



MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA
INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS

INPE-11188-MAN/38

**PROCEDIMENTO GERAL DE ENSAIOS PARA PROPULSORES
MONOPROPELENTES PARA SATÉLITES DE ATÉ 20N DE EMPUXO NO
BANCO DE TESTES COM SIMULAÇÃO DE ALTITUDE DO INPE-OP 100**

Carlos Eduardo Rolfsen Salles
Aguinaldo Martins Serra Júnior
Henrique César Sampaio
Jefferson Luiz Nogueira

Publicação Interna – sua reprodução ao público externo está sujeita à autorização da chefia.

INPE
São José dos Campos
2004

RESUMO

Este documento tem como principal objetivo estabelecer um procedimento padrão para a cronologia geral de ensaios do Banco de Testes com Simulação de Altitudes do Laboratório Associado de Combustão e Propulsão (BTSA/LCP/CES/INPE), para testes de qualificação de propulsores monopropelentes de satélites na faixa até 20N de empuxo. Todas as ações necessárias para a preparação dos ensaios são apresentadas na forma de procedimentos operacionais.

**OVERALL SCHEDULING FOR TESTING AND QUALIFICATION OF
SATELLITE 20N MONOPROPELLANT THRUSTERS IN THE TEST BENCH
WITH ALTITUDE SIMULATION AT INPE – OP 100**

ABSTRACT

The main objective of this document is to establish a standard procedure for the overall scheduling for testing satellite thrusters in the Test Bench With Altitude Simulation at the Combustion and Propulsion Associate Laboratory (BTSA/LCP/CES/INPE), for testing and qualifying monopropellant thrusters up to 20N. All needed actions are shown in the form of operational procedures.

SUMÁRIO

	<u>Pág.</u>
LISTA DE FIGURAS	4
1. – OBJETIVO E CAMPO DE APLICAÇÃO	5
2. – INTRODUÇÃO	5
3. – DESCRIÇÃO DO BANCO DE TESTES COM SIMULAÇÃO DE ALTITUDES (BTSA)	6
4. – CONSIDERAÇÕES SOBRE NORMAS DE SEGURANÇA	12
5. – PROCEDIMENTO PARA LIGAR O GRUPO DE VÁCUO (QUANDO A CÂMARA ESTÁ À PRESSÃO ATMOSFÉRICA)	13
6. – PROCEDIMENTO PARA LIGAR O GRUPO DE VÁCUO (QUANDO A CÂMARA JÁ ESTÁ EM VÁCUO)	13
7. – PROCEDIMENTO PARA DESLIGAR O GRUPO	14
8. – PROCEDIMENTO PARA ABRIR A CÂMARA QUE JÁ ESTÁ EM VÁCUO	14
9. – ESQUEMA DA CÂMARA DE VÁCUO DE 20 NEWTONS	14
9.1 – EXEMPLO DE OPERAÇÃO DA CÂMARA DE VÁCUO	15
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	17
APÊNDICE 1 – Descrição do <i>checklist</i> geral do motor - CGM (OP 006)....	17
APÊNDICE 2 – Descrição do <i>checklist</i> geral do banco de teste - CGB (OP 007).....	28
APÊNDICE 3 – Campanha de Tiro.....	33

LISTA DE FIGURAS

3.1: Vista geral do BTSA	6
3.2: Vista geral do BTSA	7
3.3: Câmara de vácuo	7
3.4: Grupo de vácuo	8
3.5: Armário elétrico	8
3.6: Tanque de hidrazina anidra	9
3.7: Insuflador de ar	10
3.8: Sala de controle	11
3.9: Painel de controle do grupo de vácuo	15

1. OBJETIVO E CAMPO DE APLICAÇÃO

Este documento tem como principal objetivo estabelecer um procedimento padrão para a cronologia geral de ensaio de propulsores monopropelentes de até 20 Newtons de empuxo para aplicações espaciais, no Banco de Testes com Simulação de Altitude do Laboratório Associado de Combustão e Propulsão do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais no Centro Espacial de Cachoeira Paulista (BTSA/LCP/CES/INPE). O BTSA é utilizado para testes de qualificação de sistemas propulsivos para aplicações espaciais, por exemplo, plataformas espaciais, veículos espaciais, controle de altitude e órbita de satélites, etc.

2. INTRODUÇÃO

O ensaio de propulsores monopropelentes em câmaras de vácuo exige a elaboração de um procedimento operacional para a preparação do Banco de Testes para os ensaios.

Inicialmente, o cliente, proprietário do motor elabora um plano de testes para o propulsor. Em geral, estes testes envolvem operação no modo pulsado ou contínuo e em várias condições de funcionamento. Então, é feita uma reunião entre o Diretor de Tiro (DT) e equipe (do Banco de Testes) com o cliente, na qual são definidos todos os parâmetros que deverão ser controlados e adquiridos durante os ensaios.

Além da aquisição das medidas de temperatura, empuxo, pressão de câmara de combustão, vazão dos propelentes, nível de vácuo da câmara durante o teste, etc., parâmetros de vigilância devem ser definidos para maior segurança.

3. DESCRIÇÃO DO BANCO DE TESTES COM SIMULAÇÃO DE ALTITUDE (BTSA)

O BTSA foi projetado e construído por uma parceria entre o INPE e a empresa francesa *Société Européenne de Propulsion (SEP)*, hoje parte da *SNECMA Moteurs*. As Figuras 3.1 e 3.2 apresentam uma perspectiva do prédio de ensaios e dos pesquisadores e equipe técnica.



FIGURA 3.1 - Vista geral do BTSA.



FIGURA 3.2 - Vista geral do BTSA.

Para motores monopropelentes até 20 Newtons de empuxo, a altitude é simulada numa câmara de vácuo de 10 m³ de volume, mostrada na Figura 3.3.



FIGURA 3.3 - Câmara de vácuo.

O método utilizado para a obtenção de vácuo é através de um conjunto de bombas mecânicas, conforme mostrado na Figura 3.4



FIGURA 3.4 - Grupo de vácuo.

O subsistema associado ao grupo de vácuo possui armário elétrico que pode operar em modo local ou remoto, conforme mostra a Figura 3.5.

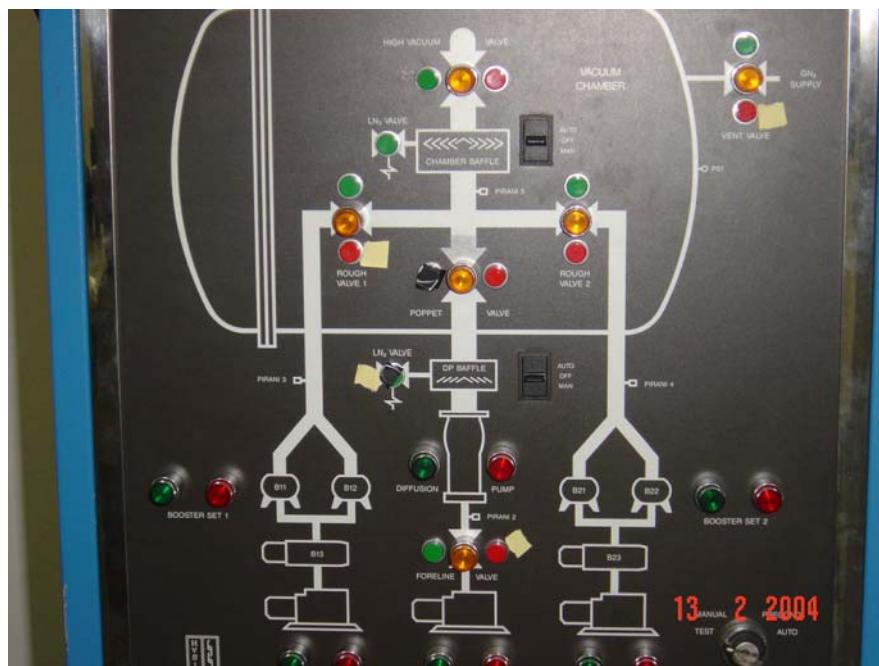


FIGURA 3.5 - Armário elétrico.

A alimentação dos propulsores com hidrazina para os ensaios é feita através da pressurização do tanque com N_2 ultra puro, conforme mostra a Figura 3.6.



FIGURA 3.6 - Tanque de hidrazina anidra.

No fim de um dia de testes é necessário aliviar a pressão nos tanques utilizados. A depressurização é feita de duas maneiras:

- 1) Alívio lento: o vapor formado pelo N_2 de pressurização e pelo propelente pode ser extraído através de um sistema de tratamento de gases;

2) Alívio rápido: a mistura é aliviada diretamente para a atmosfera, tornando-se uma situação de risco. Porém, só é utilizada em casos especiais, de emergência.

Portanto, dado o alto risco do ambiente no BTSA, foi construída uma sala de controle, com pressão positiva obtida através de ventilação forçada com tomada de ar a mais de 100 metros do prédio, como mostra a Figura 3.7.



FIGURA 3.7 - Insuflador de ar.

Toda a equipe deve permanecer nesta sala durante os ensaios do dia. Na sala de controle há monitores, sendo um para o Diretor de Tiro e outros para os responsáveis pelo vácuo e propelentes, e uma estação UNIX, que é dedicada ao sistema de aquisição e tratamento de dados, conforme mostra a Figura 3.8.



FIGURA 3.8 - Sala de controle.

Para que os ensaios possam ser realizados sem riscos, é necessário que toda a equipe trabalhe com os procedimentos operacionais para todos os subsistemas do BTSA.

Este trabalho apresenta todas as providências que devem ser tomadas para realização de ensaios de propulsores monopropelentes de até 20 Newtons de empuxo, através de procedimentos operacionais.

A “Cronologia Geral do Motor – CGM” (anexo I) se dá primeiramente pela análise do pedido de ensaio, feito pelo cliente, pela equipe de especialistas, para que sejam feitas as adequações necessárias no BTSA. Então, é elaborado um plano de medidas de acordo com o pedido e feito um cálculo da quantidade de propelente que deverá ser usada na referida campanha de testes. Em seguida, o motor é integrado à balança de empuxo e à linha de alimentação do propelente. Testes de vazamento devem ser realizados nesta fase, assim como o plano de medidas para o Scopix, controle

dos medidores de vazão, validação das medidas de empuxo, aferição da balança de empuxo, etc.

O procedimento “Cronologia Geral do Banco - CGB” (anexo II) faz o controle da disponibilidade no BTSA dos equipamentos de segurança, áudio e vídeo, sensores em número suficientes para as medidas que deverão ser feitas no motor, e na linha de propelente, da disponibilidade de propelente para realização dos testes, etc. Também no final dos ensaios devem ser observados os seguintes pontos: controle de limpeza da câmara de vácuo; desativação de todos subsistemas utilizados; oportunidade de se efetuar a manutenção corretiva e preventiva necessária.

Na seqüência são apresentadas as considerações sobre normas básicas de segurança, a descrição das ações a efetuar e toda a descrição do *checklist* geral do motor e do *checklist* geral do banco de teste que pode durar vários dias ou semanas, dependendo da campanha a ser realizada.

4. CONSIDERAÇÕES BÁSICAS SOBRE NORMAS DE SEGURANÇA

É extremamente importante lembrar-se dos riscos que são inerentes ao trabalho com produtos químicos muito tóxicos e instáveis, como é o caso da hidrazina. A adoção das seguintes precauções é indispensável para que o ensaio seja efetuado com a melhor segurança possível:

- 1) A manipulação dos produtos químicos deve ser feita usando-se os devidos Equipamentos de Proteção Individual (EPI), tais como avental, óculos de proteção, luvas, máscara facial com filtro, botas;
- 2) A coleta de amostras deve ser realizada utilizando-se o cilindro de amostragem conveniente, previamente em condição de vácuo;
- 3) As amostras de propelentes devem ser armazenadas em *freezer* e transportadas sob baixa temperatura, preferencialmente em banho de gelo;
- 4) A entrada do BTSA deve ser sinalizada, indicando-se que está manipulando-se produtos perigosos;

- 5) Os equipamentos de segurança do BTSA devem estar em bom estado de conservação: chuveiro lava olhos, extintores de incêndio, *sprinklers*, mangueiras de incêndio, hidrantes, sensores de gases;
- 6) Toda a área deve ser sinalizada e isolada, avisar à vigilância do prédio;
- 7) Obrigatoriamente deve ser utilizado o detector de hidrazina;
- 8) Munir-se dos Procedimentos Operacionais;
- 9) Apenas pessoas autorizadas podem acompanhar os testes.

5. PROCEDIMENTO PARA LIGAR O GRUPO DE VÁCUO (QUANDO A CÂMARA ESTÁ À PRESSÃO ATMOSFÉRICA)

1. Verificar as pressões nos piranis 3, 4 e 5. as pressões deverão estar aproximadamente iguais em todos os piranis.
2. Abrir as válvulas da câmara *Rough Valve 1*, *Rough Valve 2* e *High Vacuum Valve*.
3. Ligar as bombas mecânicas (*Mechanical Pump 1* e *Mechanical Pump 2*), esperar a pressão abaixar até cerca de 300 torr nos piranis 3 e 4.
4. Ligar as bombas *Roots (Booster set 1 e Booster set 2)*, esperar a pressão abaixar até 10^{-3} torr no pirani 1.
5. Deixar a câmara em vácuo por cerca de 30 minutos e desligar.

6. PROCEDIMENTO PARA LIGAR O GRUPO DE VÁCUO (QUANDO A CÂMARA JÁ ESTÁ EM VÁCUO)

1. Verificar as pressões nos piranis 1, 3 e 4.
2. Ligar as bombas mecânicas (*Mechanical Pump 1* e *Mechanical Pump 2*), esperar a pressão abaixar até cerca de 300 torr nos piranis 3 e 4.
3. Ligar as bombas *Roots (Booster set 1 e Booster set 2)*, esperar a pressão abaixar até 10 torr no pirani 3 e 4.
4. Abrir a válvula *Rough Valve 1* e *Rough Valve 2*.
5. Abrir a válvula *High Vacuum Valve*.
6. Esperar a pressão abaixar até 10^{-3} torr no pirani 1.

7. Deixar a câmara em vácuo por cerca de 30 minutos.

7. PROCEDIMENTO PARA DESLIGAR O GRUPO DE VÁCUO

1. Fechar a válvula *High Vacuum Valve*.
2. Fechar a válvula *Valve 1* e *Valve 2*.
3. Desligar as bombas *roots* (*Booster set 1* e *Booster set 2*).
4. Desligar as bombas *roots* (*Booster set 1* e *Booster set 2*).
5. Desligar as bombas mecânicas (*Mechanical pump 1* e *Mechanical pump 2*)
(Obs.: quando apitar, apertar *Horn Reset*).

8. PROCEDIMENTO PARA ABRIR A CÂMARA QUE JÁ ESTÁ EM VÁCUO

1. Abrir as travas da câmara de vácuo.
2. Igualar as pressões nos piranis 3, 4 e 5. Para igualar as pressões é necessário abrir a válvula despressurização, localizada embaixo da câmara de vácuo.
3. Abrir o *GN₂ Supply* do rack azul para pressurizar a câmara e a válvula 23 da linha de hidrazina e a válvula solenóide 3 que resfria o propulsor.
4. Monitorar as pressões no pirani 3, 4, 5, e 1.
5. Aguardar a pressão na câmara chegar à pressão atmosférica controlando pelo pirani 1 (cerca de 720 torr) é indicada no rack azul *GN₂ Supply*. A lâmpada de indicação fica vermelha e há aviso sonoro. (Obs.: os procedimentos 2 e 3 são feitos concomitantemente).

9. ESQUEMA DA CÂMARA DE VÁCUO DE 20 NEWTONS.

A seguir, apresenta-se na Figura 3.9, um esquema da câmara de vácuo do BTSA - INPE de Cachoeira Paulista e sua operação. Esta câmara é usada como simulador de altitude:

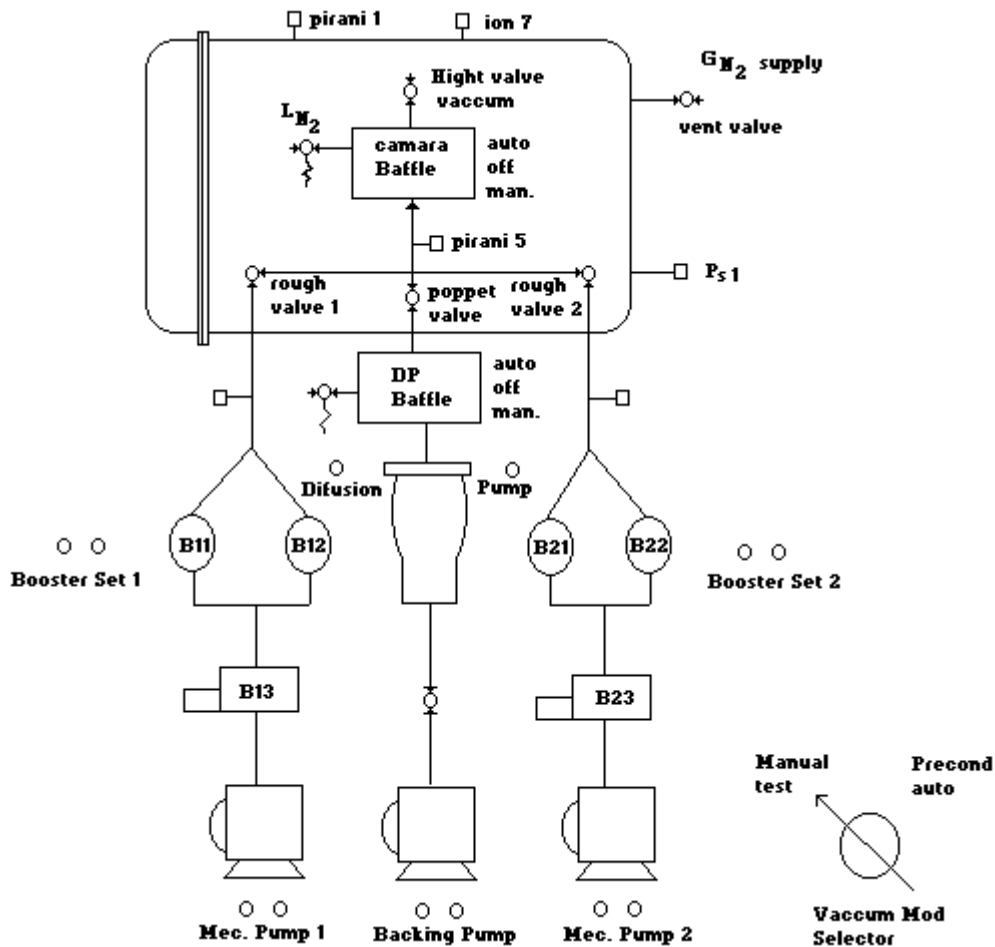


Figura 3.9: Painel de controle do grupo de vácuo.

9.1 EXEMPLO DE OPERAÇÃO DA CÂMARA DE VÁCUO:

A - O sistema está à 1 atm de pressão (câmara e linha), $P_1 \approx P_5$:

- 1- Abrem-se as válvulas.
- 2- Ligam-se as bombas mecânicas.
- 3- Verifica-se a pressão P_5 alcançou um valor menor que 300 torr.
- 4- Ligam-se as bombas *booster*.
- 5- Após a pressão atingir 10^{-3} torr, fecha-se a válvula da câmara de vácuo.
- 6- As bombas podem ser desligadas.

B - O sistema possui baixa pressão (ou na linha ou na câmara)

Obs: identificar qual a região do sistema que apresenta menor pressão, mantendo as válvulas fechadas.

a) Pressão baixa na linha, em relação à câmara :

a.1- Equalizam-se as pressões $P_1 \approx P_5$ antes de abrir a válvula da câmara.

b) Pressão baixa na câmara, em relação à linha :

b.1- Ligam-se as bombas mecânicas até a pressão atingir um valor menor que 300 torr.

b.2- Ligam-se as bombas *booster*.

b.3- Após as pressões $P_1 \approx P_5$, abrem-se as válvulas, da câmara e as desejadas.

“ Todo cuidado é pouco ”

Deve-se observar sempre todos os pontos do sistema antes de efetuar qualquer alteração.

Usa-se água como fluido de refrigeração do sistema da câmara de vácuo. Não deverá usar o sistema se a bomba d'água estiver ligada, mas o nível de água estiver baixo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). **Banco de Testes com Simulação de Altitude (BTSA)**. Cachoeira Paulista: INPE, 1999. Procedimentos Operacionais.

APÊNDICE 1

Descrição do *checklist* geral do motor – CGM (OP 006)

Checklist Geral Motor				
N°	RESP	DESCRIÇÃO DAS AÇÕES A EFETUAR	Processo	Obs.
		<i>Obj.: Descrição das operações da campanha de ensaios, antes e depois dos ensaios monopropelentes</i>	Verificar Procedimento Operacional (OP)	
		Recebimento do pedido de ensaio		
		Analisar o pedido do ensaio para adaptar o banco se necessário (Vácuo - Propelente - Medidas - Seqüências motor e Segurança)		
		Fazer o plano de medidas (colocar os canais em função do tipo, taxa de gravação, faixa,...)	OP 545	Série OP 500
		Definição das seqüências de ensaio para o PLC-Em (Ton, Toff, No e limite para segurança)	OP 546	Série OP 500
		Determinar a quantidade de propelente para a campanha. Verificar que não ultrapasse a capacidade de bombeamento, e calcular o nível de vácuo previsível para cada seqüência de tiro		N ₂ H ₄ = litros
		Estabelecer o diário preliminar dos dias de ensaio tomando-se em conta as durações de seqüência de tiro e duração do tempo entre seqüências (despressurização, levantamento de nível, salvaguarda DATS e tratamentos de dados)		
		Verificar os tamanhos para arquivos de		

		medidas de cada seqüência do motor (canal * taxa * duração) para determinar o diário final de cada dia de ensaio		
		Verificar e alterar se preciso, as informações de data e hora dentro de cada PC e calculador Unix		
		Verificar a disponibilidade dos produtos de consumo (papel, toner, DAT)		
		Verificar a disponibilidade dos seguintes produtos e encomendá-los com antecedência se necessário : N ₂ H ₄ N ₂ comercial N ₂ ultra puro água corrente etc		
		Recepção do Motor		
		Recepção do conjunto motor / interface de balança	OP 404	Série OP 400
		Montagem da balança e do sensor de empuxo		
		Preparação e instalação da balança	OP 701	Série OP 700
		Regulação mecânica da balança com o sensor de faixa adequado	OP 702	Série OP 700
		Aferição da balança	OP 703	Série OP 700
		Montagem do motor dentro da câmara		
		Recebimento do conjunto motor/suporte a	OP 404	Série

		ser fornecido pelo cliente ou sala de integração		OP 400
		Integração do conjunto motor/balança	OP 452	Série OP 400
		Ligar os transdutores-transmissores do motor		
		Ligar os cabos de comando de válvulas (ou a fabricação do cabo se necessário)		
		Instalar o protetor de chamas do motor		
		Verificação de ativação de válvula e validação das medidas de tensão (U) e corrente (I).		
		Montagem da linha de propelente		
		Colocar nas redes os medidores de vazão adaptados		
		Teste de vazamentos dos medidores de vazão		
		Enchimento dos trechos dos medidores de vazão		
		Controle dos medidores de vazão da linha de N ₂ H ₄ (coerência das medidas)	OP 460	Série OP 400
		Adaptação da linha motor (dentro da câmara de vácuo)		
		Limpeza de controle das linhas motor		
		Montagem dos sensores equipando a linha motor		
		Ligações do motor com linhas		
		Enchimento da linha motor com propelente	OP 457	Série OP 400
		Teste linha propelente motor		

		Colocação em vácuo de um trecho das linhas de alimentação N ₂ H ₄ para descontaminação	OP 456	Série OP 400
		Encher com N ₂ as linhas motor N ₂ H ₄	OP 458	Série OP 400
		Plano de medidas SCOPIX		
		Efetuar a calibração do condicionamento conforme o plano de medidas	OP 540 OP 541 OP 547	Série OP 500
		Atualizar ou criar um sistema de aquisição	OP 502	Série OP 500
		Atualizar ou criar os novos sensores	OP 504	Série OP500
		Atribuir os sensores as vias de medidas	OP 508	Série OP 500
		Criar uma nova campanha de ensaio		
		Criar um Teste de identificação Eref (ensaio de referência) com o sistema de aquisição atualizado : as medidas, os grupos, os parâmetros de armazenamento	OP 510 OP 509 OP 512 OP 514	Série OP 500
		Dentro do Teste de identificação Eref , definir conforme o (os) pedido(s) de ensaio as telas de visualização E17_T1 et E20_T1 para o dia de disparo a fogo	OP 513	Série OP 500
		Conectar as medidas do banco		
		Verificar coerência dos valores de medidas do banco na tela (valores mostrados e aferição dos sensores)	OP 520	Série OP 500
		Conectar as medidas do motor		

		Verificar coerência dos valores de medidas do motor na tela (valores mostrados e aferição dos sensores)	OP 520	Série OP 500
		Atualizar as faixas de INTOUCH e PLC se muda a faixa dos sensores de vigilância	OP 554	Série OP 500
		Controle dinâmico das medidas de vazão		
		Criar um ensaio Es_Q01 baseando-se no ensaio de referência Eref		
		Alterar a tela de visualização do ensaio Es_Q01 baseando-se no modelo E17_Q		
		Executar o ensaio durante a qualificação da linha dos medidores de vazão N ₂ H ₄		
		Análise do ensaio usando SCOPIX como tratamento para validar as medidas QT0101 e QT0102, e as outras medidas se possível		
		Criar um ensaio Es_Q02 baseando-se sobre o ensaio de referência Eref		
		Alterar a tela de visualização do ensaio Es_Q02 baseando-se sobre o modelo E17_Q		
		Executar o ensaio durante a qualificação da linha dos medidores de vazão MMH		
		Análise do ensaio usando SCOPIX como tratamento para qualificar as medidas QT0201 e QT0202, e as outras medidas se possível		
		Se for preciso, alterar o ensaio da referência Eref		

		Validação da medida de empuxo		
		Criar um ensaio Es_F baseando-se sobre o ensaio de referência Eref		
		Alterar a tela de visualização do ensaio Es_F baseando-se sobre o modelo E17_F		
		Executar o ensaio durante o aferição da balança		
		Análise do ensaio usando SCOPIX tratamento para qualificar a medida de empuxo F, e as outras medidas se possível		
		Se preciso, alterar o ensaio da referência Eref		
		Validação das medidas U (tensão), I (corrente) e verificação da base Métrica		
		Criar um ensaio Es_UI baseando-se sobre o ensaio de referência Eref		
		Alterar a tela de visualização do ensaio Es_UI baseando-se no modelo E17_UI		
		Executar o ensaio durante a verificação de ativação das válvulas motor		
		Análise do ensaio usando SCOPIX como tratamento para qualificar as medidas UV1, IV1, CRTOP1 (+ UV2, IV2, CRTOP2), e as outras medidas se possível		
		Se preciso, alterar o ensaio da referência Eref		
		Transferir o ensaio para Métrica	OP 525 – SP2	Série OP 500
		Fazer um tratamento manual para validar a	OP 525 –	Série

		transferência dentro da base	SP2	OP 500
		Adaptar o <i>script</i> modelo para validar o tratamento automático sobre este ensaio Es_UI	OP 525 – SP2	Série OP 500
		Efetuar um <i>backup</i> da campanha e dos ensaios de teste (se necessário)	OP 532	Série OP 500
		Conexão das Medidas		
		Criar um ensaio Es_QM, baseando-se sobre o ensaio de referência Eref para a qualificação das medidas		
		Alterar a tela de visualização do ensaio Es_QM baseando-se sobre o modelos E17_QM e E20_QM		
		Executar o ensaio com "Checking zero" para qualificar todas outras medidas		
		Se preciso, alterar o ensaio da referência Eref		
		Pôr em funcionamento as telas de visualização INTOUCH (visualização de todas medidas comuns com DATS)		
		Criar um ensaio Erefsav, baseando-se no ensaio de referência Eref (para salvar lo)		
		Ativar o ensaio Eref (SCOPIX) para as atividades do Diretor de Tiro		
		Criar um ensaio E_visu17, baseando-se sobre o ensaio de referência Eref para a visualizações entre ensaios		
		Vídeo e IR (Infra Vermelho)		

		Verificação da disponibilidade dos meios de áudio/Vídeo e materiais para termografia		
		Tratamento das medidas		
		Escrever o <i>script</i> para tratamento automático de ensaio Es_UI em função do plano de medidas	OP 525 – SP1	Série OP 500
		Validar este script Es_UI depois do teste das medidas U, I	OP 525 – SP2	Série OP 500
		Escrever todos os <i>scripts</i> para tratamento automático em função do plano de medidas	OP 525 – SP1	Série OP 500
		Preparação das seqüências de ensaios		
		Escrever ou modificar as seqüências de ensaio dentro de INTOUCH com o arquivo do plano de medidas e os limites de vigilância pré-definidos	OP 552	Série OP 500
		Teste de validação da seqüência motor		
		Cronologia Geral de Ensaio no dia D - 1 (CGE d -1)	OP 001	Série OP 200
		Relatório e conclusão dos preparativos de ensaio		
		Contactar os diferentes responsáveis pela RAVE (Revisão Pré-Ensaio)		
		Reunião RAVE = lista das limitações e anomalias detectadas antes de iniciar o D0		
		Ensaio Motor		

		Cronologia Geral de Ensaio no dia D 0 (CGE D 0)	OP 002	Série OP 200
		Procedimento após a jornada de tiro do motor monopropelente (segurança)	OP 467	Série OP 400
		Relatório de Ensaios		
		Contactar os vários convidados para a RAPE (Reunião Após Ensaios)		
		Tratamento sistemático das medidas Motor e Banco	OP525 – SP2	Série OP 500
		Tratamentos complementares específicos medidas	OP525 – SP2	Série OP 500
		Tratamentos particulares INTOUCH		
		Reunião RAPE = Lista das anomalias e condições de ensaio		
		Tratamento complementários MÉTRICA após a RAPE	OP525 – SP2	Série OP 500
		Tratamento complementários INTOUCH após a RAPE		
		Entrega dos resultados do ensaio (papel e fitas)		
		Arquivo das fitas DAT da campanha		
		Apagar dos arquivos dados DATS se preciso (as medidas elétricas e Métrica database)	OP 530	Série OP 500
		Limpeza da linha e motor dentro da câmara		

		Abertura da câmara		
		Esvaziamento com formação de vácuo na linha N ₂ H ₄	OP 455	Série OP 400
		Esvaziamento, com formação de vácuo, a linha motor N ₂ H ₄	OP 456	Série OP 400
		Limpeza final do motor		
		Descontaminação do motor	OP 464	Série OP 400
		Desmontagem do motor da câmara		
		Retirada do motor da câmara de vácuo depois de esvaziamento e limpeza de segurança das linhas do motor	OP 463	Série OP 400
		Embalagem do motor para armazenagem e expedição		
		Fim do CGM		

APÊNDICE 2

Descrição do *checklist* geral do banco de teste (OP 007)

Checklist Geral Banco de Teste				
N°	RESP	DESCRIÇÃO DAS AÇÕES A EFETUAR	Processo	Obs.
		<i>Obj.: Descrição das operações ligadas ao banco necessárias antes e depois de um teste de motor monopropelente</i>	Verificar Procedimen- to Operacio- nal (OP)	
		Controle de disponibilidade dos equipamentos de segurança		
		Controlar equipamentos e materiais de segurança (sinalização, máscaras, pressurização da sala de controle, equipamento anti-incêndio)	OP 602	
		Controle de disponibilidade dos equipamentos para Medidas no banco (conjunto de vácuo e propelentes)		
		Verificação da disponibilidade de todos os sensores do banco (conjunto de vácuo e propelentes). (Conferir no caderno de procedimentos dos sensores banco e lista de sensores)		
		Colocar a janela de quartzo para a câmera de infravermelho se necessário		
		Validação das medidas IR (infra vermelho) se necessárias		

		Controle de disponibilidade dos equipamentos áudio e vídeo		
		Verificação da disponibilidade - dos meios de áudio/vídeo - dos materiais para termografia		
		Montagem e regulagem do sistema de vídeo		
		Controle de disponibilidade do sistema de Medida e de Comando		
		Verificar que os equipamentos seguintes estão disponíveis : os PLC-Banc e PLC-Gr, as medidas banco (inclusive aquelas do DATS) os postos operários da sala de controle		
		Controle de disponibilidade do sistema de propelentes		
		Controle da disponibilidade de N ₂ para comando das eletroválvulas e para pressurização		
		Verificar a pressão residual dos cilindros de nitrogênio		
		Encomendar as cestas necessárias para o teste conforme os resultados da análise do pedido de ensaio		
		Controle de funcionamento dos discos de ruptura com pressurização até P _{máxima} do ensaio + 5 bar		
		Trocar os discos de ruptura após um mês de utilização (linha de pressurização de N ₂ H ₄) e se rompe quando testado a 30 bar		

		Redes de propelentes		
		Controle de fugas existente (sinais de corrosão ou de destruição acida do concreto)		
		Esvaziamento e limpeza dos trechos suspeitos		
		Apertar as conexões ou modificação eventual de linha		
		Controle de fuga até 30 bar nos trechos ou na linha (menos no trecho dos medidores de vazão)		
		Controle da disponibilidade dos sistemas de tratamento de vapores de propelentes		
		Controle visual do nível de líquido para tratamento de vapores, bem como sua data de validade (data do último enchimento)		
		Complementar com os produtos se necessários		
		Controle dos níveis de tanque de propelente e enchimento se necessário		
		Verificar a pressão dos reservatórios de propelentes e despressurizá-lo se necessário		
		Controlar e anotar o nível dos propelentes observados nos níveis Krohne	OP 453	
		$h_{N_2H_4} =$		
		Prever enchimento dos reservatórios de propelentes N_2H_4	OP 454	

		Controle de disponibilidade do conjunto de vácuo		
		Verificação da bombas de vácuo: - nível de óleo; - limpeza; - última revisão; - etc.		
		Verificar disponibilidade de água		
		Controle de disponibilidade do sistema de bombeamento a vácuo		
		Conferir no caderno de procedimentos da manutenção do conjunto de vácuo para verificar se este último foi reativado		
		Verificação dos níveis de óleo nas bombas e caixas de velocidades		
		Controle de disponibilidade da câmara de vácuo		
		Controle do estado de limpeza da câmara		
		Controle t�ene sob vácuo da câmara		
		Engraxar as juntas de porta e janelas se necessário		
		Instalar o equipamento de prote�o t�ermica da parte superior da câmara		
		Instalar a plataforma do tubo de canaliza�o dos gases do motor		
		Controle de funcionamento da v�lvula VP4001 (VAT)		
		Controle de funcionamento da linha de quebrar vácuo (VP1401)		

		Ensaio de validação do banco e das seqüências motor		
		CGE (Cronologia Geral de Ensaio) do Dia D - 1		
		Controle de disponibilidade do conjunto de vácuo		
		Teste funcionamento sistema tratamento vapor propelente		
		Operações a serem realizadas depois do teste		
		Controle de limpeza da câmara		
		Desativação dos sistemas e colocar no estado de armazenamento quando parada prolongada		
		Efetuar a manutenção corretiva e preventiva		
		Fim do CGB		

APÊNDICE 3
Campanha de Tiro

<i>Enchimento completo da linha do motor</i>				
N°	RESP	DESCRIÇÃO DAS AÇÕES A EFETUAR	Processo	Obs.
1		Verificar válvula de segurança		
2		Verificar válvula de modulação		
3		Verificar condição inicial: linha cheia com propelente até a válvula de segurança		
4		Criar um ensaio (vácuo) mantendo a válvula de segurança fechada (fechar os terminais da válvula de modulação)		
5		Disparar a seqüência de tiro		
6		Abrir a válvula de modulação, item 2, para fazer vácuo no trecho entre as válvulas de segurança e modulação.		
7		Fechar válvula de modulação. Desconectar os terminais da válvula.		
8		Verificar : Tensão = V Corrente = A		
9		Fechar os terminais da válvula de segurança, para encher o trecho.		
		Pressurização do tanque de hidrazina – sinal de teste em andamento		
10		Habilitar o tabuleiro das válvulas Set Point = bar PT 1301 = bar PT 1302 = bar PT 0401 = bar		

11		Abrir VP 1302 SP N ₂ H ₄ = bar PT 1301 = bar PT 1302 = bar PT 0401 = bar PIF = bar (Scopix)		
		Tiro de Calibração		
12		Fechar os terminais das eletroválvulas		
13		Desligar o aquecimento		
14		Lançar o Scopix		
15		Ligar o vídeo		
		Iniciar Seqüência de Tiro		
16		Acompanhar a seqüência de tiro		
17		Desligar o vídeo		
18		Parar o Scopix		
19		Gravar o tiro		
20		Analisar os resultados		
21		Verificar se os medidores de vazão estão com os cabos desconectados, se sim, conectá-los.		
		Carregar nova seqüência de tiro		
22		Nome atribuído ao ensaio:		
23		Ton = segundos		
24		Toff = segundos		
25		Iniciar Scopix		

26		Ligar os terminais das eletroválvulas		
27		Ligar o vídeo		
28		Verificar condições antes do tiro: SP N ₂ H ₄ = bar PT 1301 = bar PT 1302 = bar PT 0401 = bar PIF = bar		
29		Desligar o vídeo		
30		STEP. 2 PULSED.1		
31		Desligar os terminais das eletroválvulas		
32		Fazer cópia do tiro (fita DAT)		
33		Sair do Scopix		
34		Trata e analisar os dados		
		Fim da Seqüência de Tiro		
		Para outras campanhas, repetir novamente todo o processo de Seqüência de Tiro		