19	20	16	18	19
26	Comprimento do Pé	24	26	28	22	24	26
27	Largura do Pé	9	10	11	9	10	11
28	Largura do Calcâneo	6	7	8	6	6	7
29	Comprimento das mãos	18	19	20	16	17	19

Figura 33 – Vinte e nove variáveis antropométricas

Fonte: Felisberto e Paschoarelli (2001)

ANEXO B – Representação bidimensional das variáveis antropométricas do anexo anterior

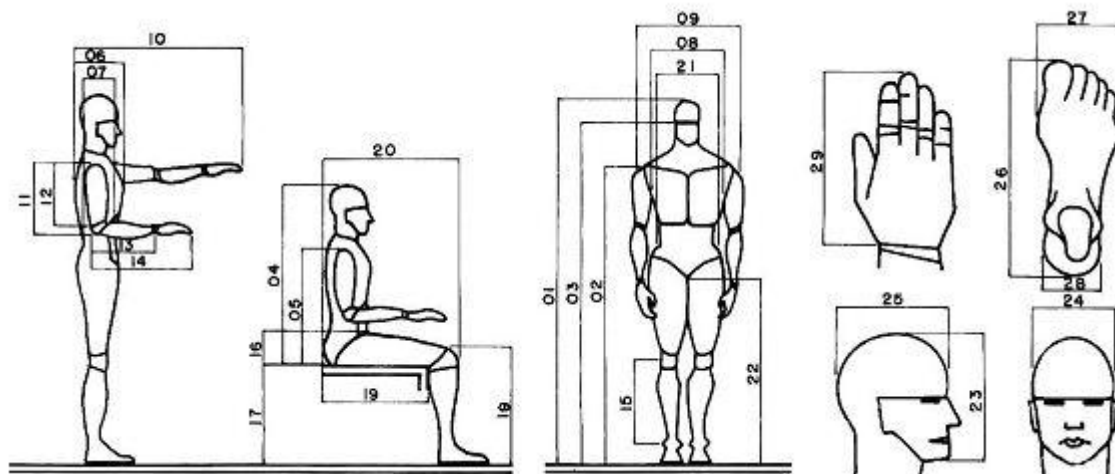


Figura 34 - Representação bidimensional das vinte e nove variáveis antropométricas do anexo anterior

Fonte: Felisberto e Paschoarelli (2001)

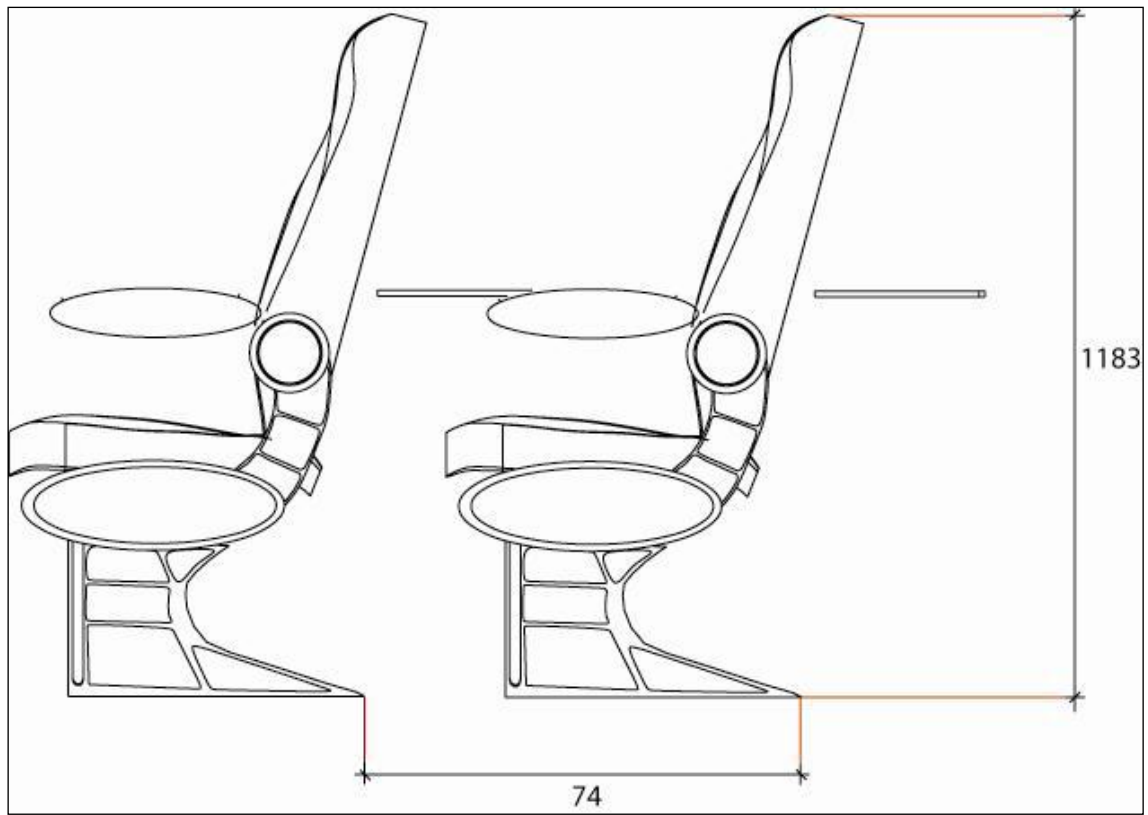
ANEXO C – Vista lateral das poltronas

Figura 35 - A medida horizontal representa o *pitch* e vertical representa a altura