



6^o SeP P&D

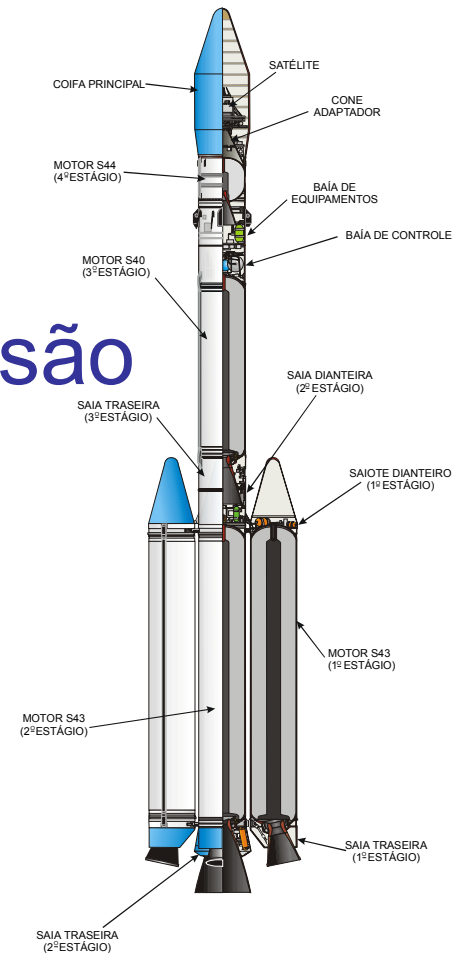
Seminário de Projetos de Pesquisa e Desenvolvimento em Veículos Espaciais e Tecnologias Associadas

Workshop: Tendências Futuras para Veículos Lançadores



Aerodinâmica do VLS Concepção, Projeto & Revisão

Paulo Moraes Jr.
[SESP/ Adj 3]



08 e 09 de agosto de 2012
São José dos Campos - SP

Apoio





6^o SeP P&D

Seminário de Projetos de Pesquisa e Desenvolvimento em Veículos Espaciais e Tecnologias Associadas

Workshop: Tendências Futuras para Veículos Lançadores



CONTEÚDO DA APRESENTAÇÃO

OBJETIVO / JUSTIFICATIVA / APLICAÇÃO

MOTIVAÇÃO: HISTÓRICO / FATOS

INVESTIMENTO & FINANCIAMENTO

ATIVIDADES / CRONOGRAMA DE EXECUÇÃO

PARTICIPANTES [BOLSISTAS]

RESULTADOS

PERSPECTIVAS FUTURAS / DESAFIOS

RELATÓRIOS & PUBLICAÇÕES

CONCLUSÃO ATUAL: CONSTATAÇÃO

RECONHECIMENTO



6^o SeP P&D

Seminário de Projetos de Pesquisa e Desenvolvimento em Veículos Espaciais e Tecnologias Associadas

Workshop: Tendências Futuras para Veículos Lançadores



OBJETIVO / JUSTIFICATIVA / APLICAÇÃO

OBJETIVO DO PROJETO

O objetivo maior do projeto restringe-se a manter no Instituto de Aeronáutica de Espaço (IAE) do DCTA sua capacidade de conduzir projetos de veículos lançadores com ferramentas de cálculo e análise aerodinâmicas já comprovadas e consolidadas, e, caso relevante, tecer considerações sobre medidas de refinamento aerodinâmico para a configuração externa do Veículo Lançador de Satélites (VLS).

JUSTIFICATIVA

Uma grande motivação para submissão e condução do Projeto teve como fator determinante a “angústia” do seu proponente em tentar deixar para as gerações futuras (*sic*), de forma organizada, operacional e em mídias atualizadas os conhecimentos adquiridos e as ferramentas desenvolvidas relacionadas ao projeto aerodinâmico de veículos lançadores e similares. E como *spin off*, exercitar o necessário treinamento de recursos humanos na área da aerodinâmica aplicada a projeto de veículos lançadores.

APLICAÇÃO

Projeto Aerodinâmico de Veículos Lançadores de Satélites



6º SeP P&D

Seminário de Projetos de Pesquisa e Desenvolvimento em Veículos Espaciais e Tecnologias Associadas

Workshop: Tendências Futuras para Veículos Lançadores



MOTIVAÇÃO: HISTÓRICO / FATOS

- Projeto Aerodinâmico do VLS: desenvolvido no período julho 1984-setembro 1998
- Documentos [Relatórios de Projeto]: 75
Relatórios Técnicos com conteúdo detalhado do trabalho executado com indicação de referências (p.ex. desenhos), da modelagem utilizada, da metodologia adotada, com apresentação e discussão de resultados e recomendações para o projeto.
- Memorandos Técnicos: 45
Apresentação sucinta de resultados de trabalho, direcionada para uso imediato no projeto.
- Participação Externa (Universidades):
 - UFRJ/COPPE: aerotermodinâmica
 - UFSC: simulação de escoamentos aerodinâmicos & aero/gasacústica
 - UFRGS: aeroelasticidade
- Participação Externa (Instituições):
 - DLR/Porz-Wahn: ensaios em túnel de vento [características aerodinâmicas globais]
 - ONERA: ensaios em túnel de vento [características aerodinâmicas locais]
 - TSINIIMASH: ensaios em túnel de vento [características aerodinâmicas globais & locais]



6^o SeP P&D

Seminário de Projetos de Pesquisa e Desenvolvimento em Veículos Espaciais e Tecnologias Associadas

Workshop: Tendências Futuras para Veículos Lançadores



INVESTIMENTO / FINANCIAMENTO

QUADRO GERAL DE ORÇAMENTO

ITEM DE DISPÊNDIO	SOLICITADO AO CNPq		*TOTAL (R\$)
	US\$	R\$	
Material Bibliográfico	0,00	5.000,00	5.000,00
Total capital	0,00	5.000,00	5.000,00
Diárias	0,00	16.720,00	16.720,00
Custeio	0,00	40.000,00	40.000,00
Passagens	0,00	11.400,00	11.400,00
Total custeio	0,00	68.120,00	68.120,00
DTI-A	0,00	96.000,00	96.000,00
DTI-B	0,00	72.000,00	72.000,00
Bolsa Especialista Visitante - A	0,00	19.252,35	19.252,35
DTI-C	0,00	26.400,00	26.400,00
Total bolsa	0,00	213.652,34	213.652,34
Total Solicitado ao CNPq (Capital + Custeio + Bolsa)	0,00	286.772,34	286.772,34

Até o presente momento foram utilizados:
61% dos recursos com Bolsistas;
20% dos recursos de custeio; e
21% dos recursos destinados a diárias e passagens.





6º SeP P&D

Seminário de Projetos de Pesquisa e Desenvolvimento em Veículos Espaciais e Tecnologias Associadas

Workshop: Tendências Futuras para Veículos Lançadores



ATIVIDADES / CRONOGRAMA DE EXECUÇÃO

Projeto aprovado para ser executado em 48 meses

1º– 3º MÊS:

- ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO & CONTRATAÇÃO DOS BOLSISTAS
 - Definição e distribuição de tarefas e responsabilidades
- ✓ Início do projeto em dezembro de 2010;
- ✓ implementação da Bolsa DTI-1 em dezembro 2010;
- ✓ implementação da Bolsa DTI-2 em fevereiro 2011.

... **Meta atingida 100% !**

4º– 6º MÊS:

- CONCEPÇÃO ATUAL DO VLS: AVALIAÇÃO
 - Estabelecimento de métricas de desempenho do veículo
- ✓ apresentação do Projeto Aerodinâmico do VLS para os Bolsistas;
- ✓ apresentação e discussão dos objetivos a serem atingidos no projeto;
- ✓ métricas de desempenho aerodinâmico: estabilidade estática e arrasto do veículo.

... **Meta atingida 100% !**

7º– 9º MÊS:

- AERODINÂMICA DO CONJUNTO VEÍCULO: PROTUBERÂNCIAS, APÊNDICES, CARENAGENS
 - Preparação da base de dados a ser analisada
- ✓ levantamento da documentação do Projeto Aerodinâmico do VLS;
- ✓ identificação dos trabalhos executados e das ferramentas utilizadas no projeto;
- ✓ métricas de desempenho aerodinâmico: estabilidade estática e arrasto do veículo.

... **Meta atingida 100% !**

TÍTULO

Otimização de Desempenho Aerodinâmico do VLS: Concepção, Projeto & Verificação.

SIGLA	DATA DE INÍCIO	DURAÇÃO
	01/08/2010	48 mês(es)

10º– 12º MÊS:

- PROJETO PRELIMINAR: ESPECIFICAÇÃO DE ALTERAÇÃO DE ELEMENTOS E SEGMENTOS

13º– 15º MÊS:

- PROJETO DETALHADO: DIMENSIONAMENTO DOS NOVOS ELEMENTOS CARENADOS
- Cálculo das características aerodinâmicas dos elementos alterados

16º– 18º MÊS:

- SIMULAÇÃO DE TRAJETÓRIA: DETERMINAÇÃO DE GANHOS DE DESEMPENHO

19º– 21º MÊS:

- RECOMENDAÇÕES PARA IMPLEMENTAÇÃO DAS ALTERAÇÕES

20º– 24º MÊS:

- ELABORAÇÃO DE RELATÓRIO DE PROJETO



6^o SeP P&D

Seminário de Projetos de Pesquisa e Desenvolvimento em Veículos Espaciais e Tecnologias Associadas

Workshop: Tendências Futuras para Veículos Lançadores



PARTICIPANTES [BOLSISTAS]

• **EDMAR DE QUEIROZ FIGUEREDO**

DTI-A / CPF 103.204.404-78/ Dez 2010–em curso

Plano de Trabalho: Documentação & Verificação dos Processos do Projeto Aerodinâmico do VLS

1. Projeto Aerodinâmico do VLS: Concepção & Projeto (2 meses)
 2. Levantamento da documentação emitida para o Projeto Aerodinâmico do VLS (3 meses)
 3. Verificação das Atividades desenvolvidas no Projeto Aerodinâmico do VLS (2 meses)
 4. Projeto Aerodinâmico do VLS: Tarefas executadas (2 meses)
 5. Projeto Aerodinâmico do VLS: Situação atual do Projeto (3 meses)
 6. Projeto Aerodinâmico do VLS: Identificação de ferramentas utilizadas na execução do projeto (2 meses)
 7. Projeto Aerodinâmico do VLS: Documentação do projeto e dos meios teóricos/ experimentais do projeto (4 meses)
 8. Projeto Aerodinâmico do VLS: Atualização dos programas de cálculo (3 meses)
 9. Projeto Aerodinâmico do VLS: Manuais de Operação dos programas de cálculo (3 meses)
- ... RELATÓRIO

1. Projeto Aerodinâmico do VLS: Concepção & Projeto (2 meses)
 2. Atividades do Projeto Aerodinâmico do VLS (2 meses)
 3. Tarefas do Projeto Aerodinâmico do VLS (2 meses)
 4. Projeto Aerodinâmico do VLS: Características Globais - Ferramentas (3 meses)
 5. Projeto Aerodinâmico do VLS: Características Globais – Resultados (3 meses)
 6. Projeto Aerodinâmico do VLS: Características Locais – Ferramentas (3 meses)
 7. Projeto Aerodinâmico do VLS: Características Locais – Resultados (3 meses)
 8. Projeto Aerodinâmico do VLS: Atualização dos programas de cálculo (3 meses)
 9. Projeto Aerodinâmico do VLS: Manuais de Operação dos programas de cálculo (3 meses)
- ... RELATÓRIO

• **LEONARDO POTOLSKI**

DTI-B / CPF 252.860.918-30/ Fev 2011–em curso

Plano de Trabalho:

Revisão e Otimização dos Procedimentos do Projeto Aerodinâmico do VLS

1. Projeto Aerodinâmico do VLS: Concepção, Projeto & Atividades (3 meses)
 2. Projeto Aerodinâmico do VLS: Tarefas e Ferramentas de Cálculo (3 meses)
 3. Projeto Aerodinâmico do VLS: Cálculo & Análise de Estabilidade Estática (3 meses)
 4. Projeto Aerodinâmico do VLS: Cálculo & Análise de Arrasto (3 meses)
 5. Projeto Aerodinâmico do VLS: Características Globais – Resultados (3 meses)
 6. Projeto Aerodinâmico do VLS: Características Locais – Ensaios em Túnel de Vento (3 meses)
 7. Projeto Aerodinâmico do VLS: Características Locais – Resultados (3 meses)
 8. Projeto Aerodinâmico do VLS: Atualização dos programas de cálculo (3 meses)
- ... RELATÓRIO

• **Felipe Moniz Pirk**

DTI-C / CPF 357.949.248-96/ Out 2011–Mai 2012

Plano de Trabalho:

Revisão e Otimização dos Procedimentos do Projeto Aerodinâmico do VLS



6º SeP P&D

Seminário de Projetos de Pesquisa e Desenvolvimento em Veículos Espaciais e Tecnologias Associadas

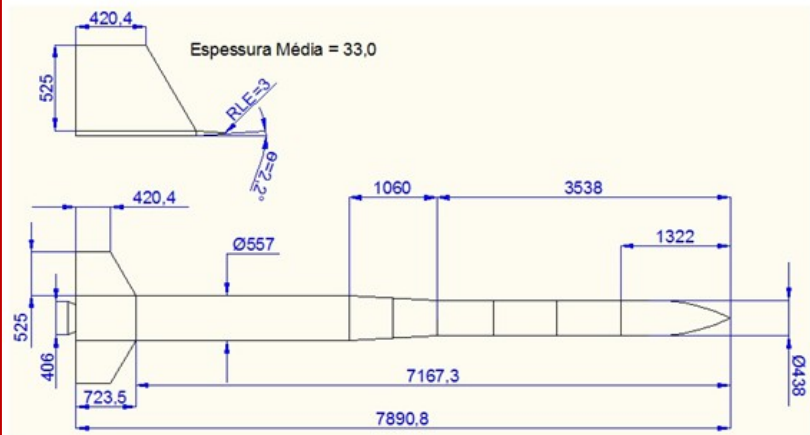
Workshop: Tendências Futuras para Veículos Lançadores



RESULTADOS

Uso de Programas de Cálculo para determinação da distribuição de carregamento sobre o corpo central [NORFOR] e de projeto/cálculo de empenas [R1307].

7.2 Revalidação: VS30/XV04



Ex.: VS 30

```

.....
*
*                               Jet CN: Drag of VS30/XV04
*
*
.....

```

Base Diameter= 557.0 mm Nozzle Exit Diameter= 404.0 mm Refinancia Diameter= 557.0 mm

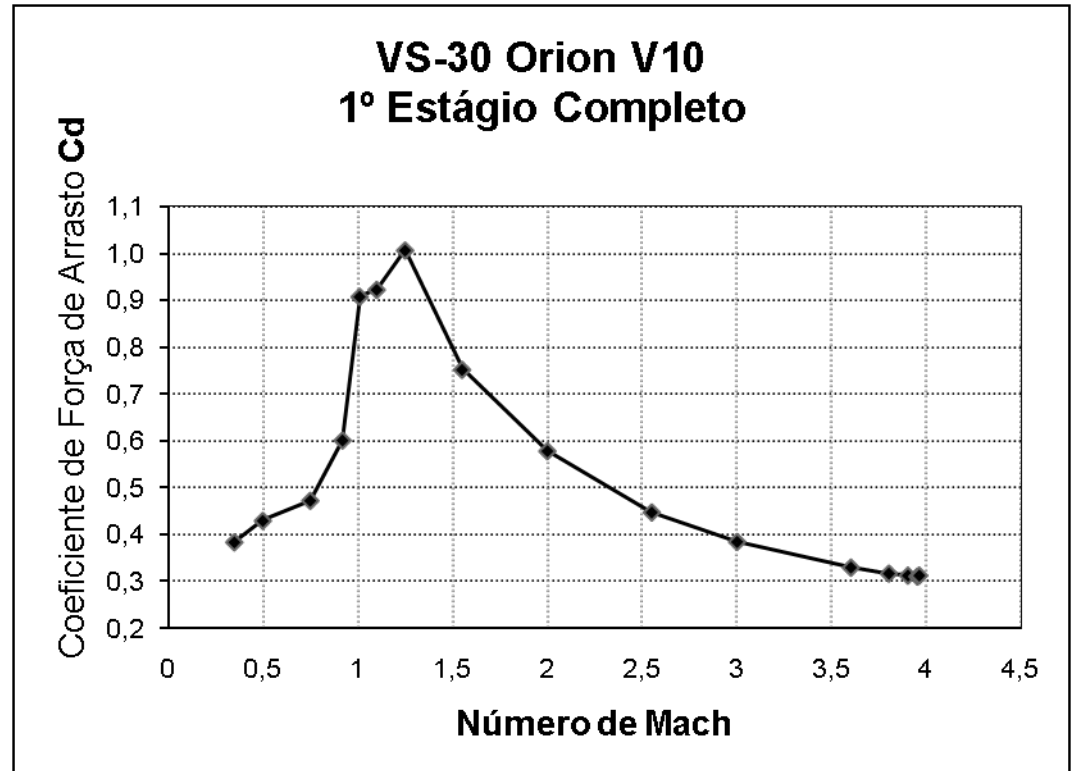
Altitude	0.3 km	0.5 km	1.0 km	2.0 km	3.0 km	5.0 km	7.5 km	10.0 km	15.0 km
0.300	0.2533 0.2897	0.2555 0.2549	0.2542 0.2188	0.2570	0.2592	0.2415	0.2432	0.2483	0.2741
0.500	0.2964 0.3320	0.2983 0.3335	0.2990 0.3080	0.2999	0.3013	0.3028	0.3037	0.3089	0.3189
0.800	0.3504 0.3781	0.3504 0.3918	0.3509 0.3471	0.3517	0.3529	0.3541	0.3545	0.3592	0.3474
0.900	0.4075 0.4350	0.4074 0.4482	0.4080 0.4284	0.4088	0.4100	0.4113	0.4134	0.4145	0.4245
1.100	0.4333 0.4724	0.4335 0.4802	0.4341 0.4900	0.4354	0.4374	0.4394	0.4433	0.4473	0.4598
1.250	0.3994 0.4374	0.3994 0.4444	0.4002 0.4404	0.4014	0.4033	0.4054	0.4091	0.4132	0.4251
1.500	0.3518 0.3889	0.3520 0.3979	0.3524 0.4152	0.3538	0.3554	0.3575	0.3411	0.3450	0.3749
2.000	0.2809 0.3159	0.2811 0.3242	0.2814 0.3375	0.2827	0.2844	0.2841	0.2894	0.2950	0.3057
2.500	0.2200 0.2324	0.2202 0.2442	0.2207 0.2709	0.2217	0.2232	0.2248	0.2278	0.2310	0.2408
3.000	0.1834 0.2131	0.1838 0.2244	0.1842 0.2301	0.1851	0.1845	0.1880	0.1907	0.1937	0.2024
4.000	0.1450 0.1481	0.1451 0.1783	0.1453 0.1844	0.1443	0.1454	0.1447	0.1489	0.1514	0.1589
5.000	0.1173 0.1384	0.1174 0.1475	0.1177 0.1545	0.1184	0.1194	0.1204	0.1223	0.1244	0.1307



Uso de Programa de Cálculo para determinação do Arrasto [Programa DRAG]

altitude (m)	altitude(km)	mach	CD
186	0,186	0,35	0,383
331	0,331	0,5	0,429
649	0,649	0,75	0,472
929	0,929	0,92	0,601
1090	1,09	1,01	0,908
1246	1,246	1,1	0,923
1652	1,652	1,25	1,007
2571	2,571	1,55	0,752
4312	4,312	2	0,578
6118	6,118	2,55	0,447
7822	7,822	3	0,384
9802	9,802	3,6	0,329
10892	10,892	3,8	0,3163
12016	12,016	3,9	0,312
13158	13,158	3,95	0,31
14308	14,308	3,96	0,312

Ex.: VS 30





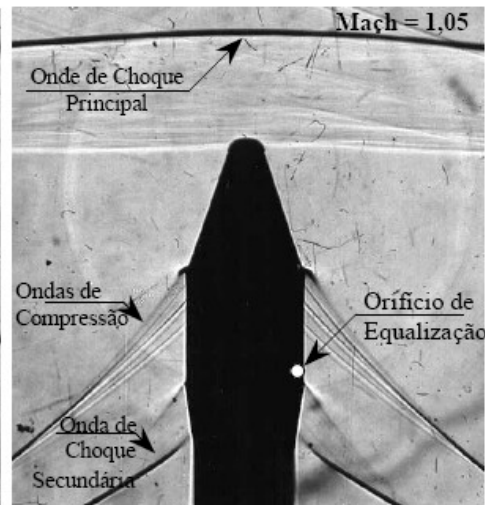
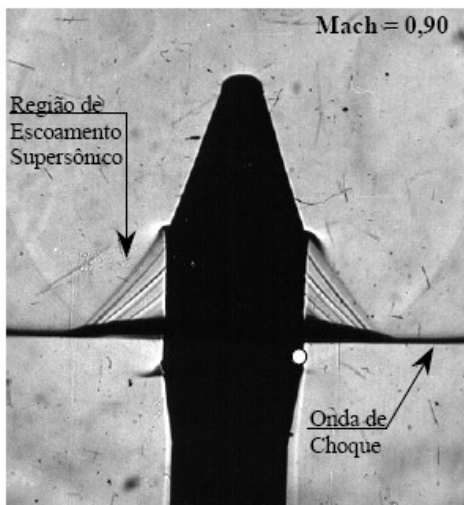
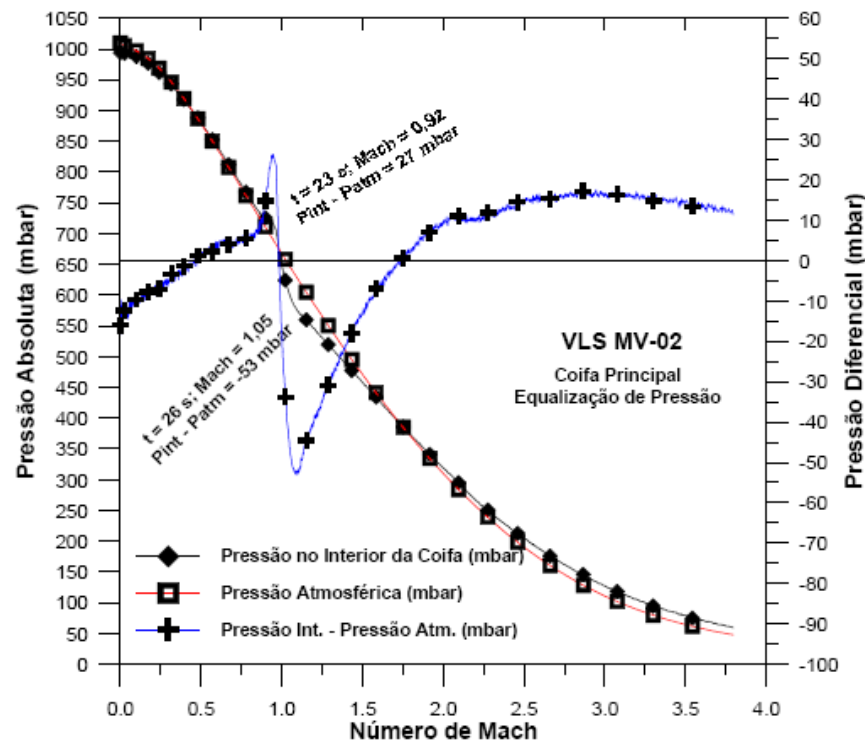
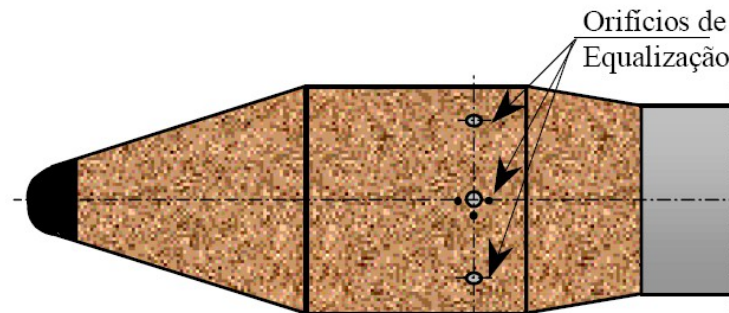
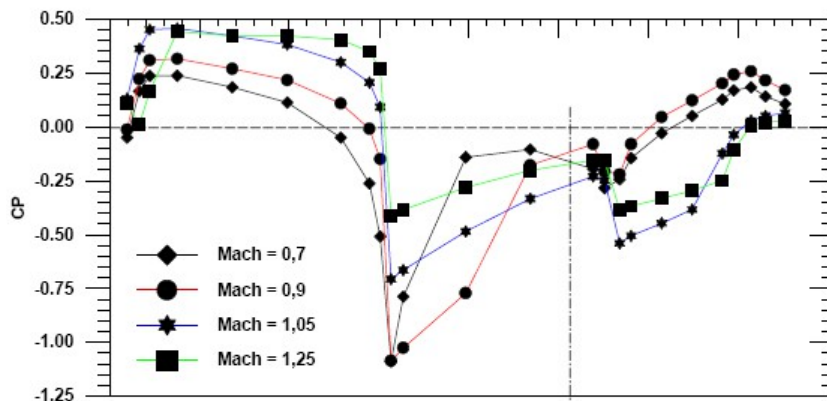
6^o SeP P&D

Seminário de Projetos de Pesquisa e Desenvolvimento em Veículos Espaciais e Tecnologias Associadas

Workshop: Tendências Futuras para Veículos Lançadores



RESULTADOS





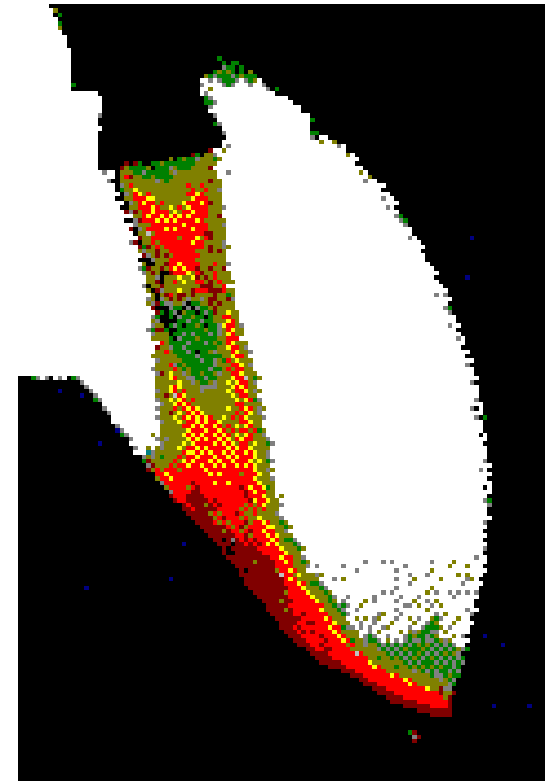
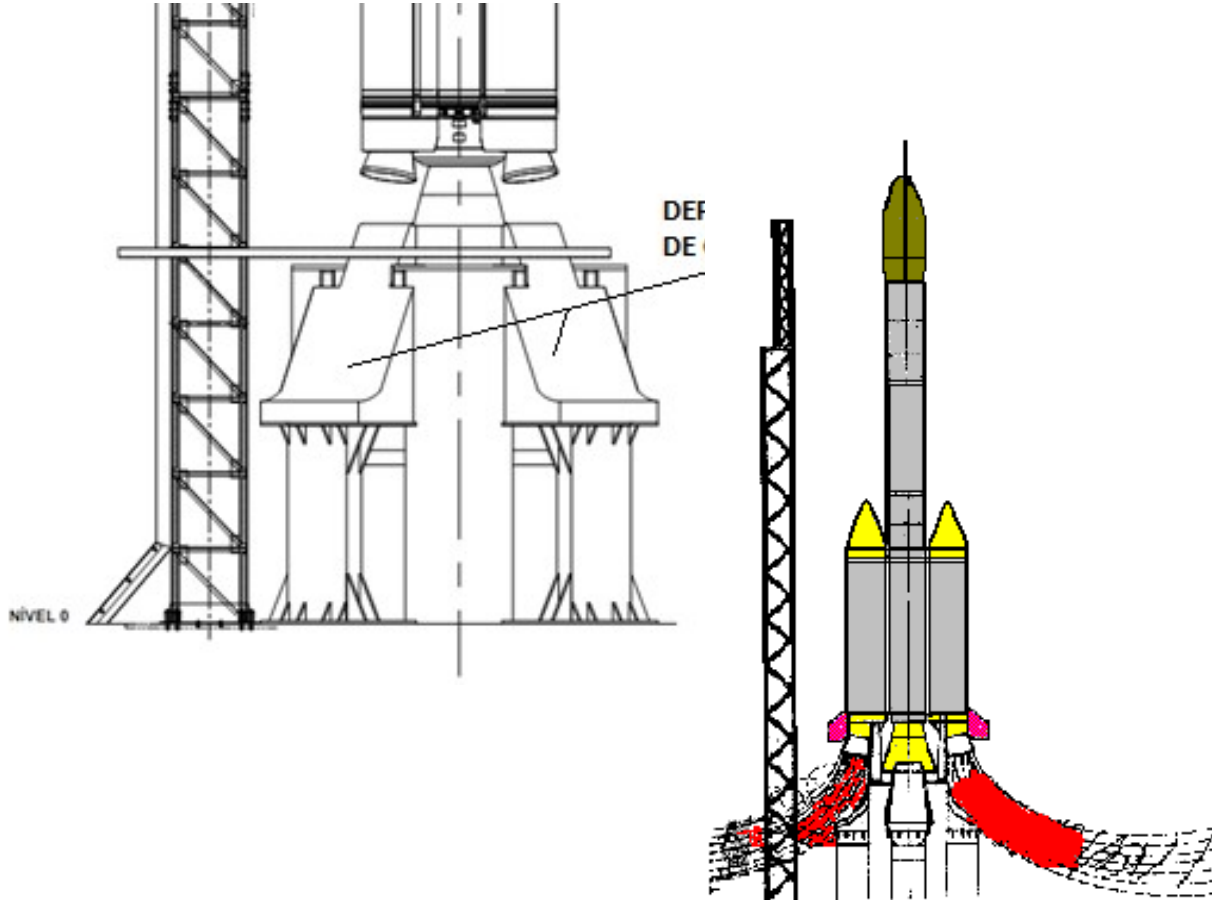
6º SeP P&D

Seminário de Projetos de Pesquisa e Desenvolvimento em Veículos Espaciais e Tecnologias Associadas

Workshop: Tendências Futuras para Veículos Lançadores



RESULTADOS





6^o SeP P&D

Seminário de Projetos de Pesquisa e Desenvolvimento em Veículos Espaciais e Tecnologias Associadas

Workshop: Tendências Futuras para Veículos Lançadores



PERSPECTIVAS FUTURAS / DESAFIOS

Aprimoramento da forma externa do VLS, principalmente em relação à sua parte baixa [primeiro e segundo estágios], alterando a forma das Ogivas dos motores do primeiro estágio.

Resultado:

- a) Redução de arrasto, e
- b) Atenuação da flutuação de pressões na região entre as ogivas e conseqüente redução de cargas transversais sobre o corpo central.

Benefício:

- a) Melhoria de desempenho, e
- b) Melhor conforto no ambiente operacional

Custo da alteração e dos dedobramentos:

- a) Novos ensaios aerodinâmicos
- b) Revisão de cálculos estruturais/cargas sobre o corpo central e *boosters*

Ganho a ser obtido: ***Irrelevante***, considerando-se os *parcos ganhos a serem obtidos em relação ao aumento da capacidade de satelitização do VLS*



6º SeP P&D

Seminário de Projetos de Pesquisa e Desenvolvimento em Veículos Espaciais e Tecnologias Associadas

Workshop: Tendências Futuras para Veículos Lançadores

4th EUROPEAN CONFERENCE FOR AEROSPACE SCIENCES (EUCASS)



RELATÓRIOS / PUBLICAÇÕES



MISSION ANALYSIS AND PERFORMANCE IMPROVEMENT OF THE BRAZILIAN LAUNCH VEHICLE VLS ALFA

Paulo Moraes Jr.

Adilson de Jesus Teixeira, Avandolino Santana Jr., Danton José Fortes Villas Boas,

Domingos Sabino Corrêa, Mauro Iochi Yamamoto

¹CTA, Institute of Aeronautics and Space, Space Directorate

12228-904 São José dos Campos – SP, Brazil, paulo.moraes@iae.cta.br

ABSTRACT

With the aim to continue the development of satellite launch vehicles according to the National Program of Space Activities (PNAE) of the Brazilian Space Agency (AEB), a new launch vehicle program has been established and announced in year 2005. The new program, denominated Cruzeiro do Sul, is comprised of five new vehicles to be developed and qualified in the next years. The Brazilian satellite launch vehicle VLS Alfa, first component of the *Cruzeiro do Sul* program family is designed to accomplish Brazilian space missions already stated in the PNAE, concerning the transport of small satellites to equatorial orbits from *Alcantara Launch Space Centre* in Brazil. Furthermore, and in order to make VLS Alfa more attractive for governmental and private investors, an attempt is made to improve its performance and capability of transporting small satellites into sun synchronous orbits. The paper describes the proposed vehicle, its actual performance and mission capability.

1. INTRODUCTION

In the almost last three decades the Institute of Aeronautics and Space (IAE) of the former Aerospace Technical Centre, actually Department of Aerospace Science and Technology (DCTA), was engaged in the development of a satellite launch vehicle, shortly VLS-1, and the associated technologies and infra-structure. Two prototypes of this vehicle have already been started, unfortunately with failures, so that the vehicle could not be qualified up to now. An accident occurred during the launch campaign of the third prototype in the year 2003 has provoked a considerable delay in continuing with the efforts of preparing the next steps of the project, and in qualifying the vehicle. Nowadays a fourth prototype is being prepared to be launch in 2012.

The VLS program was established in the year 1979 and started five years later with the main objective to develop the capability of launching small payloads into Low Earth Orbits from the Brazilian launch center Alcantara.

Despite the time elapsed for concluding the project and so to qualify VLS-1, which were mainly related with economic, political, and financial difficulties during the last years, the Institute of Aeronautics and Space has proven to be capable of developing over space vehicles, as for instance a complete series of sounding rockets of small and medium size, propellants, rocket motors, materials, engineering, laboratories, and so far, almost the necessary knowledge and expertise in dealing with so sophisticated matter.

The Institute of Aeronautics and Space is the prime contractor for the space transportation segment of the Brazilian Space Agency (AEB). All the present and future activities are then proposed, planned, and presented in a document called "National Program for Space Activities" (PNAE - Programa Nacional de Atividades Espaciais), issued by AEB and revised every 4 years [1].

Looking for a wider horizon and so for the future, and considering a natural question of "what will come beyond VLS-1", a group of experts of the Space Systems Division of IAE/Space Directorate, worked in the year 2004-2005: a proposal for a new launch vehicle program, which receives the denomination of "Cruzeiro do Sul"^[2].

^[2] Southern Cross : a constellation in the Southern Hemisphere near Centaurus and Musca. Also called Crux.

IAE/SESP Relato EUCASS 2011 Jul 2011

EVENTO: EUCASS 2011 – EUROPEAN CONFERENCE FOR AEROSPACE SCIENCES
São Petersburgo, Rússia / 04-08 julho 2011

PARTICIPANTE(S): Paulo Moraes Jr. _ IAE/SESP

OBJETIVO: Participação em evento científico com apresentação oral do trabalho "Mission Analysis and Performance Improvement of the Brazilian Launch Vehicle VLS Alfa"

RESUMO DAS ATIVIDADES:

- O evento "European Conference for Aerospace Sciences" é organizado pela EUCASS (organização europeia sem fins lucrativos: www.eucass.eu) e realizado a cada dois anos em cidades europeias (Moscou, Bruxelas, Versailles).
- Em 2011 foi realizado nas dependências do Hotel Moskovskie Vorota na cidade de São Petersburgo.
- Reúne profissionais acadêmicos, institucionais e da indústria atuantes nas áreas de aeronáutica e espacial.
- Sua programação é constituída por palestras intercaladas por sessões técnicas (até 7-11 em paralelo), nas quais cada apresentador tem 25 minutos para expor os resultados do seu trabalho.
- Conta também com uma pequena exposição, nesse ano em especial com participação da ESA explorando o veículo SOYUZ @ CSG (Kourou);
- O número de participantes somou aproximadamente 600, constituídos por franceses (115), russos (111), alemães (74), italianos (32), britânicos (12), japoneses-americanos-espanhóis-belgas (11), belgas (10), israelenses-holandeses (8), checos-turcos (6), entre os quais encontravam-se 4 brasileiros (Abel Nepumeceno/IAE, Bruno Vasques/IAE, Paulo Moraes/IAE e Nivaldo Hinckel/INPE).
- A abertura do evento, ocorrida às 10 h do seu primeiro dia de condução (03 julho), foi feita pelo Presidente da EUCASS, Jean-Pierre TARAN. Seguiram-se apresentações, moderadas por Christophe BONNAL (CNES), atuando como chefe de cerimônia, de Tatiana RYZHOVA (*International Science and Technology Centre*), René FISCHER (Chefe da *Permanent ESA Mission at the Russian Federation*) e Sergey Chernyshev (Diretor Executivo do TSAG), que sob o estímulo de "GAGARIN – 108 minutes that changed the world", enalteceram os avanços tecnológicos atuais ocorridos na Rússia e a interação com países, instituições e empresas da Europa ocidental.
- A apresentação do trabalho *Mission Analysis and Performance Improvement of the Brazilian Launch Vehicle VLS Alfa*, ocorrida na sessão "3-SI Space Vehicle Design /Room Deyneka II Chairs: W. Zinner – Astrium, Germany & J. Gigou – ESA, France" na quinta-feira (07/07/11; 11:05-11:30) foi assistida por aprox. 35 pessoas, tendo suscitado algumas perguntas e em especial com respeito à disponibilidade do veículo, ao domínio das tecnologias envolvidas e a eventuais parcerias.
- Após concluída a sessão foi procurado por Christophe Bonnal (CNES/Direction des Lanceurs), que sugeriu que o IAE recorre ao CNES para que especialistas desta instituição participassem de revisões de projeto do VLS Alfa.
- Christian Dujaric (ESA) salientou ser importante verificar o comportamento dinâmico-estrutural das configurações do VLS Alfa^{Plus} e do VLS Beta, que são constituídas por estágios líquidos acoplados a estágios a propulente sólido de maior porte (casamento de frequências ?).



DOCUMENTO TÉCNICO GERENCIAL

DCTA/IAE-SESP/12-001

07 Junho 2012

Substitui

PROJETO Otimização de Desempenho Aerodinâmico do VLS Conceção, Projeto e Verificação

[Processo CNPq No. 559961/2010-3]

PAULO MORAES JR [IAE/SESP-ADJ 3]
COORDENADOR DO PROJETO

Descritores: veículos espaciais; lançadores; vls; aerodinâmica; otimização

INSTITUTO DE AERONÁUTICA E ESPAÇO

Cópia gerada por Paulo Moraes, [DCTA/IAE/SESP], em 07/06/2012



6º SeP P&D

Seminário de Projetos de Pesquisa e Desenvolvimento em Veículos Espaciais e Tecnologias Associadas

Workshop: Tendências Futuras para Veículos Lançadores



CONCLUSÃO ATUAL: CONSTATAÇÃO

Embora o acervo relacionado aos procedimentos de cálculo e análise venham sendo revitalizados, transportados à novas mídias, revalidados e seus manuais melhorados, não há a menor perspectiva de efetivar e treinar, *à tempo*, uma nova geração de especialistas para fins de desenvolvimento de um **Projeto Aerodinâmico** de Veículos Lançadores.

Com o presente projeto um importante passo na consecução da **Gestão do Conhecimento** está sendo dado, no entanto, a **Preservação do Conhecimento**, especificamente aquele relacionado ao desenvolvimento de um **Projeto Aerodinâmico** de Veículos Lançadores, conhecimento esse gerado e acumulado ao longo de pelo menos 15 anos, **não está assegurado**.



6º SeP P&D

Seminário de Projetos de Pesquisa e Desenvolvimento em Veículos Espaciais e Tecnologias Associadas

Workshop: Tendências Futuras para Veículos Lançadores



RECONHECIMENTO

AOS COLEGAS QUE TRABALHARAM NO PROJETO AERODINÂMICO DO VLS



Sheo Prakash



Nicholas Benson

Coluta

