

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

ANALISE DE VIABILIDADE PARA O PROJETO DE POLTRONAS
DE PASSAGEIROS PARA A AVIAÇÃO REGIONAL

Dissertação submetida à Universidade
Federal de Santa Catarina para a obtenção
do grau de MESTRE EM ENGENHARIA

WALTER DE ABREU CYBIS

FLORIANÓPOLIS, JUNHO DE 1988

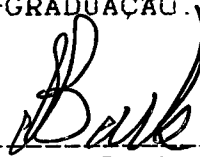
ANALISE DE VIABILIDADE DO PROJETO DE POLTRONAS
DE PASSAGEIROS PARA A AVIAÇÃO REGIONAL

WALTER DE ABREU CYBIS

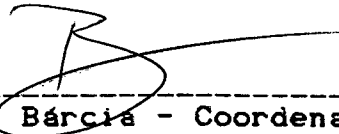
ESTA DISSERTAÇÃO FOI JULGADA ADEQUADA PARA A OBTENÇÃO DO TÍTULO
DE

MESTRE EM ENGENHARIA

ESPECIALIDADE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO E APROVADA EM SUA FORMA
FINAL PELO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO.

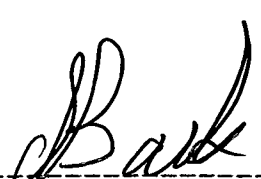


Prof. Dr. Nelson Back - Orientador

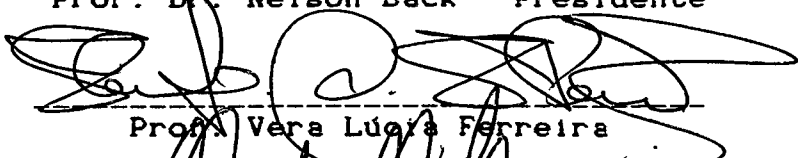


Prof. Dr. Ricardo Barcia - Coordenador do Curso

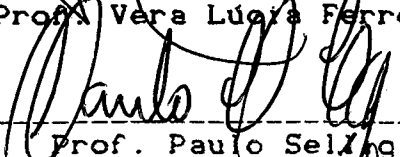
BANCA EXAMINADORA



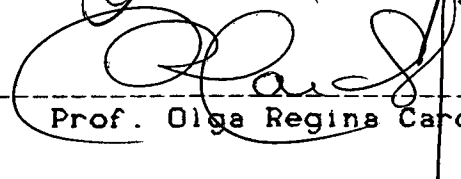
Prof. Dr. Nelson Back - Presidente



Prof. Vera Lucia Ferreira



Prof. Paulo Selig



Prof. Olga Regina Cardoso

A Rose,
companheira e
incentivadora constante.

AGRADECIMENTOS

Deseja-se aqui agradecer a todos que, de uma maneira ou de outra, colaboraram para a realização deste trabalho. Correndo o risco do esquecimento, seguem alguns agradecimentos especiais.

Ao Eng. Luiz Antônio Castilho, pela pronta colaboração, incentivo e intermediação com a Aeromot. Ao Eng. Carlos Câmara pela orientação na área dos materiais compostos. Ao projetista José Moni (Zé) que colocou seu conhecimento sobre poltronas a inteira disposição.

Ao Eng. Nelson da Rosa e à Varig pelo auxílio com os dispositivos para o ensaio dos materiais compostos. A Eng. Lúcia Nunes do C.T.A., pelas informações sobre a legislação aérea.

Ao Prof. Nelson Back, pela compreensão e liberdade que caracterizaram seu trabalho de orientação e aos colegas de curso, pela amizade e incentivo.

Aos meus pais, pelo decisivo apoio e incentivo durante os meses de dissertação sem bolsa.

ABSTRACT

Corporation survival, most of times, is guaranteed through a constant innovation policy of new products. Companies incurring the risks of new developments cannot treat project work superficially because of the large amount of resources that this development will need.

This paper is essentially concerned with methodological procedures as part of the effort to assure a good performance to a particular project.

A professional experience in the industry of commercial aviation passenger seats, acquired by the author, was used to give firm ground to a research in feasibility analysis of product design.

Parts of this study are: market analysis and determination of demand characteristics, analysis of technical solutions offered by competitors, the study of a technological opportunity and the analysis of alternative solutions that appeared during the project study.

RESUMO

Certas empresas modernas buscam garantir sua sobrevivência através de uma política de inovação constante de seus produtos. Estas, que assumem os riscos de novos desenvolvimentos, não podem se descuidar na tarefa de projeto e, para tanto, mobilizam recursos de toda ordem. Esta dissertação aborda, em sua essência, o emprego de recursos metodológicos como parte do esforço de garantir o bom desempenho de um projeto.

Aproveitou-se uma experiência profissional na indústria de poltronas de passageiros para a aviação comercial para formar a base de uma investigação sobre a etapa de Análise de Viabilidades para o projeto de produtos.

Constam deste trabalho a análise do mercado e suas necessidades, a análise das soluções técnicas dos produtos concorrentes, o estudo de uma oportunidade tecnológica e o estudo de viabilidade das soluções alternativas geradas para o projeto.

SUMARIO

1 - INTRODUÇÃO.....	1
1.1 - Introdução.....	1
1.2 - Objetivos.....	2
1.3 - Metodologia de Projeto.....	3
1.4 - A Dissertação.....	8
2 - ANÁLISE DE NECESSIDADES.....	10
2.1 - Introdução.....	10
2.2 - A Aeromot.....	10
2.3 - A Embraer.....	15
2.4 - As Companhias Aéreas Regionais do Brasil.....	19
2.5 - Segurança e Legislação.....	25
2.6 - Os Critérios de Projeto.....	39
2.7 - Conclusão.....	40

3 - ANÁLISE DO ESTADO DA ARTE.....	41
3.1 - Introdução.....	41
3.2 - Classificação.....	41
3.3 - Componentes.....	44
3.3.1 - A Estrutura Básica.....	45
3.3.2 - O Encosto.....	54
3.3.3 - O Descansa-braço.....	56
3.3.4 - A Mesa para lanches.....	57
3.3.5 - As Espumas de conforto.....	60
3.4 - As Linhas de poltronas.....	61
3.5 - Os Parâmetros de projeto.....	67
3.6 - Conclusão.....	69
4 - MATERIAIS COMPOSTOS.....	71
4.1 - Introdução.....	71
4.2 - Definição.....	71
4.3 - Características.....	72
4.4 - Classificação.....	73
4.5 - A Tecnologia para o projeto.....	78
4.6 - Conclusão.....	81
5 - SÍNTESE DE SOLUÇÕES ALTERNATIVAS.....	82
5.1 - Introdução.....	82
5.2 - Definição do perfil de conforto.....	82
5.3 - As soluções alternativas.....	90
5.3.1 - A solução alternativa -A-.....	91
5.3.2 - A solução alternativa -B-.....	93
5.3.3 - A solução alternativa -C-.....	94

5.3.4 - A solução alternativa -D-.....	95
5.4 - Estudo de Viabilidade.....	96
5.5 - Conclusão.....	101
6 - CONCLUSÕES.....	102
7 - BIBLIOGRAFIA.....	105

LISTA DE ANEXOS

- ANEXO 1 - EMB 120 PIN 001 - "Especificação para poltronas de passageiros simples e duplas do EMB-120".
- ANEXO 2 - Modelo de Conforto - Poltrona Simples. Desenho Aeromot.
- ANEXO 3 - Relatório de Ensaio de Materiais Compostos.

LISTA DE FIGURAS

Fig 1.1.....	4	Fig 3.5.....	47	Fig 5.2.....	88
1.2.....	5	3.6.....	50	5.3.....	89
1.3.....	6	3.7.....	51	5.4.....	90
1.4.....	7	3.8.....	52	5.5.....	91
2.1.....	12	3.9.....	53	5.6.....	92
2.2.....	29	3.10.....	55	5.7.....	93
2.3.....	32	3.11.....	57	5.8.....	94
3.1.....	43	3.12.....	58	5.9.....	95
3.2.....	44	3.13.....	59		
3.3.....	45	4.1.....	74		
3.4.....	46	5.1.....	84		

LISTA DE QUADROS

Quadro 3.1.....	62	Quadro 4.1.....	81
3.2.....	63	5.1.....	85
3.3.....	64	5.2.....	97
3.4.....	65	5.3.....	98
3.5.....	66	5.4.....	99
3.6.....	67	5.5.....	100

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1.....	22
4.1.....	77

1- INTRODUÇÃO

1.1 - Introdução.

Em 1985 a Embraer (Empresa Brasileira de Aeronáutica) apresentou o modelo EMB-120 Brasília, para a aviação regional. Com capacidade para 30 passageiros e cabine pressurizada, constituiu-se em um sucesso comercial logo após o seu lançamento. Porém, desde as primeiras unidades, a Embraer viu-se obrigada a pagar uma multa por entregar a aeronave acima do peso estabelecido no contrato. Este fato tornou-se preocupante, tanto para a Embraer quanto para seus fornecedores, que passaram a buscar novas soluções técnicas para os componentes que forneciam.

As poltronas para passageiros, fabricadas pela Aeromot Indústria Mecânico Metalúrgica Ltda de Porto Alegre, RS, poderiam proporcionar um alívio de peso de até 600 N (Newton) por avião, se fossem mais modernas em concepção e materiais utilizados. Na oportunidade a Embraer demonstrou interesse em uma nova poltrona, tanto que ela mesma desenvolveu uma, em fibra de carbono, bem mais leve que as metálicas da Aeromot. Mas, devido a problemas de produção, estas, ainda hoje, equipam apenas parte das aeronaves vendidas.

Naquele momento a tendência em termos de poltronas ultra-leves apontava para a utilização de materiais compostos, cuja possibilidade de controle de suas propriedades na fabricação e razão resistência:peso bastante favorável, poderiam permitir estruturas sensivelmente aliviadas. Simultaneamente, a Aeromot

adquiriria a tecnologia para a fabricação do motoplanador francês RF-10, com fuzeiagem inteiramente em material composto.

A oportunidade para a inovação tornou-se clara. Em Abril de 1985 iniciaram-se no Setor de Engenharia de Produto da Aeromot Indústria, as atividades relacionadas ao projeto de uma poltrona em material composto que atendesse as necessidades da Embraer e da aviação regional brasileira.

Na mesma ocasião, o autor deste trabalho buscou na Aeromot uma oportunidade para aplicar na prática os conteúdos assimilados durante o Curso de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, área de concentração Engenharia de Produto, da Universidade Federal de Santa Catarina.

Tendo conseguido o apoio da Gerência de Engenharia da empresa, foi integrado aos trabalhos de projeto da nova poltrona.

Porém, devido a problemas financeiros, a empresa se viu obrigada, algum tempo depois, a interromper o projeto. Este se encontrava então na fase de Estudo de Viabilidade.

1.2 - Objetivos.

O objetivo básico desta dissertação é apresentar o emprego de uma metodologia científica em um caso prático de desenvolvimento de um produto industrial e como esta pode contribuir na correta definição dos critérios e parâmetros de projeto.

Com esta dissertação pretende-se também, sugerir áreas para a atividade de pesquisa na indústria de poltronas para aeronaves.

1.3 - Metodologia de Projeto.

A tarefa de projeto tem a característica de uma atividade inovadora e criativa. Este fato a manteve afastada, durante parcela considerável de tempo, da esfera dos métodos científicos. Para visões externas ao processo, o fator intuitivo era responsável pelas ações e decisões de projeto. Por consequência, somente pessoas criativas poderiam participar e empreender ações bem sucedidas neste âmbito. Porém, uma análise menos superficial revelou uma estrutura racional comum a maioria das ações projetuais. O estudo desta estrutura originou uma série de recomendações lógicas no sentido de facilitar o processo projetual.

Segundo Bonsiepe (7,149), estas recomendações lógicas, ou metodologias de projeto, devem ajudar a responder a nível geral as seguintes questões:

qual a sucessão das ações (quando fazer);

qual o seu conteúdo (o que fazer);

e quais os procedimentos (como fazer).

Bonsiepe alerta que a simples adoção de uma metodologia não é capaz de garantir a solução ótima para os problemas de projeto, estes muito mais complexos do que a "relativa simplicidade das recomendações metodológicas".

Para orientar o novo projeto, foi desenvolvida uma metodologia para o projeto de produtos industriais, baseada na de Woodson, apresentada por Back (6,11,12,13,14), e nas recomendações de projeto já existentes na Engenharia de Produto da empresa.

Esta prevê as seguintes fases:

a - Análise de Viabilidade (fig 1.1).

A primeira fase do projeto começa com a pesquisa de informações gerais sobre o mercado, que são analisadas segundo as estratégias e políticas da empresa. Em seguida as diversas proposições técnicas existentes são reunidas e analisadas para se conhecer o estado-da-arte em que o produto se encontra. Após estas análises, começa o trabalho de concepção de soluções alternativas. Para tanto, critérios e parâmetros de projeto são

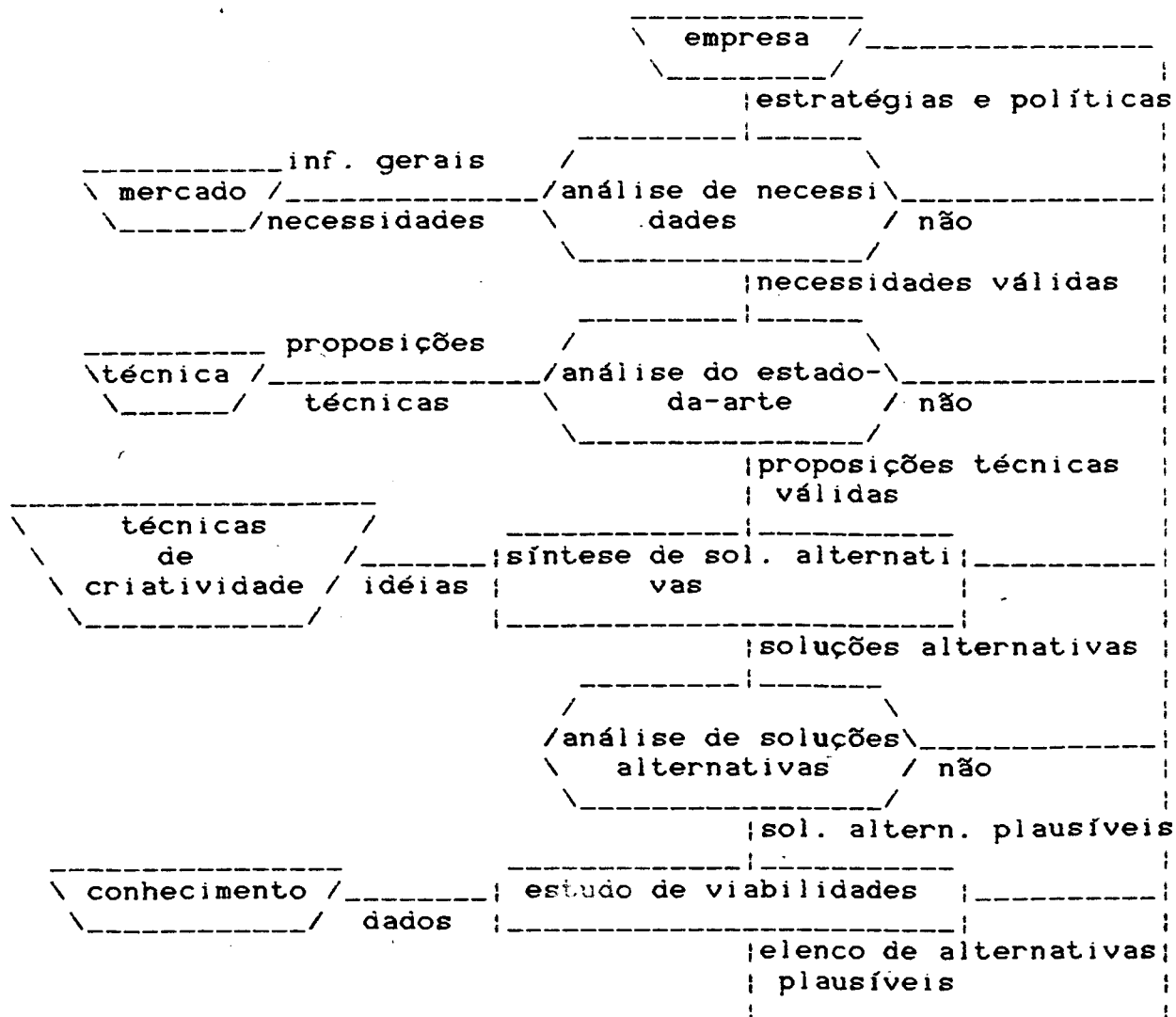


Fig. 1.1 - Análise de Viabilidade.

combinados na aplicação de técnicas de criatividade. Gera-se aí, um elenco de soluções plausíveis ou não. As plausíveis são a seguir, submetidas a um estudo de viabilidades. As alternativas mais promissoras dão continuidade ao processo na próxima fase.

b - Projeto Preliminar (fig 1.2).

As alternativas que chegam a esta fase sofrem agora uma nova triagem, bem mais rigorosa, ao final da qual é definida a melhor concepção. Esta é desenvolvida preliminarmente e seu desempenho testado através de modelos diversos. Após esta avaliação, as alterações ou simplificações necessárias são executadas. Nesta etapa do desenvolvimento as alterações não tem maiores

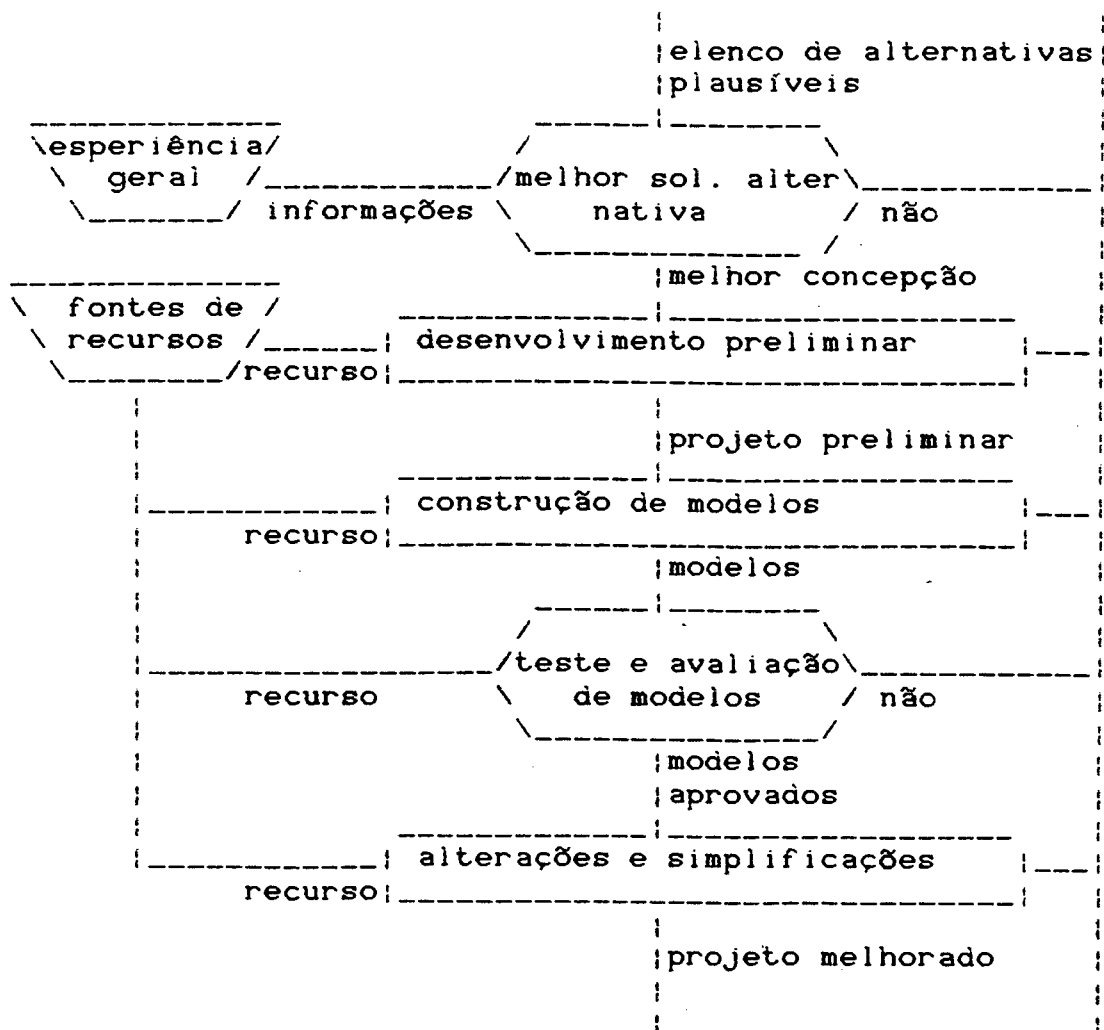


Fig. 1.2 - Projeto Preliminar

repercussões devido ao caráter ainda preliminar do projeto.

c - Projeto Detalhado (fig 1.3).

O projeto melhorado, após as avaliações de desempenho de que foi alvo na etapa anterior, é agora detalhado. Isto é feito através da especificação de subsistemas e componentes, descrição de partes, desenhos de conjuntos e de montagem. Após considerado aceitável, o conjunto completo de desenhos e especificações é liberado para a fabricação de protótipos.

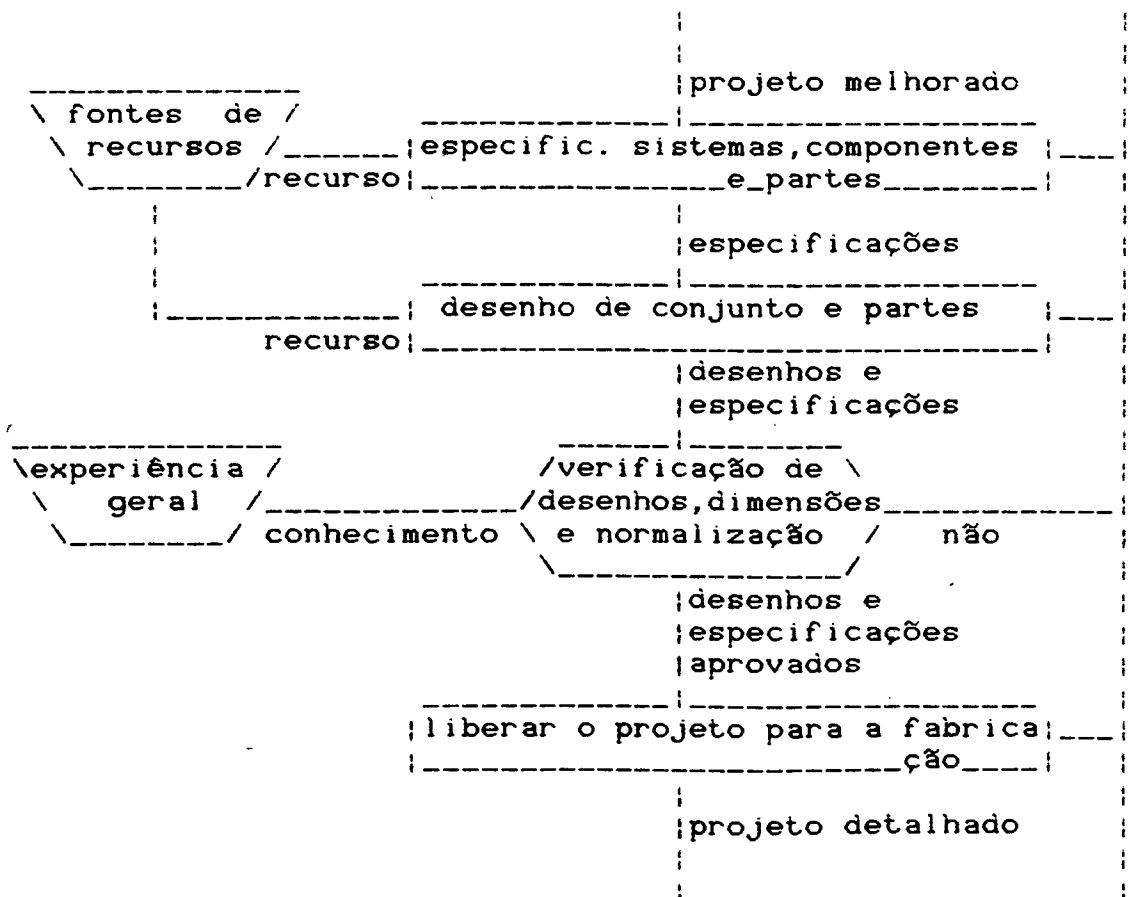


Fig. 1.3 - Projeto Detalhado

d - Revisões e Testes (fig 1.4).

Após o projeto detalhado parte-se para a construção de protótipos, com o objetivo de avaliar a adequação do produto à fabricação e montagem, ao nível de qualidade planejado e a seu desempenho no mercado e em serviço. No decorrer desta etapa o projeto pode sofrer alterações conforme os resultados das avaliações de qualidade a que foram submetidos os protótipos. Podem também ser feitas, simplificações com vistas a

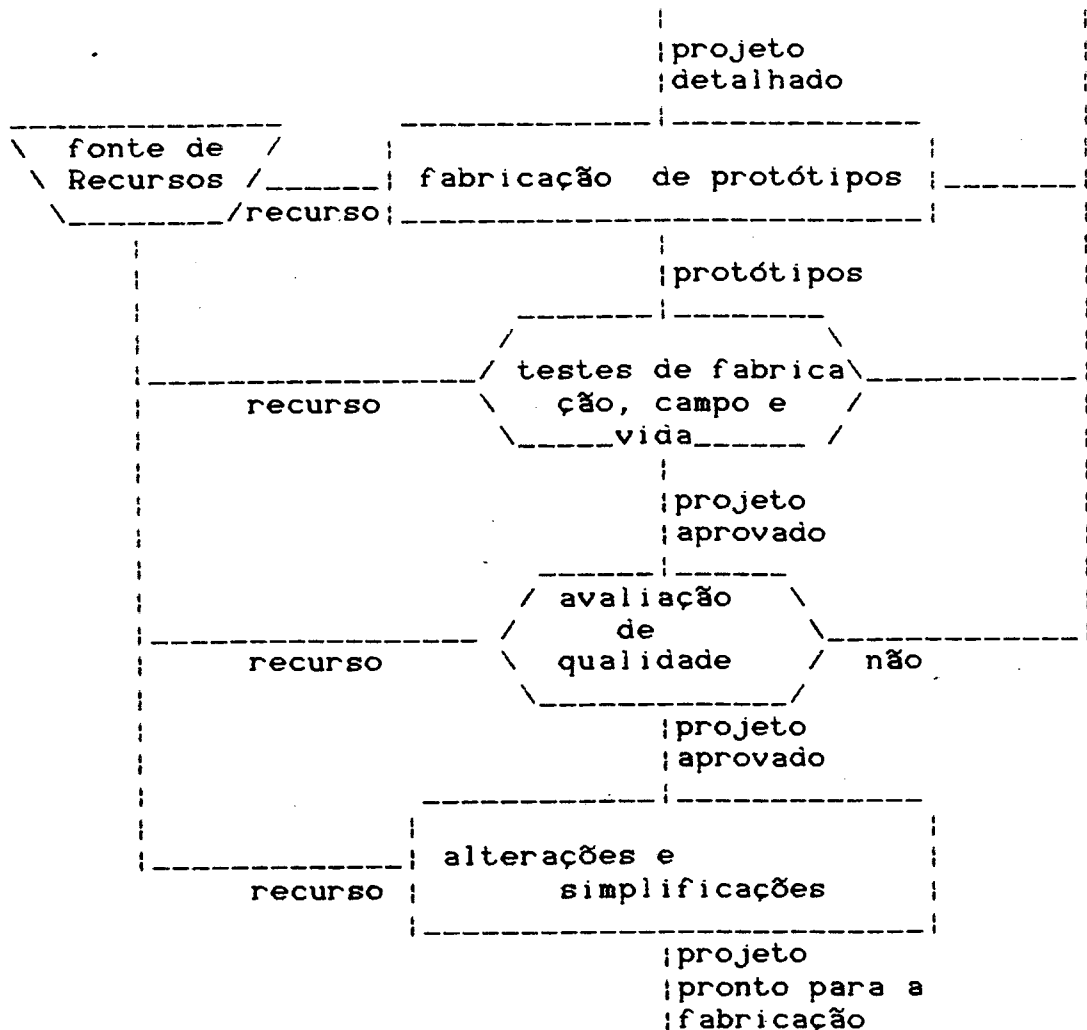


Fig 1.4 - Revisões e Testes

redução de custos, após o que o projeto será liberado para a produção.

1.4 - A dissertação.

Uma vez que esta dissertação aborda somente a etapa de Análise de Viabilidades do projeto, a figura 1.1 antecipa os conteúdos que aqui serão apresentados.

Inicialmente serão feitas considerações a respeito da Análise de Necessidades (Cap.2) dos mercados e entidades interessadas diretamente no projeto, ou seja: a Aeromot, a fabricante das poltronas; a Embraer, a fabricante das aeronaves que serão equipadas com as poltronas; e as companhias aéreas regionais do Brasil, que operam as poltronas em serviço. Ainda nesta etapa, serão abordadas as necessidades em termos de segurança para o usuário, em um tópico que analisa o papel das poltronas no caso de acidente aéreo.

Em seguida será feita a análise da poltrona de passageiros para aeronaves comerciais, através de sua classificação geral, e seus componentes básicos. A Análise do Estado da Arte (Cap.3) prosseguirá com a investigação das características básicas dos modelos comercializados pelos principais fabricantes.

Em complementação às informações sobre o estado da arte e devido a sua aplicação no projeto, serão feitos a seguir, comentários a respeito dos Materiais Compostos em geral (Cap. 4). A apresentação do sistema construtivo específico, adquirido pela Aeromot, encerra este capítulo.

No capítulo 5 será feita a definição do perfil do assento/encosto da poltrona, e a apresentação do modelo construído para verificar o seu conforto. No prosseguimento as soluções alternativas geradas, baseadas nos critérios, parâmetros e perfil de conforto já definidos, serão apresentadas e comentadas. A dissertação será encerrada com o Estudo de Viabilidade das soluções de projeto.

2 - ANALISE DE NECESSIDADES.

2.1 - Introdução.

Neste capítulo se procurará traçar o perfil dos envolvidos diretamente com o projeto da poltrona em material composto para aeronaves da aviação regional. Com o objetivo de definir suas reais necessidades, serão apresentadas primeiramente a Aeromot, a Embraer e as companhias aéreas regionais brasileiras. As necessidades do usuário em termos de segurança serão analisadas no próximo tópico. O elenco de critérios que regerão o projeto será definido ao final do capítulo.

2.2 - A Aeromot.

Na década de 60 foi criado no CTA, Centro Técnico Aeroespacial de São José dos Campos, SP, o Instituto de Fomento Industrial, IFI, com o objetivo de estimular a produção interna de itens necessários à incipiente indústria aeronáutica nacional. Apoiando as atividades de transferência tecnológica, melhoramento da qualidade e negociações com instituições financeiras, o IFI juntamente com a Embraer, Empresa Brasileira de Aeronáutica, formaram uma considerável rede de fornecedores internos. Quando necessário cediam ao fornecedor o projeto do componente já desenvolvido e com todas as especificações, cabendo ao fabricante nacional seguir as exigências específicas no que diz respeito a qualidade do produto.

Uma das empresas beneficiadas por esta política foi a Aeromot Aeronaves e Motores S.A. com sede em Porto Alegre, RS,

que fundada em 1967, experimentou um notável crescimento no período posterior a criação da Embraer. Neste período a Aeromot desmembrou-se, surgindo daí a Aeromot Indústria Mecânica Metalúrgica Ltda, fornecedora de poltronas de passageiros, berços para motores e outros equipamentos para aviação agrícola, e a Aeroeletrônica Indústria de Componentes Aviónicos S.A. fornecedora de equipamentos eletrônicos para quase todos os modelos da Embraer.

A Aeromot Indústria, empresa do grupo que se dedica ao projeto e desenvolvimento de poltronas de passageiros para aeronaves é a única empresa que fornece para a Embraer e o único fabricante nacional deste tipo de componente para a aviação. Além de fornecer para a Embraer, fornece também para companhias aéreas nacionais e internacionais como VASP, VARIG, LADECO (Chile), TAAG (Angola) e para a Força Aérea Brasileira. Sua linha de poltronas é constituída basicamente de Assentos Tropa (helicópteros e aviões da FAB), Poltronas Barco (embarcações de transporte de pessoal), Poltronas Bandeirante e Brasília (aviação regional), Poltrona-Sonata (classe turista) e Poltronas Executivo e Luxo.

Sendo a Aeromot Indústria controlada pela Aeromot Aeronaves e Motores, todas as decisões políticas e estratégicas são tomadas pela empresa controladora. O Departamento de Marketing, centralizado na Aeromot Aeronaves e Motores, atua de maneira direta no mercado potencial. As vendas são diretas aos clientes, que negociam alterações no produto com o Departamento de Engenharia.

Para que se possa compreender a forma de atuação da empresa,

lança-se mão da matriz Produto-Processo apresentada por Hayes e Wheelwright (9,51) na Figura 2.1.

Esta matriz posiciona a empresa segundo os

	Estrutura do Produto Estágio do Ciclo de Vida do Produto			
	I	II	III	IV
Estrutura do Processo Estágio do Ciclo de Vida do Processo	Reduzido volume e padronização, individualizados	Reduzido volume de múltiplos produtos	Maior volume de poucos produtos importantes	Elavado volume e padronização. Produtos tipo commodity.
I Fluxo Heterogêneo. (oficina de trabalho sob encomenda)	Gráfica			
II Fluxo de linha desvinculada -lotes-		Equipamento pesado		
III Fluxo de linha vinculada. -linhas de montagem-			Montagem de Automóveis	
IV Fluxo contínuo				Refinaria de Açúcar

Figura 2.1- Adequação de importantes estágios de ciclos de vida de produto e processo.
Fonte - Revista Exame, Jan/80, pag.53.

estágios do ciclo de vida de seu produto e ciclo de vida de seu processo. A idéia principal é de que para cada estrutura de produto, existe uma correspondente estrutura de processo que lhe é ideal. Isto em contraposição a idéia de que para o mesmo produto o processo de fabricação evolui naturalmente, tendendo à mecanização ou automatização com o objetivo de diminuição de custos. Esta alteração na estrutura do processo modificaria a estrutura do produto, desvinculando-o de seu mercado.

A Aeromot está localizada na posição referente a produtos múltiplos de reduzido volume (estrutura do produto), de um lado e de fluxo de linha desvinculado (estrutura do processo), de outro. Uma posição que segundo Hayes e Wheelwright compatibiliza a estrutura do processo com a estrutura do produto. "Para uma dada estrutura de produto, uma empresa cuja ênfase competitiva recai em qualidade ou desenvolvimento de novos produtos escolheria uma operação de produção muito mais flexível do que faria um concorrente possuindo a mesma estrutura de produto adotando, porém, uma estratégia de minimização de custos". Desta forma, o processo de fabricação semi-mecanizado, organizado segundo lotes de produção, encontrado nas oficinas da empresa está de acordo com a estrutura flexível característica de seus produtos sob encomenda. Alterações de posicionamento da empresa na matriz devem ser feitas paralelamente a sua diagonal principal, ou seja, alterações na estrutura do processo de fabricação acompanhadas de alterações na estrutura do produto e vice-versa.

Uma outra maneira de encarar a estrutura da empresa seria considerar que devido a grande flexibilidade apresentada pelas

poltronas (sob encomenda e sujeitas a alterações conforme os clientes), o seu produto na verdade, é a capacidade de projeto. Em outras palavras, a empresa vende diferentes projetos a cada lote de poltronas negociado.

Deve-se estar atento, por outro lado, para o fato de conviverem na mesma fábrica processos de fabricação de produtos diferentes. Além das poltrona, a Aeromot Indústria produz nas mesmas instalações físicas o motoplanador AMT-100, pulverizadores para a aviação agrícola, componentes metálicos dos equipamentos eletrônicos produzidos na Aeroeletrônica e todo um programa de peças de reposição. São produtos em etapas do ciclo de vida diferentes das poltronas e portanto, deveriam possuir uma estrutura de fabricação também diferenciada. Especificamente sobre peças de reposição os autores colocam: "Para acomodar os requisitos específicos da produção de peças sobressalentes, uma empresa deve desenvolver uma instalação separada para elas, ou simplesmente, separar sua produção dentro da mesma instalação", pois " há muitos itens a serem manufaturados, cada um deles em volumes menores, e o processo apropriado tende a ser mais flexível do que para o produto básico".

Em 1985 o Grupo Aeromot adquiriu a massa falida da empresa francesa Fournier fabricante do motoplanador RF-10 (batizado pela Aeromot de AMT-100). Trata-se de um planador motorizado com capacidade para 2 pessoas lado a lado, capaz de uma boa performance tanto como planador como de um pequeno avião. Sua fuselagem, ponto alto da aeronave, é toda em material composto (tecido de fibra de vidro impregnado com resina epoxi) laminado manualmente. Este sistema recebe reforços de fibra de carbono nas

longarinas das asas, o que lhe garante grande rigidez e resistência com reduzido peso. Juntamente com o acervo (projeto, ferramental e alguma matéria-prima), obtido com o apoio e orientação do CTA, a Aeromot adquiriu os direitos de fabricação mundial da aeronave. O aparelho destina-se principalmente a aeroclubes, onde é utilizado na formação de pilotos civis, substituindo o Paulistinha nesta tarefa. A aquisição da tecnologia em material composto viabilizou a sua aplicação em outras áreas de atuação da empresa.

Desde 1984 a Aeromot Indústria mantinha estudos para a fabricação de uma poltrona em material composto para passageiros da aviação regional. A tecnologia adquirida possibilitou o prosseguimento do programa, que em sua nova fase buscava atender as seguintes necessidades da empresa:

a - aproveitamento da tecnologia em material composto adquirida com o motoplanador;

b - facilidade de fabricação, através de processos e infraestrutura compatíveis com a empresa.

c - redução de custos, através de um projeto com pequeno número de componentes;

2.3 - A Embraer.

A origem da indústria aeronáutica brasileira se deve a uma bem sucedida política de fomento e transferência tecnológica arquitetada e implementada pelo CTA - Centro Técnico Aeroespacial - e Ministério da Aeronáutica. Analisando esta política, Paula (14,48) em seu artigo sobre transferência tecnológica, diz estar havendo uma mudança na estrutura mundial do setor de produção

aeronáutica, até então monoliticamente americano, fundamentada na grande segmentação de mercado existente. Segundo a autora, "O caráter desta segmentação favorece a investida de outros produtores, uma vez que o desenvolvimento e a produção de um avião em uma categoria mais avançada não tornam desnecessárias outras categorias de aeronaves", ainda, "... na aviação civil, o desenvolvimento dos grandes jatos não eliminou a utilização dos aviões de negócios ou de pequenos e médios aviões da aviação regional".

A indústria aeronáutica nacional - participa desta reestruturação principalmente na aviação regional, onde os principais produtores mundiais não realizaram investimentos de maior vulto por um considerável espaço de tempo. A crescente demanda do setor viu-se privada de alternativas com maior qualidade e avanço tecnológico. Paula coloca, " Afinal, modernizar a aviação regional - ou qualquer outra categoria - não é um processo automático de utilização da tecnologia de aviação de grande porte, mesmo para os grandes produtores - mormente os americanos - que dominam a avançada tecnologia aeronáutica. Na verdade, não se trata de uma simples tarefa de encurtar um grande avião, e, sim, de desenvolver outro produto que deve ser especificamente projetado. Requisitos tais como eficiência, especificação da aeronave e dos motores, adaptabilidade às respectivas missões, altitudes e campos, por exemplo, são fatores que demandam esforços específicos de P&D, com projeto, adaptação tecnológica e capacidade de produção determinados".

O CTA impulsionou a indústria nacional neste setor com um projeto de sua autoria, o avião Bandeirante, que juntamente a uma

base técnica e organizacional já existente, proporcionaram excelentes condições para o desenvolvimento setorial interno. O sucesso de mercado alcançado deveu-se as precisas especificações de projeto que garantiram ao avião a possibilidade de operar em regiões distantes e em campos rústicos, a concepção robusta, porém moderna, a manutenção fácil e barata e a característica de avião STOL (decolagem e aterrissagem curtas).

Segundo Higdon (10,91), desde que foi fundada em 1969, a Embraer - Empresa Brasileira de Aeronáutica - produziu mais de 3.500 pequenas e médias aeronaves, perfazendo perto de 200 unidades por ano. Com seu crescimento baseado em sua habilidade de ir ao encontro das necessidades do mercado nacional e internacional, possui atualmente cerca de 8.500 funcionários trabalhando nos seguintes programas principais:

EMB-110 Bandeirante	- Aviação Regional
EMB-120 Brasília	- Aviação Regional
EMB-123	- Aviação Regional
TUCANO	- Treinamento Militar
AMX	- Caca tático subsônico

Para apoiar o crescimento e manutenção do mercado internacional, a Embraer possui uma subsidiária americana, a Embraer Aircraft Corporation (EAC), baseada em Lauderdale, Flórida, USA, que está instalando um completo centro de apoio ao produto com vistas ao treinamento do pessoal envolvido com a operação do Brasília. Na Europa, a Embraer Aviation International (EAI), instalada no Aeroporto de Le Burget, em Paris, atende os mercados da Europa, África, Oriente Médio, e Austrália. Neste

^ltimo deve ser instalada uma nova subsidiária em breve. Ainda, a subsidiária nacional, Indústria Aeronáutica Neiva S.A., fabrica uma variada linha de aviões leves e aviões agrícolas.

O EMB-110, Bandeirante que inaugurou a linha de aviões destinados a aviação regional tem uma capacidade para 19 pax (abreviatura de passageiros), já vendeu perto de 500 unidades e ainda está em produção.

O EMB-120 Brasília, seu mais recente produto, com capacidade para 30 pax, começou a ser fabricado em 1985 e possui perto de 200 ordens ou opções de compra. Emprega modernas tecnologias em sua fabricação, incluindo a dos materiais compostos, que representam 10% do peso do avião.

O EMB-123 (ou CBA-123, Consórcio Brasil-Argentina), ainda sem nome comercial, já está com 90% das tarefas de projeto, concluídas (em conjunto com a Fabrica Argentina de Material Aeroespacial -FAMA-). Este parceiro foi escolhido mais devido a fatores de mercado do que financeiros ou técnicos. Com capacidade para 19 pax, a mesma fuselagem do Brasília porém encurtada, e com dois modernos motores turbo-helice na cauda, será o substituto do Bandeirante, e estará disponível no mercado em 1991.

A perspectiva em termos de novos produtos é segundo Higdon, ainda indefinida dentro da empresa. porém, uma tendência é alongar o Brasília para acomodar 40 pax e equipar o EMB-123 com motores a jato, o que faria com que este alcançasse velocidades da ordem de 0.8 Mach. Seguindo este raciocínio, também é cogitada a possibilidade de aumentar a capacidade do EMB-123 para 30 pax, substituindo o Brasília. A Embraer teria assim, uma avião

para 19 pax, um para 30 e outro para 40 pax.

Estas aeronaves saem de fabrica já equipadas com poltronas de passageiros, porém, o fornecedor nacional (Aeromot) ainda não produziu poltronas tão leves quanto o necessário. Este fato levou a Embraer a desenvolver sua própria poltrona em material composto. Esta entretanto, por problemas de produção, não equipa a totalidade dos aviões novos. A Embraer ainda compra da Aeromot poltronas metálicas, que são mais pesadas.

Em função, principalmente de problemas de excesso de peso e do reduzido porte das aeronaves que fabrica, pode-se dizer que as necessidades, ou critérios de projeto por parte da Embraer são:

a - peso máximo: 5,1 kg para a simples e 10,2 kg para a dupla;

b - adequação a configuração de alta densidade;

c - acordancia à Ficha Técnica de Equipamento 120-PIN-001, "Especificação para Poltronas de Passageiros Simples e Duplas do EMB-120" (Anexo 1).

2.4 - As Companhias Aéreas Regionais do Brasil

Por se constituírem no mercado brasileiro para poltronas de passageiros para aeronaves da aviação regional, é necessário fazer um breve relato do histórico das características e das perspectivas das companhias aéreas regionais do Brasil. Este é baseado nas reportagens de Higdon (11,82) (12,90) publicadas na revista especializada americana Air Transport World, edições de Março e Abril de 1987.

Criadas em 1976 como agentes diretos do Sistema Brasileiro Integrado de Transporte Aéreo Regional, as cinco companhias aéreas regionais, originalmente TABA, NORDESTE, VOTEC, TAM e RIO SUL, têm como objetivo principal servir pontos de nosso território ignorados pelas grandes companhias aéreas nacionais.

A TABA serve a uma das maiores e menos desenvolvidas áreas do mundo, a Região Amazônica. A NORDESTE, atualmente sob intervenção do governo, opera nos estados da região Nordeste. A VOTEC, comprada pela TAM depois de uma fraca administração, atua agora como BRASIL CENTRAL, servindo a região Centro. A TAM, ligada a VASP, e a RIO SUL, ligada a VARIG, disputam a liderança nas regiões Sudeste e Sul respectivamente. Depois de 10 anos de operação, estas cinco companhias servem atualmente mais de 150 pontos que os operadores dos grandes jatos, as vezes impossibilitados por questões de infraestrutura aeroportuária, outras vezes desinteressados pelo pequeno movimento, ignoram.

Estabelecidas em áreas predeterminadas, cada companhia detém o monopólio em termos de transporte aéreo regional em sua concessão, o que elimina a competição direta como fator de incerteza, porém, estão ligadas a um rígido controle do governo que regula praticamente todos os aspectos do serviço aéreo regional, desde a abertura ou eliminação de rotas, mudança de frequências, tipo de aeronave em voo até a política de tarifas.

A influência governamental não cessa por aí. Se estende pelos serviços de manutenção através das altas taxas cobradas para as importações de peças e aeronaves, o que força as companhias a restaurarem vários equipamentos já desativados ou

substituídos em outros países. Este fato específico gera a necessidade das pequenas regionais manterem estruturas de manutenção, que segundo Higdon, são similares as encontradas em empresas estabelecidas na Europa e Estados Unidos. Em contrapartida, as tarifas cobradas nos EUA são, segundo Higdon, mais do que o dobro das praticadas no Brasil, o que faz com que as margens de lucro das regionais brasileiras sejam quase sempre muito pequenas.

Além disso, a deficiente infraestrutura aeroportuária encontrada em muitos pontos obriga que as companhias possuam e operem os sinalizadores e rádios transmissores, fornecendo informações sobre as condições climáticas e tráfego aéreo. Em outros, os aeroportos consistem somente de uma clareira na mata e permanecem fechados, alagados, durante semanas nas estações chuvosas. Para se ter uma idéia, segundo Higdon, 15 aeroportos servidos pela TABA são inacessíveis aos vendedores de combustíveis, o que força a companhia a voar com menos carga e com estoque extra de combustível para 4 destes pontos. O meio de transporte terrestre mais adequado e natural nestas regiões é a carroça puxada por burros ou cavalos.

Estranhamente as regiões menos desenvolvidas, onde imperam as condições descritas acima, fornecem os melhores resultados e potencial de lucros. As regiões servidas pela TABA e BRASIL CENTRAL, antiga VOTEC, são deficientes em número e qualidade de estradas e ainda, as distâncias consideráveis, fazem com que o transporte aéreo seja a opção mais rápida e segura para deslocamentos. Se se tem menos do que uma semana para viajar, certamente, a despeito do preço da tarifa, se recorrerá ao avião. Já nas regiões Sul e Sudeste, servidas pela RIO SUL e

TAM, as menores distâncias, o maior número e a melhor qualidade das estradas existentes são grandes concorrentes do transporte aéreo regional. Nestas regiões, o transporte rodoviário é uma opção real e mais barata.

Cia Aérea \ Aero-nave Regional	EMB-110	EMB-120	F-27	FH-227	Total
TABA	9	-	-	7	16
NORDESTE	9	-	-	-	9
BRASIL CENTRAL	8	-	3	-	11
TAM	11	-	8	-	19
RIO SUL	7	2	6	-	15
total	44	2	17	7	70

Tab. 2.1 - Composição da frota das companhias aéreas regionais do Brasil, Junho de 1987.

A frota total destas companhias é formada por 70 aviões e por mais de 2.000 poltronas. São basicamente, aviões de dois tipos (Tab. 2.1) o Bandeirante EMB-110, de fabricação nacional e o holandês Fokker F-27 ou seu similar americano o Fairchild FH-227. Entrando em operação aparece o Brasília EMB-120, uma opção nacional para vôos mais longos e confortáveis, já que possui cabine pressurizada e uma maior autonomia de vôo. Sua difusão depende somente de condições de financiamento compatíveis com as pequenas regionais, no mínimo 10 anos de prazo para pagamento, uma vez que estas, segundo Higdon, demonstram grande interesse pelo aparelho.

A saúde financeira destas companhias, salvaguardada pelos subsídios pagos pela operação do Bandeirante EMB-110 e pelo monopólio territorial, é atualmente boa, assim como as perspectivas de crescimento para o setor. Uma razão para este fato é o VDC -Vôo Direto ao Centro-, implantado pelo DAC - Departamento de Aviação Civil- em janeiro de 1986. Trata-se de um serviço que liga as cidades de São Paulo, Rio de Janeiro, Belo Horizonte e Curitiba através de seus antigos aeroportos. Com tarifas exatamente iguais as cobradas pelas grandes companhias aéreas nacionais para o mesmo trajeto, apresentam a vantagem de evitarem os novos aeroportos localizados, via de regra, muito distantes dos centros destas cidades. O tempo a mais consumido na viagem em uma aeronave mais lenta compensa o tempo gasto no deslocamento desde o aeroporto até o centro da cidade. Trata-se de um novo mercado que está sendo dividido por três empresas, a TAM, RIO SUL e BRASIL CENTRAL.

Afora o aparecimento de um novo mercado, o crescimento deste setor, pode ser atestado pela superação da marca dos 1 milhão de passageiros transportados anualmente, alcançada em 1986.

Apesar das dificuldades próprias das condições brasileiras tanto de geografia como de política governamental, as companhias regionais encontram-se em um momento favorável para o seu crescimento. Com a manutenção de um mercado bem estabelecido e a abertura de um novo, o VDC, é possível prever que estas incrementem setores da economia localizados em regiões inacessíveis a outros meios de transporte e gerem uma demanda de equipamentos e serviços de manutenção que pode ser suprida, em boa parte, pela indústria aeronáutica nacional.

Entre estes equipamentos, encontra-se a poltrona para passageiros, que, como já foi dito, desempenha importante fator na operação da companhia aérea e da aeronave. Especificamente sobre as poltronas em material composto, estas podem apresentar duas vantagens bem significativas para seus operadores: o peso reduzido, decorrente da utilização deste material, diminui o consumo e aumenta o alcance da aeronave; e a economia em manutenção, decorrentes do pequeno número de componentes e principalmente, por esta não apresentar revestimentos termoplásticos, caros e pouco resistentes, que contribuem, em grande parte para os custos de manutenção da poltrona. A construção em material composto não necessita de painéis de revestimento, uma vez que a superfície da estrutura é seu próprio acabamento externo.

Sob o ponto de vista das Companhias Regionais, pode-se dizer que as necessidades para o projeto de poltronas para passageiros de suas aeronaves são os seguintes:

- a - segurança e conforto para os usuários;
- b - peso reduzido;
- c - robustez e durabilidade do conjunto e dos componentes da poltrona;
- d - boa apresentação e baixo custo de manutenção;
- e - possibilidade da mesma poltrona ser utilizada em aeronaves diferentes, principalmente Bandeirante, Brasília e Fokker F-27/FH-227.

Como segurança para os usuários é uma questão delicada, onde aparecem interesses conflitantes e onde as poltronas desempenham

um importante papel, tornam-se necessárias as considerações a seguir sobre o assunto.

2.5 - Segurança e Legislação.

O meio de transporte aéreo é sem dúvida, seguro. Porém, é indiscutível o temor que envolve os usuários deste sistema de transporte. É não se pode afirmar que este fato seja infundado. As velocidades cada vez maiores e a grande quantidade de passageiros e combustível transportados contribuem para manter este temor. A legislação que rege o projeto e a operação das aeronaves, por outro lado, mostra-se lenta em acompanhar os progressos tecnológicos. Para se ter uma idéia, os critérios de projeto quanto a resistência das estruturas dos equipamentos da cabine de passageiros, poltronas especialmente, estabelecidos em 1952, quando a aeronave padrão era o DC-3, continuam até hoje. É evidente que de lá para cá as velocidades de cruzeiro bem como a capacidade em termos de passageiros aumentaram consideravelmente.

A regulamentação brasileira no que se refere a requisitos de projeto e operação de aeronaves é idêntica a americana, ou seja o acompanhamento das pressões da sociedade e do Congresso Americano sobre o FAA (Federal Aviation Administration) e as consequentes alterações na regulamentação, FAR (Federal Aviation Regulation), permite uma boa antevisão do caso brasileiro.

A exemplo da legislação que rege a inflamabilidade dos materiais utilizados nas poltronas, alterada em 1984, impondo a utilização de tecidos de revestimentos "fire-blocking" (corta-chama) para as espumas do assento e do encosto, espera-se para

breve uma nova legislação que altere os critérios de resistência das estruturas das poltronas. Atualmente estes critérios prevêm somente cargas estáticas com valor máximo de 9 g (9 vezes [a massa da poltrona + a massa do passageiro] vezes a aceleração da gravidade). A nova legislação, segundo a Federal Register v51 n. 137 (18,25989) do FAA, adotará um valor máximo de 16 g para cargas aplicadas dinamicamente.

Mas, para melhor compreender as questões envolvendo a regulamentação e a segurança a bordo das aeronaves é necessário que se faça um estudo dos fatores que se mostram mais críticos na história dos acidentes aéreos. Basicamente, as fatalidades neste tipo de acidente ocorrem devido a sequência dos fatores principais: o impacto da queda; o fogo e a dificuldade de evacuação da aeronave.

Via de regra, o impacto é causador das primeiras fatalidades em acidentes. Existem impactos catastróficos em que a violência é tão grande que milagre algum da tecnologia poderia livrar as pessoas da morte. O choque com uma montanha ou com outra aeronave durante o voo, são exemplos deste tipo de situação. Porém, a maioria das quedas ocorrem durante os procedimentos de aterrisagem ou decolagem, em áreas dos aeroportos ou próximas destes. Nestes casos, as velocidades verificadas são relativamente baixas, assim como a força dos impactos. Aqui, coloca-se a primeira questão envolvendo a regulamentação atual. Esta prevê, nos parágrafos 25.785 e 25.561 do FAR (16,61) (16,43), que as estruturas das poltronas sejam projetadas de maneira a resistir a cargas estáticas, aplicadas separadamente, da ordem de 9 g para frente, 4.5g para baixo, 1.5g

lateralmente e 2 g para cima. Esta situação de carregamentos estáticos e isolados, na realidade não ocorre durante uma queda, quando o que se verifica é uma simultaneidade de solicitações dinâmicas que variam repentinamente de direção e intensidade. Segundo Nolan (13,33), estatísticas do NTSB (National Transport Safety Board) mostram que em acidentes aéreos ocorridos de 1976 a 1979 nos EUA, 47% das mortes e ferimentos foram causados pelas quebras de poltronas.

Estas fatalidades ocorreram principalmente devido ao chamado efeito Dominó, que, durante o impacto, atira as poltronas, soitas dos trilhos, contra o anteparo frontal da cabine de passageiros, e a exposição humana às pontas e bordas afiadas resultantes do colapso das estruturas das poltronas. Uma posterior fuga da cabine para as pessoas feridas nestas situações torna-se, no mínimo, problemática. Nolan (13,32) relatou que o Cel John Stapp da USAF (United States Air Force), pioneiro nos estudos das consequências da exposição humana a impactos, sobreviveu, nos anos 50, a uma desaceleração de 35 g, sem apresentar ferimentos graves. Neste ponto, é necessário que se façam alguns comentários. Os limites de exposição a impactos, desenvolvidos em testes estruturais com partes de cadáveres, não são aplicáveis quando se deseja estabelecer a tolerância humana para todo o corpo. Os dados relativos a tolerância do corpo inteiro são difíceis de se obter, uma vez que em testes reais, o limiar da dor (que limita os níveis de exposição voluntária do teste) está bem abaixo dos níveis em que os ferimentos começam a ocorrer. Esta tolerância varia, conforme a Advisory Circular 21-22 do FAA (15,3) segundo as características pessoais, do sistema

de fixação da pessoa, da orientação do vetor de impacto, do tipo de poltrona, da possibilidade de impactos secundários e das características do pulso de impacto (velocidade, duração, níveis máximos, taxa de aplicação, etc...). Valores limites, como o obtido pelo Cel. Stapp não poderiam ser aplicados, pois, na situação real, tem-se uma pessoa presa ao assento somente com um cinto de segurança ao redor da cintura e com uma poltrona a sua frente a uma distância menor do que 1 metro, o que aumenta a possibilidade de ferimentos devido a impactos secundários.

Segundó a Advisory Circular (15,8 e 9), a aceleração como medida para tolerância a impactos se tornou popular mais devido à disponibilidade dos acelerômetros do que sua própria significação em termos de fator de ferimentos. Por ser este, um problema ligado a estrutura dos órgãos e do corpo humano como um todo, os limites poderiam ser melhor expressos em termos de tensões e esforços. Ainda, "o ferimento é uma ocorrência progressiva e a taxa de progressão varia com um número de fatores ainda não inteiramente compreendidos". Esta mesma fonte sugere alguns valores para os limites da exposição humana a impactos e adverte para o seu "uso na avaliação do desempenho de sistemas de proteção contra ferimentos por impactos em aeronaves civis" e não como critérios de projeto.

O gráfico log-log aceleração X duração da figura 2.2, sugere valores para a tolerância a impactos frontais com cinto de 2 pontos para a cintura. O resultado representa assim, o máximo de aceleração e a duração máxima da aceleração a qual a pessoa foi exposta nos testes.

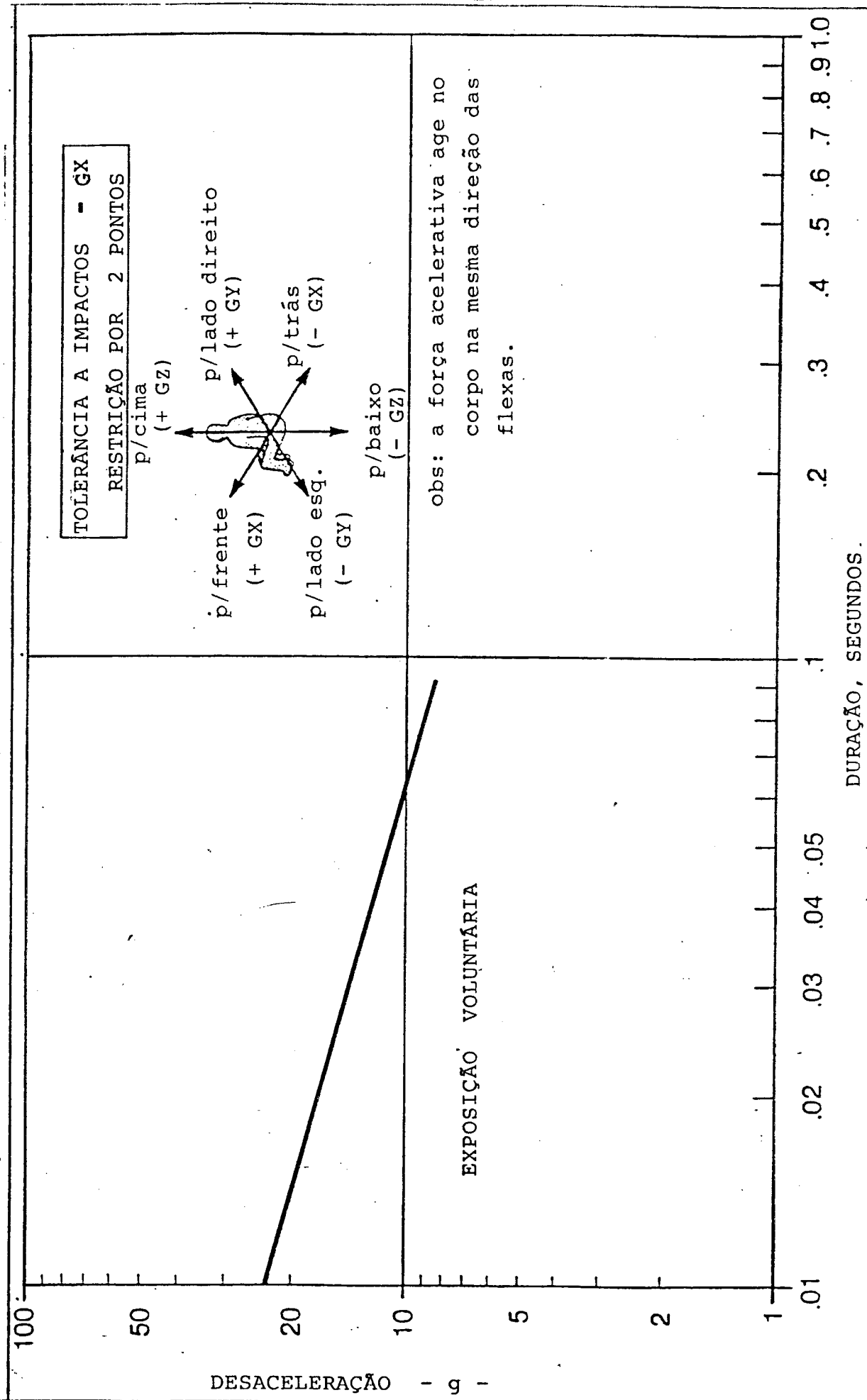


Figura 2.2 - Exposição voluntária a impactos - GX
 fonte: Advisory Circular Nº 21-22, FAA, 1985

Como o pulso correspondente a uma desaceleração do impacto de uma aeronave praticamente não tem duração, este gráfico fornece uma boa indicação de que a capacidade do corpo humano, como um todo, de resistir a impactos sem maiores ferimentos e em condições reais, está acima dos 9 g estabelecidos por norma para as poltronas. O ideal seria que estas só entrassem em colapso estrutural, deformando-se progressivamente, após o valor máximo resistido pelo corpo humano na situação real.

As consequências negativas sobre o consumo e autonomia das aeronaves devido ao aumento de peso das estruturas das poltronas, (capazes de resistir a cargas dinâmicas de maior intensidade) e a inevitável pressão das companhias aéreas sobre o FAA, são, sem dúvida, responsáveis pela demora na reformulação.

Porém, em Julho de 1986 o FAA tornou pública (18,25988), sua intenção de alterar as cargas limites para o dimensionamento das estruturas das poltronas.

Mesmo antes disto, a indústria já se articulava em termos de 16 g dinâmico. - Um artigo da Aviation Week & Space Technology de Janeiro de 1986 (19,38) descreve um ensaio dinâmico, realizado em Los Angeles, com uma poltrona Webber 4001 submetida a 16 g dinâmicos. Era o início da reformulação ocorrida na concepção das estruturas, permitindo que hoje já existam poltronas resistentes aos 16 g dinâmicos sem apresentarem acréscimo de peso significativo. O FAA estima (18,25987), para efeito de análise dos custos envolvidos com a adoção da nova regra, que este aumento de peso será da ordem de 0,6 lb (261 g.) por poltrona.

.....Outra discussão envolvendo as poltronas e os impactos, diz

respeito a sua orientação na aeronave. Vários especialistas em segurança argumentam que se as poltronas estivessem voltadas para trás e não para frente, o passageiro teria amplo apoio para o corpo todo, no caso de desacelerações frontais. Nesta situação, o passageiro, em uma poltrona voltada para trás, é seguro apenas pelo cinto de segurança ao redor da cintura, tendo suas pernas e a parte superior do corpo impulsionadas para frente. A USAF utiliza em sua frota de C-141B poltronas voltadas para trás, e encomendou, segundo artigo da revista Flight International (1,49), 2.000 destas poltronas, já dentro dos 16 g propostos. A discussão sobre a preferência dos usuários em sentar para frente ou para trás não existe entre a USAF e suas tropas. Já algumas companhias aéreas temem que os passageiros não se sintam confortáveis nas decolagens quando forem empurrados para fora de suas poltronas. Afora este aspecto subjetivo, é indiscutível que os reforços na estrutura do encosto e dos trilhos dos aviões teriam como consequência o aumento do peso total da aeronave. Ainda, os defensores das poltronas voltadas para frente argumentam que a posição, descrita anteriormente, assumida pelo passageiro em caso de impactos frontais, o protege do ricochete dos objetos soltos na cabine, porém, aí a limitação da bagagem de mão seria a medida mais recomendável.

A poltrona, em sua concepção atual, ainda pode causar sérios ferimentos nos casos de impactos verticais. Nestes, a estrutura básica tipo monolongarina (somente um elemento estrutural) pode causar a fratura do fêmur do passageiro, pois concentra em um só ponto sob o assento a reação vertical ao impacto. As estruturas tipo bilongarinas (2 elementos estruturais sob o assento)

distribuem melhor as reações, evitando a concentração dos esforços em um só ponto. Porém, seguindo outra abordagem, a do passageiro da poltrona de trás em casos de impactos frontais, a situação inverte-se. Assim, a estrutura tipo bilongarina apresenta um elemento estrutural rígido (a longarina traseira) ao alcance da canela do passageiro de trás. Na desaceleração brusca, este

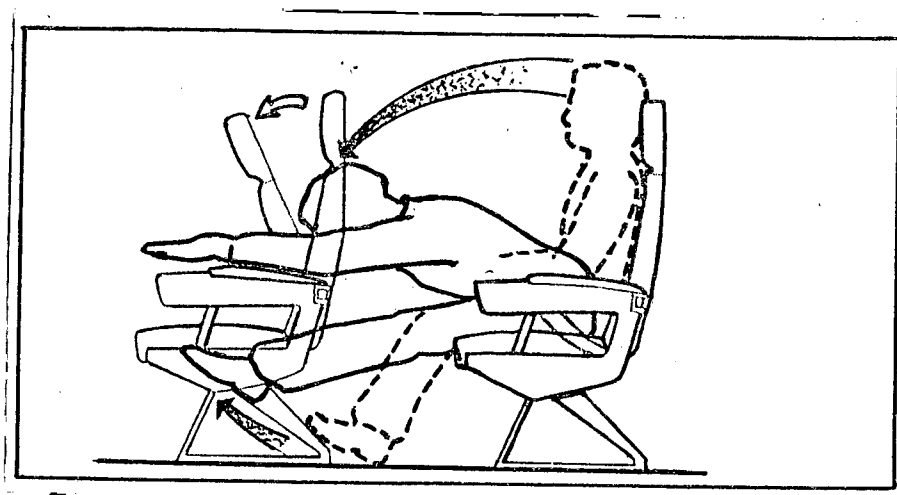


Figura 2.3 - Cinemática do passageiro em desacelerações frontais.

tem suas pernas arremessadas para frente de encontro a longarina, com o sério risco de ferimentos (Fig. 2.3). Na estrutura monolongarina, o elemento estrutural fica fora do alcance da canela do passageiro de trás, uma vez que a longarina está colocada mais para a frente da poltrona. A tendência já verificada, aponta para estruturas tipo bilongarina com o elemento traseiro colocado o mais adiantado possível. Assim, em impactos verticais, esta distribui melhor as cargas sob o assento e em desacelerações frontais não coloca em risco a perna do passageiro da poltrona de trás.

Os cintos de segurança de 4 pontos para os ombros e cintura também tem sua adoção discutida. O principal argumento de seus defensores é de que se os comissários de bordo e aeromoças, que têm de sobreviver aos impactos para comandar a evacuação da cabine, utilizam este tipo de fixação, por que não extender seus benefícios aos passageiros. A escolha seria então, entre uma poltrona voltada para frente com cinto de 4 pontos ou uma voltada para trás com cinto de 2 pontos. Ambas hipóteses aumentariam as chances dos passageiros sobreviverem aos impactos e com todas as condições físicas para deixarem a cabine rapidamente e em segurança.

Nolan coloca que, segundo estatísticas do NTSB (13,38), as chamas causaram o dobro de fatalidades que os próprios impactos, em acidentes aéreos de 1969 a 1979, e mais, alguns especialistas (13,41) acreditam que 80% das mortes não ocorreram devido a queimaduras, mas por envenenamento pela fumaça e gases tóxicos liberados pelos materiais "auto-extinguíveis" dos interiores.

A origem do fogo em um acidente aéreo está em grande parte ligada a pouca adequação dos tanques, linhas de alimentação e do próprio combustível em resistir a impactos de média intensidade. As aeronaves militares americanas possuem uma série de características e dispositivos que as tornam menos suscetíveis a incêndios em caso de acidentes. Entre elas poderia-se citar, nos aviões, a concepção de asa alta, que distancia os tanques de combustível do chão nos pousos forçados. Também, linhas de alimentação de combustível resistentes a impactos, tanques de combustível com materiais emborrachados e dispositivos de alijamento automático do combustível diminuíram, segundo Nolan

(13,39), em 75 % a ocorrência de incêndios em mais de 2.500 acidentes de helicópteros do exército americano desde 1970.

Ainda, a ICI desenvolveu (13,39) há alguns anos, o aditivo FM-9, que torna o combustível dos tanques tão resistente ao fogo que dificulta a sua própria ignição nos motores, a não ser que a aeronave possua um dispositivo degradante que retorna o AMK (o combustível tratado com este aditivo) a sua forma mais volátil, antes deste chegar aos motores. O insucesso da Demonstração Controlada de Impacto (13,42) realizada em Dezembro de 1984 pela NASA (National Aeronautics and Space Administration) e pelo FAA retardou a sua implantação na aviação comercial. Um Boeing 720 B remotamente controlado e com os tanques cheios com o AMK foi submetido a uma aterrissagem forçada no Deserto de Mojave, Califórnia. O programa previa que o avião deslizesse de barriga pela pista, indo de encontro a 8 cortadores gigantes que arrancariam suas asas de modo a espalhar o combustível em teste. Porém, a aterrissagem mal feita fez com que o avião deslizesse enfiado pela pista, tendo um de seus motores explodido quando atingido por um cortador. A fuselagem da aeronave também foi atingida, o que determinou o fracasso do teste, uma vez que um grande incêndio tomou conta do avião externa e internamente.

Em um caso real, o incêndio dos motores e tanques de combustível instala-se rapidamente no interior, penetrando através das janelas de plástico e pela própria fuselagem de alumínio. Assim, as chamas alimentam-se de uma grande variedade e quantidade de materiais plásticos. Entre os principais estão as espumas de poliuretano flexível utilizadas nos assentos e encostos das poltronas de passageiros. Para se ter uma idéia, um

avião B 737-300 com 132 lugares carrega cerca de 180 kg desta espuma. Estudos do FAA (17,43188) constataram que embora estas espumas tenham características retardantes de chamas, em uma situação prolongada de incêndio generalizado na cabine, radiações térmicas severas podem atravessar o revestimento externo da poltrona, penetrando em uma grande massa combustível de espuma de poliuretano. Nesta situação, o núcleo torna-se envolvido pelo fogo, espalhando as chamas e produzindo "fumaça potencialmente letal, gases combustíveis e gases tóxicos." Os estudos revelaram ser este o fator dominante na proliferação do fogo pela cabine.

Com o objetivo de aumentar a resistência dos interiores contra as chamas, possibilitando assim um tempo maior (entre 20 a 60 segundos) para a evacuação da cabine, o FAA estabeleceu em 1984 (17,43192), a obrigatoriedade das espumas dos assentos e encostos das poltronas possuírem uma camada protetora "fire-blocking" ou corta fogo. Esta, atualmente é constituída de tecidos de Kevlar, Carbono ou vidro (aluminizados ou não) ou ainda, de uma camada de espuma de Neoprene colada ao poliuretano. Com o tempo, novos materiais e sistemas serão desenvolvidos, aumentando o elenco de alternativas que respondam aos novos requisitos da norma.

Como ilustração é interessante comentar a Análise do Modelo de Decisão para Segurança Contra o Fogo em Aeronaves de Passageiros com a Aplicação de Fire-Blocking nas Poltronas, (17,43191 e 43192) desenvolvida pelo NBS (National Bureau of Standards). Para esta análise os benefícios médios anuais alcançados com a aplicação do fire-blocking foram estimados em US\$ 11,05 milhões, sendo US\$ 2,21 milhões da diminuição das

consequências materiais e U\$ 8,84 milhões provenientes dos benefícios da salvaguarda de 13,6 vidas estimadas ao valor unitário de U\$ 650.000. Os custos médios correspondentes foram constituídos de U\$ 6,68 milhões em materiais e instalações e U\$ 2,92 milhões de custos adicionais de operação, totalizando U\$ 9,60 milhões. A razão média de benefício/custo de 1,15 comprovou que a norma iria "criar um lucro líquido para a sociedade"...

O novo requisito prevê basicamente, que conjuntos padronizados de espuma de poliuretano com retardante de chama, material flutuante (para o assento), camada de fire-blocking e revestimento externo sejam expostos a chamas diretas (1038 +- 38 graus C.) de um queimador localizado a 102 mm da lateral do conjunto durante 2 minutos. O teste prossegue com o queimador desligado por mais 5 minutos, ao término dos quais as chamas remanescentes são apagadas com extintores de Halogêneo ou CO₂. O critério para a aprovação é de que pelo menos 2 dos 3 conjuntos ensaiados não apresentem perda de peso maior do que 10%, nem uma área queimada maior do que 17 polegadas (431,8 mm) medidas perpendicularmente a lateral da poltrona.

Porém, as espumas não são os únicos materiais tóxicos a serem queimados em um incêndio a bordo. Os revestimentos internos das paredes laterais e do teto, os tapetes e cortinas, quando queimados liberam substâncias igualmente tóxicas. O avanço na regulamentação ainda não afetou estes materiais, que não são submetidos a teste algum de toxicidade, a excessão dos fornecidos para a Air Bus Industries.

Por norma, qualquer aeronave com mais de 31 passageiros deve ser projetada de maneira a permitir que estes possam evacuar a cabine, com somente as luzes de emergência acesas e metade das saídas bloqueadas, no tempo máximo de 90 segundos. Os altos custos de operação e a concorrência cada vez mais acirrada, fez com que as companhias aéreas tenham, nos últimos anos, aumentado perigosamente a densidade de passageiros nas cabines. Aos espaçamentos cada vez menores entre as poltronas, junta-se a instalação de poltronas em frente a saída de emergência como fatores para dificultar a evacuabilidade da aeronave.

O FAA propõe (18,25988), juntamente com a adoção de ensaios dinâmicos, que as cargas estáticas sejam aumentadas, especialmente a lateral, que passaria de 1,5 g para 4,5 g. Esta majoração tem como objetivo aumentar a resistência das estruturas das poltronas a impactos laterais, impedindo que obstruam os corredores, dificultando a fuga da cabine em uma emergência.

As poltronas, no tocante a seu projeto, afetam a evacuabilidade através de um dispositivo que permite que o encosto seja dobrado sobre o assento. Esta característica diminui a sua altura total significativamente, permitindo que se possa caminhar por sobre as poltronas e não somente nos corredores em uma fuga da cabine. O "break-over", como é chamado este dispositivo, não surgiu com esta finalidade específica, mas sim com a de diminuir a possibilidade de ferimentos no caso de impactos da cabeça do passageiro de trás contra o encosto da poltrona da frente.

Finalizando este tópico sobre segurança, é necessária a

seguinte colocação. Não é suficiente, nem o procedimento mais correto, dotar as aeronaves de todos quantos forem os dispositivos que aumentem a sua habilidade de resistir a impactos. Isto talvez, as tornem tão pesadas e sua operação tão cara que as impeçam de voar. Também é necessário que se invista em dispositivos capazes de impedir os impactos, como radares nas aeronaves para detectar rajadas durante as aterrizações e decolagens, sistemas mais eficientes de transferência de dados entre os aeroportos e as aeronaves ou computadores de bordo capazes de estabelecer rotas livres de colisão. Naturalmente, o avanço deve ser balanceado, com dispositivos melhorando a capacidade de resistir a impactos acompanhados de outros com a habilidade de impedir que estes aconteçam.

Os atuais requisitos de norma, para o projeto de poltronas de passageiros para aeronaves com mais de 19 lugares (FAR PART 25), aplicáveis ao avião Brasília EMB-120, são, conforme a Ficha Técnica de Equipamento no. 120-PIN-001 (Anexo 1), os seguintes:

a -Estrutura

- i -FAR PART: 25-561, 25-625, 25-785
- ii -SAE ARP 750A para carga no encosto.

b -Estofamento

- i -FAR PART: 25-853b

Os itens citados, para a estrutura, se referem as cargas estáticas limites de:

- 9,0 g para frente
- 4,5 g para baixo
- 1,5 g para o lado

2,0 g para cima

1,5 g para trás (carga no encosto conf. ARP 750A).

O item FAR 25-853b se refere a norma, já alterada de inflamabilidade dos materiais da cabine de passageiros.

Em função da aplicação do critério de segurança para o usuário, pode-se já antecipar os seguintes parâmetros de projeto:

a - estrutura resistente aos ensaios dinâmicos previstos na Federal Register v51 n137;

b - encosto com break-over;

c - revestimento "fire-blocking" para as espumas do assento e do encosto.

2.6 - Os Critérios de Projeto.

Como resultado final da etapa de Análise de Necessidades tem-se um elenco de critérios de projeto, extraído da análise das informações gerais disponíveis sobre a Aeromot, Embraer, Companhias Regionais e Segurança e Legislação.

Estes são os seguintes:

a - aproveitamento da tecnologia em material composto adquirida pela Aeromot com o motoplanador RF-10;

b - facilidade de fabricação, através de processos e infraestrutura compatíveis com a Aeromot Indústria;

c - Redução do custo da poltrona, através de um projeto com pequeno número de componentes;

d - peso máximo: 5,1 kg para a simples e 10,2 kg para a dupla;

- e - segurança e conforto para os usuários;
- f - robustez e durabilidade do conjunto e dos componentes da poltrona;
- g - boa apresentação e baixo custo de manutenção;
- h - adequação a configuração de alta densidade;
- i - possibilidade da mesma poltrona ser utilizada em aeronaves diferentes, principalmente Bandeirante, Brasília e Fokker.
- j - acórdância à Ficha Técnica de Equipamento 120-PIN-001, "Especificação para Poltronas de Passageiros Simples e Duplas do EMB-120" (Anexo 1).

2.7 - Conclusão.

Após a apresentação de fabricante e mercados relacionados com o produto, e a consequente definição dos critérios que guiarão o projeto, parte-se agora, para a apresentação do produto propriamente dito.

No próximo capítulo, a poltrona para passageiros da aviação comercial, com sua classificação básica, descrição de componentes e das linhas dos principais fabricantes, será analisada com o objetivo de definição dos parâmetros do projeto.

3 - ANÁLISE DO ESTADO DA ARTE.

3.1 - Introdução.

A poltrona de passageiros em seu conjunto representa importante fator no desempenho da aeronave e da companhia aérea. Seu peso total, como qualquer outro equipamento de bordo, afeta as condições de consumo e autonomia de voo. Seu projeto pode determinar a possibilidade de se transportar, com maior ou menor segurança, mais ou menos passageiros por voo. Suas condições de conforto podem ditar, em grande parte, a preferência do usuário em relação a uma ou outra companhia aérea. E ainda, suas condições de manutenção podem proporcionar importante economia de divisas para seus operadores.

No decorrer deste capítulo, serão apresentados a classificação, os principais componentes e as linhas dos principais fabricantes mundiais deste tipo de poltrona.

3.2 - Classificação.

As poltronas de passageiros podem ser divididas segundo a seguinte classificação geral:

- Poltronas COMMUTER para a aviação regional;
- Poltronas TURISTAS;
- Poltronas EXECUTIVAS e LUXO;
- Poltronas ESPECIAIS.

As poltronas Commuter, destinadas a aviação regional

(pequenos aviões), são as mais simples e leves. Conforme o operador, estas podem apresentar ou não encosto reclinável, mesa do encosto, protetores para os descansa-braços e outros equipamentos obrigatórios em outras categorias. As vezes utilizadas em rotas heterogêneas em termos de passageiros e cargas, podem apresentar estruturas escamoteáveis, rebatíveis contra a parede, ou dobráveis, para a acomodação de carga ao invés de passageiros.

As da classe Turista, que equipam aviões maiores, representam o grupo mais numeroso e importante de poltronas. São mais confortáveis e oferecem maiores recursos do que as commuters. É nesta categoria que os fabricantes concentram sua atenção e a tendência atual é derivar os outros modelos, Commuter, Executivo, Luxo e Especiais a partir da turista.

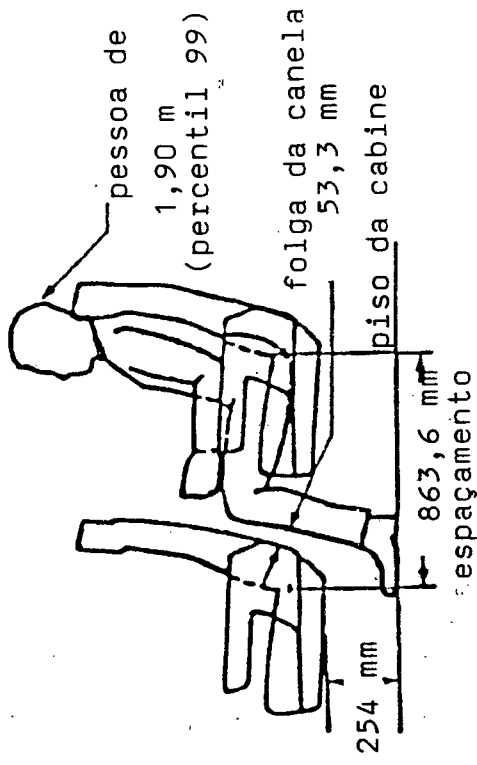
Um interessante quadro sobre a evolução destas poltronas é mostrado na fig. 3.1. Nele é possível verificar principalmente a redução do "Pitch" (espaçamento entre a poltrona da frente e a de trás) ocorrida de geração em geração de poltronas, sem a redução de espaço para as pernas dos passageiros.

As poltronas classe Executivas e Luxo são as mais largas e confortáveis. A capacidade de reclíneo do encosto é maior e algumas possuem dispositivos para o reclíneo simultâneo do encosto e assento, bem como apoio para as pernas. Os descansa-braços são mais largos e alojam em seu interior mesas dobráveis para refeições. Os descansa-braços centrais podem alojar pequenas bandejas para cocktail. São instaladas em espaçamentos superiores a 38 polegadas.



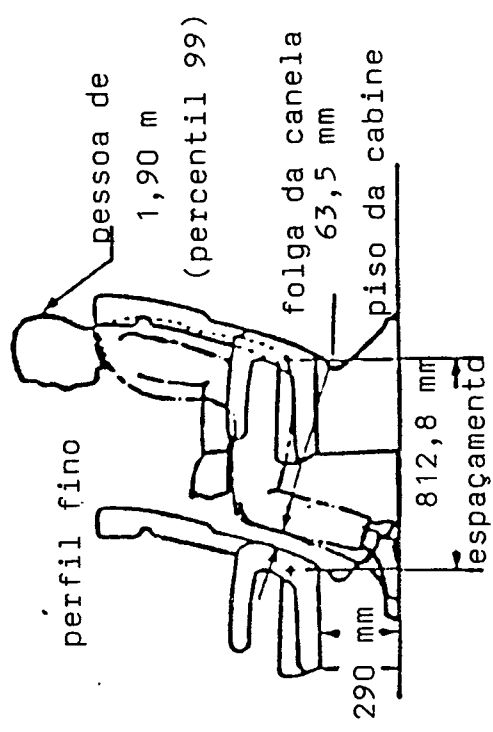
FIGURA 3.1 FONTE: THE BOEING COMPANY
COMPARAÇÃO DO DESENVOLVIMENTO DAS POLTRONAS

PRIMEIRA GERAÇÃO
POLTRONA CONVENCIONAL



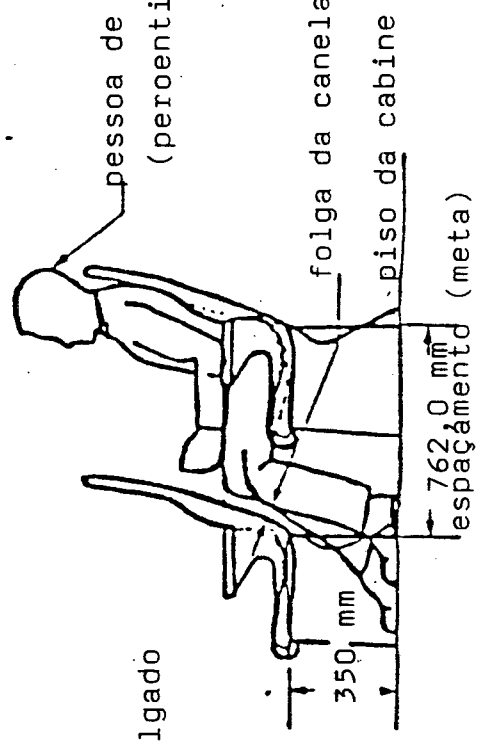
POLTRONA TRIPLA
peso nominal 31 a 35 kg

SEGUNDA GERAÇÃO 1980
POLTRONA LEVE



POLTRONA TRIPLA
peso nominal 26 a 28 kg
22,2 kg (compostos)

TERCEIRA GERAÇÃO
POLTRONA LEVE - perfil delgado



peso (meta) - 20 kg

NOTA: peso de poltronas triplas o/ largura de 1575 mm -- variam conforme o fabricante

As poltronas Especiais são aquelas concebidas para as salas VIP de aviões de grandes empresas ou órgãos estatais. São baseadas nas poltronas luxo, mas apresentam dispositivos que lhe permitem avançar, recuar e girar sobre sua plataforma instalada sobre o piso da cabine. Como particularidade, seu projeto deve prever a possibilidade de serem utilizadas voltadas para frente e para trás bem como lateralmente ao sentido de voo.

3.3 - Componentes

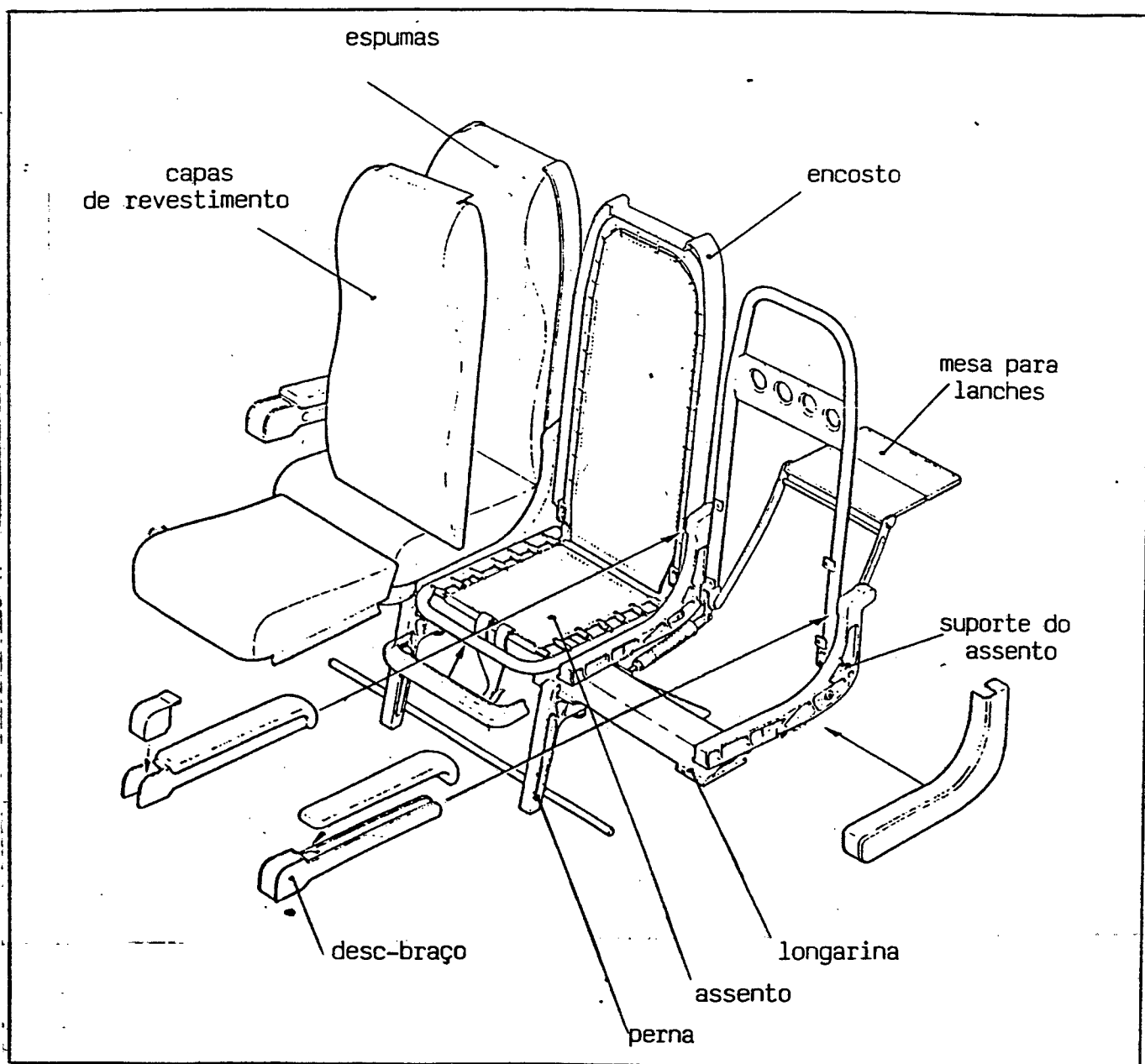


Figura 3.2 - Vista explodida - Poltrona Tripla, linha MBB.

Uma poltrona de passageiros, em seu atual estado da arte, pode ser dividida nos seguintes conjuntos principais: estrutura básica, encosto, descansa-braços, mesa para lanches e espumas (Fig 3.2).

3.3.1 - A Estrutura Básica.

A estrutura básica da poltrona, que deve suportar o peso do passageiro tanto em condições normais de voo como em emergência, é constituída pelos conjuntos das pernas, longarinas, suportes e assentos.

O conjunto das pernas são os que transmitem as cargas das longarinas ao piso do avião. Em um conjunto usual, encontra-se perna dianteira, perna traseira, travessa horizontal e travessa inclinada (Fig 3.3).

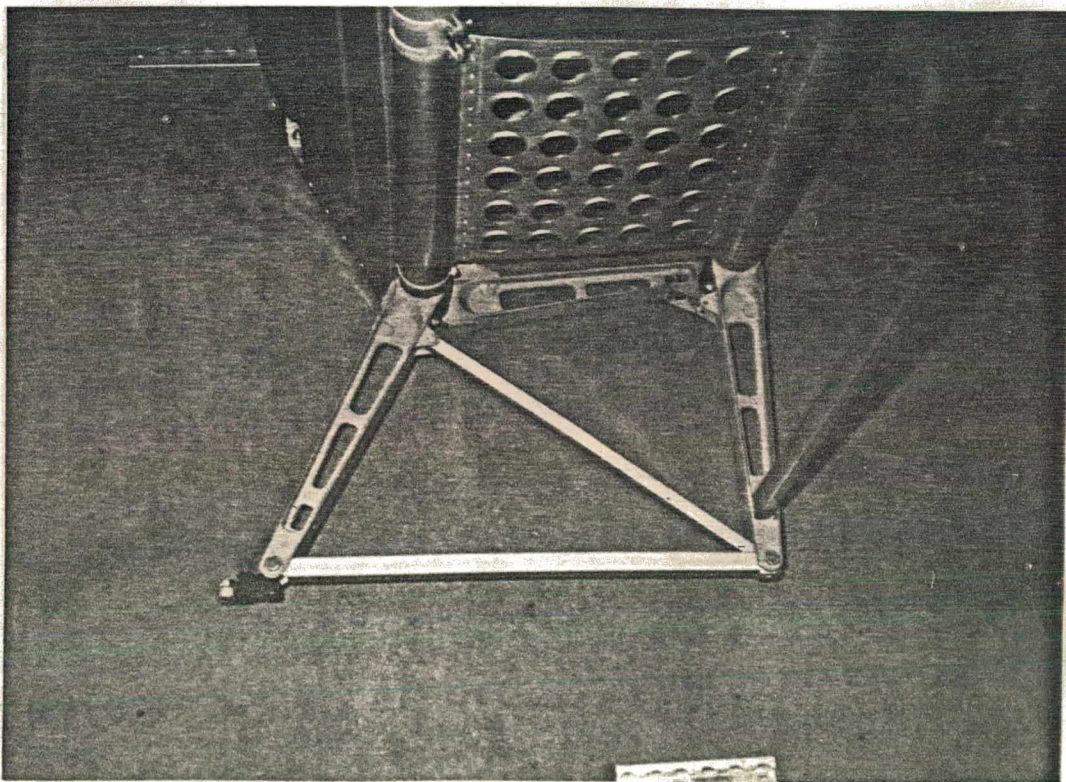


Figura 3.3 - Conjunto das pernas, Linha Aeromot.

As pernas dianteiras e traseiras, durante a evolução do estado-da-arte, já foram fabricadas em diversos materiais e processos. Em ordem cronológica os principais são:

1 - chapas de aço ou alumínio dobradas. Este tipo de construção (Fig 3.4), que volta a ser utilizada nos modelos mais recentes, apresenta a propriedade favorável de absorver energia por deformação. Em caso de impactos as pernas deformam-se absorvendo parte da energia que seria transmitida aos trilhos dos aviões. É uma característica valorizada pelos novos critérios de

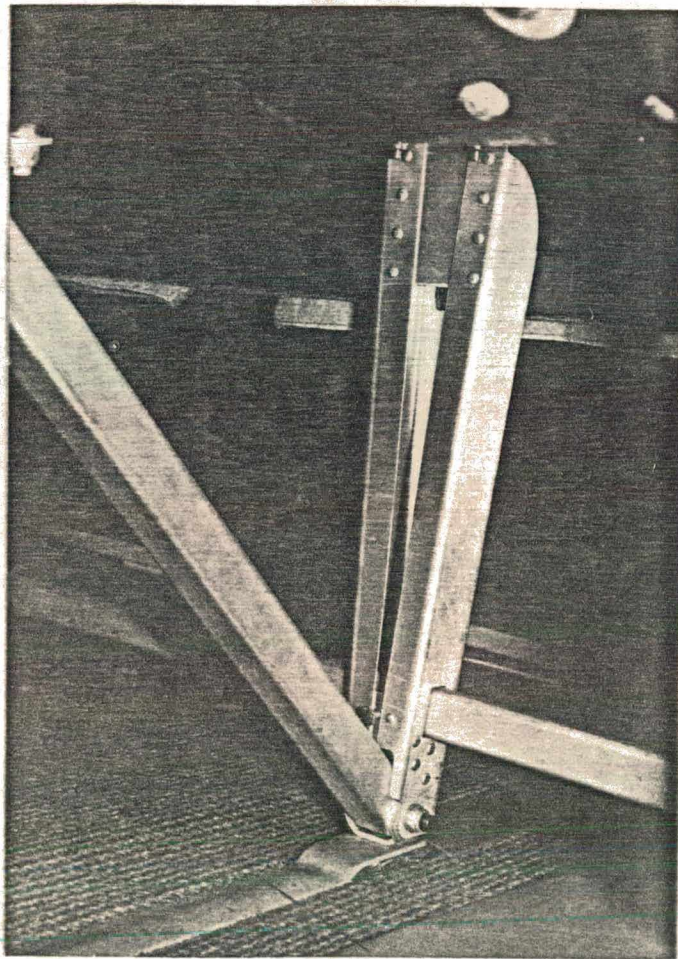


Figura 3.4 -Perna dianteira de chapa de aço dobrada, modelo 910 da UOP Aerospace.

resistência dinâmica a serem adotados (conforme capítulo anterior).

ii - tubos de aço ou alumínio. Os tubos são utilizados pela facilidade de fabricação que proporcionam e por suas propriedades absorvedoras de energia. Um exemplo recente da utilização deste material é apresentado pelo modelo XL 940 da PTC Aerospace, que possui uma estrutura de pernas com o formato de um "X", fabricadas com tubos de aço dobrados (Fig 3.5). Este sistema, segundo o catálogo do produto, apresenta a capacidade de absorver a energia do choque (comprovada nos testes dinâmicos de 16 g).

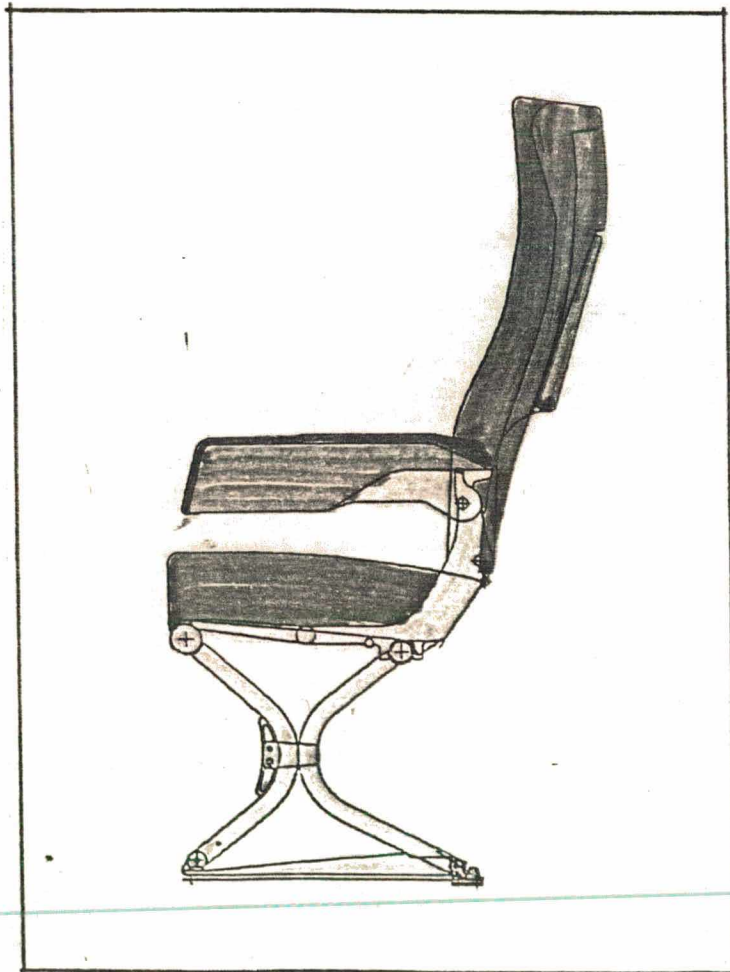


Figura 3.5 - Conjunto de pernas em "x", modelo XL 940 UQP Aerospace.

iii - alumínio forjado. Este tipo de pernas, geralmente de seção "I" e forjadas em matrizes fechadas, apresentam importantes vantagens em termos de custo e resistência em relação as peças usinadas ou soldadas.

iv - alumínio usinado. São as mais utilizadas nos últimos modelos (ainda dentro dos 9 g), principalmente devido as facilidades de fabricação proporcionadas pelas máquinas de comando numérico.

As travessas horizontais e verticais, que fazem as ligações entre as pernas, estruturando assim o conjunto, são constituídas de tubos ou perfis de alumínio ou aço.

O conjunto das pernas é o mais afetado pela alteração dos critérios de projeto prevista para breve. A necessidade de resistir a solicitações dinâmicas e não estáticas ocasiona importantes mudanças nos materiais e no tipo de treliças utilizados. As pernas de chapas e tubos voltam a ser utilizadas e estruturas treliçadas com as travessas inclinadas tracionadas em vez de comprimidas (sujeitas a flambagem), equipam os novos modelos.

Fixado às pernas dianteiras, o tubo retentor de bagagem, como é chamado, é instalado no sentido transversal da poltrona, paralelamente ao piso do avião, e tem a função de manter a bagagem colocada sob a poltrona, em seu lugar, durante o voo (ver Fig 3.2).

As fixações das pernas às longarinas também sofreram alterações com o decorrer do tempo. A solda, utilizada

inicialmente, foi substituída por uniões com pinos ou parafusos, mais confiáveis e fáceis de serem modificadas. Em vista da localização das pernas da poltrona variar conforme o tipo de aeronave, as companhias aéreas dão preferência a poltronas que permitam a movimentação das pernas sem que, para isto, tenham que cortar e resoldar as longarinas. Uma modificação como esta implica em capacidade de engenharia e de manutenção nem sempre disponíveis. As braçadeiras, confeccionadas com tiras de aço, fazem esta união sem a necessidade de pinos e furos, o que garante uma maior facilidade nas modificações sem diminuir a resistência nas áreas críticas da longarina.

b - As Longarinas são elementos estruturais que, instalados transversalmente nas poltronas, transmitem as cargas dos assentos para as pernas (ver Fig 3.2). Conforme o número de longarinas, as estruturas podem ser classificadas em Monolongarinas ou Bilongarinas. A concepção tipo monolongarina, por concentrar os esforços e as reações sob o assento está sendo abandonada. O que se tem verificado, nos últimos modelos, são estruturas bilongarinas com o elemento traseiro mais adiantado, de modo a tirá-lo do alcance das pernas do passageiro que viaja na poltrona de trás (ver figura 2.3).

As longarinas são constituídas por tubos de alumínio ou aço. Algumas exceções são apresentadas por modelos mais antigos como a poltrona PN 102.295 da Hardman Aerospace de 1970, que era equipada com somente uma longarina central de seção trapezoidal com encavernamento longitudinal. A MBB da Alemanha, apresentou, em 1972, um interessante modelo de concepção modular com uma longarina central de perfil retangular, ao longo da qual as

pernas eram movimentadas (ver Fig 3.2). A fixação era feita através de um grampo "C" que comprimia o perfil, sem perfurá-lo. A empresa francesa Socea lançou, mais recentemente, o modelo Explorer para helicópteros, que apresenta longarinas retangulares de material composto. A UOP Aerospace no modelo 910 apresenta uma estrutura de assento autoportante, sem longarinas definidas (Fig 3.6). Uma estrutura sanduíche no formato de um "S" em material composto, com enchimento de "honeycomb" (painel composto por células hexagonais de materiais leves) e reforços de fibra de carbono, constitui a estrutura da poltrona sendo a ela fixadas as pernas, encostos, descanso braços, mesas de encostos e cintos de segurança.

O modelo 884 da UOP Aerospace possui uma terceira longarina



Figura 3.6 - Modelo 910 da UOP Aerospace com estrutura em material composto.

instalada junto ao piso do avião, com o objetivo de fixar a localização das pernas traseiras, independentemente da localização do trilho no piso da aeronave. A fixação da poltrona ao piso é feita pela longarina adicional. Esta concepção evita que as pernas traseiras da poltrona invadam o espaço destinado para as pernas do passageiro que viaja na poltrona de trás.

Os Suportes são os elementos que fazem a ligação entre as longarinas e transmitem a elas as cargas dos assentos, cintos de segurança, descansa braços, encostos e mesas para lanches (Fig 3.7). Devido a diversidade de cargas que recebem, são peças de difícil projeto. Assim como as pernas, os suportes evoluíram de tubos soldados para peças forjadas em matrizes fechadas e finalmente para peças usinadas em máquinas de comando numérico. Existem, também, suportes em material composto como os

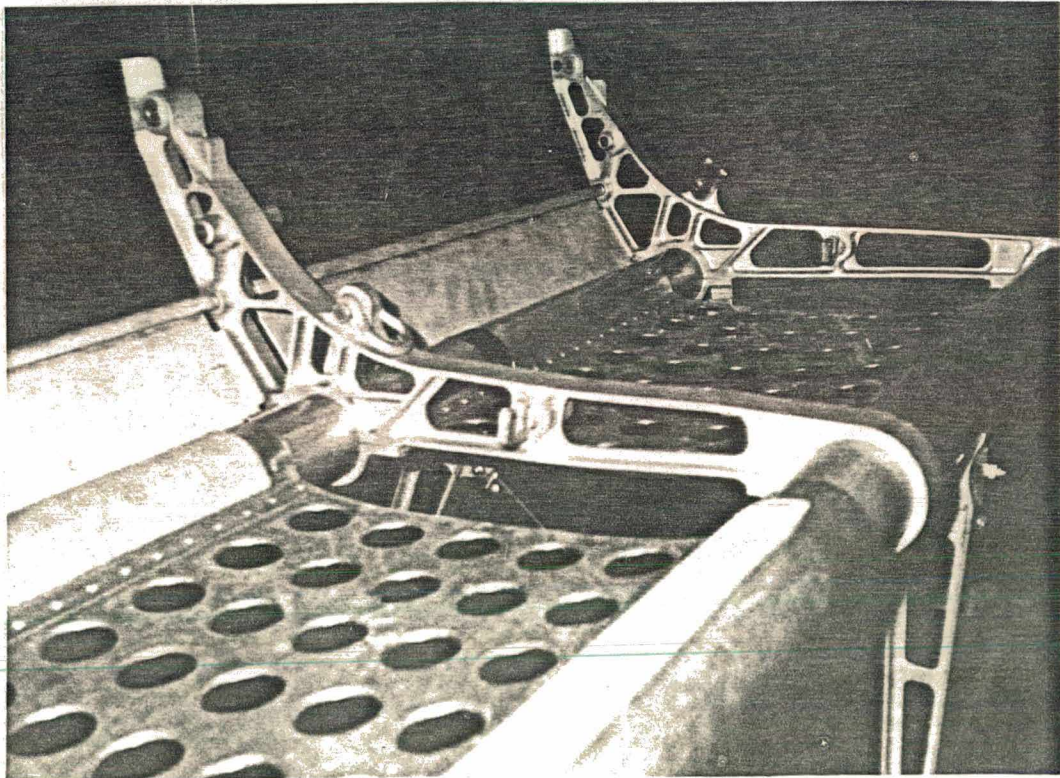


Figura 3.7 - Suporte da estrutura básica, linha Aeromot.

apresentados pela Explorer (Socea) e no modelo 910 da UOP/PTC, uma casca autoportante, incorpora este elemento.

Também é interessante, para algumas companhias aéreas, que os suportes possam ser movimentados ao longo da estrutura, permitindo que estas alterem a largura dos encostos e assentos, conforme suas necessidades.

Os assentos são superfícies sobre as quais são instaladas as espumas de conforto. Submetidos a cargas cíclicas durante a operação normal da poltrona (o levantar e sentar dos passageiros), estão sujeitos a sérios problemas de fadiga. Testes de resistência a carregamentos cíclicos de 700 a 1.000 N durante 25.000 ciclos são executados nos novos modelos, antes de entrarem em serviço.

Nos modelos mais antigos os assentos eram constituídos por



Figura 3.8 - Assento rebatível, linha Aeromot.

conjuntos planos articulados que quando rebatidos contra o encosto, facilitavam a tarefa de limpeza da poltrona (fig. 3.8). Com o tempo, chapas de alumínio passaram a ser rebitadas ou aparafusadas diretamente nas longarinas. Mais tarde, e com o objetivo de redução peso, assentos de Nylon foram introduzidos, apresentando molas e dispositivos de regulagem de seu esticamento, para compensar o desgaste do tecido (ver Fig 3.2).

Sua fixação às longarinas, a exemplo das pernas e dos suportes, é um ponto delicado do projeto. A fixação por rebites ou parafusos, além de furar as longarinas em regiões de responsabilidade estrutural, dificulta o deslocamento das pernas. Aquí também, as braçadeiras tornam-se uma alternativa interessante. O modelo Sonata MK II da Aeromot, apresenta assento em alumínio que, preso as longarinas por braçadeiras, além de simplificar a montagem do conjunto, permite rápidas e fáceis

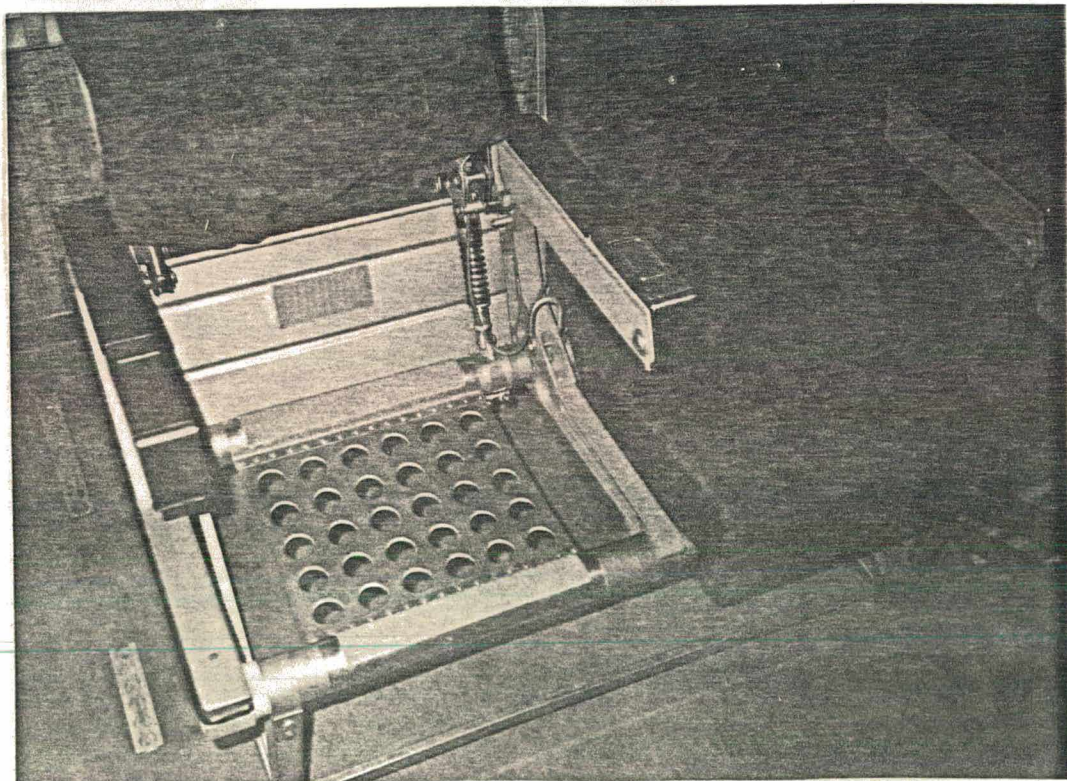


Figura 3.9 - Chapa do assento, Sonata MK IIa, linha Aeromot.

mudanças de configuração (fig. 3.9).

3.3.2 - O Encosto.

O conjunto do Encosto é formado por: estrutura, painel de fechamento e sistema de reclinção (em encostos com esta capacidade).

A estrutura do encosto pode ser de tubos de alumínio ou aço, dobrados ou soldados. Concepções em material composto apresentam a vantagem de poderem variar a seção do elemento estrutural de acordo com a grandeza da solicitação, desta forma obtendo redução de peso.

O painel de fechamento, sobre o qual são instaladas as espumas do encosto, é geralmente formado por uma chapa de alumínio estampada. Pode também, ser constituído por um tecido de Nylon colado a estrutura ou laminados de fibra de vidro, com a vantagem destes poderem ser laminados já no formato anatomicamente ideal.

O perfil da estrutura do encosto também tem evoluído com o tempo. Inicialmente, este era reto, cabendo as espumas fornecerem o formato mais anatômico. Com o tempo, as estruturas foram adotando elas mesmas, um formato anatômico, permitindo assim, que a camada de espuma fosse diminuída sem prejuízo, para o conforto. De maneira a fornecer apoio para a região lombar da espinha, as estruturas, na base do encosto, foram projetadas mais a frente, desta forma proporcionando também, maior espaço para os joelhos do passageiro da poltrona de trás (ver Fig 3.6).

O sistema de reclinção é composto por um atuador hidráulico com moia de retorno, acionado por cabo de comando também hidráulico. Além da suavidade de acionamento este sistema apresenta a possibilidade de posicionamento contínuo. A localização do atuador é, na maioria dos casos, horizontal, junto aos suportes da estrutura básica (ver Fig 3.13). Em poltronas apropriadas para configurações de alta densidade, o eixo de reclinção do encosto é elevado, de modo a proporcionar mais espaço para os passageiros. Desta forma, mesmo estando reclinado, o encosto não invade o espaço destinado para as pernas do passageiro de trás. Em consequência de tal concepção, o atuador hidráulico é colocado na posição vertical (Fig 3.10).

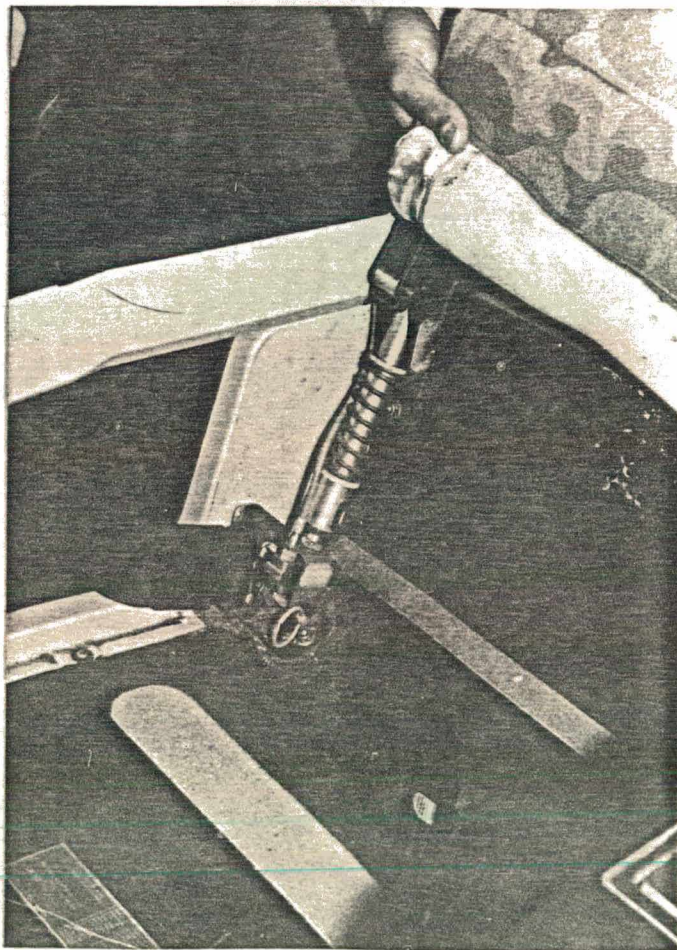


Figura 3.10 - Cilindro de reclíneo na posição vertical, modelo 910, linha UOP Aerospace.

Também faz parte do sistema de reclinção, o break-over, um dispositivo que permite que o encosto recline para frente, dobrando-se sobre o assento. O objetivo deste dispositivo é diminuir a resistência do encosto aos impactos da cabeça do passageiro de trás em situações de emergência. Este movimento deve apresentar uma resistência da ordem de 100 N aplicados para frente, na parte superior do encosto.

3.3.3 - O Descansa-Braço.

Os descansa-braços são basicamente, estruturas de chapa de alumínio revestidas com carenagens de plástico e com uma almofada de espuma instalada na parte superior (Fig. 3.2).

Apresentam em suas extremidades anteriores, um espelho de proteção, o cinzeiro, o botão de comando do sistema de reclinção e os comandos do sistema de diversão a bordo (-IFE- in Flight Entertainment), quando disponível. Em alguns casos, possuem plugs aos quais é conectada uma mesa de lanches (plug-in tables). Em outros, a mesa é abrigada no interior de suas estruturas, especiais para este fim (in-arm tables). Ainda, os descansa-braços das poltronas Luxo e Executivo são mais largos e os internos possuem, em muitos modelos, pequenas bandejas retráteis para copos de "drinks" e "cocktails".

Em função de requisitos impostos pelos operadores, a estrutura do descansa-braço deve ser capaz de resistir a solicitações verticais e laterais consideráveis. Por exemplo, a Embraer menciona, nos requisitos de projeto, que estes devem resistir a carga vertical de 900 N e carga lateral de 680 N, aplicadas na sua extremidade anterior. Estes requisitos são

decorrentes das condições normais de operação a que são submetidos.

Os descansa-braços do lado do corredor são geralmente fixos, porém existe, em alguns modelos, a opção de serem articulados, como os internos, com o objetivo de melhorar o acesso de deficientes físicos à poltrona. São os mais desgastados na utilização normal, pois recebem choques dos carrinhos de bebidas e dos próprios passageiros ao se dirigirem a sua poltrona. Por este fato são protegidos com espelhos de aço inox e por perfis salientes de borracha (Fig. 3.11).

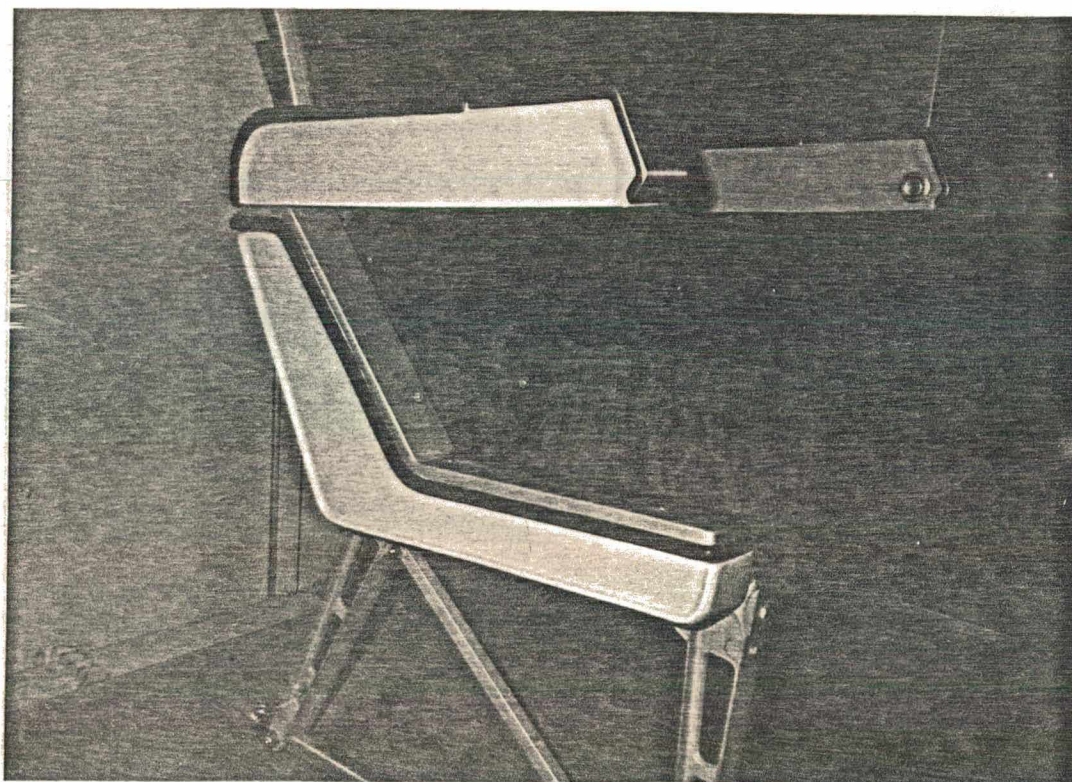


Figura 3.11 - Descansa-braço com "bumper strip" (perfil protetor de borracha), modelo Sonata MK IIa, linha Aeromot.

3.3.4 - As mesas para Lanches.

Existem basicamente 3 tipos de mesas para os lanches e refeições a bordo: a mesa do encosto, a mesa do descansa-braço e

a mesa conectável.

A mesa do encosto, a mais utilizada, é composta por uma superfície plana de apoio (bandeja) e por um sistema de articulação (hastes). A bandeja pode ser rebatível, dobrável, deslizante ou ainda, uma combinação destes tipos. Suas dimensões podem variar, para o mesmo modelo de poltrona, de acordo com o espaçamento em que estas são instaladas. A bandeja é composta por: uma estrutura de chapa de alumínio, material de enchimento e carenagens de plástico. As carenagens podem prever alojamentos para copos e pequenos pratos e rebaixos para etiquetas adesivas com os avisos de voo. As hastes de articulação da bandeja são geralmente, de alumínio fundido sob pressão e giram em torno do eixo de reclinção do encosto. Para configurações de alta densidade, as hastes, possuem um desenho especial e são

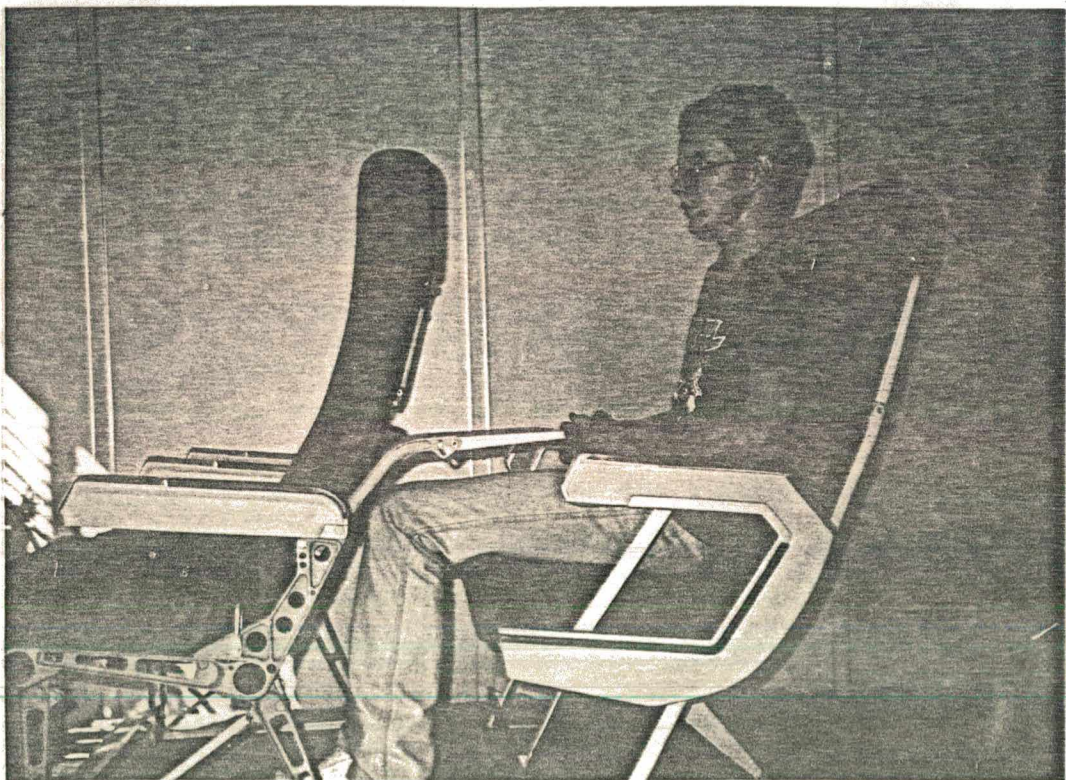


Figura 3.12 - Mesa do encosto para configurações de alta densidade, modelo Sonata MK Ila, linha Aeromot.

instaladas externamente as laterais do encosto, diminuindo assim, a interferência com as pernas do passageiro que utiliza a mesa (Fig 3.12).

Existe também, a mesa do descansa-braço (in-arm table) que é utilizada especialmente nas poltronas Luxo e Executivo. Estas são instaladas em grandes espaçamentos, o que impossibilita a utilização da mesa do encosto. Na classe turista, este tipo de mesa é utilizado nas poltronas instaladas na primeira fila, de frente para a divisória da cabine de passageiros. Guardada no interior da estrutura de um descansa-braço especial (Fig. 3.13), é composta igualmente, de uma bandeja e de um sistema de articulação. A bandeja deve ser de largura suficiente de modo a

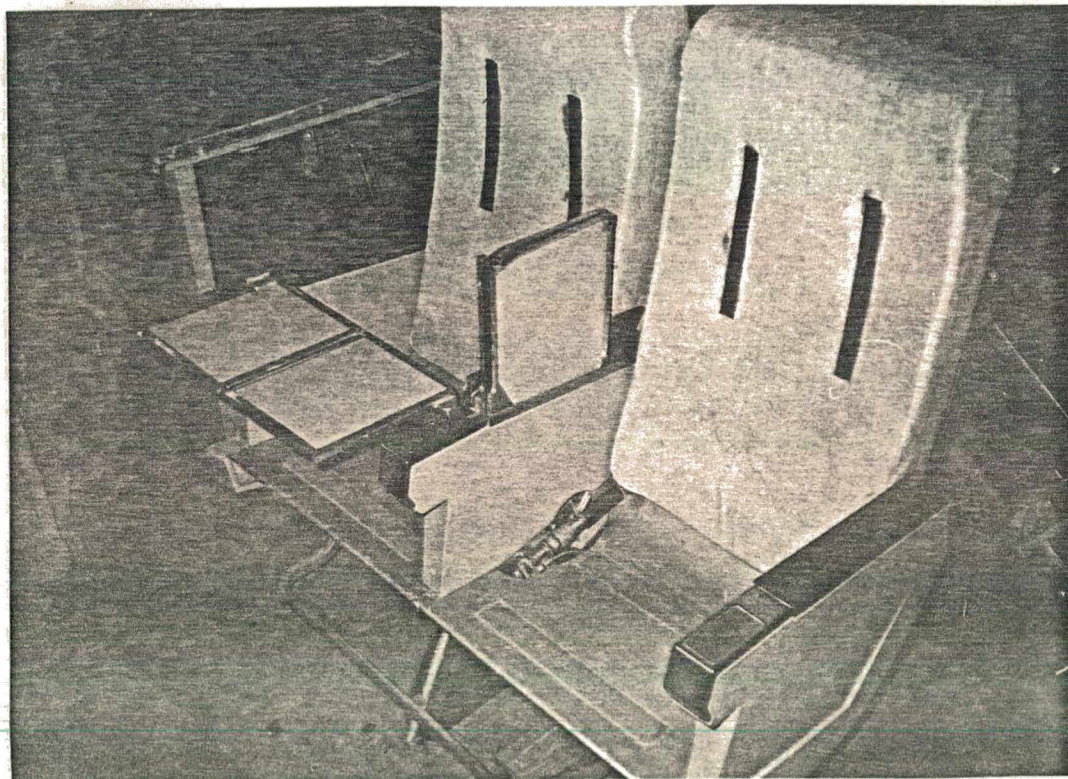


Figura 3.13 - Mesa "In-arm", modelo Sonata, linha Aeromot.

apoiar-se no descansa-braço do outro lado do assento. O sistema de articulação deve possuir suficientes graus de liberdade que o permita retirar a bandeja da cavidade do descansa-braço e rebatê-la sobre o assento.

Também, com o objetivo de fornecer uma superfície de apoio para os lanches, onde não há a possibilidade de se instalar a mesa de encosto, a mesa conectável (plug-in table) é uma opção mais leve e simples. Suas hastes possuem terminais que são conectados aos plugs instalados nas extremidades dos descansa-braços. Apresenta o inconveniente de aumentar o trabalho das aeromocas, que necessitam instalá-las e guardá-las durante o voo.

3.3.5 - As Espumas de Conforto.

O conforto proporcionado por uma poltrona deve-se, em grande parte, ao projeto e execução do assento e do encosto. Estes são constituídos de um núcleo de espuma flexível de poliuretano, revestido com uma capa de tecido corta-chama (fire-blocking) e uma capa externa de tecido com a padronagem da companhia aérea. O núcleo de espuma pode ser cortado e colado manualmente ou injetado diretamente no formato desejado. O conjunto das espumas, tanto os conformados como os injetados, apresentam densidades diferentes para melhor se adaptar as diferentes pressões exercidas pelo corpo do passageiro sobre o assento e o encosto. A espuma do assento é a que apresenta a maior densidade.

O conjunto da almofada do assento, apresenta adicionalmente, quantidade suficiente de material flutuante, para garantir a flutuabilidade de uma pessoa de 700 N e pequenas alças de nylon para que o passageiro possa vesti-lo em uma emergência.

A camada de revestimento corta-chama pode ser constituída por uma espuma de neoprene ou tecidos de fibra de vidro, kevlar ou carbono. O peso do revestimento está em torno de 1 kg por assento/encosto.

As espumas e seus revestimentos representam grande parte do peso total da poltrona, podendo alcançar até 3,0 kg por assento (cerca de 30 % do peso total de uma poltrona). Com o objetivo de redução de peso e melhoria de espaço para o passageiro, as poltronas de última geração apresentam perfis anatômicos para as estruturas do encosto e do assento. Assim a camada de espuma pode ser bem delgada sem prejuízo do conforto.

3.4 - As Linhas de Poltronas.

Dentre os principais fabricantes mundiais de poltronas de passageiros para a aviação, serão descritos aqui, os modelos mais importantes da SICMA (FRA), UOP/PTC AEROSPACE (USA), FAIRCHILD/JEPSON & BURNS (USA), WEBBER (RFA), AVIONTERIORS (ITA), RECARO, (RFA), SOCEA (FRA), MBB/UH (RFA), ALVEN (ITA) e AEROMOT. Recentemente, a UOP Inc. foi absorvida pela Pullman, passando a se chamar PTC Aerospace e a Fairchild Burns associou-se a Jepson para formarem a Jepson & Burns Corporation.

Os Quadros 3.1 a 3.5 trazem as principais características destes modelos. O peso de cada um não aparece no quadro, em vista de ser uma informação de difícil homogeneização. Cada fabricante informa o peso de suas poltronas em configurações diferentes. Por exemplo, um determinado fabricante fornece o peso de sua poltrona commuter com tecido de revestimento externo, com cintos de segurança e com o material flutuante do assento. Outro fornece a

mesma informação, porém sem o peso do tecido de revestimento, dos cintos de segurança, do material flutuante e ainda, da mesa do encosto, o que deixa, obviamente, sua poltrona mais leve. Portanto, o peso, enquanto informação de catálogo, não é válido para comparações entre os modelos.

ESTADO-DA-ARTE POLTRONAS DE PASSAGEIROS PARA A AVIAÇÃO COMERCIAL			
modelo	fabricante	classe	material
Bandeirante	Aeromot	commuter	metálica
Brasília	Aeromot	commuter	metálica
Sonata	Aeromot	turista	metálica
Sonata MK II	Aeromot	turista	metálica
America 600 MK I	Sicma	turista	metálica
MK II	Sicma	turista	metálica
MK III	Sicma	turista	metálica
MK IV	Sicma	commuter	metálica
Model 861	UOP	turista	metálica
Model 881	UOP	turista	híbrida*
Model 884	UOP	turista	híbrida*
Model 910	UOP/PTC	commuter	híbrida*
Model XL 940	PTC Aerospace	turista	híbrida*
Airest 2000 UHD	Fairchild	turista	metálica
Airest 2000 NGS	J & Burns	turista	metálica
Webberlite 4000	Webber	turista	metálica
Webberlite 4001	Webber	turista	metálica
America Two	Avionteriors	turista	metálica
America Four	Avionteriors	turista	metálica
Europa	Avionteriors	turista	metálica
Airconfort 3010	Recaro	turista	metálica
Explorer	Socea	helicopt.	composto
Modular Seat	MBB/UH	turista	metálica
Série 100	Alven	turista	metálica

obs: * - concepção híbrida - parte metálica, parte em composto

Quadro 3.1 - modelos, fabricantes, classe e material.

ESTADO-DA-ARTE
POLTRONAS DE PASSAGEIROS PARA A AVIAÇÃO COMERCIAL

modelo	Estrutura Básica			
	concepção	materiais e procesos		
	geral	perna diant.	perna trás.	assento
Bandeirante	monolong.	tb. aço	ch. aço	ch. al.
Brasília	monolong.	tb. aço	ch. aço	ch. al.
Sonata	monolong.	tb. aço	ch. aço	ch. al.
Sonata MK II	bilong.	al. usi.	al. usi.	ch. al.
America 600 MK I	bilong.	ch. aço	ch. aço.	nylon
MK II	bilong.	al. usi.	al. usi.	nylon
MK III	bilong.	al. usi.	al. usi.	nylon
MK IV	bilong.	al. usi.	al. usi.	nylon
Model 861	bilong.	ch. al.	ch. aço.	nylon
Model 881	bilong.	ch. al.	al. forj	nylon
Model 884	bilong.*	ch. al.	tb. aço.	nylon
Model 910	port.**	ch. al.	ch. al.	composto
Model XL 940	bilong.	tb. aço.	tb. aço.	nylon
Airest 2000 UHD	bilong.	al. forj.	al. forj	nylon
Airest 2000 NGS	bilong.	al. forj.	tb. aço.	nylon
Webberlite 4000	bilong.	tb. aço	tb. aço	ch. al.
Webberlite 4001	bilong.	ch. aço	tb. aço	ch. al.
America Two	bilong.	al. forj.	al. forj	nylon
America Four	bilong.	al. forj.	al. forj	nylon
Europa	bilong	al. forj.	al. forj	nylon
Airconfort 3010	bilong	tb. al.	tb. al.	ch. al.
Explorer	bilong.	composto	composto	composto
Modular Seat	monolon.	al. forj.	al. forj	nylon
Série 100	bilong.	al. usi.	al. usi.	ch. al.

obs: * - este modelo possui uma longarina adicional instalada junto ao piso do avião.

** - este modelo possui uma casca de material composto (estrutura sanduíche com reforços de fibra de carbono) auto portante.

Quadro 3.2 - Estrutura Básica.

**ESTADO-DA-ARTE
POLTRONAS DE PASSAGEIROS PARA A AVIAÇÃO COMERCIAL**

modelo	Estrutura		Básica	
	constituição		fixações	
	longarina	perna/ long.	suporte/ long.	
Bandeirante	tb. aço	solda	solda	
Brasília	tb. aço	solda	solda	
Sonata	tb. aço	solda	solda	
Sonata MK II	tb. al.	braçadeira	braçadeira	
America 600 MK I	tb. al.	pinos	pinos	
MK II	tb. al.	braçadeira	pinos	
MK III	tb. al.	braçadeira	pinos	
MK IV	tb. al.	braçadeira	pinos	
Model 861	tb. al.	pinos	pinos	
Model 881	tb. al.	pinos	pinos	
Model 884	tb. al.	pinos	pinos	
Model 910	composto	insertos	--	
Model XL 940	tb. al.	pinos	pinos	
Airest 2000 UHD	tb. al.	pinos	pinos	
Airest 2000 NGS	tb. al.	pinos	pinos	
Webberlite 4000	tb. aço.	pinos	solda	
Webberlite 4001	tb. al.	pinos	pinos	
America Two	tb. al.	pinos	pinos	
America Four	tb. al.	pinos	pinos	
Europa	tb. al.	pinos	pinos	
Airconfort 3010	tb. al.	pinos	pinos	
Explorer	composto	insertos	resina	
Modular Seat	perf. al	grampo	pinos	
Série 100	tb. al.	pinos	pinos	

Quadro 3.3 - Estrutura Básica - Fixações

**ESTADO-DA-ARTE
POLTRONAS DE PASSAGEIROS PARA A AVIAÇÃO COMERCIAL**

modelo	Encosto			
	concepção			material
	geral	alt. pivo **	localiz. atuador	geral
Bandeirante	fixo	-	-	aço/al.
Brasília	fixo	-	-	aço/al.
Sonata	reclinável	baixo	horizontal	al.
Sonata MK II	reclinável	baixo	horizontal	al.
America 600 MK I	reclinável	baixo	horizontal	al.
MK II	reclinável	baixo	horizontal	al.
MK III	reclinável	baixo	horizontal	al.
MK IV	fixo	-	-	al.
Model 861	reclinável	baixo	horizontal	al.
Model 881	reclinável	médio	horizontal	composto
Model 884	reclinável	médio	horizontal	composto
Model 910	reclinável	alto	vertical	composto
Model XL 940	reclinável	médio	horizontal	--
Airest 2000 UHD	reclinável	baixo	horizontal	al.
Airest 2000 NGS	reclinável	baixo	horizontal	al.
Webberlite 4000	reclinável	baixo	horizontal	al.
Webberlite 4001	reclinável	alto	horizontal	al.
America Two	reclinável	baixo	horizontal	al.
America Four	reclinável	baixo	horizontal	al.
Europa	reclinável	baixo	horizontal	al.
Airconfort 3010	reclinável	baixo	horizontal	al.
Explorer	reclinável	baixo	horizontal	composto
Modular Seat	reclinável	baixo	horizontal	aço/nylon
Série 100	reclinável	alto	vertical*	al.

obs: * - este modelo apresenta o atuador hidráulico na posição vertical, inserido no tubo da estrutura do encosto.

** - baixo - até 450 mm acima do nível do piso;

médio - de 450 a 500 mm;

- alto - acima de 500 mm.

**ESTADO-DA-ARTE
POLTRONAS DE PASSAGEIROS PARA A AVIAÇÃO COMERCIAL**

modelo	Mesa para Lanche		D-Braços	Espumas
	concepção	movimento	material	concepção
	bandeja	local. hastes	estrutura	processo
Bandeirante	-	-	-	*
Brasília	reb/desliz.	interna	metálico	*
Sonata	rebatível	interna	metálico	conformadas
Sonata MK II	rebatível	externa	metálico	conformadas
America 600 MK I	reb/desliz.	interna	metálico	injetadas
MK II	reb/desliz.	interna	metálico	injetadas
MK III	reb/desliz.	interna	metálico	injetadas
MK IV	-	-	metálico	injetadas
Model 861	rebatível	interna	metálico	injetadas
Model 881	rebatível	interna	composto	injetadas
Model 884	rebatível	interna	composto	injetadas
Model 910	rebatível	interna	composto	injetadas
Model XL 940	rebatível	externa	composto	injetadas
Airest 2000 UHD	reb/desliz.	externa	metálico	injetadas
Airest 2000 NGS	reb/desliz.	externa	metálico	injetadas
Webberlite 4000	reb/dobr.	externa	metálico	injetadas
Webberlite 4001	rebatível	externa	metálico	injetadas
America Two	rebatível	interna	metálico	injetadas
America Four	reb/dobr.	interna	metálico	injetadas
Europa	reb **	interna	metálico	injetadas
Airconfort 3010	rebatível	interna	metálico	injetadas
Explorer	-	-	-	injetadas
Modular Seat	rebatível	interna	metálico	injetadas
Série 100	rebatível	interna	metálico	injetadas

obs: * - estes modelos são entregues para a Embreaer sem espumas de conforto.

** - A mesa do encosto desta poltrona apresenta duas articulações, uma na base do encosto e a segunda na metade de seu comprimento. As mesas rebatíveis apresentam a segunda articulação junto a bandeja.

Quadro 3.5 - mesa do encosto, descansa-braço e espumas.

3.5 - Os Parâmetros de Projeto.

De posse das informações sobre o estado-da-arte das poltronas de passageiros para a aviação comercial, já é possível selecionar os seguintes parâmetros de projeto.

Em termos gerais, a definição do tipo de material a ser utilizado foi feita já no início do trabalho, sendo uma consequência do critério de aproveitamento da tecnologia do motoplanador AMT-100.

Modelo	- Brasília MK II
Fabricante	- Aeromot
Classe	- Commuter
Material	- Composto ou Híbrido
Estrutura Básica	
concepção	
geral	- autoportante
perna dianteira	- composto/ch./tb. aço
perna traseira	- composto/ch./tb. aço
suportes	- composto
assento	- composto
longarina	- ---
fixações	
pernas/long.	- parafusos
suportes/long.	- parafusos
Encosto	
concepção geral	- fixo *
alt. pivo	- --- (alto) **
loc. atuador	- --- (vertical)**
material	- composto
Mesa para Lanches(encosto)	
concepção	
mov. bandeja	- reb/deslizante
loc. hastes	- interna
Descansa-braços	
material	- composto
Espumas	
processo	- conformadas

obs: * - encosto sem reclinção, porém com "break-over".
 ** - previsão para derivações futuras.

Quadro 3.6 - Elenco de Parâmetros de Projeto.

a - concepção geral.

A concepção de uma estrutura básica autoportante visa aproveitar todas as potencialidades do material em termos de redução de peso. Uma construção tipo sanduíche deve fornecer suficiente resistência e rigidez para que se possa dispensar as longarinas.

b - pernas.

Existe a dúvida entre pernas metálicas ou em material composto. Embora se conheça as potencialidades de redução do número e do peso dos componentes, não se conhece o comportamento do material composto em serviço. As pernas são elementos muito solicitados, tanto na operação normal, pelo desgaste que sofre, como em situações de emergência, pelas elevadas cargas que deve suportar. Também o problema das fixações por pinos e parafusos nos materiais compostos (pela concentração de esforços), faz com que a dúvida sobre a utilização de um ou outro material persista.

c - suportes e assentos.

Os suportes e assentos em material composto e a ausência das longarinas são uma consequência da concepção autoportante.

d - fixações.

A utilização de parafusos nas fixações entre pernas, suportes e longarinas (estrutura autoportante), pela facilidade de montagem que proporcionam, compõem a primeira alternativa para o projeto, porém, devido ao problema de concentração de esforços nos furos, a utilização de cola para este fim, não deve ser descartada.

e - encosto.

O encosto fixo foi antecipadamente definido pelo fabricante da aeronave (Embraer), já a existência do "break-over" visa cumprir o requisito de segurança para o usuário. Também já se pode prever uma estrutura que comporte o sistema de articulação para um encosto reclinável. A utilização de material composto, como já foi explanado anteriormente, permite um formato anatômico na própria estrutura do encosto, reduzindo a quantidade de espuma sem prejuízo do conforto.

f - mesa para lanches.

A mesa do encosto, por este ser inicialmente fixo, pode ter hastes curtas. Para compensar o pequeno alcance das hastes, se optou por uma bandeja tipo rebatível deslizante.

g - descansa-braços.

A exemplo do caso das pernas, a alternativa de descansa-braços em material composto é a aproximação inicial. Estes podem ser substituídos por metálicos que já apresentam bom desempenho em serviço e peso bastante reduzido.

h - espumas.

As espumas do tipo conformadas são consequência do critério de utilização das facilidades de fabricação compatíveis com a empresa, que não possui máquina de injeção de espumas.

3.6 - Conclusão.

Estes parâmetros, acompanhados dos critérios de projeto, definidos no capítulo anterior, constituem o marco inicial para os trabalhos gráficos de projeto. Compõem a aproximação inicial,

sendo, porém, flexíveis o suficiente para não comprometerem o trabalho de elaboração das soluções alternativas.

Como complementação das informações a respeito do estado da arte, no próximo capítulo será feita uma explanação a respeito dos materiais compostos.

4 - MATERIAIS COMPOSTOS.

4.1 - Introdução.

Conforme estabelecido pelos critérios de projeto, Capítulo 2, os materiais compostos serão utilizados na fabricação da nova poltrona. A questão é se esta será integralmente em composto ou híbrida. Em vista disto, uma apresentação geral, com definição, descrição das características e classificação dos materiais compostos será feita no decorrer deste capítulo. Esta é baseada nas considerações de Agarwal e Broutman (2,2) sobre o assunto. A descrição do sistema construtivo em material composto disponível na Aeromot finaliza este capítulo que complementa as informações sobre o estado-da-arte das poltronas de passageiros para a aviação comercial.

4.2 - Definição.

Os materiais compostos são definidos como sendo aqueles originários da combinação de dois ou mais materiais ou fases de constituição diferentes, e com propriedades físicas e mecânicas substancialmente diferentes entre si e do material composto resultante.

Existem ligas metálicas que resultam da combinação de materiais metálicos diferentes, porém, estes possuem propriedades aproximadamente iguais. Alguns plásticos que são misturados com aditivos por questões de custos, só são considerados materiais compostos, se suas propriedades forem afetadas substancialmente.

4.3 - Características.

Os compostos apresentam uma fase descontínua embebida em uma fase contínua. A fase descontínua, chamada de reforço é geralmente mais dura e resistente, enquanto a fase contínua, que protege e mantém o reforço em seu lugar é chamada de matriz.

As propriedades dos materiais compostos são funções das propriedades dos materiais constituintes, da sua distribuição e interação. Assim, para descrever um material composto, além de especificar os materiais constituintes e suas propriedades, deve-se especificar a geometria do material de reforço (formato, tamanho, concentração, distribuição e orientação) e as condições em que esse foi fabricado (condições de cura).

A concentração do material de reforço é expressa em termos de fração de volume ou de peso. Geralmente o material de reforço representa em torno de 60% do peso do laminado.

A distribuição é a medida da homogeneidade do sistema, que mede até quanto uma determinada amostra de material pode diferir, em propriedades físicas e mecânicas, das propriedades médias do todo.

A orientação do reforço afeta a isotropia do material. Quando o reforço é na forma de partículas, com todas as dimensões aproximadamente iguais, o comportamento do material é basicamente isotrópico. Quando as dimensões das partículas de reforço são desiguais (pequenas fibras picadas), o material ainda pode ter um comportamento isotrópico, se estas estiverem orientadas aleatoriamente. Em outros casos, o processo de fabricação pode

induzir uma orientação nas partículas de reforço (processo de injeção), induzindo também, uma anisotropia. Nos laminados unidirecionais, com reforços de fibras contínuas, a anisotropia pode ser uma característica favorável. De fato, a possibilidade de se controlar a anisotropia no projeto e na fabricação do material e das peças é a principal vantagem dos compostos.

Em laminados de diversas camadas e materiais diferentes, um processo de cura a quente pode, devido aos diferentes coeficientes de dilatação térmica, originar tensões internas que modificam as propriedades mecânicas do laminado como um todo.

4.4 - Classificação.

O esquema de classificação mais aceito é aquele baseado na geometria do material de reforço (Fig. 4.1), pelo fato de agrupar materiais de comportamento e resistências mecânicas semelhantes. Os compostos são divididos em duas classes: os reforçados por fibras e os reforçados por partículas.

a, - material composto reforçado por partículas.

Uma partícula, por definição é não fibrosa e não possui uma dimensão muito maior do que as outras. A dimensão do reforço determina a capacidade com que este pode afetar as propriedades do composto. Assim as partículas podem contribuir com um aumento de rigidez, mas não oferecem muito em termos de resistência. As partículas são utilizadas nos compostos, para por exemplo, modificar as condutividades térmicas e elétricas, melhorar o desempenho a temperaturas elevadas, reduzir a fricção, aumentar a resistência a abrasão, aumentar a dureza superficial, etc....

Materiais reforçados por partículas apresentam diversas

combinações de matrizes e reforços, metálicos e não metálicos.

b - material composto reforçado por fibras.

As fibras, em vista das pequenas dimensões de suas seções transversais, não são usadas isoladamente em aplicações de engenharia. São entretanto embebidas em matrizes para formarem os

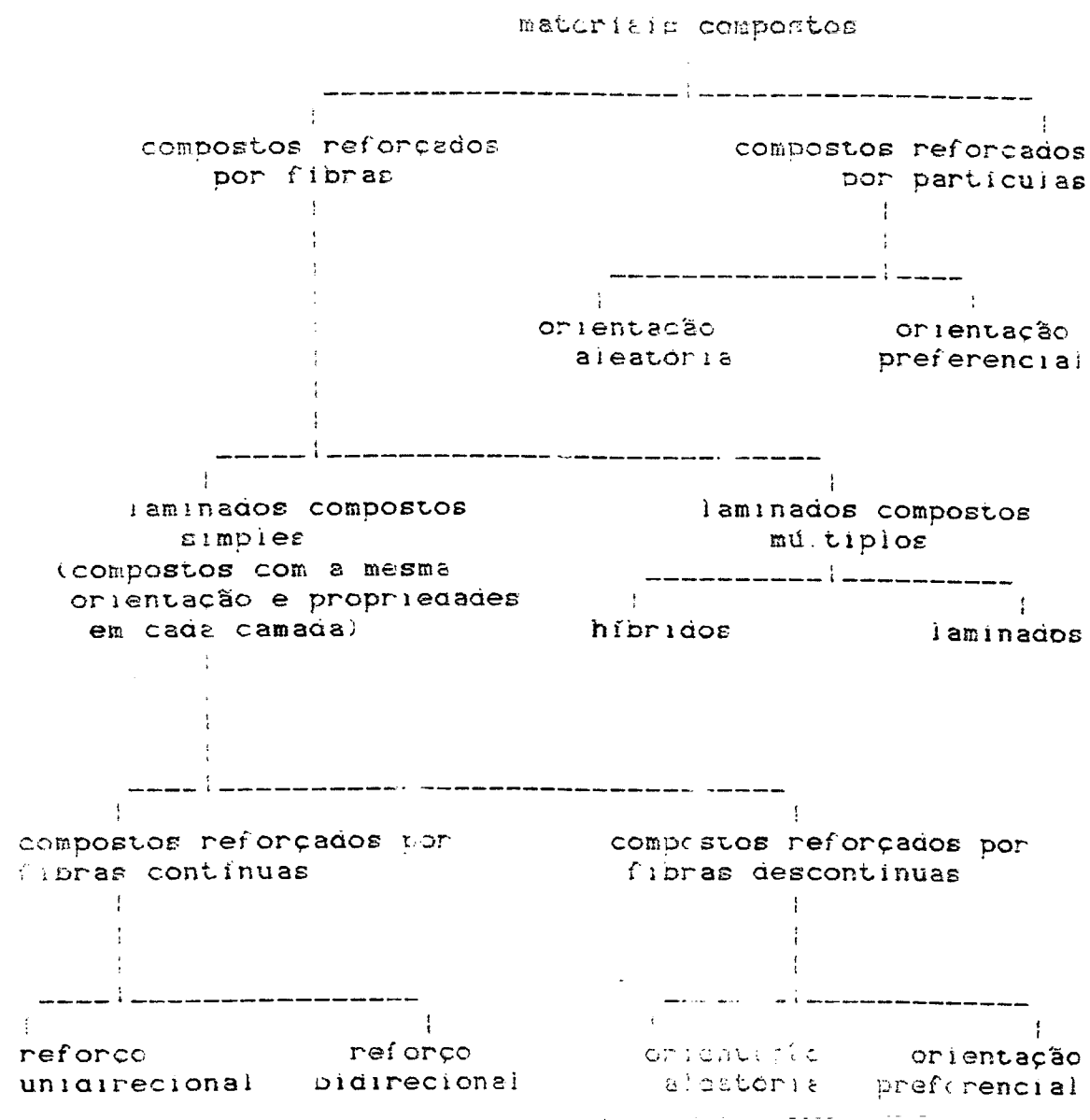


Figura 4.1 - Classificação dos Materiais Compostos.
 fonte: Agarwal & Broutman, 1980.

compostos fibrosos. A matriz serve para manter as fibras unidas, fazer a transferência de cargas e protegê-las das agressões do ambiente. Os fibrosos tem se tornado a mais importante classe de materiais compostos devido a sua capacidade de alcançar altos valores de resistência mecânica. Estes podem ser classificados como laminados simples ou laminados múltiplos.

O laminado simples pode ser constituído de diversas camadas ou lâminas distintas, desde que todas elas tenham as mesmas propriedades e orientação. Assim todo o laminado pode ser considerado como uma lâmina simples. No caso dos laminados reforçados por lã de vidro, não tecida, a orientação randômica é constante em cada camada e o composto resultante pode ser considerado um laminado simples.

A maior parte dos compostos usados em aplicações estruturais são laminados múltiplos. Estes consistem de diversas lâminas fibrosas simples onde a orientação e o material de cada uma varia de acordo com o projeto. A espessura de uma camada varia em torno de 0,1 mm, o que impede a sua utilização direta, a não ser que seja combinada com outras. Quando as diversas camadas de um laminado múltiplo forem de materias diferentes este é chamado de híbrido. A combinação de fibras de vidro ou kevlar com fibras de carbono é, as vezes, utilizada para compensar a baixa resistência a impactos desta última. Existem até mesmo, tecidos híbridos que constituem as lâminas híbridas.

Os reforços fibrosos podem ser longos ou curtos, o que dá origem aos compostos fibrosos contínuos e compostos fibrosos descontínuos respectivamente. Nos compostos descontínuos o

comprimento das fibras afeta suas propriedades e a função de transferência de cargas pela matriz fica mais crítica. Já nos compostos contínuos pode-se assumir que a carga é aplicada diretamente sobre a fibra e que estas, na direção da carga, são os principais elementos carregados. Deste modo, a função da matriz nestes compostos é essencialmente, manter as fibras unidas e em seus lugares e protegê-las das agressões do ambiente.

O laminado simples de fibras contínuas alinhadas todas na mesma direção formam os laminados unidirecionais. A dificuldade de manipulação do reforço unidirecional, mechas formadas por fibras alinhadas sem estarem trançadas, originou os pré-impregnados. Nestes, o reforço unidirecional já é fornecido embebido em resinas modificadas, pré-aceleradas ou pré-catalizadas, o que facilita a sua manipulação. Apresentam porém, o inconveniente de terem de ser estocados a baixas temperaturas para evitar a cura da resina no estoque. Além da alta resistência em uma direção, os pré-impregnados unidirecionais originam peças de melhor qualidade, uma vez que permitem reduzir a incidência de falhas na preparação da resina e na laminação.

Os laminados simples de fibras contínuas também podem ser bidirecionais de modo a melhor balancear suas propriedades nas direções ortogonais. Neste caso os reforços adquirem a forma de tecidos, de fácil manuseio durante a laminação. O escolha do tecido é feita em função do balanço das propriedades desejadas em cada direção.

A orientação da fibra picada em um laminado descontínuo pode ser de difícil controle. Na maioria dos casos assume-se uma

orientação aleatória. Entretanto em algumas regiões de peças injetadas pode ocorrer um considerável alinhamento na direção do fluxo de injeção, em outras, a orientação pode ser totalmente diferente. A fibra picada pode ser salpicada por meio de uma pistola, simultaneamente com a resina líquida, contra um molde de uma carroceria. Neste processo o reforço fica geralmente paralelo a superfície, formando uma estrutura isotrópica.

As duas características mais notáveis dos materiais compostos são sua alta relação resistência/peso e sua anisotropia controlada.

A tabela 4.1 lista algumas propriedades físicas e mecânicas de certos materiais estruturais metálicos e compostos bidirecionais. Nela, pode-se notar que os compostos são

materiais	volume de fibra (Vf) (%)	módulo de tração (E) (GN/m ²)	resistência à tração (σ_u) (GN/m ²)	densidade (ρ) (g/m ³)	módulo específico (E/ ρ)	resistência específica (σ_u/ρ)
aço doce	--	210	.45-.83	7.8	26.9	.058-.106
alumínio						
2024 T4	--	73	.41	2.7	27.0	.152
6061 T6	--	69	.26	2.7	25.5	.096
vidro E -epoxi	57	21.5	.57	1.97	10.9	.26
kevlar 49-epoxi	60	40	.65	1.40	29.0	.46
carbono -epoxi	58	83	.38	1.54	53.5	.24
boron -epoxi	60	106	.38	2.00	53.0	.19

Tabela 4.1 - Propriedades de materias estruturais convencionais e compostos bidirecionais.

fonte: Agarwal & Broutman, 1980.

geralmente superiores em resistência específica e módulo específico aos aços doces e ligas de alumínio.

Anisotropia controlada significa que as propriedades dos laminados podem ser facilmente alteradas na direção desejada, pela troca do material de reforço, sua orientação ou concentração durante o processo de fabricação.

Estas duas vantagens tornam os materiais compostos fibrosos muito atrativos em aplicações estruturais. Suas outras vantagens incluem facilidade de processamento e liberdade de formatos que conferem às peças. Entre as desvantagens pode-se citar a dificuldade com as fixações por pinos, parafusos ou rebites, a inflamabilidade do material, a perda das propriedades mecânicas a altas temperaturas, a falta de rigidez e a pouca dureza superficial.

4.5 - A tecnologia para o projeto.

A tecnologia disponível, com a aquisição do acervo do motoplanador RF-10, é basicamente um sistema vidro/epoxi de cura a 60. C. O reforço, bidirecional, é constituído por tecidos de fibra de vidro de gramatura variando entre 105 e 390 g/m². Existe também um reforço unidirecional, de mechas de fibras de carbono que é utilizado nos componentes de maior responsabilidade estrutural. Uma resina epoxi, catalizada no momento da laminação, compõe a matriz do sistema. As alternativas construtivas incluem laminados múltiplos (camadas com orientações diferentes), laminados híbridos (fibra de vidro com fibra de carbono) e estruturas tipo sanduíche, onde os laminados múltiplos constituem

as cascas externas e uma espuma de PVC, o material de enchimento.

O processo prevê a laminação manual, com a resina sendo aplicada por pincéis ou rolos sobre as camadas de reforço. Após a laminação, as peças estruturalmente mais importantes são encapsuladas em uma sacola de vácuo que retira as bolhas de ar aprisionadas na peça durante a laminação. A cura é feita durante 12 h a temperatura ambiente, com mais 12 h em estufa a 60. C (pós cura).

O sistema construtivo a ser utilizado na poltrona é baseado no do motoplanador, porém com nacionalizações, visando adaptá-lo a nossa realidade. Por questão de segurança, a resina epoxi original (inflamável) foi substituída por uma resina epoxi nacional auto-extinguível com cura à temperatura ambiente. A utilização de uma estufa pode diminuir pela metade o tempo de cura desta resina, de 12 h à temperatura ambiente, para 6 h a 80. C. A sacola de vácuo foi alterada para possibilitar, além da retirada das bolhas de ar, a retirada do excesso de resina aplicada. Desta forma assegura-se o desempenho mecânico ideal da peça, sem peso em excesso.

O funcionamento da nova sacola é o seguinte: após a laminação, a peça é coberta por um tecido de polipropileno, por uma camada de material absorvente e por um filme plástico, no qual são instalados ventis ligados a uma pequena bomba de vácuo. Quando a bomba é ligada a pressão negativa na sacola faz com que a peça seja comprimida pela pressão atmosférica. Aí então, o excesso de resina atravessa o tecido de polipropileno e é retido pelo material absorvente. Como o tecido de polipropileno não

adere a peça, o conjunto da sacola é facilmente removido após a cura.

Para avaliar o comportamento estrutural do material, é necessário que se conheça algumas de suas constantes físicas e mecânicas. Com este objetivo, ensaios de tração, compressão e de conteúdo de resina foram executados conforme as ASTM D-3039-76, ASTM D 3410-75 e ASTM 3171-76. Os corpos de prova foram cortados de um laminado simples de 8 camadas de tecido de fibra de vidro 92.110 da Interglass, de 163 g/m² e resina epoxi auto-extinguível CY 8043 da Ciba Geigy, curado a temperatura ambiente, durante 12 horas, em sacola de vácuo. Os dispositivos aos quais os corpos de prova (c.d.p.) foram fixados para a realização dos ensaios de compressão e cisalhamento foram cedidos pela Varig (Viação Aérea Riograndense S.A.). Os resultados dos ensaios físicos e mecânicos, executados em laboratórios da Universidade Federal do Rio Grande do Sul estão no quadro 4.1 e o relatório dos ensaios mecânicos está no Anexo 2.

O conhecimento destas constantes porém, não é suficiente para que se possa fazer uma análise estrutural completa de uma peça de laminados múltiplos ou estrutura sanduíche. Para tanto, deveria-se conhecer também o coeficiente de Poisson e o módulo de cisalhamento do material. Aí porém, os c.d.p. deveriam estar instrumentados com "strain-gages" ou extensômetros, capazes de medir suas deformações longitudinais e transversais. Devido ao alto custo dos extensômetros apropriados a materiais plásticos, é conveniente que estes sejam utilizados em uma etapa posterior do com os materiais compostos disponíveis na Aeromot.

Material	
laminado bidirecional de vidro/epoxi reforço - tecido 92.110 (Interglass) matriz - resina CY 8043(Ciba Geigy) catalizador - HY 951 (Ciba Geigy) número de camadas - 8 cura - 12 h em sacola de vácuo a temp. ambiente porcentagem de fibra - 60 % densidade - 1,8	
Propriedades Mecânicas	
módulo de elasticidade [GN/m ²]	- 10,22
resistência à tração 0/90°[GN/m ²]	- 0,25
resistência à tração 45°[GN/m ²]	- 0,14
resistência à compressão [GN/m ²]	- 0,37
resistência ao cisalhamento [GN/m ²]	- 0,09

Quadro 4.1 - Propriedades físicas e mecânicas de uma construção

projeto, quando a sua viabilidade estiver comprovada. Por enquanto, os valores do quadro 4.1 são suficientes para sugerir que o sistema disponível pode ser utilizado em aplicações estruturais.

4.6 - Conclusão.

Este capítulo completa o bloco de informações sobre o estado-da-arte das poltrona de passageiros para a aviação comercial.

No próximo capítulo serão apresentadas as soluções alternativas que surgiram a luz dos critérios e parâmetros de projeto, já definidos.

5 - SÍNTESE DE SOLUÇÕES ALTERNATIVAS.

5.1 - Introdução

Neste capítulo serão apresentadas as concepções alternativas criadas a luz dos critérios e parâmetros de projeto. Antes porém, é necessário que se faça a definição do perfil de conforto para o assento e encosto com base em fatos e dados científicos. Para tanto, primeiramente será feita uma análise dos problemas relacionados com uma postura sentada inadequada. Aspectos ligados com a definição da população alvo, bem como dos critérios de escolha, entre os valores máximos e mínimos, das grandezas antropométricas relacionadas com o projeto, serão abordados a seguir. Este tópico finaliza com a apresentação do modelo de conforto construído em escala natural, com base no perfil teórico desenvolvido.

A apresentação das diferentes concepções geradas na etapa de síntese de soluções alternativas e o seu posterior estudo de viabilidade encerra este capítulo.

5.2 - Definição do Perfil de Conforto.

Em suas origens, a poltrona era associada a um símbolo de status. Remotamente, só o chefe de um grupo social possuía o direito de sentar-se em uma poltrona, ficando assim, elevado em relação aos outros membros, que sentavam-se no chão. Esta situação evoluiu até o seu apogeu com o trono representando o símbolo máximo da hierarquia social. Atualmente, é possível identificar-se os resquícios desta hierarquização nas indústrias,

escritórios, repartições públicas, etc....

A postura sentada proporciona descanso para o corpo através da redução do esforço estático das pernas e conseqüentemente da demanda de energia. Porém, posturas inadequadas podem acarretar sérios problemas de dores nas pernas, órgãos digestivos e costas.

Os problemas com as pernas estão relacionados principalmente, com a altura e comprimento do assento. Uma pessoa baixa, sentada em uma poltrona com o assento alto, pode ficar com as pernas suspensas no ar, o que prejudica a circulação e pressiona os nervos da perna, levando ao formigamento. São as nádegas que devem suportar o peso do corpo sentado e não as coxas.

Se uma postura inadequada força o tronco para frente, os órgãos digestivos são pressionados, prejudicando o seu pleno funcionamento.

Em outras posturas, o formato natural da coluna, um "S" alongado, é invertido em sua região lombar, onde, em vez da curvatura para trás, tem-se uma curvatura para frente. Este fato ocasiona uma distribuição assimétrica na pressão interna nos discos intervertebrais. Os discos são uma espécie de amortecedores hidráulicos que, localizados entre as vértebras, são responsáveis pela flexibilidade geral da coluna. São compostos por um núcleo fluido encapsulado por um anel fibroso. Com o aumento localizado da pressão, decorrente de um carregamento assimétrico, os discos tornam-se achatados nestes pontos, e em casos extremos, o fluido do núcleo pode romper o anel fibroso e escorrer para fora (Fig 5.1). O sentar prolongado

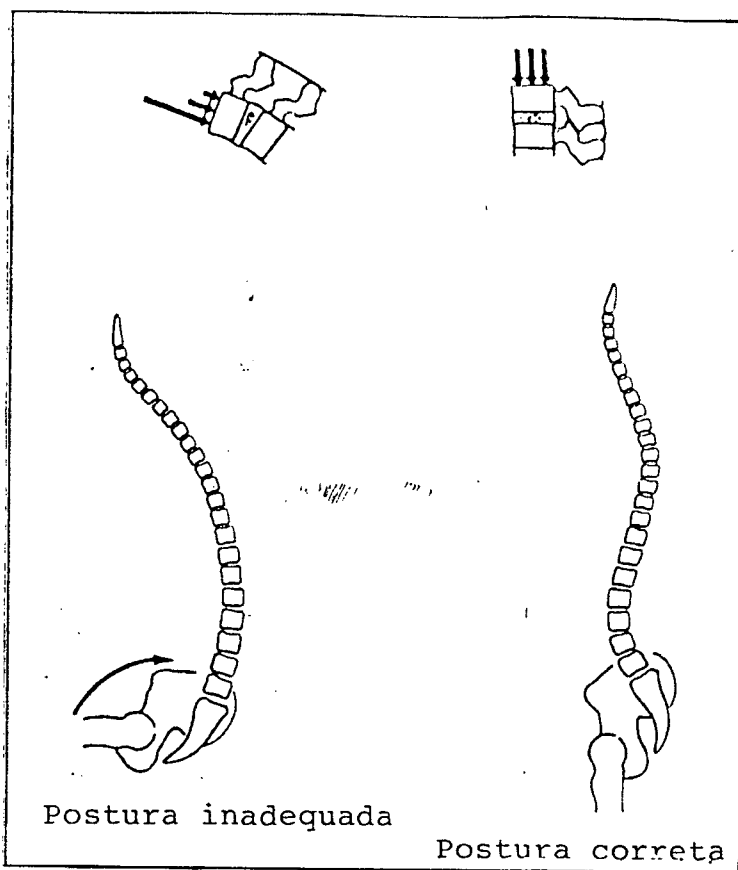


Figura 5.1 - Distribuição de esforços sobre os anéis intervertebrais.

e em posturas inadequadas pode acelerar a degeneração dos discos, causando incomodos e dores, principalmente para pessoas já com problemas de coluna.

Boa parte destes problemas podem ser evitados através do correto dimensionamento do perfil do encosto/assento da poltrona.

Uma boa definição da população alvo e dos critérios estatísticos para a seleção das grandezas antropométricas é a primeira tarefa para um dimensionamento correto. No caso, como esta poltrona destina-se principalmente a equipar a aeronave EMB-120 Brasília, ainda na fábrica, a população alvo torna-se muito geral, uma vez que estes aviões são vendidos para um grande número de países. Aliado a isto, a falta de levantamentos

antropométricos no Brasil fez com que as grandezas antropométricas consideradas, sejam as correspondentes a uma amostra estrangeira. Kroemer, citado por Grandjean (8,37), executou na República Federal da Alemanha, um levantamento das dimensões externas de 15.700 homens e 17.700 mulheres, com idade entre 20 e 65 anos (Quadro 5.1). Uma comparação com levantamentos de outros países, mostrou que estes dados são bem similares aos obtidos na França, Inglaterra, EUA e Suíça. A escolha desta amostra, se por um lado dificulta a adequação da poltrona ao

 Grandezas Antropométricas Relevantes ao Projeto de Poltronas

Grandeza	Homens [mm]		Mulheres [mm]	
	média	90%	média	90%
Comprimento da perna	450	420-480	430	400-460
Comprimento da Coxa	500	460-540	460	430-500
Distância entre o cotovelo e a base do assento	240	200-280	240	200-280
Comprimento do Ante-Braco	470	430-510	420	380-460
Distância entre o ombro e a base do assento	590	540-640	540	490-590
Distância entre o topo da cabeça e a base do assento	900	840-960	850	790-910
Comprimento da perna até acima do joelho	550	510-590	500	460-540
Largura dos ombros	435	--	412	--
Largura da Pélvis	340	--	343	--

Quadro 5.1 - Grandezas Antropométricas relevantes para o projeto de poltronas. Retiradas de um levantamento realizado por Kroemer (8,37) com uma amostragem de 15.700 homens e 17.700 mulheres, despidos, com idade de 20 e 65 anos, naturais da República Federal da Alemanha. Inclui o valor médio da grandeza para os homens e mulheres, bem como os limites correspondentes a 90% da amostragem.

mercado nacional, por outro, a adequa perfeitamente ao mercado externo (EUA e Europa), para onde estão sendo exportados os aviões Brasília.

A definição dos critérios estatísticos para a seleção das grandezas antropométricas deve ser feita caso a caso. Assim como existem situações em que valores médios se aplicam, em outras, os máximos ou mínimos devem ser adotados.

Os principais fatores que influenciam o conforto do assento são: a altura de borda anterior, o comprimento, a inclinação e a largura.

a - De modo a evitar que as pessoas pequenas fiquem com as pernas no ar, a altura da borda anterior do assento, deve ser dimensionada para os menores valores de comprimento da perna, de ambos os sexos, encontrados na amostragem. O valor mínimo, correspondente ao percentil 5% e' de 400 mm.

b - O comprimento do assento, com o objetivo de evitar pressões sobre a parte de baixo da coxa, deve ser dimensionado para o menor valor encontrado para comprimento de coxa, 430 mm.

c - A inclinação do assento tem como objetivo evitar que as pessoas deslizem para frente, quando recostadas. Segundo Grandjean, esta inclinação deve estar entre 14 e 24 graus com a horizontal. Neste caso foi adotada uma inclinação de 14 graus para facilitar a saída da poltrona, já que, com valores maiores, a parte de trás do assento ficaria muito baixa.

d - A largura do assento deve ser dimensionada para os valores máximos encontrados para a largura de pélvis na amostra,

ou seja 343 mm. Entretanto, consta nas especificações de projeto por parte da Embraer, que a largura do assento deve ser de 440 mm, evidentemente proporcionando maior conforto para os passageiros.

Os fatores que afetam o conforto do encosto são: a inclinação, o perfil anatômico e a largura.

a - A inclinação do encosto, em relação ao assento deve ser, segundo gráfico de Grandjean (8,56) com valores de Nachemson e Andersson, de 130 graus. Nesta inclinação, a pressão nos discos intervertebrais e o esforço estático nos músculos das costas são mínimos. Porém, a limitação de espaço devido a reduzida distância entre as poltronas (29") fez com que se adota-se uma inclinação média para o encosto de 110 graus.

b - O perfil anatômico do encosto deve ser aquele que proporcione o correto posicionamento da coluna do passageiro na poltrona. Este posicionamento deve ser o mais próximo possível do natural, ou seja um "s" alongado. Grandjean (8,59) desenhou o perfil de encosto/assento para uma poltrona confortável (Fig 5.2), segundo as impressões de um grande número de pessoas que testaram a sua "máquina de sentar". Este perfil possui o formato do "s" alongado, com apoio na região lombar forçando a coluna para a frente. O perfil de conforto para o encosto adotado no projeto é derivado do desenvolvido por Grandjean.

c - A largura do encosto deve ser relativa a largura dos ombros. Aqui não há a necessidade imperiosa desta corresponder ao máximo valor da amostra. O valor correspondente a média das grandezas pode ser adotado, sem causar grande desconforto para os

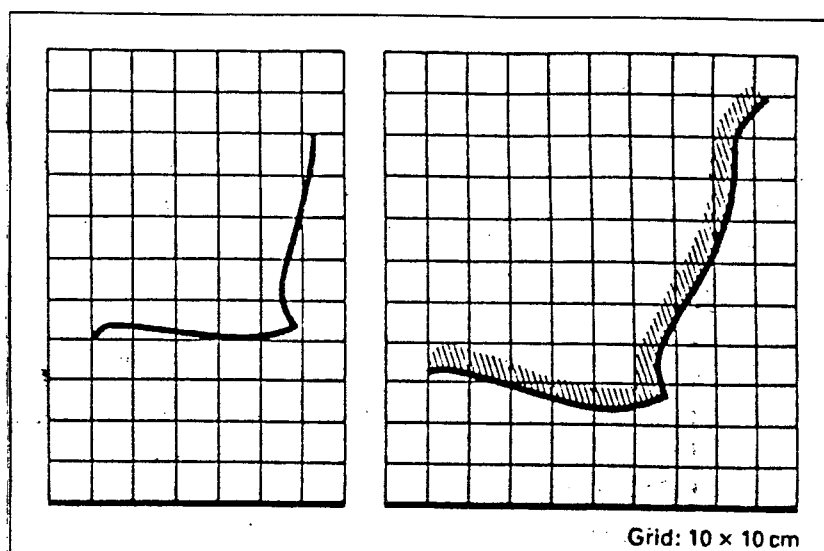


Fig. 5.2 - Perfis para poltronas multi-uso (esq.) e poltronas de descanso (dir.), os quais causaram um mínimo de queixas subjetivas.

fonte: Grandjean, 1981.

extremos da população. O valor medio é de 435 mm, porém como a largura indicada pela Embraer é de 440 mm, este último valor foi o adotado.

Uma vez definidos estes valores, a curva correspondente ao melhor perfil de conforto foi desenhada em escala natural (Anexo 2). Para poder avaliar o conforto que este perfil proporcionaria, um modelo de madeira, também em escala natural foi executado (Fig 5.3 e 5.4). A superfície de conforto foi formada por cavernas longitudinais e transversais de compensado naval. Os espaços entre as cavernas foi preenchido com espuma rígida de poliuretano e toda a superfície coberta por um laminado simples de vidro/poliéster. Foram usadas dois tipos de espumas flexíveis para comporem as almofadas do assento e do encosto. As

de maior densidade foram colocadas nas regiões de maior concentração de carga, para melhor distribuírem as reações da

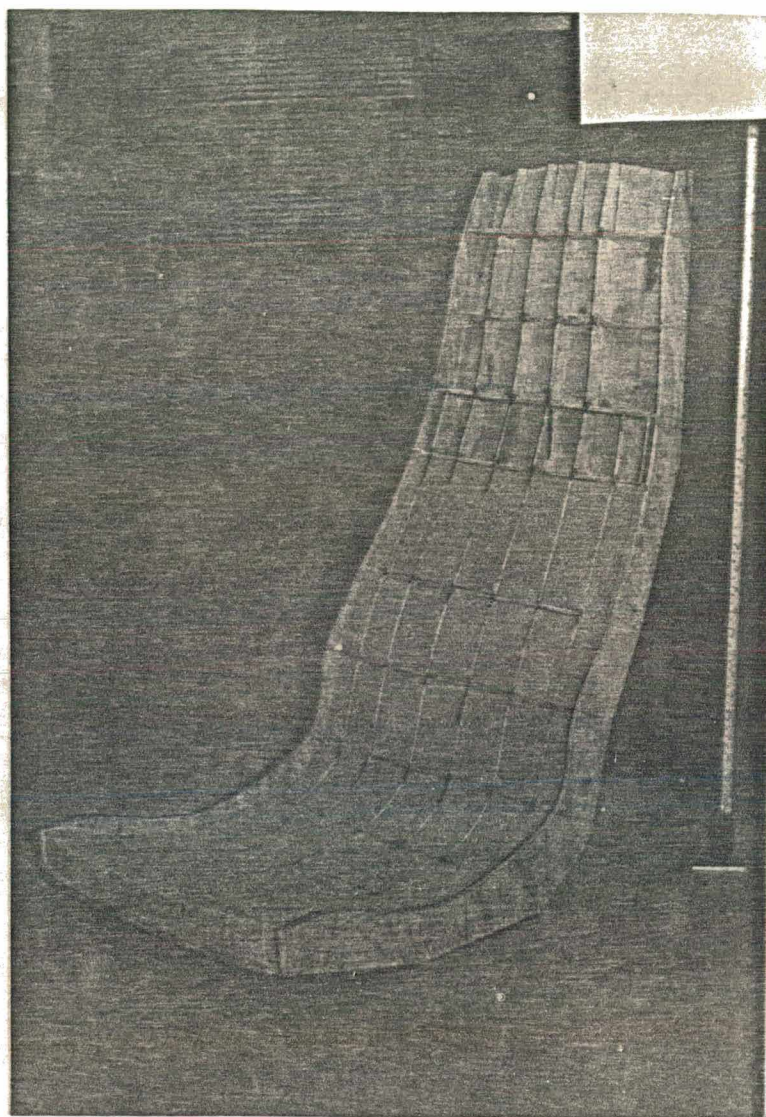


Figura 5.3 - Construção do perfil de conforto.

poltrona sobre o corpo.

Tendo sido testado e aprovado pelos próprios funcionários da Aeromot, este perfil de conforto constitui a base para as soluções alternativas de projeto.

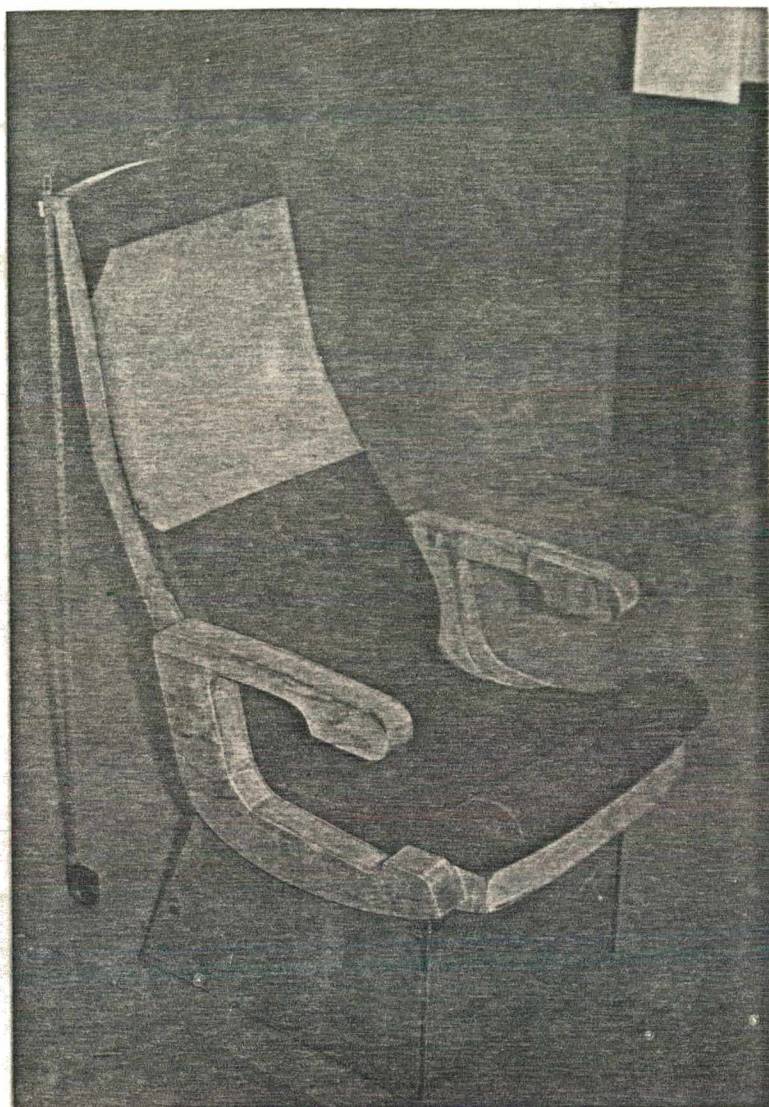


Figura 5.4 - Modelo de conforto concluído.

5.3 - As Soluções Alternativas.

As seguintes concepções constituem quatro combinações diferentes entre as diversas alternativas para os diversos sistemas. Seu objetivo é mais, apresentar as soluções possíveis para os conjuntos do que se constituírem em alternativa em si. Em outras palavras, a concepção que será desenvolvida a partir da fase de projeto preliminar, pode ser uma quinta combinação, diferente das quatro apresentadas.

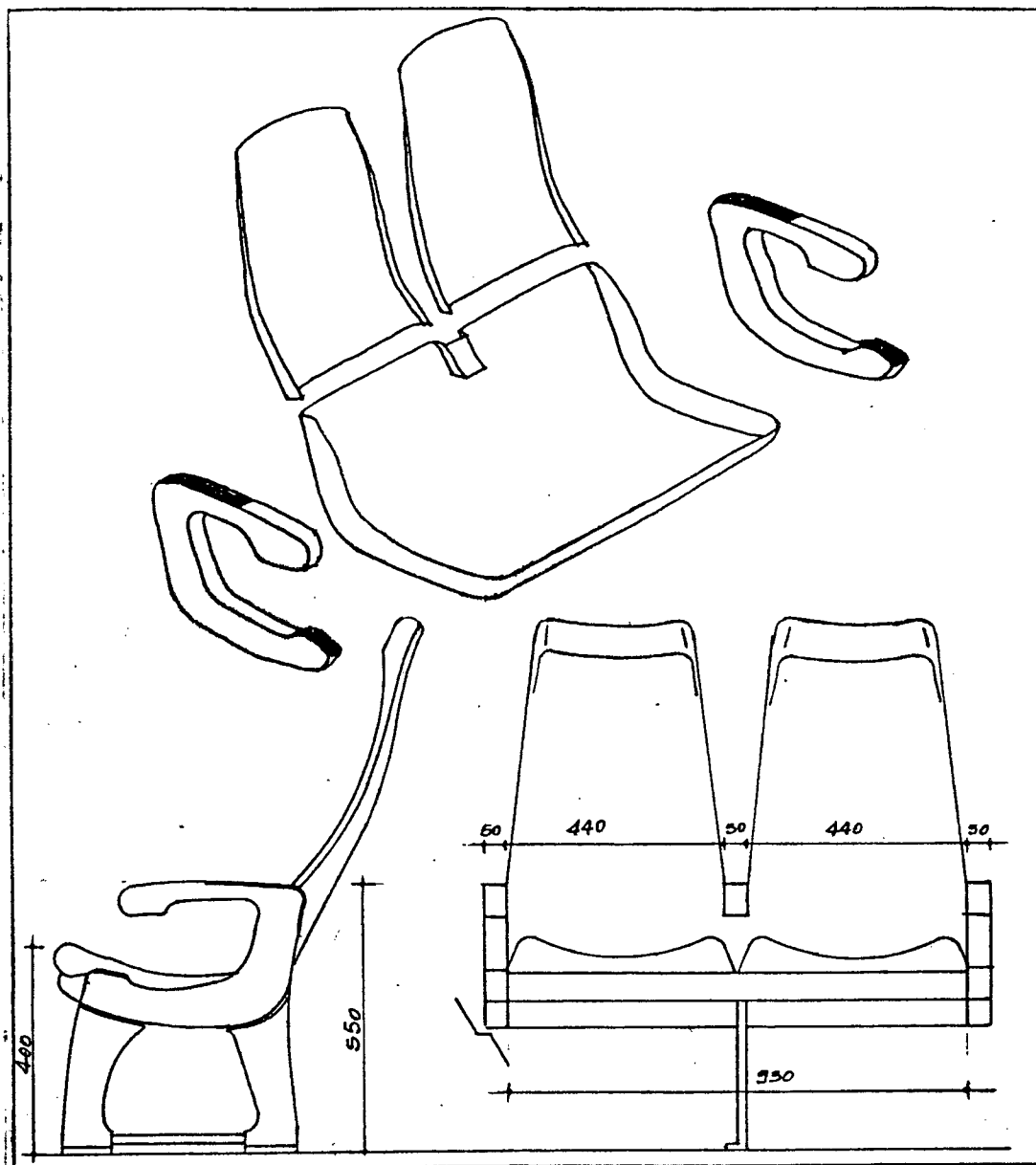


Figura 5.5 - Solução alternativa A.

5.3.1 - Solução alternativa A. (Fig. 5.5)

Esta é uma concepção inteiramente em material composto. A estrutura básica é constituída por uma superfície curva, em construção sanduíche, que apresenta o perfil de conforto definido para o assento e base do encosto. Com a finalidade de enrigecer a estrutura, suas bordas são viradas para cima. As pernas, também construção sanduíche, são fixadas a estrutura básica por meio de uma chapa com insertos, capaz de ser deslocada lateralmente. Os

descansa-braços, em material composto, acompanham, em sua parte inferior o perfil do assento e são compostos por duas peças que se encaixam lateralmente. O encosto, que também segue o perfil de conforto definido, é, em sua base, uma peça de construção sanduíche. Daí para cima a espessura núcleo vai diminuindo gradualmente até desaparecer.

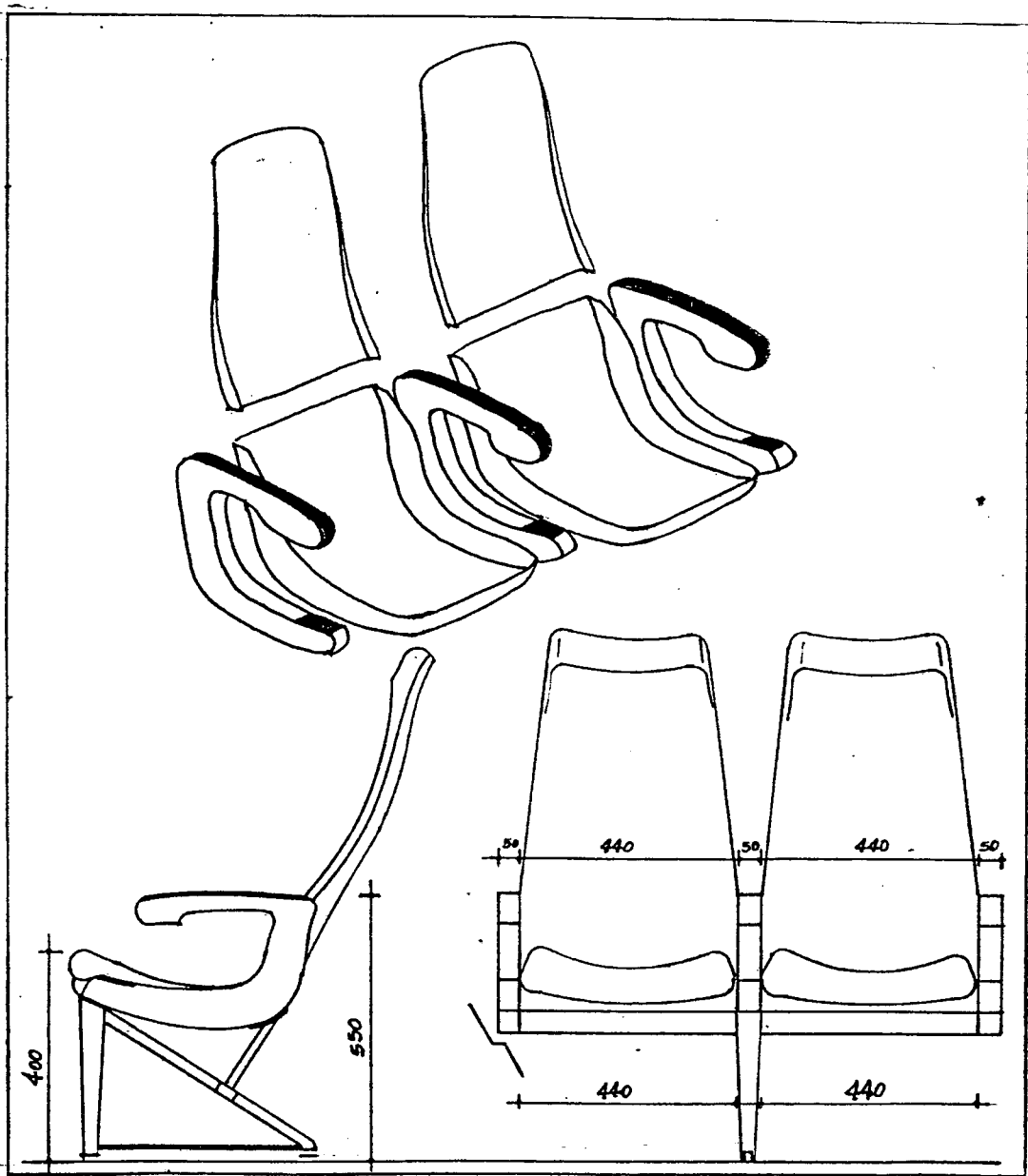


Figura 5.6 - Solução alternativa B.

5.3.2 - Solução alternativa B. (Fig. 5.6)

Esta é uma solução híbrida, que apresenta o conjunto das pernas inteiramente metálico. Possui assim a perna dianteira de chapa dobrada e um elemento traseiro que incorpora a travessa inclinada e a perna traseira ao mesmo tempo. É uma concepção mais apropriada a resistir cargas dinâmicas. A estrutura básica é modular, onde o assento é um módulo e o descansa-braço o outro. A combinação entre eles pode gerar tanto poltronas duplas como simples (Fig. 5.7).

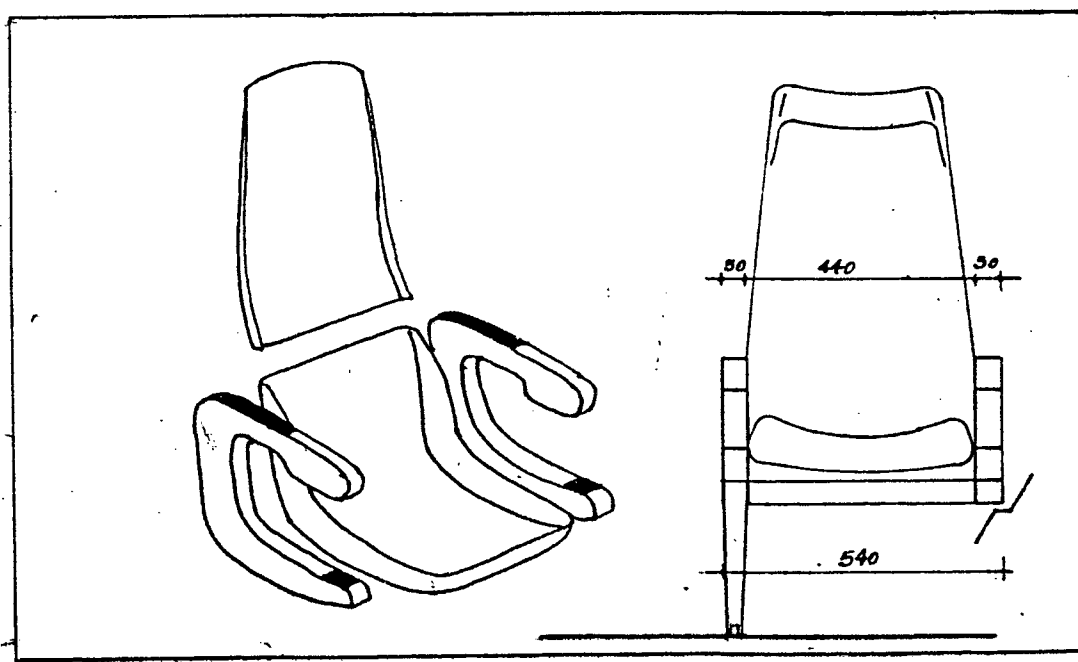


Figura 5.7 - Poltrona simples (concepção B).

5.3.3 - Solução alternativa C. (Fig. 5.8)

Esta concepção, também híbrida, apresenta pernas metálicas, a dianteira de tubo e a traseira de chapa dobrada. É uma construção amplamente dominada pela Aeromot, uma vez que equipa a poltrona Brasília metálica. Sua estrutura básica incorpora nas laterais a parte inferior dos descansos-braços. A parte superior destes é metálica, fixada a estrutura por pinos. Os encostos são os mesmos das alternativas anteriores.

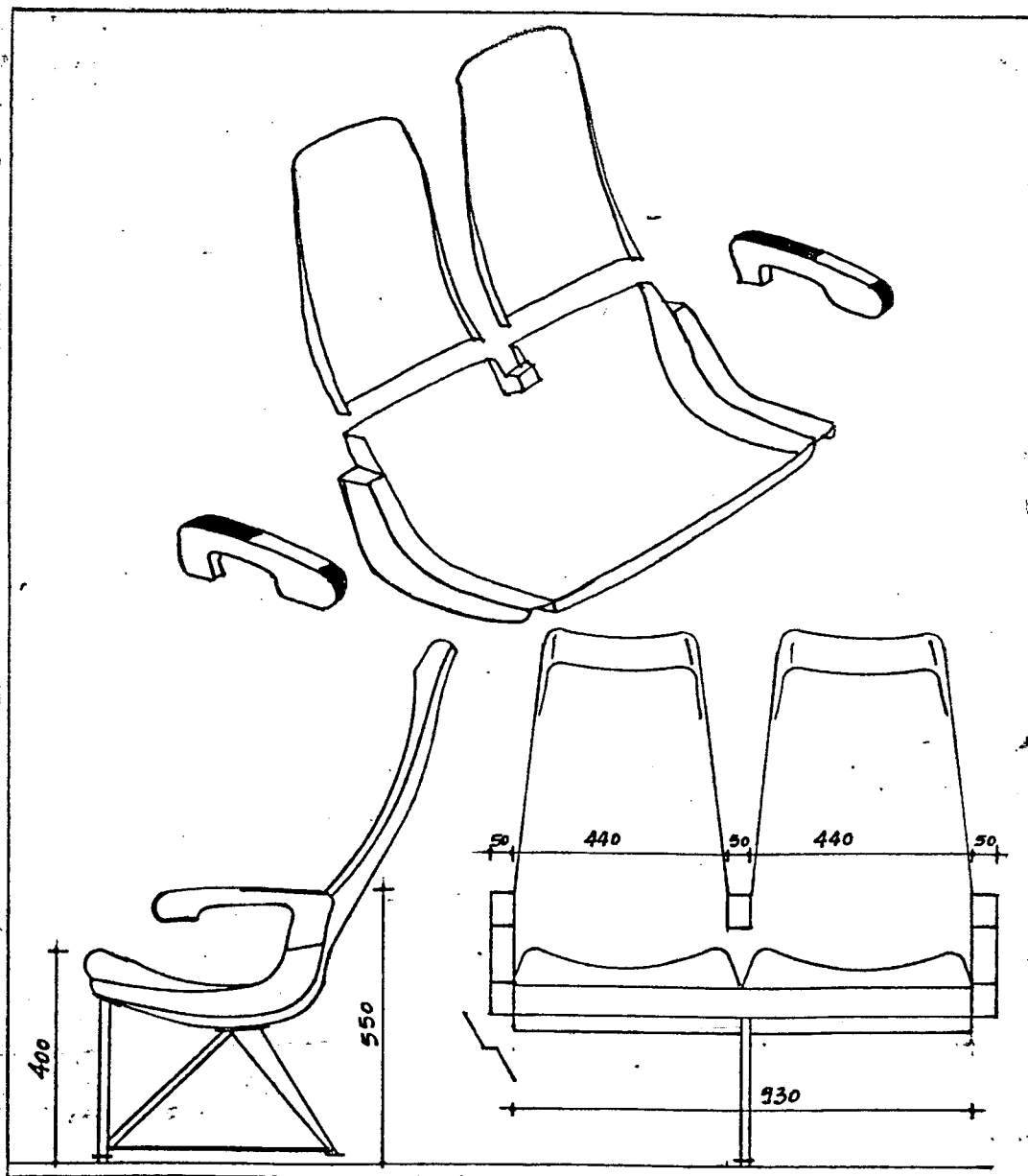


Figura 5.8 - Solução alternativa C.

5.3.4 - Solução alternativa D. (Fig 5.9)

Esta é uma concepção inteiramente em compostos. Apresenta uma estrutura básica mais larga, uma vez que a parte inferior dos descansa-bracos foi eliminada. Desta forma sobra mais espaço para os assentos. O conjunto das pernas é constituído por uma peça

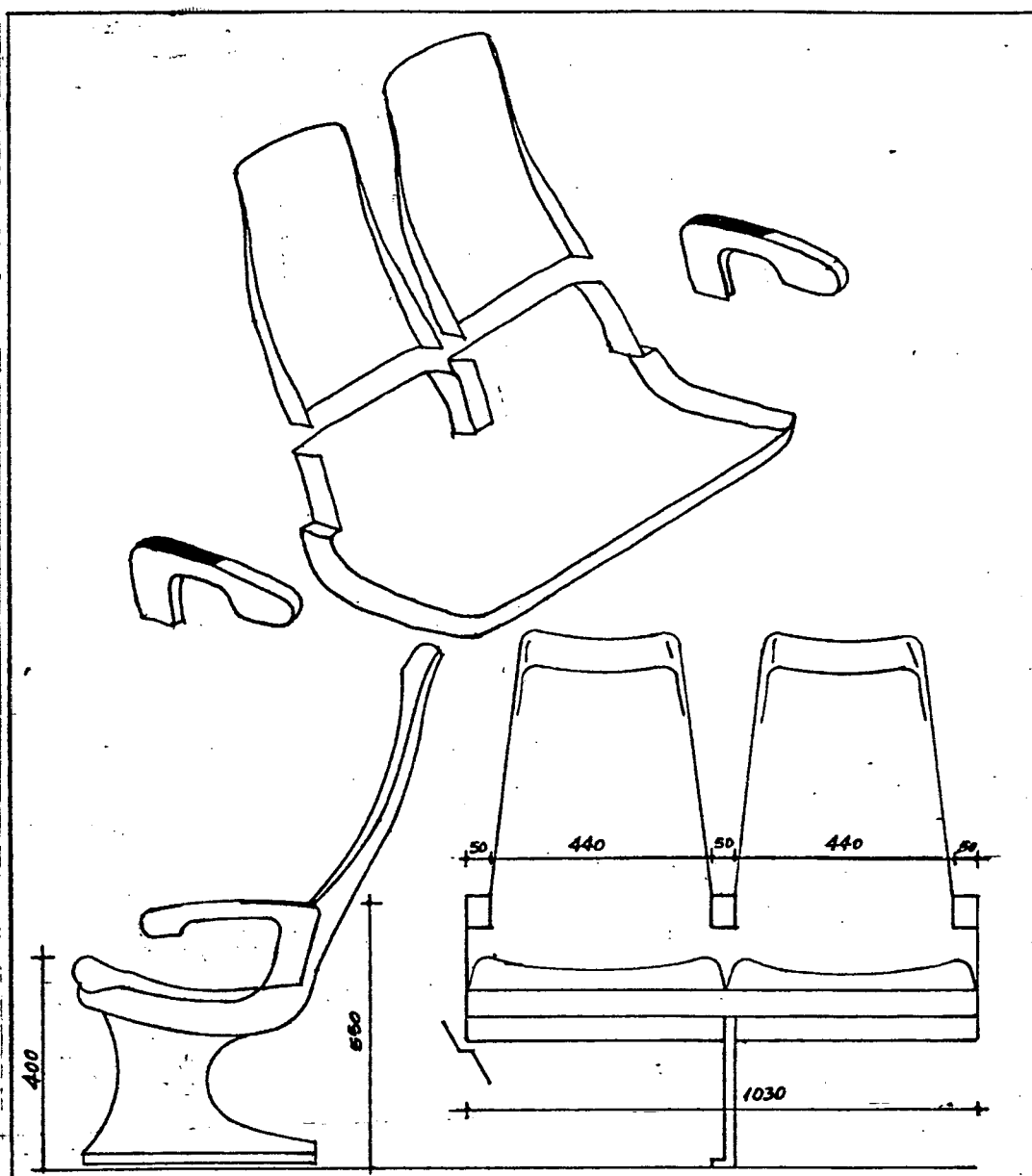


Figura 5.9 - Solução alternativa D.

somente. Esta tem construção sanduíche com o formato aproximado de um "X", uma tendência verificada para resistir aos 16 g dinâmicos. A estrutura do encosto é formada por um laminado múltiplo sem material de enchimento. Para manter a rigidez do encosto, suas bordas foram substancialmente aumentadas. O descansa-braço é formado por uma peça de seção "U" e por uma tampa superior, que coladas, fecham o conjunto.

5.4 - Estudo de Viabilidade.

Nesta etapa será realizada a triagem das soluções alternativas segundo sua viabilidade. Aqui não será escolhida a melhor solução, mas apenas verificada a viabilidade das propostas.

As alternativas são muito parecidas e fisicamente viáveis. A diferença entre elas está no tempo de maturação. As concepções híbridas, que apresentam componentes metálicos, são soluções mais rápidas, devido ao maior domínio da tecnologia. As pernas em material composto necessitarão de mais estudos e testes para a sua utilização.

Financeiramente, as alternativas apresentam poucas diferenças entre si, com custos de desenvolvimento e com facilidades de infraestrutura de fabricação semelhantes. Há a necessidade de investimentos em uma sala com temperatura e umidade controladas, moldes, estufa, bomba de vácuo, mesas e bancadas conforme o quadro 5.2.

Economicamente, haveria pequena diferença entre as

[US\$]

INVESTIMENTO FIXO	68,500.00		
CONSTRUÇÃO CIVIL	15,000.00		
1 Sala com 100 m2, de alvenaria de tijolo aparente, com forro de concreto pré-moldado, piso de cimento alisado e com instalações elétricas e hidráulicas			15,000.00
EQUIPAMENTOS E INSTALAÇÕES	16.500.00		
1 Central de ar-condicionado			5,000.00
1 Estufa			3,500.00
4 cj. de moldes			5,000.00
2 Bombas de vácuo c/motor			2,000.00
4 mesas			500.00
4 bancadas			500.00
DESENVOLVIMENTO	37,000.00		
1 Equipe técnica*			35,000.00
2 protótipos			2,000.00
FATURAMENTO ANUAL	360,000.00		
	P. Simples	P. Duplas	Total
Produção mensal	10	10	20
Preço de venda	1,000.00	2,000.00	
Faturamento mensal	10,000.00	20,000.00	30,000.00
Faturamento anual	120,000.00	249,000.00	360,000.00

* obs- 1 ano - Engenheiro
Técnico
Projetista

Quadro 5.2 - Estimativa de Investimentos Fixos e Faturamento esperados para a implantação do programa de poltronas em material composto.

Fonte - Sistema de Custo - Aeromot Indústria.

concepções. As alternativas híbridas teriam um acréscimo nos custos da mão de obra direta, devido a necessidade de fabricação de peças metálicas.

Estima-se que para a fabricação de uma poltrona dupla,

integralmente em compostos, seriam necessários cerca de US\$ 450.00 por assento (ver quadro 5.3).

[US\$]			
MATERIA PRIMA	QTD	CUSTO UNITÁRIO	SEMI-TOTAL
(incorporada ao produto)			
tecido 92.110 (Interglass)	4 kg	3.45	13.80
resina epoxi CY 8043 (Ciba Geigy)	5 kg	20.00	100.00
endurecedor HY 951 (Ciba Geigy)	0,5 kg	18.51	9.25
espuma de PVC esp. 8 mm (Kleegecel)	5 m2	1.50	7.25
fibra de algodão	500 g	2.36	1.18
micro-esferas de vidro	500 g	8.62	4.31
compensado naval	0,1 m2	56.77	5.67
produtos standard	-	-	100.00
tecidos e espumas	-	-	200.00
(não incorporada ao produto)			
filme plástico (Plavinil cristal 10)	5 m2	1.00	5.00
véu de poliéster (Rhódia 50 gr/m2)	10 m2	0.50	5.00
tecido de polipropileno (Fresal)	10 m2	0.30	3.00
massa de calafetar	2 cx	0.06	1.28
desmoldante QZ 11	1 cx	11.52	5.76
SUB TOTAL			461.50
MAO DE OBRA DIRETA			
laminação	10 HH	7.67	76.70
acabamento	10 HH	4.10	41.10
comp. metálicos	30 HH	6.18	185.55
montagem	5 HH	4.55	22.75
cola e costura	20 HH	4.55	91.00
SUB TOTAL			417.10
ENERGIA ELETRICA			
estufa	36 kw	0,1	3.60
bomba de vácuo	9 kw	0,1	0.90
iluminação	6 kw	0,1	0.60
SUB TOTAL			5.10
CUSTOS INDUSTRIAIS DIRETOS POLTRONA DUPLA TOTAL			- 883.60

Quadro 5.3 - Estimativa preliminar dos custos com materiais, mão de obra e energia elétrica envolvidos na fabricação de uma poltrona dupla integralmente em materiais compostos.

Fonte - Sistema de Custos - Aeromot Indústria.

Segundo o quadro 5.4, o total de despesas gerais, que incluem despesas gerais variáveis e fixas chega a US\$ 700.00 por assento.

[US\$]	
CUSTOS OPERACIONAIS ANUAIS	
CUSTO INDUSTRIAL DIRETO	159,066.00
Matéria Prima	83,070.00
Energia Elétrica	918.00
Mão de Obra Direta	75,078.00
CUSTO INDUSTRIAL INDIRETO	23,678.00
Mão de Obra Indireta(30% M/O Dir)	22,523.00
Seguros (2% Equip)	330.00
Manutenção (5% do Equip)	825.00
CUSTO DE PRODUÇÃO	182,744.00
DESPEAS GERAIS VARIÁVEIS	218,466.00
Custo Ind. direto	159,066.00
ICM (10% Fat)	36,000.00
Despesas c/vendas (3% Fat)	10,800.00
Despesas financeiras (1,5% Fat)	5,400.00
Outras Despesas (2% Fat)	7,200.00
DESPEAS GERAIS FIXAS	34,478.00
Custo Ind. Indireto	23,678.00
Despesas Administr.	10,800.00
TOTAL DE DESPEAS GERAIS	252,944.00
TOTAL DE RECEITAS	360,000.00

Quadro 5.4 - Estimativa de Custos Operacionais correspondentes ao primeiro ano de produção.

Uma poltrona dupla em materiais compostos que estivesse dentro do peso estipulado pela Embraer alcança hoje, segundo informações da Aeromot, um preço de mercado de até US\$ 1,000.00 por assento. O novo programa pode fornecer assim, uma lucratividade de 18,09% a.a. (ver quadro 5.5).

[US\$]

PROJEÇÃO DE LUCROS E PERDAS	
RECEITA	360,000.00
CUSTO DE PRODUÇÃO	182,744.00
LUCRO BRUTO	177,256.00
Despesas gerais	70,200.00
(- Custo de Produção)	
Despesas financ	5,478.00
(12% sobre Invest. Fixos)	
Depreciação*	2,250.00
LUCRO ANTES DO I.R.	100,228.00
I.R. (35%)	35,080.00
LUCRO LIQUIDO	65,148.00

LUCRATIVIDADE - Lucro Líq./Receita = 18,09% a.a.

* obs - Depreciação

	vida útil	taxa	valor
Constr. Civil	25 anos	4% a.a.	600.00
Equipamento	10 anos	10% a.a.	1,650.00
		total	2,250.00

Quadro 5.5 - Estimativa da Projeção de Lucros e Perdas e da Lucratividade do investimento.

Uma vez a poltrona tendo incorporado soluções técnicas que antecipem os novos requisitos de resistência a cargas dinâmicas, a Aeromot poderia se habilitar a suprir a demanda das companhias aéreas regionais brasileiras. Estes possuem mais de 2.000 poltronas que podem vir a ser substituídas no caso de mudanças dos critérios de norma.

O estudo realizado comprova a viabilidade técnica, econômica e financeira do projeto. O trabalho de seleção da melhor alternativa, previsto para a etapa de projeto preliminar, deverá ser feito com base nas possibilidades de minimização de peso e dos custos apresentadas pelas alternativas.

5.5 - Conclusão.

Neste capítulo foram apresentadas as últimas etapas da fase de Análise de Viabilidade do projeto. A partir da próxima fase, Projeto preliminar, as concepções aqui apresentadas deveriam passar por um processo de seleção mais apurado, de modo a definir uma concepção que será desenvolvida. Porém, devido a problemas financeiros, o projeto foi interrompido ao final desta etapa, e assim permanece até o momento.

Finalizando a dissertação, serão apresentadas a seguir as conclusões gerais deste trabalho.

6 - CONCLUSÕES

A inovação é uma necessidade para as empresas em geral, e mais ainda para aquelas que atuam em setores de alta tecnologia, como o setor aeronáutico. A inovação pelo produto é um processo que envolve parcela de risco considerável, e as consequências de um lançamento mal sucedido podem ir além do retorno insuficiente do capital investido no desenvolvimento.

Os eventos, seu conteúdo e sequência, desenvolvidos na fase de Análise de Viabilidades podem contribuir para a redução de boa parte dos riscos do novo projeto. Da mesma forma como a análise dos mercados compradores sintoniza a empresa com as suas reais necessidades, a análise dos produtos concorrentes a atualiza com as soluções tecnológicas e seus rumos. A combinação destas informações com o potencial criativo viabiliza a inovação. Assim, pode-se dizer que o objetivo da fase de análise de viabilidades não é somente o de verificar a viabilidade do projeto, mas também o de garanti-la, através de uma eficiente definição geral para o problema de projeto.

No caso que foi apresentado nesta dissertação, a análise de viabilidade revelou que o interesse do mercado em uma poltrona para aeronaves que seja leve, segura e resistente é real. Ainda, que a utilização inteligente dos materiais compostos e a pesquisa de novas concepções estruturais pode tornar realidade tal poltrona.

Para uma empresa que adota uma estratégia de competição por

inovação de produtos os investimentos necessários em pesquisa e desenvolvimento não são pequenos. Porém seu retorno pode ser compensador.

O papel desempenhado pelas poltronas na segurança dos usuários do transporte aéreo em casos de acidentes, é um campo vasto para pesquisas e o tópico 2.5 - Segurança e Legislação, indica algumas direções promissoras. Estruturas capazes de absorver parte da energia dos impactos, transmitindo uma carga menor para o piso da aeronave, poderiam evitar que as poltronas se desprendessem dos trilhos e fossem arremessadas contra o anteparo frontal da cabine. A adoção de cintos de segurança com 4 pontos de fixação, que pudessem manter o passageiro numa posição segura durante o impacto seria uma inovação importante. O emprego de materiais alternativos, não inflamáveis, é uma mudança que contribuiria para evitar a propagação das chamas no interior da cabine.

O Cap. 4, tratando dos materiais compostos, também fornece uma variada gama de oportunidades para pesquisas. Diversas combinações de reforços, matrizes, sistemas de laminação e de cura poderiam ser investigadas. O pleno conhecimento das propriedades e do comportamento mecânico de uma construção composta é de fundamental importância para que se obtenha estruturas realmente leves e resistentes. A questão da inflamabilidade destes materiais é a que deveria ser pensada com maior brevidade, para evitar que, além das espumas e revestimentos, também as estruturas das poltronas alimentem um incêndio a bordo.

Estas são apenas algumas das oportunidades de pesquisa encontradas na indústria de poltronas para aeronaves. São desafios que precisam ser enfrentados antes que as mudanças na regulamentação ou a estagnação possam encontrar a empresa desprevenida.

Finalizando esta dissertação, que teve a preocupação de apresentar um caso prático de desenvolvimento, deve-se dizer que esta teve ainda um último objetivo, não mencionado. O de aproximar as realidades empresarial e acadêmica. A engenharia de produto, área específica deste trabalho, que se debate entre a formação prática nas indústrias e a teórica nas universidades, tem potencial para, entre outras coisas, contribuir na definição de uma identidade nacional em termos de projeto de produto, para reduzir a dependência tecnológica e evitar muitos desperdícios de recursos naturais não renováveis em desenvolvimentos equivocados. Espera-se que este trabalho de dissertação possa ter alcançado este último objetivo.

BIBLIOGRAFIA

1 - Aft facing 16 g seat tested, *Flight International*, Surrey, 131(4061):49-50, 16 de maio de 1987.

2 - Agarwal, B.D. & Broutman, L.J., *Analysis and Performance of Fiber Composites*, Society of Plastics Engineers (SPE) Monographs, New York, John Wiley & Sons Inc, 1980.

3 - American Society for Testing and Materials, *Standard Test Method*, D 3410-75, 1975, Compressive Properties of unidirectional or crossply fiber-resin composites, 7 páginas.

4 - American Society for Testing and Materials, *Standard Test Method*, D 3171-76, 1976, Fiber content of resin-matrix composites by matrix digestion, 4 páginas.

5 - American Society for Testing and Materials, *Standard Test Method*, D 3039-76, 1976, Tensile Properties of fiber-resin composites, 6 páginas.

6 - Back, N., *Metodologia de Projeto de Produtos Industriais*, Rio de Janeiro, Ed Guanabara II, 1983.

7 - Bonsiepe, G., *Teoria y Práctica del Diseño Industrial, Elementos para una Manualística Crítica*, Colección Comunicación Visual, Barcelona, Editorial Gustavo Gili S.A., 1978.

8 - Grandjean, E., *Fitting the Task to the Man, An Ergonomic Approach*, London, Taylor & Francis, 1981.

9 - Hayes, R.H. & Wheelwright, S.C., *Vinculo o Processo de Fabricação aos Ciclos de Vida dos Produtos*, *Exame*, São Paulo, (193):51-57, janeiro de 1980.

10 - Higdon, D., *Embraer on the grow*, *Air Transport World*, Stamford, 24(3):91-95, março de 1987.

11 - Higdon, D., *The Regionals of Brazil - Part I*, *Air Transport World*, Stamford, 24(3):82-87, março de 1987.

12 - Higdon, D., *The Regionals of Brazil - Part II*, *Air Transport World*, Stamford, 24(4):90-97, abril de 1987.

13 - Nolan, D., *These seats can kill you - Airline Safety: The Shocking Truth*, *Discover*, New York, Z(10):30-53, outubro de 1986.

14 - Paula, M.C.S., *Aeronaves: os Rumos da Indústria Brasileira*, *Revista Brasileira de Tecnologia*, Brasília, 16(3):48-56, maio/junho de 1985.

- 15 - U.S.Department of Transportation, Federal Aviation Administration, Advisory Circular,21-22, 20 de junho de 1985, Injury Criteria for Human Exposure to Impact, 7 f.
- 16 - U.S.Department of Transportation, Federal Aviation Administration, Federal Aviation Regulation, Part-25, junho de 1974, Airworthiness Standards:Transport Category Airplane, 152 p.
- 17 - U.S.Department of Transportation, Federal Aviation Administration, Federal Register,49(209), 26 de outubro de 1984 Flamability Requirements for Aircraft Seat Cushions;Final Rule, 14 f.
- 18 - U.S.Department of Transportation, Federal Aviation Administration, Federal Register,51(137), 17 de julho de 1986, Improved Seat Safety Standards;Proposed Rule, 6 f.
- 19 - Webber Aircraft Seats Survives 16 g Forces in Structural Tests, Aviation Week & Space Tecnology, New York,124(1):38-39, 6 de janeiro de 1986.

ANEXO 1

PRELIMINAR


Esta especificação técnica é propriedade da EMBRAER - EMPRESA BRASILEIRA DE AERONÁUTICA S/A e as informações contidas nesta não podem ser reproduzidas ou utilizadas sem prévia autorização da EMBRAER.

02 MAI 1983

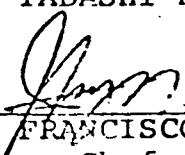
ESPECIFICAÇÃO PARA
POLTRONAS DE PASSAGEIROS
SIMPLES E DUPLA DO

EMB - 120

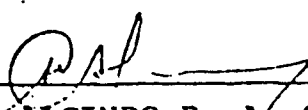
Elaborado por:


Engº TADASHI NELSON KAWASAKI

Verificado por:


Engº FRANCISCO HAYAO TUSUTIYA
Chefe Seção

Aprovado por:


Engº ALCINDO R. A. OLIVEIRA
Gerente de Projetos

Engº GUIDO F. PESSOTTI
Diretor Técnico

PRELIMINAR

CONTEÚDO	PÁG.
1. FINALIDADE.....	3
2. REQUISITOS APLICÁVEIS.....	3
2.1. Estrutura.....	3
2.2. Estofamento e Acabamento.....	3
2.3. Cinzeiro.....	3
3. REQUISITOS DE PROJETO.....	3
3.1. Dimensão e Forma externa.....	3
3.2. Fixação nos trilhos do avião.....	3
3.3. Cinzeiro.....	3
3.4. Mesa para lanches.....	4
3.5. Descansa braço.....	4
3.6. Acabamento.....	4
3.7. Peso.....	4
3.8. Durabilidade.....	4
3.9. Proteção.....	5
3.10 Intercambiabilidade.....	5
3.11 Identificação e marca.....	5
3.12 Embalagem.....	5
3.13 Garantia.....	5
4. TESTE DE QUALIFICAÇÃO.....	5
5. CONDIÇÃO DE ACEITAÇÃO.....	6
6. BOLETINS DE SERVIÇO.....	6
7. DOCUMENTAÇÃO TÉCNICA.....	6
ANEXOS.:	
Figura 1a.....	7
Figura 1b.....	8
Figura 2.....	9

SISTEMA

NUMERICALATURA

P/N

EMB.

FABR.

PRELIMINAR

1. FINALIDADE

Esta especificação estabelece as condições e exigências para as poltronas simples e duplas para o EMB-120 - BRASÍLIA fabricado pela EMBRAER.

2. REQUISITOS APLICÁVEIS

2.1. Estrutura

-FAR PART: 25-561, 25-625, 25-785 até a emenda 54.

-JAR 25-561, 25-625, 25-785 até a emenda 8.

-SAE ARP 750A para carga no encosto.

2.2. Estofamento e Acabamento

-FAR PART 25-853b

2.3. Cinzeiro

-FAR PART 25-853c₁

3. REQUISITOS DE PROJETO

3.1. Dimensão e Forma Externa.

As dimensões deverão satisfazer as figuras la e lb em anexo.

As poltronas não serão reclináveis e deverão permitir a colocação de maleta de 10 kg no piso, sob o assento, com guarda para evitar seu deslocamento para frente e para o lado, quando sujeitas, separadamente as cargas de 9g para frente e 1,5g para o lado.

3.2. Fixação nos trilhos do avião.

A localização dos trilhos está definida na figura 2 em anexo.

3.3. Cinzeiro

O cinzeiro deverá ser "self-contained", de fácil remoção e na sua limpeza possibilitar a retirada das cinzas e cigarros apenas virando-o.

SISTEMA

NOMENCLATURA

P/N

EMB.

FABR.

PRELIMINAR

Deverá estar localizado no descansa braço mais próximo do corredor.

3.4. Mesa para lanches

-Localização: atrás de cada poltrona e quando não está em uso guardar rebatendo no encosto.

-Rigidez: o tampo da mesa deverá suportar uma carga de 68 Kg distribuída uniformemente.

O mecanismo para guardar a mesa deverá ter uma boa rigidez, principalmente nas articulações.

3.5. Descansa braço

As poltronas terão descansa braços para cada passageiro, porém, 1 simples não terá no lado esquerdo e 1 dupla, no lado direito, as quais serão instaladas próximo às janelas de emergência.

Cada descansa braço deverá suportar uma carga lateral de no mínimo 68 Kg e uma vertical de no mínimo 90 Kg.

3.6. Acabamento

No acabamento deverão ser utilizados tecidos com peso entre 10,5 a 13,5 oz/yd².

Os assentos e encostos, bem como todas as partes de tecidos e carenagens deverão ser removíveis para permitir a inspeção da estrutura e eventual substituição.

3.7. Peso

Para poltrona simples não deverá exceder 5,1 Kg e para dupla 10,2 Kg, pesos estes, consideradas poltronas acabadas.

3.8. Durabilidade

As poltronas deverão apresentar uma vida útil de 40.000 horas quando utilizadas em todas as condições de operação do avião na versão "COMMUTER".

PRELIMINAR

3.9. Proteção

As estruturas das poltronas deverão ser protegidas contra corrosão e as partes não cobertas pelo acabamento pintadas com tinta Epoxi marrom (F.S. 595 - 10.227).

3.10. Intercambiabilidade

Todas as peças desmontáveis deverão ser totalmente intercambiáveis.

3.11. Identificação e marca

Na chapa de identificação deverão constar no mínimo as seguintes informações:

- número de desenho (P/N)
- nome do produto
- número de série
- nome do fabricante e endereço
- peso
- data de fabricação
- requisitos de homologação

Todas as poltronas terão a chapa de identificação em local adequado.

3.12. Embalagem

A embalagem deverá ser adequada para transporte e estocagem.

3.13. Garantia

As poltronas deverão ter uma garantia de 6 meses depois da primeira montagem no avião ou 1 ano após recebimento pela EMBRAER.

A garantia deverá cobrir falhas prematuras incluindo aquelas que são consequências de deficiência de projeto e defeitos de fabricação

4. TESTE DE QUALIFICAÇÃO

PRELIMINAR

Amostras de poltronas serão avaliadas para verificar os requisitos de projeto descritos nesta FTE.

5. CONDIÇÃO DE ACEITAÇÃO

As poltronas completas deverão ser homologadas conforme requisitos de homologação junto ao CTA.

A inspeção de recebimento da EMBRAER examinará cada unidade de quanto às dimensões e aos danos.

6. BOLETIM DE SERVIÇO

O fabricante deverá emitir os Boletins de Serviço quando os problemas surgidos durante a operação assim os exigirem e para os casos de melhoramento do produto.

7. DOCUMENTAÇÃO TÉCNICA

O fabricante deverá providenciar à EMBRAER 3 cópias das seguintes documentações:

- Desenhos de todas as partes
- Relatório dos testes de homologação (em Inglês)
- Certificados de homologação
- Análise Estrutural da cadeira aprovada pelo CTA (em Inglês)
- Certificado de conformidade.

SISTEMA

NOMENCLATURA

P.N

EMB. 120

FABR.

PRELIMINAR

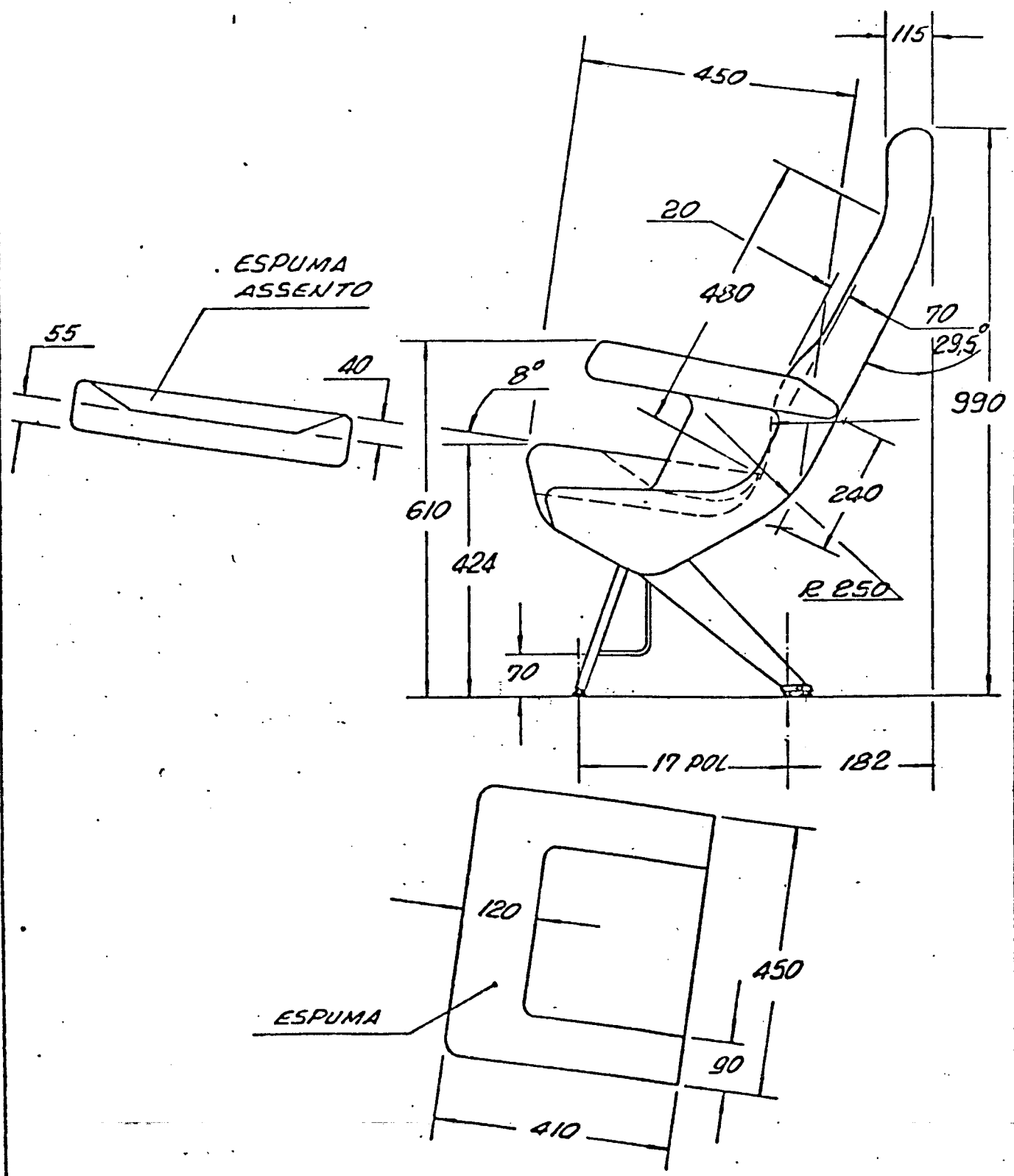


Fig. 1a

SISTEMA

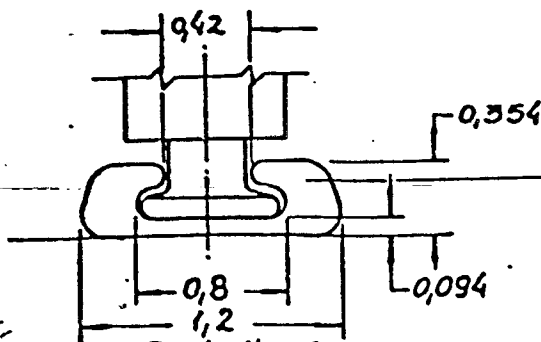
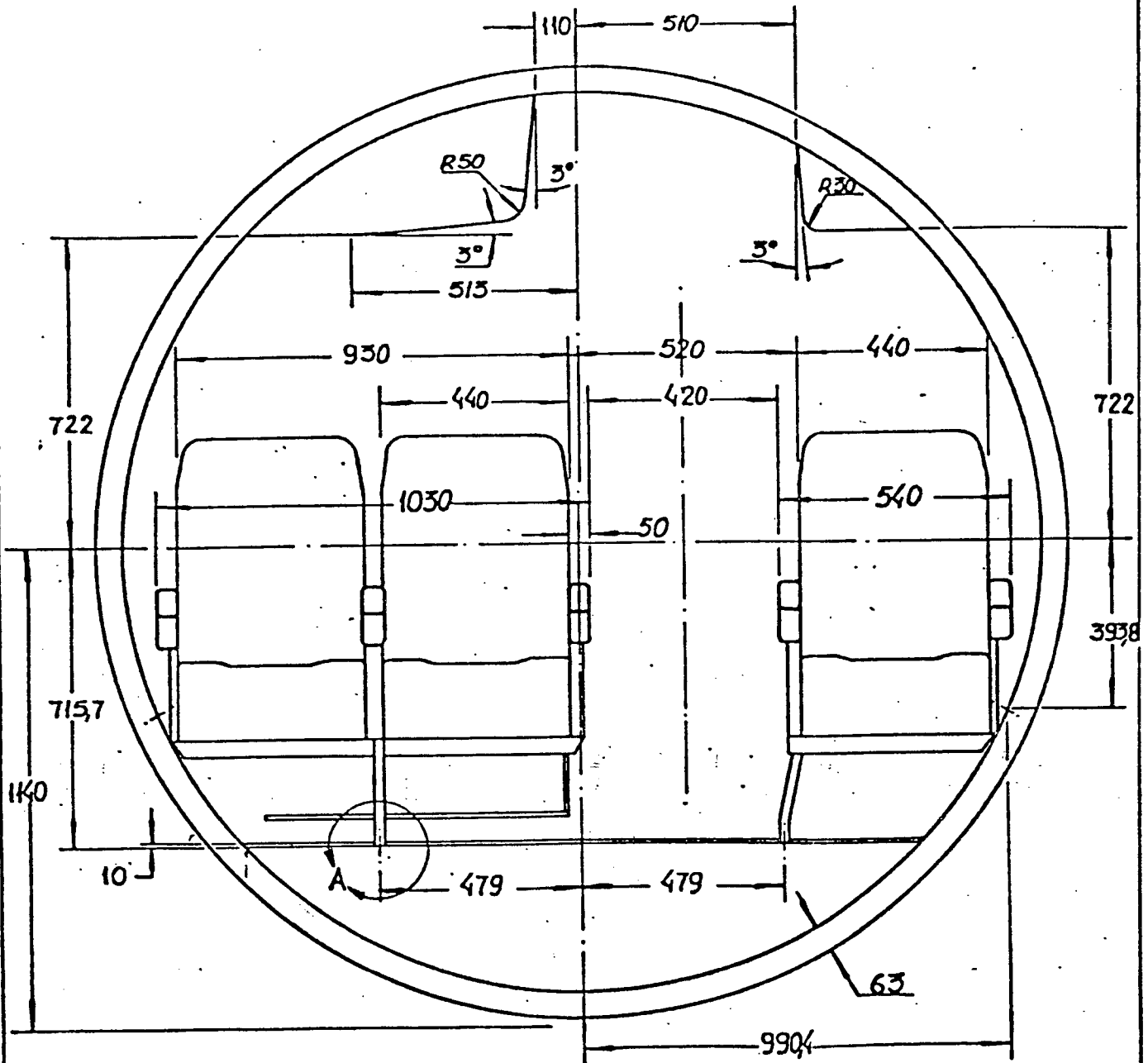
NOMENCLATURA

P/N

EMB. 120

FABR.

PRELIMINAR



Nota: medidas em polegadas

PN EMBRAER: PE 11031-1(E1370008).

PN BROWNLIN (Fabricante):
20415-288-.5-.5.

Fig. 1b

Tolerância: 0,5 mm.

SISTEMA

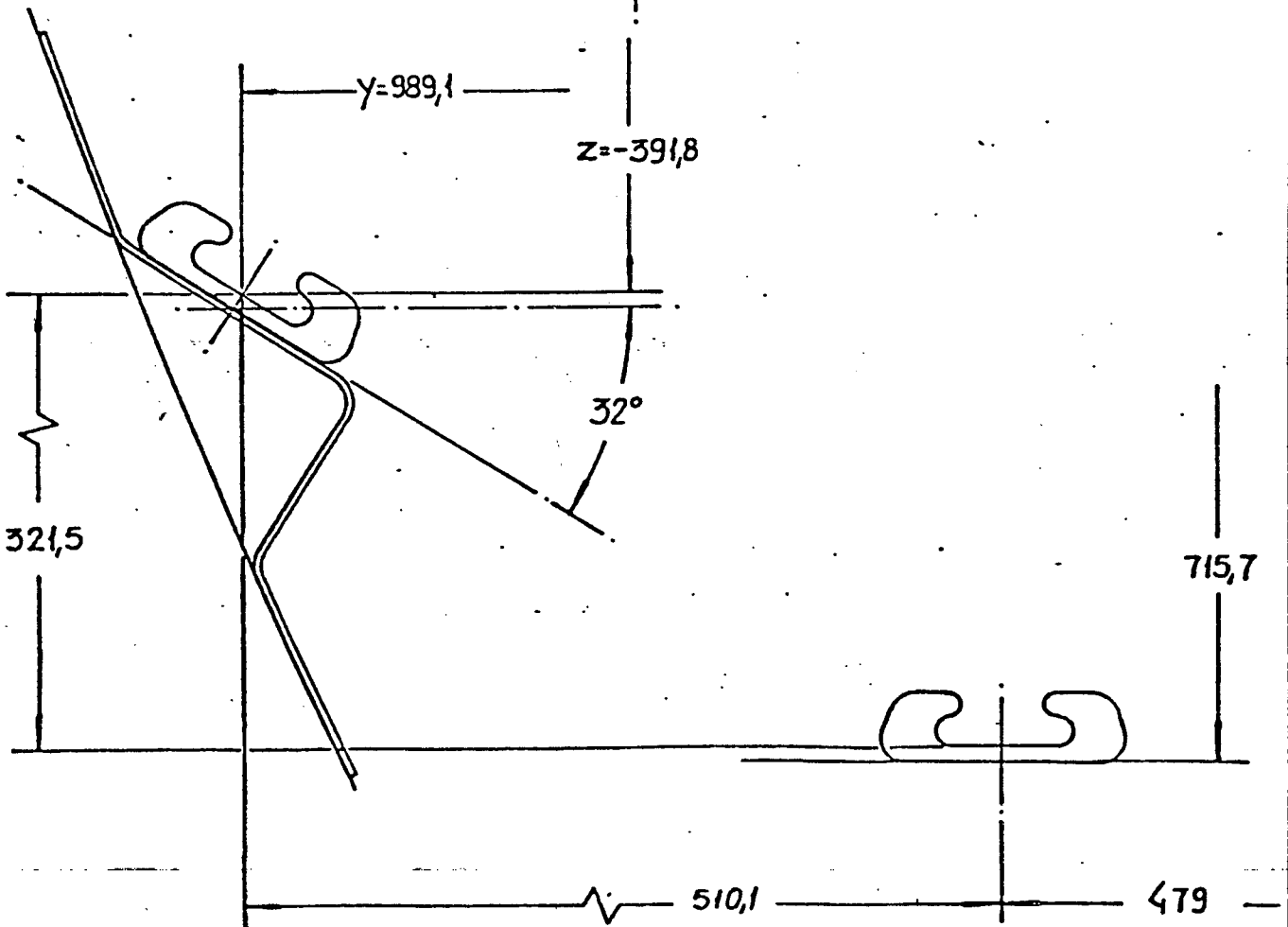
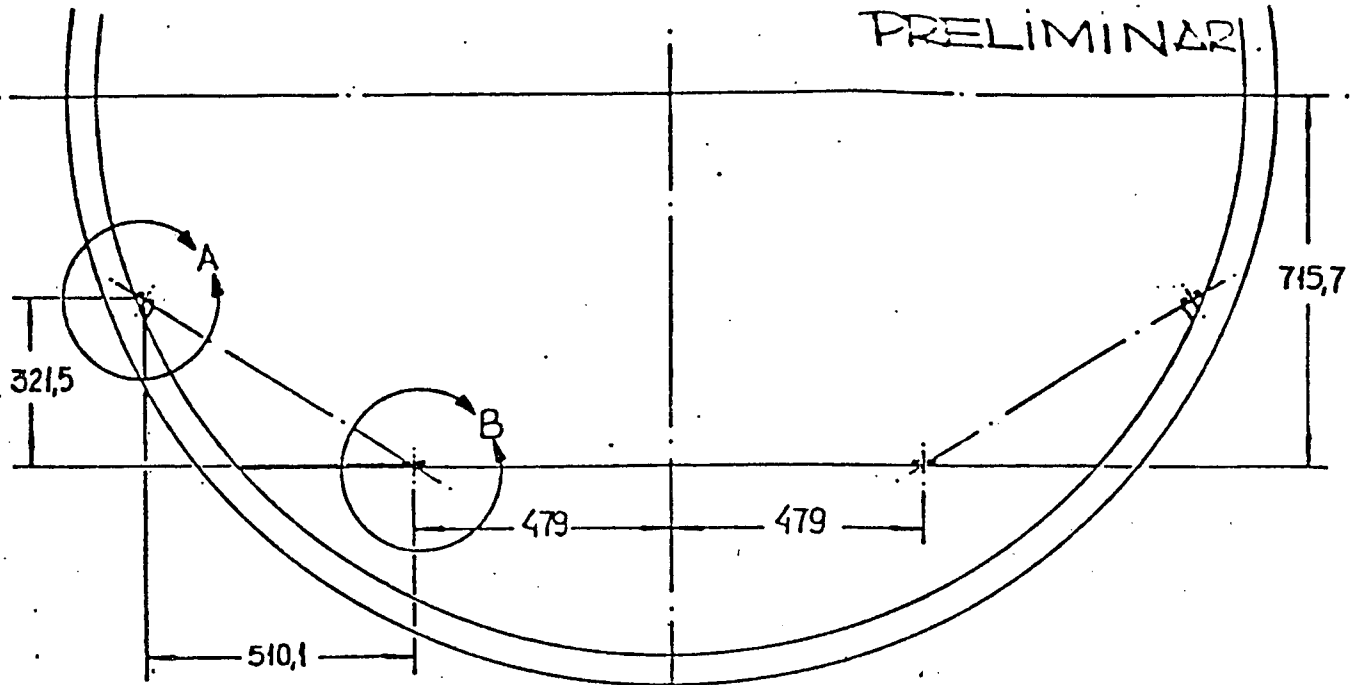
NOMENCLATURA

P/N

EMB. 120

FABR.

PRELIMINAR



Detalhe A

Detalhe B

Tolerância = 0,5 mm.

Fig. 2

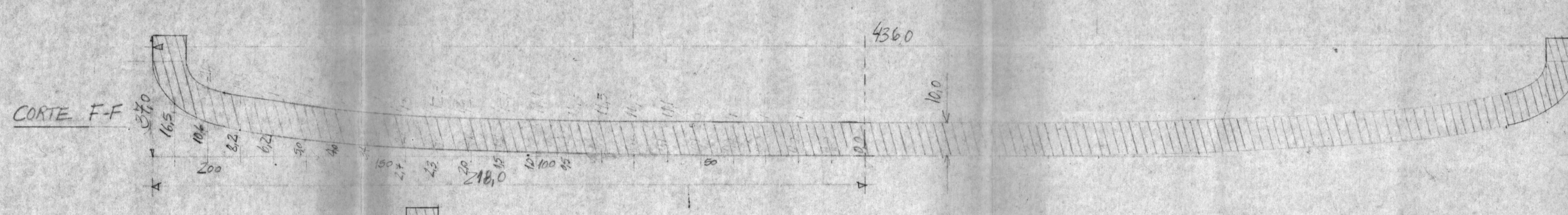
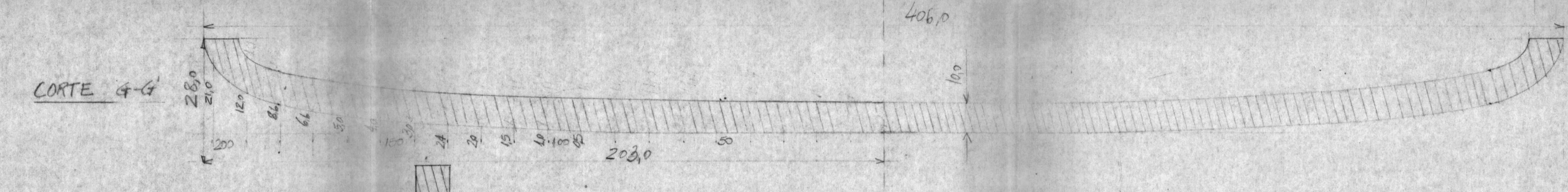
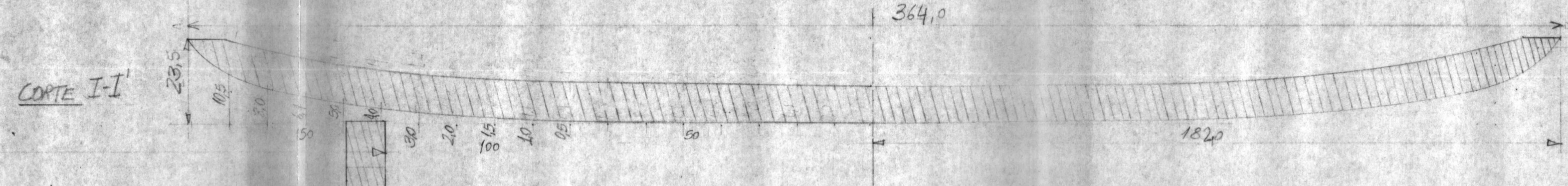
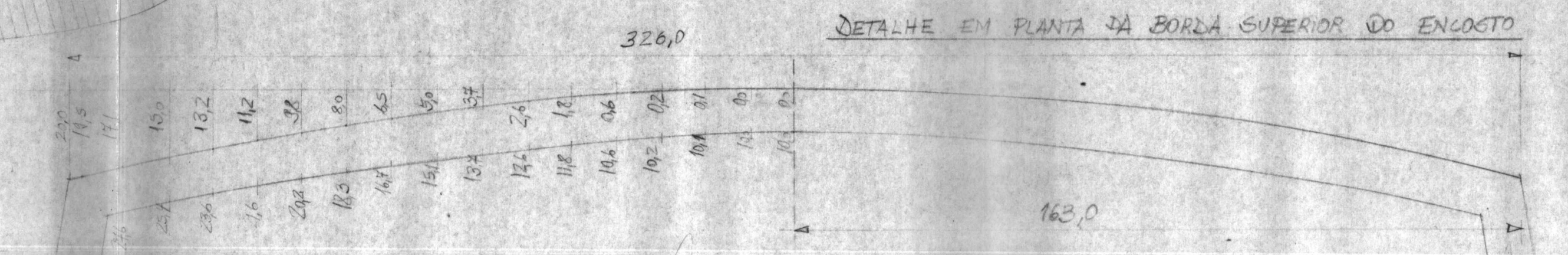
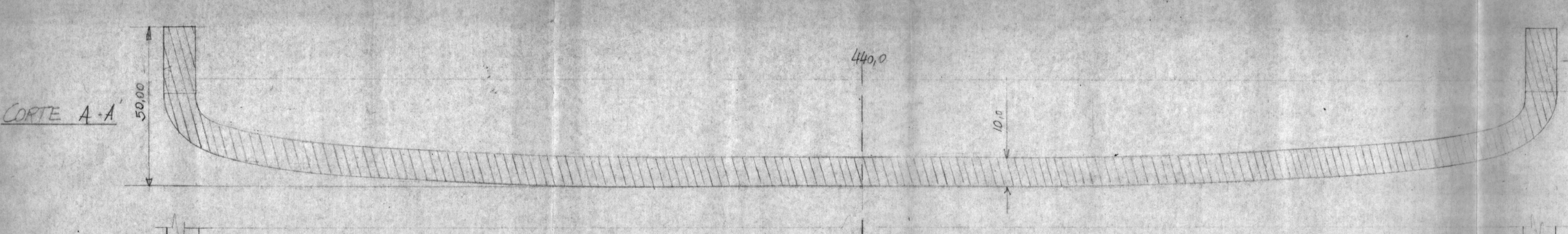
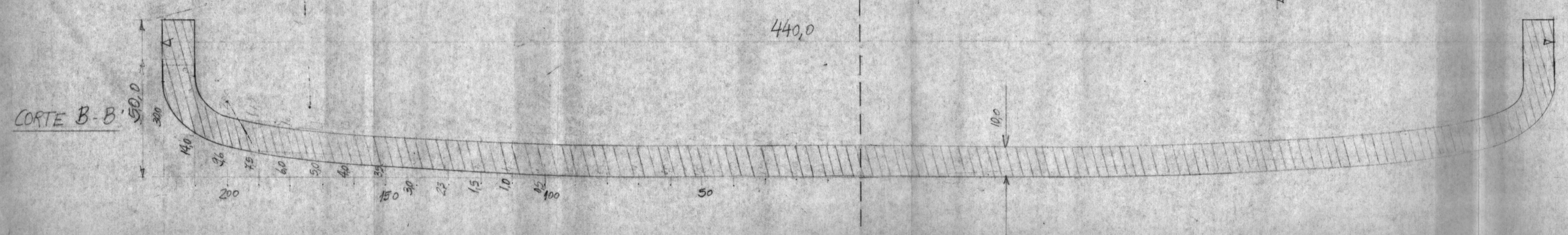
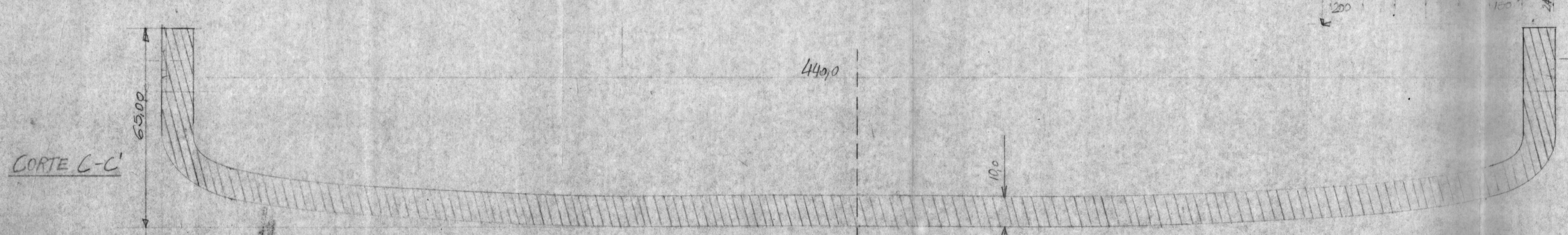
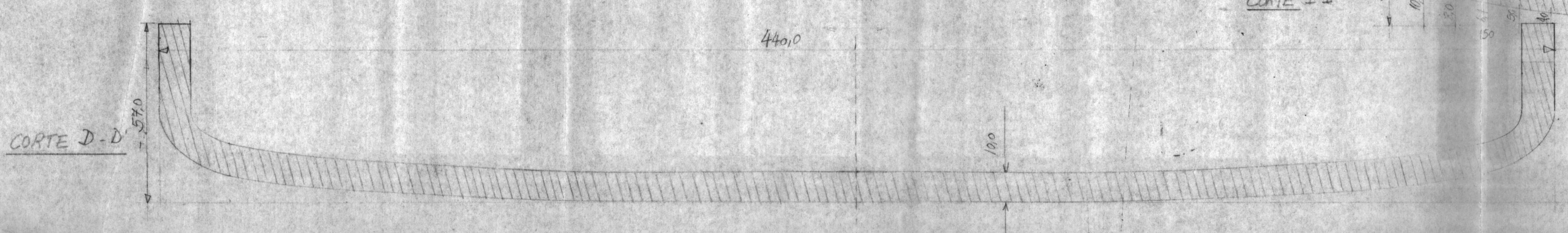
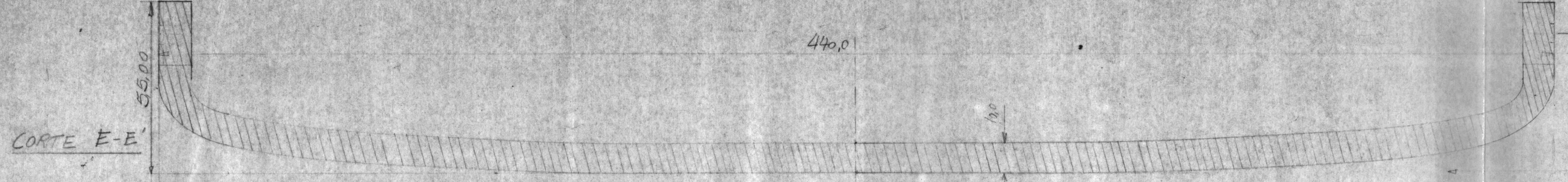
FABRICADO POR:

PÁGINA 9 DE 9

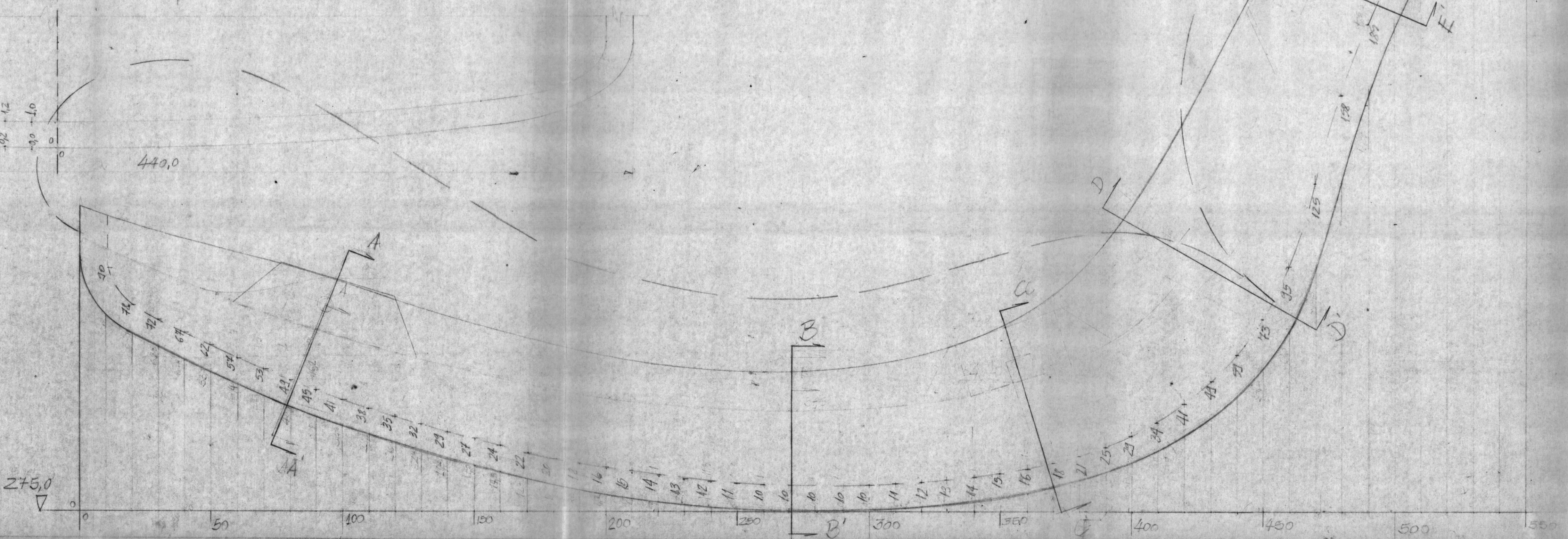
REVISÃO

MISSÃO

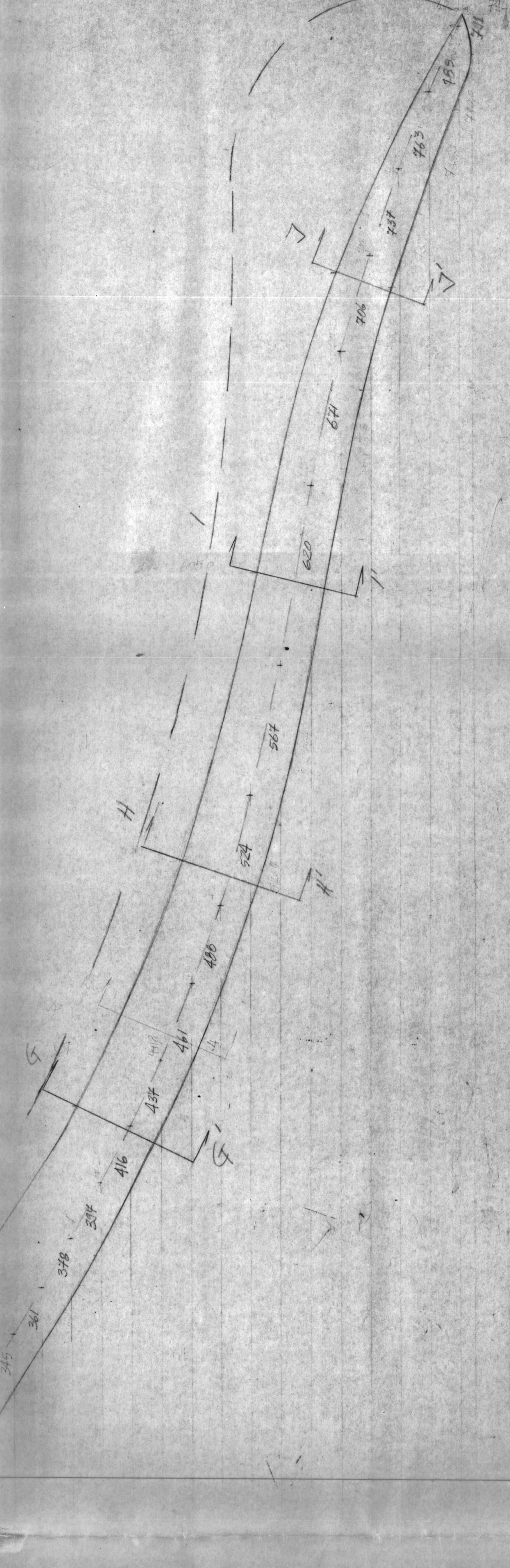
ANEXO 2



DETAILHE EM PLANTA DA BORDA ANTERIOR DO ASSENTO



Modelo de CONFORTO - POLTRONA SIMPLES
 Material Composto - 100% Carbono
 Esc 1:1 Empl. W. 28/04



APROV:	BRUSOADE	TOL. NÃO ESPECIFICADAS
VERIF:		
DESEN:		
PROJ:		
TÍTULO DO DESENHO	APLICABILIDADE: EMB 120	REV
Modelo de CONFORTO	PROJ. MONTAGEM: FINAL	
POLTRONA SIMPLES	NÚMERO DO DESENHO	
ESCALA 1:1	FORM	PROJEÇÃO
		OTD/CONJ
		FO. HA. 31 DE 02

ANEXO 3

RELATÓRIO DE ENSAIO DE MATERIAIS COMPOSTOS

- 1 - Ensaios: Tração à 0/90°;
Tração à 45°;
Compressão e
Cizalhamento de material composto de fibra de vidro e resina epoxi.
- 2 - Normas de referência: Tração - ASTM D 3039-76
Compressão - ASTM D 3410-76
- 3 - Identificação do material: .

tipo - laminado vidro/epoxi com 8 camadas
reforço - tecido 92.110 (Interglass) 163 g/m²
matriz - resina epoxi CY 8043 (Ciba Geigy)
catalizador - HY 951 (Ciba Geigy) 10% em peso
cura - temp. ambiente em sacola de vácuo por 12 h.
densidade - 1,8
volume de fibra - 60 %
espessura média - 1,254 mm
espessura média por camada - 0,1567 mm

4 - Equipamento de teste:

máquina de teste: Máquina para ensaio à fadiga,
WPM tipo RPU - 6
instrumentação: pontes Transdutec TMDE
sistema indutivo
dispositivos: - compressão - Fig. 1.
cizalhamento - Fig. 2.

5 - Método de fabricação do material:

Em uma superfície metálica plana, com uma camada prévia de separador QZ 11, foi laminada uma placa de 1,00 m por 0,40 m de material composto de fibra de vidro e resina epoxi. Foram laminadas 8 camadas do tecido 92.110 da Interglass (163 g/m²), todas com a mesma direção. A aplicação da resina CY 8043 catalizada com o endurecedor HY 951, ambos da Ciba Geigy, foi manual com pincel. Ao final da laminação, a placa ficou encapsulada em uma sacola de vácuo durante 12 h à temperatura ambiente.

6 - Preparação das amostras:

Os corpos de prova foram confeccionados a partir de peças cortadas do laminado descrito acima. Estas peças foram cortadas

segundo o alinhamento 0/90° para os c.d.p. de tração, compressão e cisalhamento e a 45° para a os c.d.p. de tração a 45°. A colagem dos tabs foi feita com a própria resina (CY 8043), porém com processo de cura a 80 °C durante 6 h. As dimensões dos corpos de prova seguiram as figuras 3, 4 e 5, para tração, compressão e cisalhamento.

7 - Condições de acondicionamento e teste:

temperatura - 27 graus C.
umidade - 50 %

8 - Número de corpos de prova testados: 5 tração 0/90°
5 tração 45°
5 compressão
5 cisalhamento

9 - Velocidade de teste: 2 mm/min

10 - Resistência à Tração 0/90°:

ensaio de tração a 0/90°

amostra número	áreas resistentes [mm ²]	cargas de ruptura [kgf]	resistências verificadas [kgf/mm ²]
1	33,024	870,00	26,34
2	31,744	840,00	26,46
3	33,927	730,00	21,516
4	32,659	850,00	26,026
5	32,895	830,00	25,231

resistência média [kgf/mm²]: 25,11
desvio padrão: 2,06

11 - Deformação na ruptura:

ensaio de tração a 0/90°

amostra número	deformação na ruptura [mm]	deformação específica [%]
1	4,40	0,028
2	3,84	0,025
3	3,36	0,022
4	3,68	0,024
5	3,76	0,024

deformação específica média [%] - 0,0246
 desvio padrão - 0,00219

obs: comprimento da seção tracionada - 152,4 mm

12 - Módulo de Elasticidade:

ensaio de tração a 0/90°

amostra número	módulo de elasticidade [kgf/mm ²]
1	940,71
2	1058,40
3	978,00
4	1084,41
5	1051,29

módulo de elasticidade médio [kgf/mm²] - 1022,56
 desvio padrão - 60,46

13 - Resistência à Tração 45°:

ensaio de tração a 45°

amostra número	áreas resistentes [mm ²]	cargas de ruptura [kgf]	resistências verificadas [kgf/mm ²]
1	33,138	480,00	14,48
2	33,528	480,00	14,31
3	33,274	450,00	13,524
4	31,320	480,00	15,325
5	33,408	490,00	14,667

resistência média [kgf/mm²] - 14,46
 desvio padrão - 0,65

14 - Resistência à Compressão:

ensaio de compressão

amostra número	áreas resistentes [mm ²]	cargas de ruptura [kgf]	resistências verificadas [kgf/mm ²]
1	7,599	249,90	32,88
2	7,174	284,20	39,61
3	7,416	294,00	39,64
4	7,637	325,85	42,67
5	8,060	267,00	33,12

resistência média [kgf/mm²] - 37,58
 desvio padrão - 4,36

15 - Resistência ao Cizalhamento:

ensaio de cizalhamento

amostra número	áreas resistentes [mm ²]	cargas de ruptura [kgf]	resistências verificadas [kgf/mm ²]
1	160,02	1440,00	8,99
2	158,76	1640,00	10,33
3	156,21	1750,00	11,202
4	154,94	1030,00	6,65
5	161,25	1330,00	8,25

resistência média [kgf/mm²] - 9,08
 desvio padrão - 1,77

15 - Data: 25 de Março de 1988.

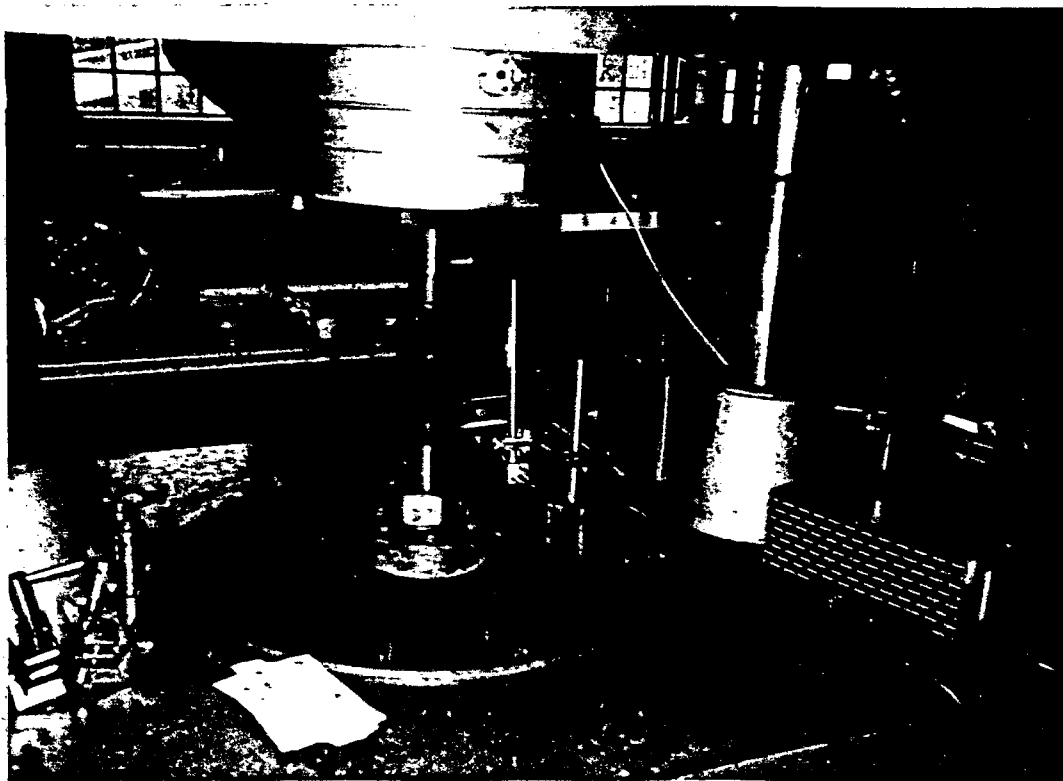


Figura 1 - Dispositivo para ensaio de compressão.

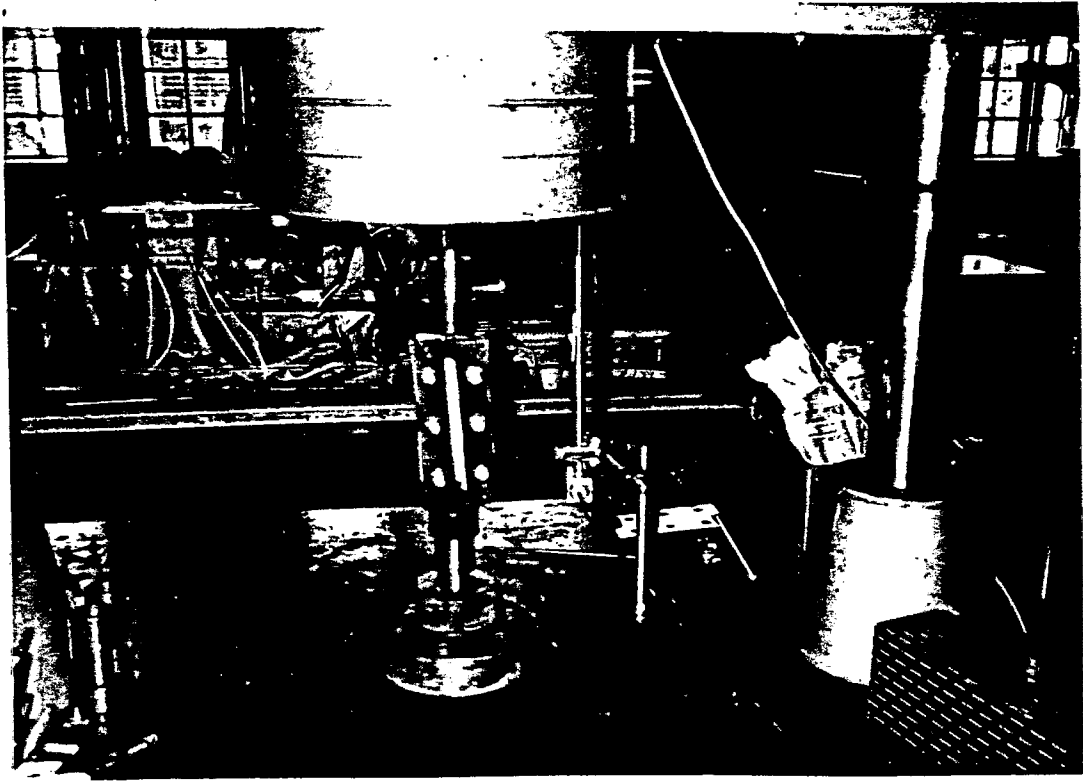
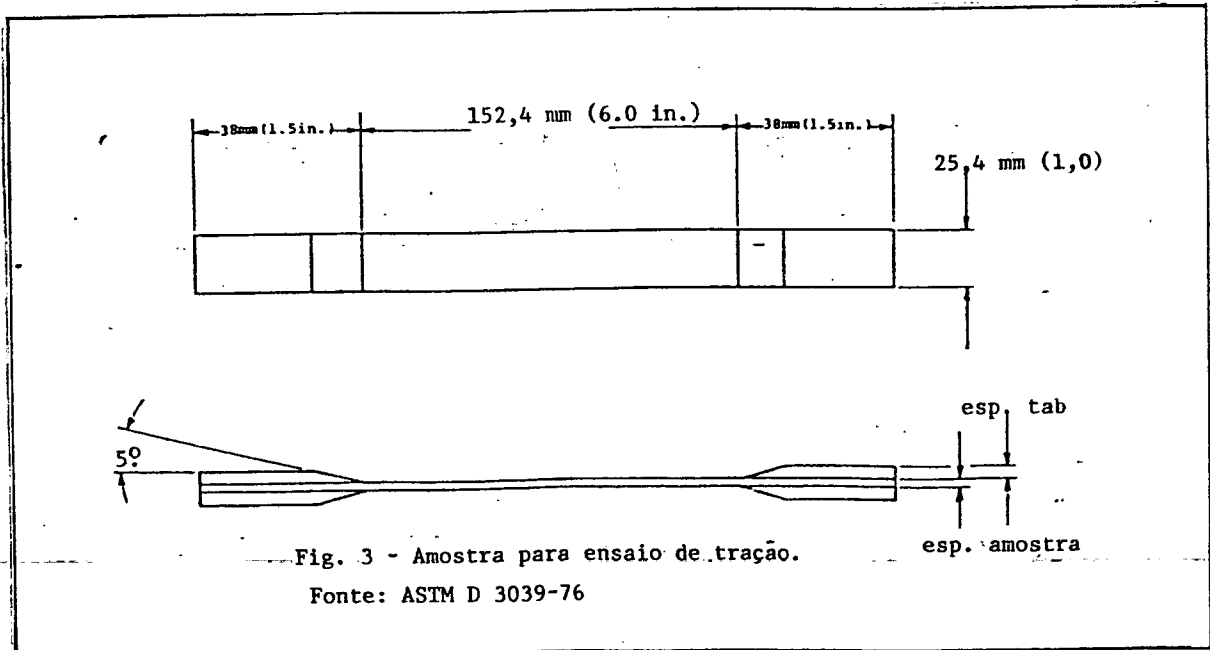
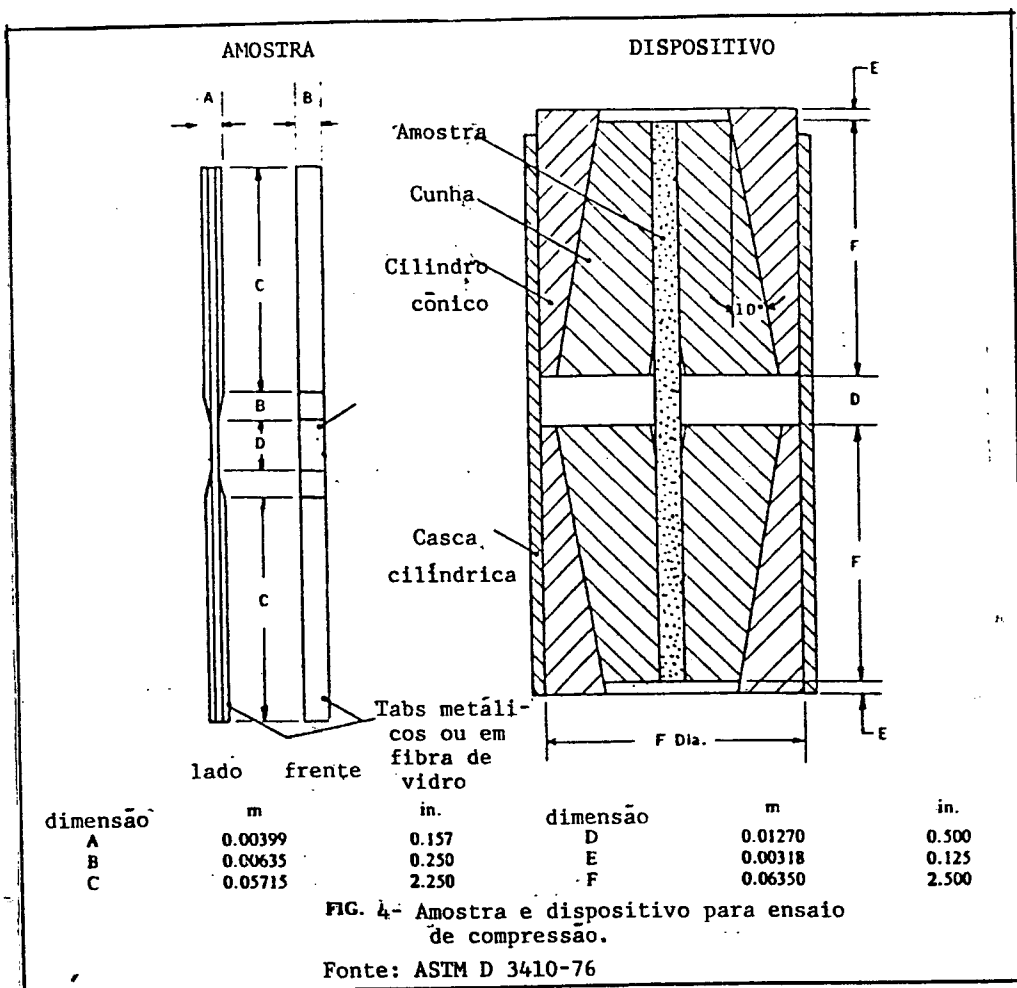


Figura 2 - Dispositivo para ensaio de Cisalhamento.





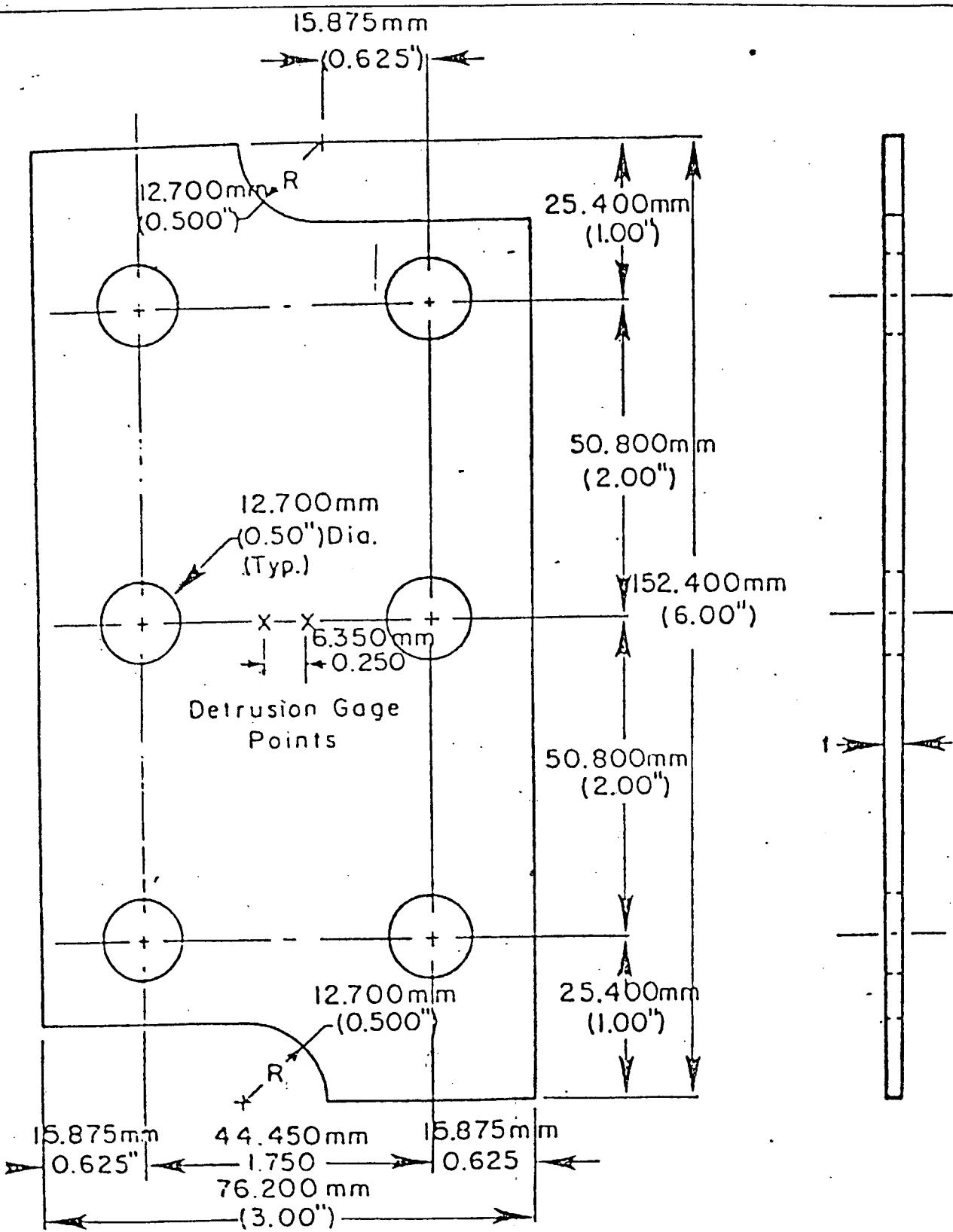


Figura 5 - Amostra pra ensaio de cizalhamento.