



Centro Técnico Aeroespacial
Instituto Tecnológico de Aeronáutica
Divisão de Infra-Estrutura Aeronáutica



9^o CONCURSO TÉCNICO IBRACON
Prêmio Prof. Telemaco Hippolyto de Macedo Van Langendonck
Aparato de Proteção ao Ovo

Instituto Tecnológico de Aeronáutica – Equipe 1

Agosto/2002

<u>1</u>	<u>Identificação da equipe</u>	2
<u>2</u>	<u>Introdução</u>	4
<u>3</u>	<u>Materiais utilizados</u>	5
<u>3.1</u>	<u>Cimento</u>	5
<u>3.2</u>	<u>Agregados</u>	5
<u>3.3</u>	<u>Aditivos</u>	6
<u>3.3.1</u>	<u>Sílica Ativa</u>	6
<u>3.3.2</u>	<u>Fibra de aço</u>	7
<u>3.3.3</u>	<u>Fluidificante</u>	8
<u>4</u>	<u>Composição do concreto</u>	9
<u>5</u>	<u>Ensaio de Abatimento do Concreto</u>	11
<u>6</u>	<u>Ensaio de Pega</u>	12
<u>7</u>	<u>Procedimentos para mistura</u>	14
<u>8</u>	<u>Procedimentos para adensamento e cura</u>	15
<u>9</u>	<u>Armadura utilizada</u>	16
<u>10</u>	<u>Considerações finais</u>	21
<u>11</u>	<u>Agradecimentos</u>	22

1 Identificação da equipe

A equipe representa o Instituto Tecnológico de Aeronáutica. Conta com a participação dos alunos e professores orientadores listados abaixo.

Alunos:

Daniel Devraignes

Ernée Kozyreff Filho

Henrique Comune Daldosso

Juliana Maria Bernardo Isliker

Leandro Gustavo Vieira Bigarelli

Mariana Sá Barreto dos Santos

Professores Orientadores:

Carlos Müller

Flávio Mendes Neto

Maryangela Geimba de Lima

Foto da Equipe APO - ITA 2002



A equipe está vinculada à Divisão de Infra-Estrutura Aeronáutica, responsável pelo curso de Engenharia de Infra-Estrutura Aeronáutica, equivalente, perante o CREA, ao curso de Engenharia Civil de outras instituições de ensino superior. Segue o endereço para contato com a instituição.

*Divisão de Engenharia de Infra-Estrutura Aeronáutica
CTA - ITA - IEI*

Praça Marechal Eduardo Gomes, 50

Vila das Acácias - CEP 12.228-900

São José dos Campos - São Paulo - Brasil

Tel: (12) 3947-6803 ou 3947-6801

Fax: (12) 3947-6803

O contato direto com a equipe pode ser feito por meio dos e-mails ApoITA@infra.ita.br (lista dos membros da equipe), flavio@infra.ita.br ou ddevraignes@yahoo.com.br.

2 Introdução

O presente trabalho, o qual faz parte do 9º Concurso Técnico promovido pelo IBRACON – Instituto Brasileiro do Concreto, teve como objetivo a concepção e posterior construção de um pórtico de concreto armado, denominado de Aparato de Proteção ao Ovo (APO), cuja resistência associada, avaliada por meio da aplicação de cargas verticais de impacto variáveis, fosse a máxima possível, respeitadas as restrições impostas pelo regulamento da competição quanto às dimensões, aos materiais constituintes e a alguns processos envolvidos.

A importância do desenvolvimento desse projeto para a formação de futuros engenheiros civis não se restringe apenas à vivência prática de problemas de caráter técnico como a idealização de uma forma adequada para o pórtico, considerando-se aspectos estruturais, e à formulação dos materiais constituintes, baseando-se tanto em informações assimiladas ao longo de cursos da graduação como na busca de tecnologias mais modernas e apropriadas, mas também serve de estímulo para o aperfeiçoamento do lado empreendedor e criativo dos mesmos.

Além desse aspecto de engrandecimento profissional e pessoal, a participação no concurso do APO também contribuiu para atrair a atenção e o interesse de outros alunos de graduação para as próximas edições desse evento, já que esta foi a primeira equipe constituída por alunos do curso de Engenharia de Infra-Estrutura Aeronáutica do ITA a competir. Como decorrência desse fato, inúmeras dificuldades foram encontradas na elaboração do projeto, as quais só puderam ser vencidas pelo empenho dos membros da equipe e pela inestimável contribuição dos professores-orientadores.

3 Materiais utilizados

A seguir, são tecidas breves considerações acerca de cada um dos materiais componentes do concreto utilizado para a confecção dos APO's.

3.1 Cimento

O cimento utilizado foi o CP-V – ARI – Fácil, da marca Ciminias, fabricado pela Holcim Brasil. Segundo o fabricante, as características desse produto são “fácil utilização, alta resistência inicial, coloração clara e uniforme com valores aproximados de resistência à compressão a 1 dia de idade igual a 26MPa, e aos 28 dias, 53MPa” (fonte:www.ciminas.com.br).

3.2 Agregados

Como agregado foram usados dois materiais, considerados agregados de alta resistência: pó de cristal de quartzo nas granulometrias mais finas (menores que 0,6 mm) e diabásio nas mais grossas (maiores ou iguais a 0,6 mm). A distribuição dos mesmos é mostrada na Tabela 1, abaixo, com a qual foi montada a distribuição granulométrica da figura 1.

Tabela 1. PORCENTAGEM EM MASSA DOS AGREGADOS POR GRANULOMETRIA

Peneira	Porcentagem retida acumulada em massa
4,8 mm	20%
2,4 mm	20%
1,2 mm	34 %
0,6 mm	54 %
0,3 mm	76 %
0,15 mm	92 %
< 0,15 mm	100 %

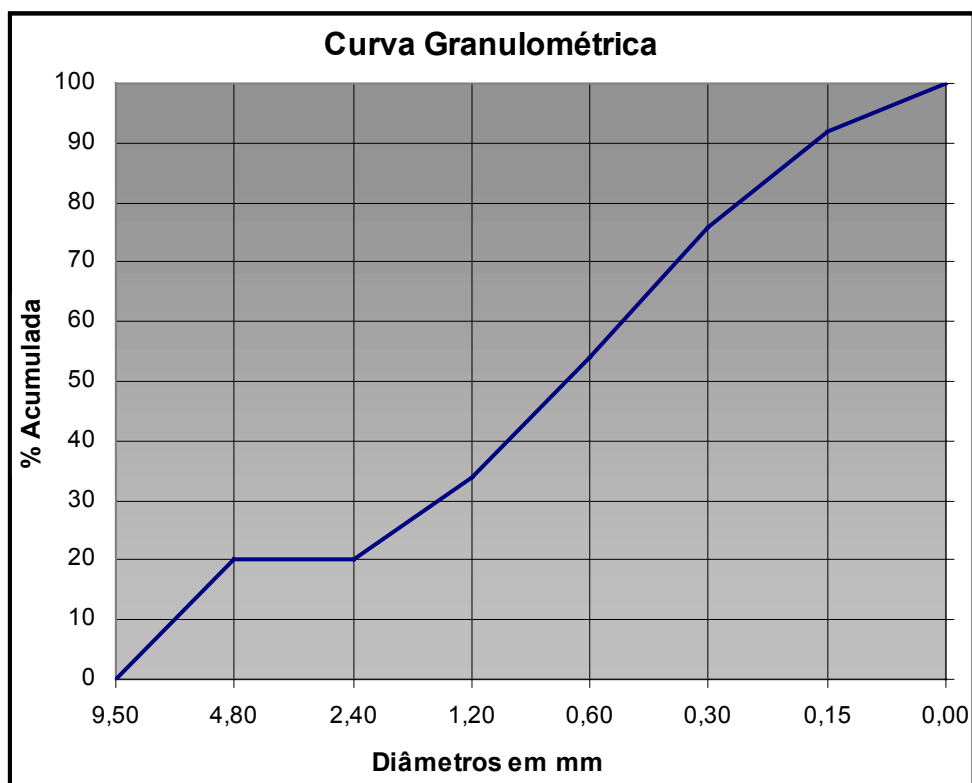


Figura 1. DISTRIBUIÇÃO GRANULOMÉTRICA DOS AGREGADOS

Dimensão máxima característica: 9,5 mm

Massa Específica: 2,75 g/cm³

Massa Unitária no Estado Solto: 1,77 g/cm³

Massa Unitária no Estado Compactado: 1,91 g/cm³

3.3 Aditivos

3.3.1 Sílica Ativa

A sílica ativa utilizada foi a Microsílica Elkem 920 D, distribuída no Brasil pela Microsílica Tecnologia, representante da Elkem Materials South America no país. A microsílica atende às seguintes características, exigidas pela Norma brasileira:

Tabela 2. CARACTERÍSTICAS DA SÍLICA ATIVA

Teor mínimo de sílica amorfa:	85 %
Diâmetro médio das partículas primárias:	0,15 µm
Perda ao fogo máxima:	6 %
Teor de umidade máximo:	3 %

Retido na peneira 325 # máximo:	10 %
Área específica:	20 m ² /g

A análise química típica da microsilica em questão é mostrada na Tabela 3 abaixo, enquanto que a amostra ensaiada do lote de microsilica utilizado nos APO's (lote 05/254, referência MF-254) resultou nos valores da Tabela 4.

Tabela 3. ANÁLISE QUÍMICA TÍPICA DA MICROSÍLICA

Elementos	Valores Médios (%)
Teor de sílica amorfa (SiO ₂)	95,250
Ferro (Fe ₂ O ₃)	0,345
Alumina (Al ₂ O ₃)	0,040
Cálcio (CaO)	0,170
Fósforo (P ₂ O ₅)	0,170
Manganês (MnO)	0,110
Magnésio (MgO)	0,490
Sódio (Na ₂ O)	0,220
Potássio (K ₂ O)	1,330

Tabela 4. RESULTADOS DOS ENSAIOS DA AMOSTRA DE MICROSÍLICA

Parâmetro	Unidade	Limites	Análises
Exigências Químicas			
SiO ₂	%	Min. 85,0	94,980
Umidade	%	Máx. 3,0	0,400
Perda ao fogo	%	Máx. 6,0	1,719
Eq. Alcalino em NaO ₂	%	Máx. 1,5	0,004
Exigências Físicas			
Resíduo na peneira 45 µm	%	Máx. 10,0	8,7

3.3.2 Fibra de aço

As fibras de aço usadas nos APO's foram da marca Dramix, fabricadas na Bélgica pelo Grupo Bekaert e distribuídas no Brasil pela Belgo-Bekaert. Trata-se de fibras de aço com alto teor de carbono, de 16 mm de comprimento por 0,16 mm de diâmetro, satisfazendo, portanto, a restrição de comprimento máximo de 40 mm, estipulada no regulamento.

3.3.3 Fluidificante

Para conferir maior fluidez ao concreto e, portanto, reduzir o fator água/cimento do concreto, foi utilizado o Viscocrete 5, um fluidificante fabricado pela Sika.

4 Composição do concreto

O concreto utilizado para os dois APO's foi feito de uma só vez, possuindo, portanto, a mesma composição. A tabela 5 mostra essa composição de acordo com a massa de cada material em função da massa de cimento utilizado:

Tabela 5. COMPOSIÇÃO DO CONCRETO UTILIZADO NA CONFECÇÃO DOS APO'S

Material	% da massa de cimento	% da massa de concreto	Traço
Cimento CP-V	100,00	40,81	1,000
Agregado miúdo	79,60	32,48	0,796
Agregado graúdo	19,90	8,12	0,199
Sílica Ativa	10,95	4,47	0,109
Fibra de Aço	10,55	4,31	0,105
Água	23,05	9,40	0,230
Fluidificante	1,00	0,41	0,010

Apesar de a composição ser a mesma, obviamente a massa de cada material varia de um APO para outro, já que os APO's possuem massas totais diferentes. As massas de cada material são mostradas na Tabela 6 para o APO número 1 (para o qual foram usados 4700g de concreto) e na Tabela 7 para o APO número 2 (para o qual foram usados 4900g de concreto).

Tabela 6. MASSA DOS MATERIAIS UTILIZADOS NA CONFECÇÃO DO APO NÚMERO 1

Material	Massa do material (g)
Cimento CP-V	1918,07
Agregado miúdo	1526,56
Agregado graúdo	381,64
Sílica Ativa	210,09
Fibra de Aço	202,57
Água	441,80
Fluidificante	19,27
Total	4700,00

Tabela 7. MASSA DOS MATERIAIS UTILIZADOS NA CONFECÇÃO DO APO NÚMERO 2

Material	Massa do material (g)
Cimento CP-V	1999,69
Agregado miúdo	1591,52

Agregado graúdo	397,88
Sílica Ativa	219,03
Fibra de Aço	211,19
Água	460,40
Fluidificante	20,09
Total	4900,00

5 Ensaio de Abatimento do Concreto

Para a realização deste ensaio, utilizou-se a Norma NBR 7223/82 – **Determinação da Consistência pelo Abatimento do Tronco de Cone**.

Realizado em 05/07/2002, o ensaio ocorreu sem problemas, resultando num abatimento de **94 mm**.

6 Ensaio de Pega

A Norma utilizada para este ensaio foi a NBR 7215/82 – **Determinação da Pega do Cimento**.

Realizado em 05/07/2002, obteve-se os resultados mostrados nas Tabela 8 e 9, abaixo:

Tabela 8. CONSISTÊNCIA NORMAL

Massa do Cimento			400 g
Teste	Massa de Água (g)	Altura da Sonda (mm)	Porcentagem de Água
1	122	34	23
2	131	27	25
3	140	19	26
4	151	6	27

Tabela 9. TEMPO DE PEGA

Teste		1	2	3	4	5	6	7	8	9	Início: 2h Fim: 6h
Hora da Adição da Água: 9:00	Hora da medição	9:40	10:00	10:18	10:37	10:56	12:00	13:00	14:00	15:00	
	Altura da agulha (mm)	< 1	< 1	< 1	< 1	1	2	17	38	40	
	Tempo decorrido (h:min)	0:40	1:00	1:18	1:37	1:56	3:00	4:00	5:00	6:00	

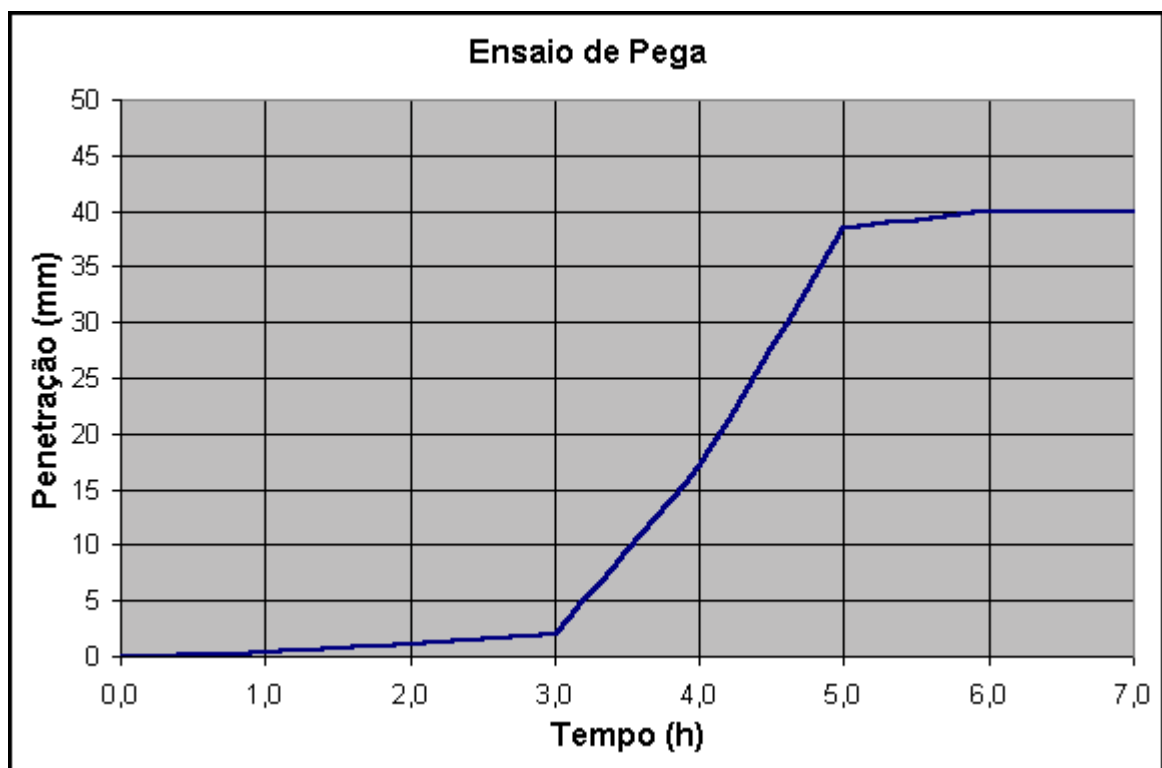


Figura 2. CURVA DO ENSAIO DE PEGA

7 Procedimentos para mistura

Para a mistura dos materiais constituintes do APO, utilizou-se uma argamassadeira de 3 velocidades da marca Hobart e os componentes foram adicionados na seguinte ordem;

- Cimento
- Areia
- Micro-sílica
- Aditivo e 2/3 do total de água
- Fibra de Aço
- Agregado graúdo
- 1/3 de água restante

Todo o aditivo a ser usado foi dissolvido em 2/3 do total de água, de forma a ser feita uma mistura mais efetiva do mesmo.

Após todos os materiais terem sido adicionados, deixou-se misturar na argamassadeira por 3 minutos em velocidade média até a mistura adquirir aspecto homogêneo.

8 Procedimentos para adensamento e cura

Para o adensamento utilizou-se bastões de adensamento e uma mesa vibratória durante aproximadamente 1,5 minutos após todo o material depositado na forma ter adensado e coberto a armadura.

Os APO's foram moldados no dia 05 de julho e foram mergulhados para curar no dia seguinte a suas moldagens. O processo de cura deu-se por imersão dos aparatos em água com cal durante 39 dias.

Tabela 10. PERÍODO DE CURA DOS APARATOS

Aparato	Data moldagem	Data imersão	Data emersão	Período de cura
Número 1	05/07/02	06/07/02	14/08/02	39 dias
Número 2	05/07/02	06/07/02	14/08/02	39 dias

9 Armadura utilizada

As armaduras dos dois APOs seguiram a mesma base, com uma única diferença: a presença de sapatas no Apo número 2 exigiu que as armaduras longitudinais nos pés sofressem uma torção adicional em relação às do APO número 1. As barras longitudinais foram montadas conforme os 5 diferentes tipos mostrados nas figuras abaixo (vista frontal), sendo que cada APO contava com 2 barras tipo “A”, 2 “B”, 2 “C”, 3 “D” e 3 “E”. As armações possuem pequenas dobras em cada extremidade para efeito de ancoragem. Como resultado, cada APO possui 12 barras longitudinais na mesa (viga) e 9 barras longitudinais em cada perna (coluna), o que satisfaz a restrição da armadura de no máximo 1% da área bruta de concreto em todas as seções transversais.

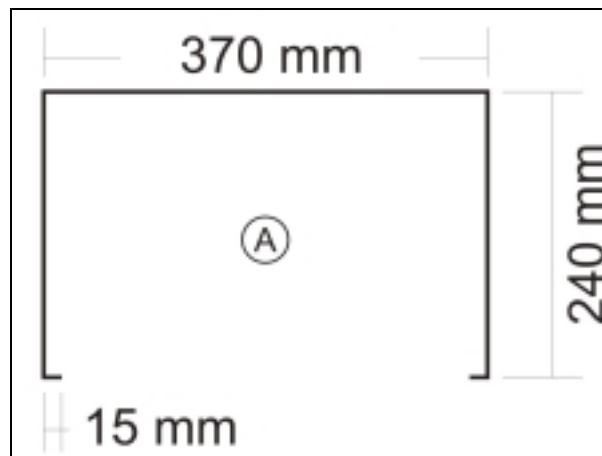


Figura 3. VISTA FRONTAL DA ARMAÇÃO “A”

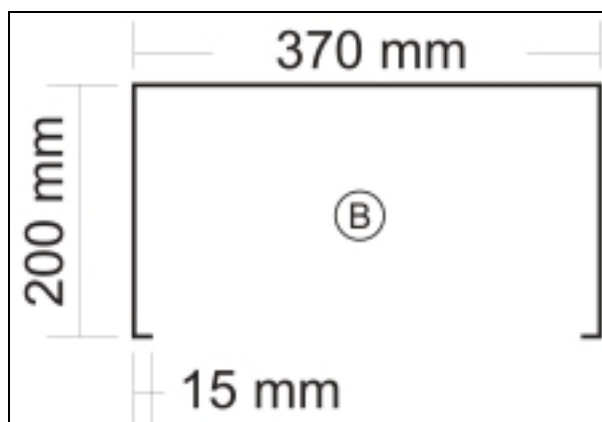


Figura 4. VISTA FRONTAL DA ARMAÇÃO “B”

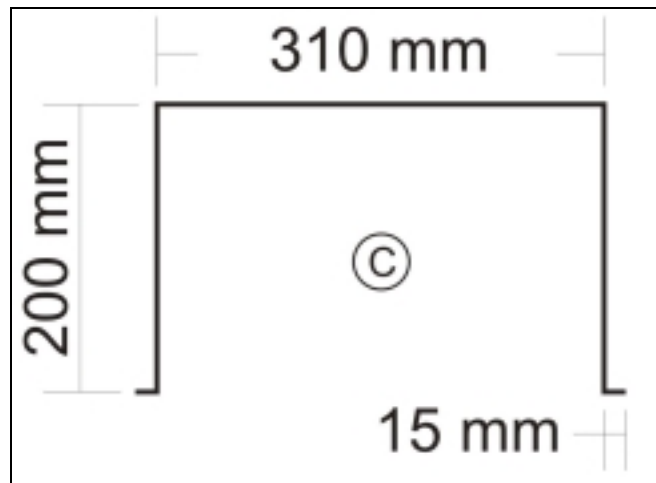


Figura 5. VISTA FRONTAL DA ARMAÇÃO "C"

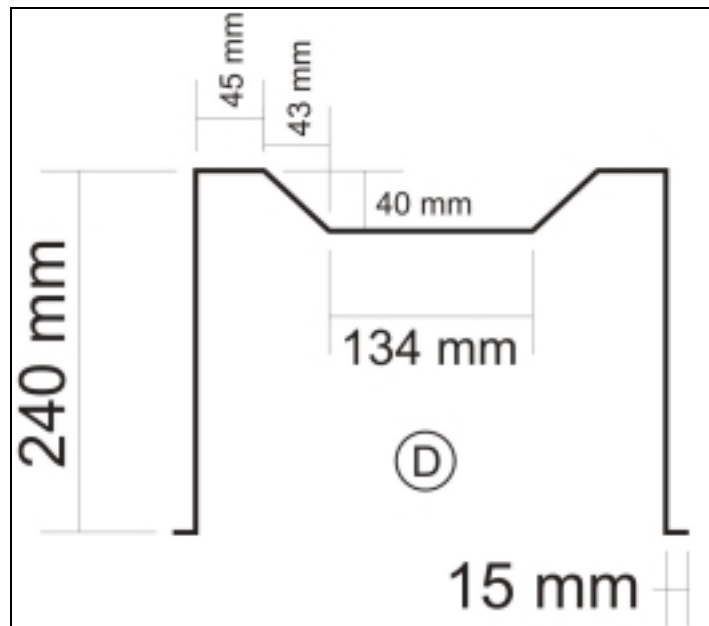


Figura 6. VISTA FRONTAL DA ARMAÇÃO "D"

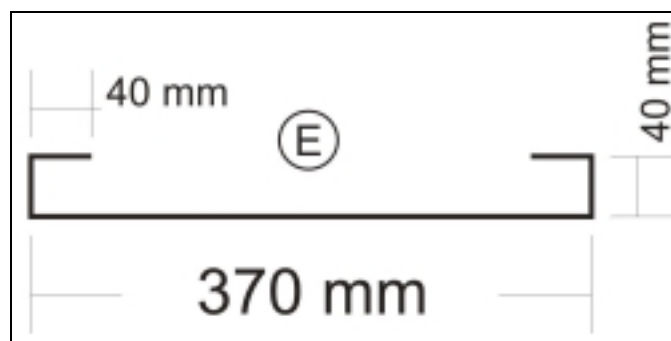


Figura 7. VISTA FRONTAL DA ARMAÇÃO "E"

A barra C é colocada, no mesmo plano, dentro da barra A. Para que tal arranjo possa ser visualizado na vista lateral, mais abaixo, definimos a armação F como a superposição das armações A e C:

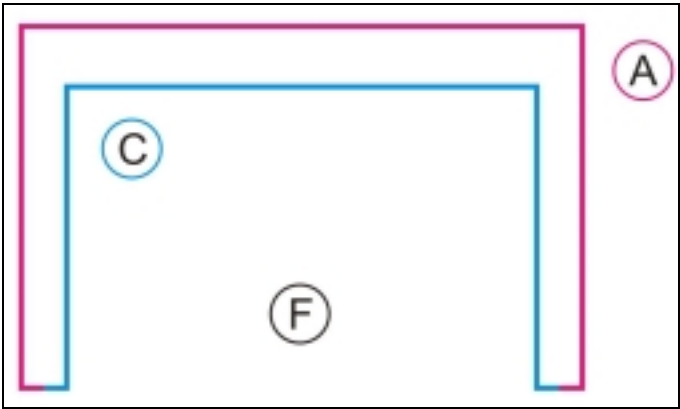
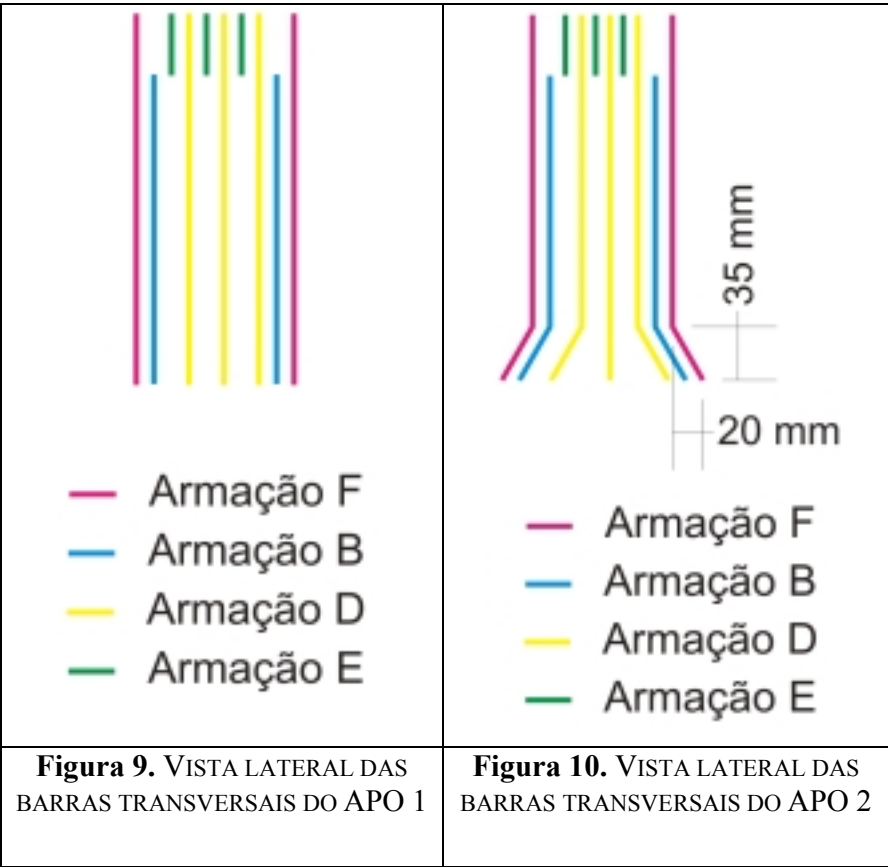


Figura 8. VISTA FRONTAL DA ARMAÇÃO “F”

Uma vez prontas as armações, elas são dispostas uma sobre a outra, resultando nas seguintes vistas laterais:



Tais armações são unidas por meio de estribos. Foram executados 3 tipos diferentes de estribos, como mostrado na figura a seguir.

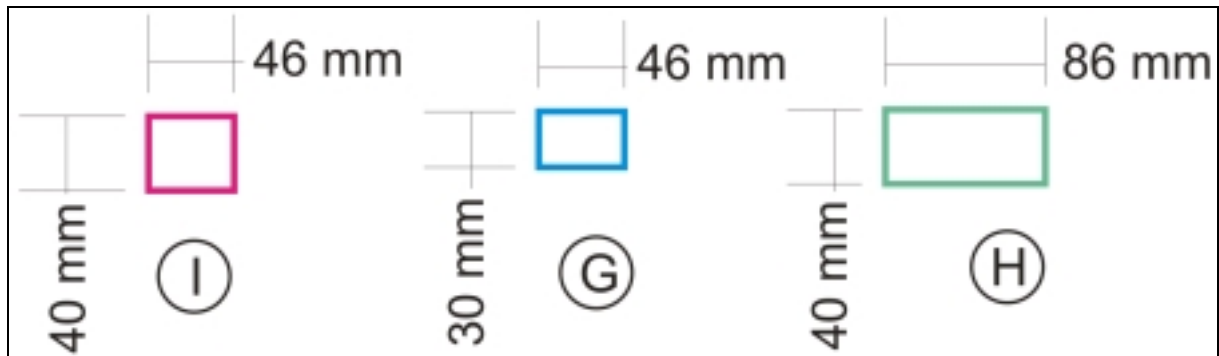


Figura 11. TIPOS DE ESTRIBOS

Os estribos foram dispostos um ao lado do outro da forma mostrada abaixo (os espaçamentos são de aresta a aresta, não de centro a centro). Observe-se que o estribo “H” é usado apenas na base do APO número 2, devido à presença das “sapatas”.

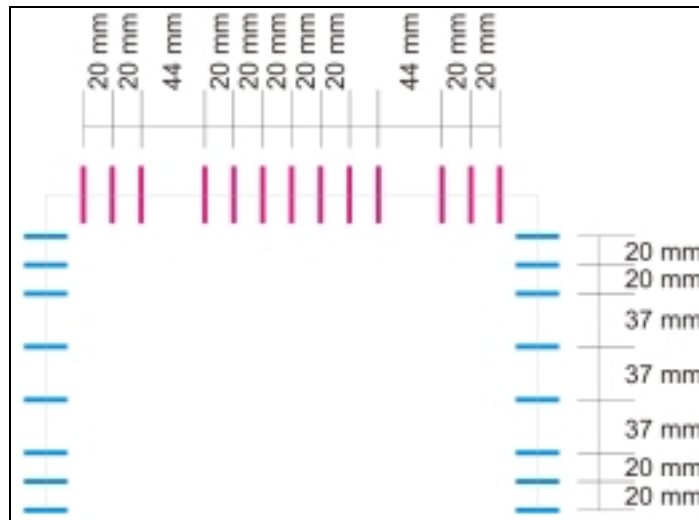


Figura 12. VISTA FRONTAL DOS ESTRIBOS DO APO NÚMERO 1.

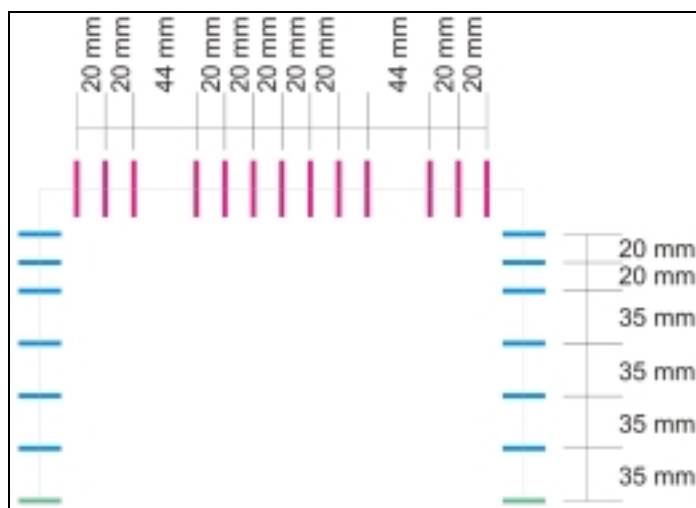


Figura 13. VISTA FRONTAL DOS ESTRIBOS DO APO NÚMERO 2.

Para unir as barras longitudinais com as transversais foram desenvolvidos pequenos elementos de amarração, com arame fino de baixa resistência. Esses elementos eram feitos da seguinte forma: cortava-se um pedaço de cerca de 3 cm do arame; dobrava-se o mesmo pela metade (figura X.a); dobrava-se a parte da “cabeça” do elemento, resultando em uma peça como mostrada nas figuras X.b (vista superior) e X.c (vista lateral).

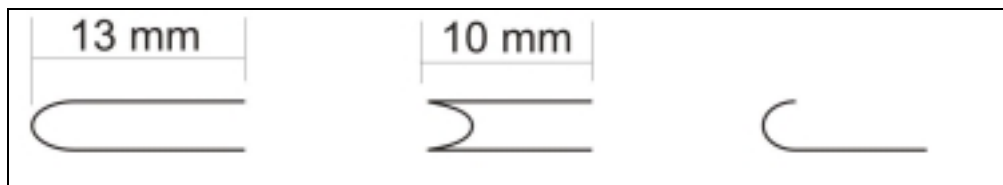


Figura 14. A – INÍCIO
DAS AMARRAS

Figura 14.B – VISTA
SUPERIOR DAS AMARRAS

Figura 14.C – VISTA
LATERAL DAS AMARRAS

Esses elementos de amarração eram colocados em cada um dos encontros de um estribo com uma barra longitudinal, torcendo-se o máximo possível suas extremidades livres de forma a fixar uma barra na outra. O excedente da amarra era então cortado.

10 Considerações finais

Embora ambos os aparatos tenham sido moldados com o mesmo concreto, observou-se diferença quanto ao peso deles, já que o APO número 1 possui 4,840 kg, enquanto o número 2, 4,945 kg. Essa variação decorreu da utilização de “sapatas” no APO número 2, numa tentativa de aumentar a sua estabilidade, evitando possíveis quedas/deslocamentos quando da realização dos ensaios pertinentes.

Vale salientar que, com a finalidade de respeitar as exigências relacionadas ao peso e às dimensões dos aparatos, foi preciso esmerilhar e lixar partes das peças. Apesar dessa atitude não estar prevista no projeto desenvolvido, sua realização tornou-se necessária pelo fato de as fôrmas terem se expandido durante a execução do mesmo.

As dimensões dos APO's obedeceram os limites estabelecidos pelo regulamento, de forma que os valores finais são os apresentados pela Tabela 11 adiante.

Tabela 11. DIMENSÕES FINAIS DOS APARATOS 1 E 2

Dimensões (cm)	Aparatos	
	Número 1	Número 2
Largura Total	38,00	38,20
Largura dos Pés	3,90	4,00
Vão entre os Pés	30,20	30,20
Profundidade	5,50	5,20
Profundidade com “sapatas”	-	9,50
Altura Total	24,95	25,00
Altura da Mesa	20,20	20,05
Espessura da Mesa	4,75	4,95

11 Agradecimentos

A equipe APO - ITA 2002 gostaria de agradecer não só aos professores-orientadores Flávio, Maryangela e Muller pelo apoio e tempo disponibilizados, mas também aos técnicos do laboratório da Divisão de Infra-Estrutura Aeronáutica, Guilherme e Reinaldo, pela ajuda fornecida durante as atividades de caráter prático desse projeto.

A equipe também não poderia deixar de mencionar a colaboração de uma série de empresas tanto no fornecimento e auxílio à compra de alguns materiais, como a Belgo Bekaert Arames S.A., a Grips Marketing e Negócios Ltda, a Microsílica Tecnologia e a Sika, como na cortesia das passagens para o deslocamento dos participantes até o local do concurso, pela Rio Sul Linhas Aéreas.

Por fim, os agradecimentos dirigem-se à divisão do referido curso de graduação, em particular ao seu chefe, Prof. Eliseu Lucena Neto, e ao Instituto Tecnológico de Aeronáutica, representado pelo seu reitor, Prof. Michal Gartenkraut.