

# PROJETO SAFO: PLANO DE VÔO

C. N. Pq.

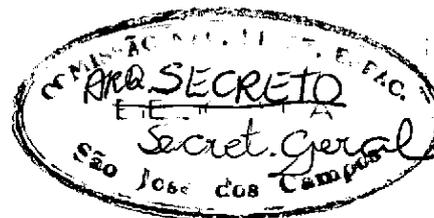
Relatório LAFE-034

Nov., 1965

Plano de vôo para lançamento de dois foguetes de sondagens ionosféricas do tipo Nike-Apache em dezembro de 1965 em Natal.

C  
N  
A  
E

Conselho Nacional de Pesquisas  
Comissão Nacional de Atividades Espaciais (G.O.)  
Laboratório de Física Espacial  
São José dos Campos  
São Paulo — Brasil



PROJETO SAFO : PLANO DE VÔO

Relatório LAFE-034  
Nov. , 1965

Plano de vôo para lançamento de  
dois foguetes de sondagens ionos-  
féricas do tipo Nike-Apache em  
dezembro de 1965 em Natal.

C  
N  
A  
E

Conselho Nacional de Pesquisas  
Comissão Nacional de Atividades Espaciais ( G.O. )  
Laboratório de Física Espacial  
São José dos Campos  
São Paulo - Brasil

## INTRODUÇÃO

O presente relatório contém os elementos do "plano de vôo" para o lançamento de dois foguetes de sondagem ionosférica a serem realizados na Estação de Lançamento de Ponta Negra do Ministério da Aeronáutica, localizada nas proximidades do equador magnético, no Rio Grande do Norte.

Êstes serão os primeiros lançamentos de uma série a ser realizada em Natal dentro do Projeto SAFO que é baseado num termo de colaboração entre o goCNAE e a NASA dos Estados Unidos. O primeiro lançamento do projeto em aprêço foi executado em 24 de agosto de 1965 com pleno sucesso na Estação de Wallops Island ( NASA ) por equipe brasileira em fase de treinamento.

No Brasil o Projeto SAFO é executado por meio de um acôrdo entre o Conselho Nacional de Pesquisas e o Ministério da Aeronáutica. O CNPq através do Laboratório de Física Espacial do Grupo de Organização da Comissão Nacional de Atividades Espaciais ( CNAE ), provê foguetes, equipamentos, instrumentação e orientação dos trabalhos técnicos científicos. O Ministério da Aeronáutica executa os lançamentos utilizando suas instalações na Barreira do Inferno construídas especificamente para êstes fins. A tripulação de lançamento que fôra treinada na NASA sob os auspícios da CNAE, é integrada em sua maioria por elementos do Grupo de Trabalho e Estudos de Projetos Especiais ( GTEPE ) do Estado Maior da Aeronáutica, e por elementos da CNAE.

Além de experimentos ionosféricos, o Projeto SAFO é constituído também de uma parte de lançamentos de foguetes meteorológicos. Os lançamentos de foguetes meteorológicos serão inicialmente quinzenais a partir de 15 de janeiro de 1966, e serão executados em coordenação com a CNIE, ( Argentina ) e NASA ( E. U. A. ) dentro do programa internacional da Cadeia Interamericana de Lançamentos de Foguetes de Sondagem Meteorológica ( EXAMETNET ).

Fernando de Mendonça  
Diretor Científico  
goCNAE

## ÍNDICE

SEÇÃO 1	-	Operações Gerais .....	1
1.1	-	Plano de lançamentos .....	1
1.2	-	Objetivos da Experiência .....	1
1.3	-	Informações sôbre características de vôo .....	1
SEÇÃO 2	-	Informações sôbre o foguete .....	2
2.1	-	Foguete .....	2
2.2	-	Desempenho .....	2
2.3	-	Recuperação .....	2
2.4	-	Pêsos e dimensões .....	2
2.5	-	Modificações .....	3
2.6	-	Instalações .....	3
2.7	-	Pirotécnicos .....	3
SEÇÃO 3	-	Experiências e Instrumentação .....	4
SEÇÃO 4	-	Estação de Lançamento .....	6
4.1	-	Rádio frequências .....	6
4.2	-	Segurança de área .....	6
4.3	-	Apóio terrestre .....	6
4.4	-	Sonda ionosférica .....	8
4.5	-	Farol de radar .....	8
4.6	-	Apóio meteorológico .....	8
4.7	-	Dados balísticos .....	9
4.8	-	Dados em vôo .....	9
4.9	-	Comunicações .....	9
4.10	-	Reunião de pré-vôo .....	10
SEÇÃO 5	-	Recuperação .....	10
SEÇÃO 6	-	Instalações e serviços .....	11
SEÇÃO 7	-	Pessoal .....	12
SEÇÃO 8	-	Cronologia das Operações .....	13
SEÇÃO 9	-	Distribuição das Frequências da Telemetria .....	14
SEÇÃO 10	-	Diagramas e Circuitos .....	15

## PLANO DE VÔO

FOGUETES NIKE-APACHE NASA 14. 68 II ( CNAE NA 6501 )

NASA 14. 69 II ( CNAE NA 6502 )

### SEÇÃO 1 - OPERAÇÕES GERAIS

#### 1.1 - Plano de Lançamentos

Foguete :	CNAE 6501 ( NASA 14. 68 II )	CNAE 6502 ( NASA 14. 69 II )
Data :	8 dezembro 1965	15 dezembro 1965
Alternativa :	9 dezembro 1965	16 dezembro 1965
Hora :	2030 Z + 30 Min.	0300 Z + 2 hrs.

#### 1.2 - Objetivos da Experiência

Medidas das densidades diurna e noturna de elétrons e ions, fluxo de radiação ultra violeta extremo ( EUV ) e fluxo de elétrons na faixa de 1 ev a 20 ev na ionosfera nas altitudes de 50 km a 200 km.

A densidade de ions positivos é medida diretamente com um detector de ions constituído por um condensador Gerdien. Um instrumento similar mede a densidade de ions negativos e elétrons, e a altitudes acima de 100 km deve conduzir a dados sobre a temperatura de elétrons. O fluxo de ultra violeta extremo ( EUV ) é medido por meio de uma câmara de ionização de óxido nítrico que responde ao fluxo de Lyman-alpha ( 1216 Å ) e por um detector plano de emissão secundária no qual o espectro de energia dos elétrons emitidos do alvo de tungstênio está relacionado com o fluxo total de ultra violeta. O fluxo de elétrons na faixa de 1 ev a 20 ev é medido por meio de uma armadilha de elétrons. Um experimento baseado na comparação de fase de sinais em VLF mede a densidade de elétrons do meio. Os dois condensadores Gerdien e a câmara de ionização para Lyman-alpha são montados na extremidade frontal da carga útil e ficam expostos quando a concha da ogiva é solta. A atitude de vôo é informada por um sensor solar e terrestre de posição (vôo diurno) ou sensor magnético (vôo noturno). Ambos montados na parte lateral da carga útil.

#### 1.3 - Informações sobre características de vôo

Com uma carga útil de 30 kg e um ângulo total da ogiva de 20°, o foguete é teoricamente capaz de atingir uma altitude de 190 km se lançado com um ângulo de elevação de 83°. Do ponto de vista experimental, é interessante lançar-se o veículo com uma elevação maior do que 83° acima do horizonte.

SEÇÃO 2 - INFORMAÇÕES SÔBRE O FOGUETE

2.1 - Foguete

O foguete será um GSFC Nike Apache padrão com um ignitor de 20 segundos de atraso para o Apache ( ver Seção 6.7 para informações sôbre rotação do foguete )

2.2 - Desempenho

O desempenho seguinte, baseado nos dados para o arrastro caso II<sub>2</sub> é para uma carga útil de 30 kg quando o foguete é lançado com uma elevação efetiva de 83° acima do horizonte.

<u>EVENTO</u>	<u>TEMPO ( s )</u>	<u>COTA (Altitude -m)</u>	<u>AFASTA MENTO (m)</u>	<u>VELOCIDA DE ( m/s )</u>
Extinção do Nike	3,5	1.664	275	985
Ignição do Apache	20	13.658	1.833	495
Extinção do Apache	26,4	20.161	3.218	1.894
Calibração da Telemetria	35	35.713	5.553	1.745
Abertura das Conchas da Ogiva	45	51.888	8.492	1.638
Mudança na amplitude da Varredura	83	106.068	19.499	1.282
Apogeu	216,5	186.172	65.275	-
Impacto	422	-	133.517	-

2.3 - Recuperação

Nenhuma

2.4 - Pêsos e Dimensões

Pêsos

Nike ( pêso no lançamento ) 600 kg

Apache ( pêso no lançamento ) 99 kg

Carga Útil      30 Kg

---

Total            729 Kg

Dimensões

Cumprimento da carga útil      193 cm

Cumprimento do Apache      272 cm

Cumprimento do Nike      379 cm

Total                              844 cm

Diâmetro da carcaça do Apache      16,5 cm

Diâmetro da carcaça do Nike      42 cm

2.5 -      Modificações

Nenhuma

2.6 -      Instalações

2.6.1 -      Seção de antenas de telemetria " radio farol " e VLF.

2.6.2 -      Transmissor de telemetria e eletrônica associada.

2.6.3 -      Receptor de VLF e transmissor do " radio farol " .

2.6.4 -      Condensador Gerdien para ions positivos e eletrônica associada.

2.6.5 -      Condensador Gerdien para ions negativos e eletrônica associada.

2.6.6 -      Armadilha plana para a corrente de elétrons e eletrônica associada .

2.6.7 -      Armadilha plana para radiação solar na gama do ultra violeta ex tremo e eletrônica associada .

2.6.8 -      Câmara de ionização Lyman-alpha e eletrônica associada .

2.7      Pirotécnicos

Um seccionador de parafusos "Ordnance Associates B - 18" para a soltura das conchas da ogiva .

### SEÇÃO 3 - EXPERIÊNCIAS E INSTRUMENTAÇÃO

#### 3.1 - Propósitos do Vôo

- 3.1.1 Medida das densidades ambiente de elétrons e ions.
- 3.1.2 Monitorar o fluxo integrado de UV responsável pela "formação" na baixa ionosfera.
- 3.1.3 Monitorar a radiação Lyman-alpha (  $1215.7 \text{ \AA}$  )
- 3.1.4 Determinação de eficiência de antenas de quadro para telemetria e rastreo doppler.

#### 3.2 - Instrumentação

##### 3.2.1 Condensador "Gerdien" para ions positivos

A densidade ambiente de ions na região de altitudes entre 60 km e 150 km é medida com um sensor tipo condensador "Gerdien". O sensor é montado na extremidade frontal da carga útil (ogiva) com seu eixo paralelo ao eixo da mesma. A corrente do sensor, que é medida por um eletrômetro amplificador está relacionada com a densidade ambiente de ions.

##### 3.2.2 Condensador "Gerdien" para ions negativos

Este instrumento, similar ao anterior, examina os elétrons e ions negativos ambientes. A corrente no sensor que é função de uma varredura de tensão aplicada mede a temperatura de elétrons em altitudes acima de 100 km e dentro da região D conduzirá a dados sobre a densidade de ions negativos.

##### 3.2.3 Monitor de corrente de elétrons

Uma armadilha plana de elétrons é montada num lado da carga útil. A corrente para o alvo é medida num eletrômetro amplificador. Será medido o fluxo de eletrons na faixa de 1 ev a 20 ev. A discriminação de energia é obtida usando-se uma varredura de tensão na grade em frente ao alvo da armadilha.

##### 3.2.4 Experiência relacionada com emissão na faixa do Lyman-alpha

Uma câmara de ionização empregando uma janela de fluoreto de lítio e cheia com óxido nítrico é montada na parte frontal da carga útil perpendicular ao eixo da mesma. Essa câmara responde ao fluxo da radiação Lyman-alpha (  $1215.7 \text{ \AA}$  ). A corrente no sensor é monitorada por um eletrômetro amplificador.

### 3.2.5 - Monitor de radiação na gama do ultra violeta extremo ( EUV )

A corrente de foto emissão de um alvo de tungstênio montado numa armadilha plana é monitorado por um eletrômetro amplificador. Essa armadilha é montada num lado da carga útil. A emissão do alvo de tungstênio é uma medida do fluxo da radiação de ultra violeta extremo.

### 3.2.6 - Medida da densidade de elétrons

Um receptor de VLF na carga útil receberá o sinal de 21.4 kHz transmitido por um transmissor de VLF em terra. Esse sinal sofre uma variação em sua fase à medida que ele passa através da ionosfera e é comparado (fase) com um sinal estável gerado no receptor de VLF. A frequência de batimento resultante é transmitida por telemetria para a estação no solo.

### 3.2.7 - Rastreo Doppler

Um transmissor em 240,7 MHz é diplerado com o transmissor de telemetria para as antenas de quadro na seção de fiber-glass da carga útil ( seção das antenas ). A variação de fase do sinal recebido na estação de rastreo é utilizada para determinar a trajetória do foguete.

### 3.2.8 - Telemetria

A unidade de telemetria utiliza transmissor de baixa potência ( 250 mW ) em VHF e técnicas de divisão ( multiplex ) de frequências (FM/FM). Contém dez canais de informação. Individualmente as informações modulam em frequência as sub-portadoras provenientes de osciladores controlados por tensão ( VCO ). As saídas desses osciladores são somadas para produzirem o sinal video multiplexado. Este modula em frequência a portadora em 240.2MHz.

### 3.2.9 - Atitude e velocidade de rotação

Durante o vôo diurno, a atitude e velocidade de rotação do foguete serão deduzidas das informações de um sensor polar e terrestre de posição. As do vôo noturno de um sensor magnético.

**SEÇÃO 4 - ESTAÇÃO DE LANÇAMENTO**

4.1 - Rádio frequências

Telemetria - 240,2 MHz

Rastreamento Doppler - 240,7 MHz

4.2 - Segurança de Área

De acôrdo com o plano de segurança estabelecido

4.3 - Apôio terrestre

4.3.1.0 - Estação Hotel ( móvel ) - Localizada perto do centro de con  
trôle.

4.3.1.1 - antenas

helicoidal de 8 espiras

( polarização à direita )

4.3.1.2 - gravador de fita magnética

a) Padrão IRIG em 7 pistas ( canais )

60 IPS, fita de 1/2" de largura, carretel de 14" de diâmetro.

b) Compensação na velocidade da fita ( 100 kHz )

c) Servo Contrôle ( 17 kHz )

Canal - 1 Voz 100 kg TSC

Canal - 2 Receptor nº 1

Canal - 3 Receptor nº 2 ( sobressalente )

Canal - 4 100 kHz, TSC e 10 kHz Doppler rotação

Canal - 5 17 kHz Servo Contrôle

Canal - 6 Amplitude do sinal no receptor - Multiplex

Canal - 7 Tempo da estação ( 36 Bit )

4.3.1.3 - gravação em oscilógrafo

A menos das linhas de referência e marcação de tempo, todos os dados devem ser igualmente espaçados no papel do oscilógrafo.

Velocidade do papel - 6"/seg.

Reprodução

Gravador nº 1 - 10"/seg.

Gravador nº 2 - 6"/seg.

Canal 1 - Tempo da estação ( 36 Bit )  
( 36 Bit )

Canal 2 - Traço de marcação 2 - Traço de marcação

Canal 3 - 70 kHz 3 - 40 kHz

Canal 4 - 52.5 kHz 4 - 30 kHz

Canal 5 - 40 kHz 5 - 10.5 kHz

Canal 6 - 14.5 kHz 6 - 7.35 kHz

Canal 7 - 3.9 kHz 7 - 5.4 kHz

Canal 8 - Traço de marcação 8 - 3.0 kHz

Canal 9 - Tempo da estação ( 36 Bit ) 9 - Traço de marcação

10 - Tempo da estação ( 36 Bit )

#### 4.3.2.0 - Estação Doppler - Localizada no centro de controle

Um transmissor operando em 240.7 MHz é diplexado com o transmissor de telemetria. A variação da frequência devida ao efeito Doppler desse transmissor é gravada e usada para determinar a trajetória do foguete.

#### 4.3.2.1 - Antenas

1 - helicoidal de 8 espiras ( polarização à esquerda )

#### 4.3.2.2 - Gravação no oscilógrafo

Tomada

2

Gravação  
Tempo da estação ( 36 Bit da estação H )

3

Doppler dividido

6

Doppler + rotação

<u>Tomada</u>	<u>Gravação</u>
8	Correlação de "filtro de seguimento"
10	Doppler AGC
22	VLF AGC ( 5.4 kHz )
24	Batimento VLF ( 30 kHz )
26	Rotação ( 40 kHz )
32	Tempo da estação ( código 615 ) ( Instante " zero" )

Velocidade do papel - 10"/seg.

Cópias de tôdas as gravações, em fita magnética e papel deverão ficar a disposição dos Cientistas do projeto. Os originais das fitas magnéticas deverão permanecer na CNAE. Cópias serão fornecidas a pedido.

#### 4.4 Sonda Ionosférica

A sonda ionosférica deverá ser operada desde T-1 dia à razão de uma varredura cada 15 minutos e de T-1 minuto a T 10 minutos à razão de uma varredura por minuto. Solicitação a ser feita ao IPqM no dia (T-25 dias).

#### 4.5 Rádio Farol de Radar

a - Não haverá rádio farol de radar neste vôo

b - Inspeção de interferência de rádio-frequência

Nenhuma a menos que haja disponibilidade do radar. Neste caso será levado a efeito teste de interferência durante o teste vertical a carga útil.

#### 4.6 Apóio Meteorológico

Determinação dos ventos de grande e baixa altura para cálculo do ponto de impacto.

Perfis de temperatura e unidade até aproximadamente 30 km. Uma cópia de cada um dos três últimos cálculos da "correção vento" são pedidas. Enviar a CNAE.

Os valores da "correção vento", devem incluir os resultados de um balão sonda até a um mínimo de 4.600 m dentro da hora que precede ao lançamento.

Observar as recomendações do Manual de Operações Meteorológicas ( Preliminar ) LAFE-036 e LAFE-035 .

4.7 - Dados Balísticos

A operação de todos os equipamentos de rastreamento disponíveis é requisitada.

Cinco ( 5 ) cópias dos dados de trajetória tabelados e reduzidos, devem ser enviados para a CNAE. A distribuição será feita deste centro, para os órgãos da NASA.

4.8 - Dados em Vôo

As seguintes informações devem ser enviadas ao Chefe de Sistemas e aos Cientistas do projeto logo após o vôo ( se possível ):

4.8.1 - Tempo de decolagem

4.8.2 - Plotagem preliminar do radar

4.8.3 - Altitude, tempo e velocidade do segundo estágio na ignição

4.8.4 - Altitude, tempo e velocidade do segundo estágio na extinção.

4.8.5 - Tempo do apogeu

4.8.6 - Cota do apogeu

4.8.7 - Tempo, distância e azimute do impacto

4.9 - Comunicações

4.9.1 - Intercomunicadores no Centro de Controle, Casamata, Plataforma, Estação de Telemetria e Radar

4.9.2 - Telefones no Centro de Controle, Casamata, Preparação, Meteorologia, Estação de Telemetria e Radar

4.9.3 - Distribuição de som durante a contagem será feita com alto falantes externos ( Torre de Meteorologia ) e alto falantes nas dependências onde não houver intercomunicadores

4.9.4 - Comunicações especiais

a - Instante Zero: Da plataforma para a Estação Doppler e Radar; da Estação Doppler para a Estação telemetria

b - Frequência Doppler ( 10 kHz ) : Da Estação Doppler para Telemetria

c - Tempo padrão da Base ( 36 Bit ) : Da Estação de Telemetria para Estação Doppler.

d - Frequência de batimento do Receptor VLF (Sinal do discriminador de 30 kHz ) e AGC ( sinal do discriminador de 5.4 kHz ) Da Estação de Telemetria para Estação Doppler.

f - Rotação e atitude do foguete ( sinal do discriminador de 40 kHz ) Da Estação de Telemetria para Estação Doppler.

#### 4.10 - Reunião de Pré-Vôo

A reunião de pré-vôo entre o pessoal da estação e o pessoal do projeto deverá ser feita antes do teste horizontal.

## SEÇÃO 5 - RECUPERAÇÃO

Nenhuma

## SEÇÃO 6 - INSTALAÇÕES E SERVIÇOS

Os seguintes serviços serão necessários durante a preparação do foguete e a operação do lançamento.

### 6.1 - Instrumentação da Estação

Como descrito na SEÇÃO 4.3

### 6.2 - Apôio Meteorológico

Como descrito na SEÇÃO 4.6

### 6.3 - Preparação do Foguete, alinhamento das aletas, pêsos e C.G. de ambos os estágios, instalação do ignitor e lançamento.

### 6.4 - Laboratório

Como descrito na SEÇÃO 4.3.1 e 4.3.2

### 6.5 - Fotografias ( se possível )

Os requisitos padrão para cinema e fotografias para informações de vôo e documentação.

### 6.7 Compensadores de giro devem ser colocados nas aletas do Apache de maneira a produzir uma rotação de 5 RPS na extinção do mesmo. Dimensão A = 0.745 cm .

As aletas do Nike devem ser inclinadas 20° para produzir uma rotação de 2.0 RPS na extinção do mesmo. Ambas rotações devem ser no sentido horário vistas da parte trazeira do foguete.

### 6.8 O número de série dos motores dos Nike e dos Apache devem ser comunicados ao Chefe de sistemas de GSFC.

SEÇÃO 7 - PESSOAL

O pessoal da NASA, CNAE e GTEPE para esta operação será a seguinte :

7.1 - NASA :

Cientista do Projeto : L. J. Blumle

J. L. DONLEY

C. M. HENDRICKS

W. D. FORTNEY

G. H. SPAID

J. R. HAGEMEYER

J. WINTERS

B. KARMILOW CZ

7.2 - CNAE :

Cientista do Projeto : F. de Mendonça

O. G. ALMEIDA

O. A. MARTINS

L. C. BARATA

L. G. MEIRA Fº

S. CASALI

J. A. M. SALGADO

G. GARCIA

R. R. SCARABUCCI

M. LUNETTA

7.3 - GTEPE :

Chefe de Operação de Lançamento : M. Del Tedesco

I. J. MIRANDA

J. C. NOGUEIRA

P. DELVAUX

S. YOKOTA

P. SEIXAS

A. STAHLBERG

H. BORGES

T. KASSE

U. BELCUFINÉ

Y. TOMITA

B. BARANOV

A admissão do pessoal acima relacionado à área de lançamentos é necessária.

SEÇÃO 8 - CRONOLOGIA DAS OPERAÇÕES

T -1 semana      Chegada da estação Doppler e de seus operadores ~~en-~~  
~~volvidos~~ a Natal .

Chegada a Natal da carga útil e do pessoal (    NASA -  
CNAE - GTEPE ) do projeto .

Reunião de Pré-Vôo .

T -1 dia            " Inspeção horizontal " .

T -2 horas        Osciladores e fornos continuamente ligados até o im-  
pacto .

O foguete e a carga útil devem ter sido instalados no  
lançador e o mesmo elevado antes dessa hora.

Entre T -2 hrs. Rápida " Inspeção Vertical " .  
e T -25 min.

T -15 min.        RF em alimentação externa .

T - 150 segundos      Ligada a alimentação interna

T -120 segundos      Desconectar a ligação umbilical

T = 0              Fogo

SEÇÃO 9 - DISTRIBUIÇÃO DAS FREQUÊNCIAS DA TELEMETRIA

<u>BANDA IRIG</u>	<u>FREQUÊNCIA DO VCO</u>	<u>DESVIO %</u>	<u>LARGURA DA FAIXA</u>	<u>INFORMAÇÃO</u>
18	70.0 kHz	7.5	1050 c/s	Corrente de ions negativos
17	52.5 kHz	7.5	790 c/s	Corrente de ions positivos
16	40.0 kHz	7.5	600 c/s	Aspecto ( 14.68 ); Magnetômetro ( 14.69 )
15	30.0 kHz	7.5	450 c/s	Batimento VLF
13	14.5 kHz	7.5	330 c/s	Corrente de elétrons
12	10.5 kHz	7.5	160 c/s	Fluxo Lyman-alpha
11	7.35 kHz	7.5	110 c/s	Fluxo ultra violeta
10	5.4 kHz	7.5	80 c/s	AGC do VLF
9	3.9 kHz	7.5	60 c/s	Varredura
8	3.0 kHz	7.5	45 c/s	Monitor de altitude; Magnetômetro ( 14.69 )

**SEÇÃO 10 - DIAGRAMAS E CIRCUITOS**

**Anexo 1 - Circuito de ignição do Apache**

**Anexo 2 - Diagrama de fiação dos elementos pirotécnicos**