

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA

Grupo de foguetes Carl-Sagan UFPR

Prof. D.r Carlos Henrique Marchi

Me. Eng. Filipe Melo de Aguiar

Eng. Carlos Eduardo Americo

Procedimento de preparo e carregamento de propelente KNSu
prensado a frio para minifoguetes

Curitiba
2020

A - Introdução

Antes de abordar a respeito do processo em si, seria interessante citar algumas “boas práticas” ou mesmo dicas que foram identificadas durante os diversos carregamentos realizados pelos membros do grupo, são elas:

- A segurança é fundamental, portanto, evite improvisar ferramentas, evite realizar o preparo do propelente com pressa e falta de atenção.
- Mantenha o ambiente organizado e livre de qualquer outra atividade que possa prejudicar o bom andamento dos processos experimentais.
- Deve-se sempre superdimensionar a quantidade de propelente a ser fabricada em cerca de dez por cento, pois existem várias etapas onde se perde propelente mesmo quando tomados todos os cuidados na confecção do grão. Por exemplo, caso seja necessário efetuar um carregamento com 1,0 kg de KNSu, será preparado 1,1kg sendo, 715g de Nitrato de Potássio de Potássio e 385g de açúcar.
- Deve ser realizada a menor quantidade possível de prensagens, pois assim, minimiza-se a possibilidade de múltiplas frentes de chama na ignição do propelente.

B - Utensílios utilizados ao longo do processo de preparação do KNSu

Planilha eletrônica (Excel) ou ficha impressa de instruções, balança com resolução menor ou igual a 1g, dois moedores portáteis, recipientes plásticos devidamente rotulados com a sua massa e finalidade de uso (combustível, oxidante e propelente), colheres e sacos plásticos do tipo *ziplock*.

C - Utensílios utilizados durante o carregamento e prensagem

Prensa hidráulica com capacidade mínima de 3 toneladas, alma, punção, base para alma, funil, colher e tampa de prensagem (opcional, dependente do tipo do grão e do tipo do motor-foguete).

D - Preenchimento da planilha eletrônica

O acompanhamento das etapas de prensagem são feitas com uma planilha eletrônica onde parte dos dados são preenchidos manualmente (massa total de propelente a carregar, força de prensagem, massa do tubo-motor vazio, massa inicial do tubo junto com as peças de prensagem, massa total após cada etapa de prensagem e ainda, massa final do tubo mais propelente). Os demais campos são preenchidos pela própria planilha programada: massa restante de propelente, quantidade de prensagens e massa já carregada).

O uso dessas planilhas é bastante útil, pois permite o acompanhamento de cada etapa de prensagem possibilitando eventuais ajustes afim de atingir a massa desejada em um número de etapas mais próximas das projetada.

E - Moagem dos ingredientes

A preparação do propelente deve ter seus ingredientes moídos afim de obter uma mistura mais homogeneia e com maior área de contato entre os elementos. Dessa forma teremos mais chance de obter uma queima mais uniforme do propelente.

O procedimento adotado pelo grupo e utilizado ao longo dos anos, faz se a moagem utilizando moedores portáteis já determinados para cada um dos ingredientes, um para o Nitrato de Potássio (oxidante) e outro para o açúcar (combustível). Assim reduzimos os riscos de uma combustão acidental dentro do moedor e nas mãos do operador.

A moagem é realizada por 30 segundos e despejada em recipiente próprio. É importante que um único operador realize as etapas de moagem e despejo para cada um dos elementos, afim de evitar que haja uma mistura acidental dos elementos. Caso isso ocorra o recipiente de tal mistura deverá ser considerado contaminado e descartado.

Geralmente o açúcar (combustível) e Nitrato de Potássio (oxidante) são moídos simultaneamente para reduzir a exposição dos ingredientes ao ambiente e umidade.

F - Procedimento de preparo do propelente

1. Calcular e fixar qual é a massa de propelente que cada minifoguete deverá portar
2. Somar ao valor total de propelente 10% para contar por possíveis perdas
3. Determinar a quantidade de cada um dos constituintes na proporção mássica de 65% da massa total do propelente de Nitrato de Potássio (oxidante) e 35% para Açúcar (combustível).
4. Reunir os itens citados em B para o preparo do KNSu (propelente).
5. Separar os potes de nitrato de potássio e saco de açúcar.
6. Deve-se identificar o reservatório plástico que será utilizado para despejar cada um dos ingredientes.
7. Moer o ingrediente no moedor de café por 30 segundos e em seguida, despejar no recipiente plástico rotulado de Combustível, para o açúcar e Oxidante para o Nitrato de potássio.
8. Aferir a massa do recipiente após cada ciclo de moagem.
9. Repetir 6 à 8 até atingir as massas de oxidantes e combustível definidas em 2
10. Separar uma ou duas sacolas plásticas ziplock por participante.
11. Após alcançar a massa estipulada, deve-se misturar nas proporções definidas em 3, em sacolas plásticas ziplock de forma que tenha a mesma quantidade de propelente por número de sacolas definida em 10
12. **Exemplo:** em uma equipe de cinco pessoas preparando 1kg, mais 10% de propelente (1.1kg), e se define que cada um ficará com uma sacola plástica de ziplock. logo, cada uma terá 220g de propelente.
13. Com as sacolas plásticas prontas, cada um dos integrantes deve-se procurar fechar o saco afim de manter parte do ar atmosférico aprisionado, e iniciar a mistura do propelente chacoalhando o saco plástico durante 15 minutos.
14. Reservar o propelente em local livre de umidade e de exposição ao sol. O armazenamento da mistura é feito dentro pote, hermeticamente fechado, em uma caixa plástica, contendo anti-mofo, para justamente, evitar que o propelente absorva umidade do ambiente.

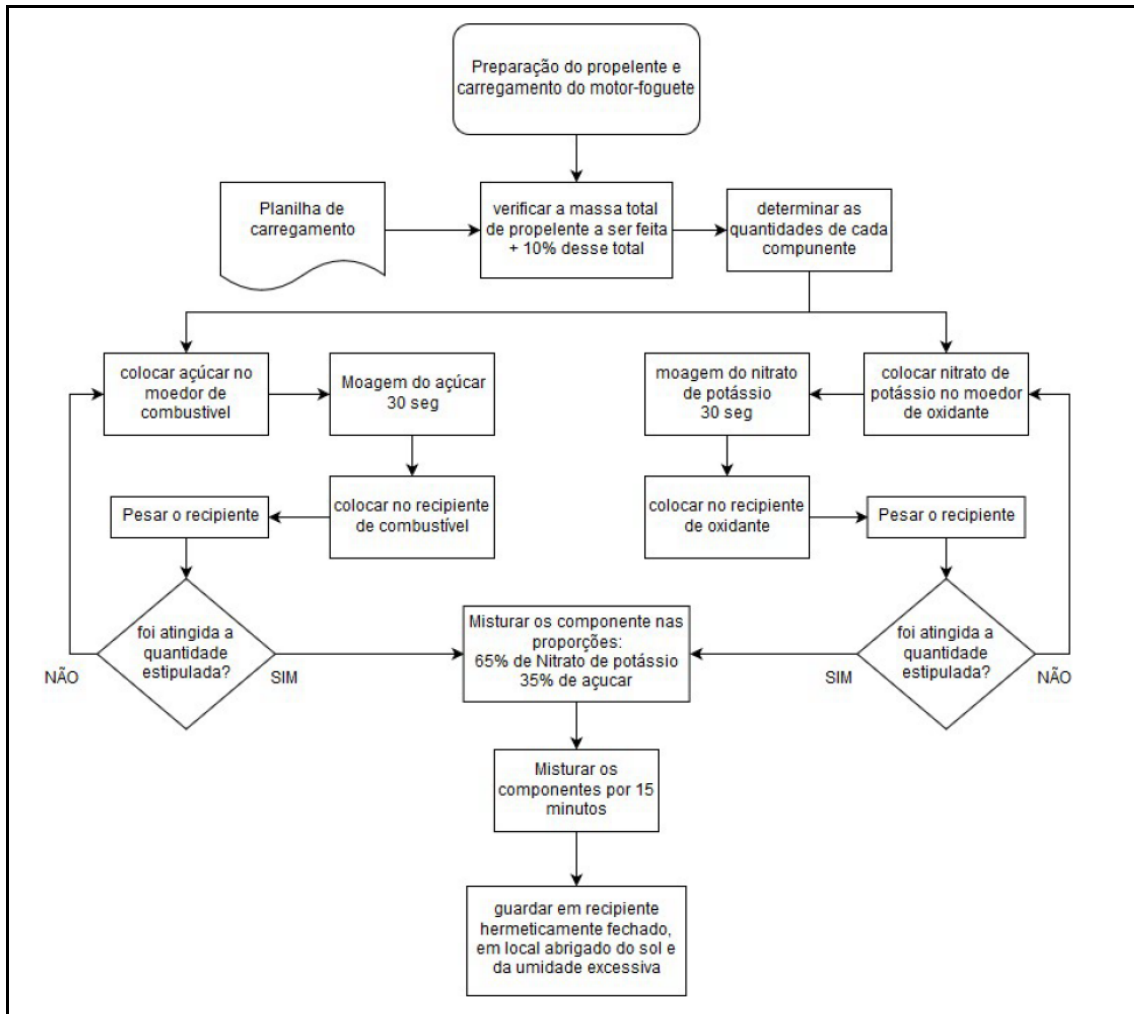


Figura 1 - Fluxograma do preparo de propelente KNSu

• Carregamento e prensagem

1. Pesar o motor-foguete em uma balança de precisão (planilha)
2. Montar a base da alma, a alma (peças de prensagem) e o motor-foguete. Lembrando que a base da alma fica no lado do nariz e a parte solta da alma fica para o lado do motor.
3. Pesar o conjunto (planilha)
4. Colocar o motor-foguete com as peças de carregamento e funil sob a balança e tarar.
5. Dividir a quantidade de propelente (ver planilha) pelo número de prensagens (ver planilha) essa será a quantidade de propelente por prensagem (X)
6. Despejar X gramas de propelente dentro do tubo-motor

7. Colocar o punção no tubo-motor, já carregado na mesa da prensa.
8. Aplicar de maneira gradual a pressão até atingir a tonelada definida (ver planilha). Pressões muito elevadas demandam uma escalada mais suave.
9. Quando estabilizar, retirar a pressão e retirar o tubo-motor da mesa da prensa.
10. Aferir a massa do tubo, alma, mais o propelente, sem tarar. Anotar na planilha
11. Repetir os passos de 4 à 9 até a que a massa esteja igual ou superior a esperada (ver planilha).
12. Remover a alma do tubo-motor. Isso é realizado retirando a base da alma, expondo a ponta da alma, colocar o punção novamente no lado do “motor” e levar até a mesa da prensa.
13. Aplicar pressão da prensa na ponta da alma até que esta se solte. Caso a ponta da prensa se aproxime do grão propelente, pare a operação, recue a ponta da prensa e use um parafuso para continuar a empurrar a alma sem danificar o grão.
14. Removida a alma, pesar o tubo-motor e anotar na planilha.

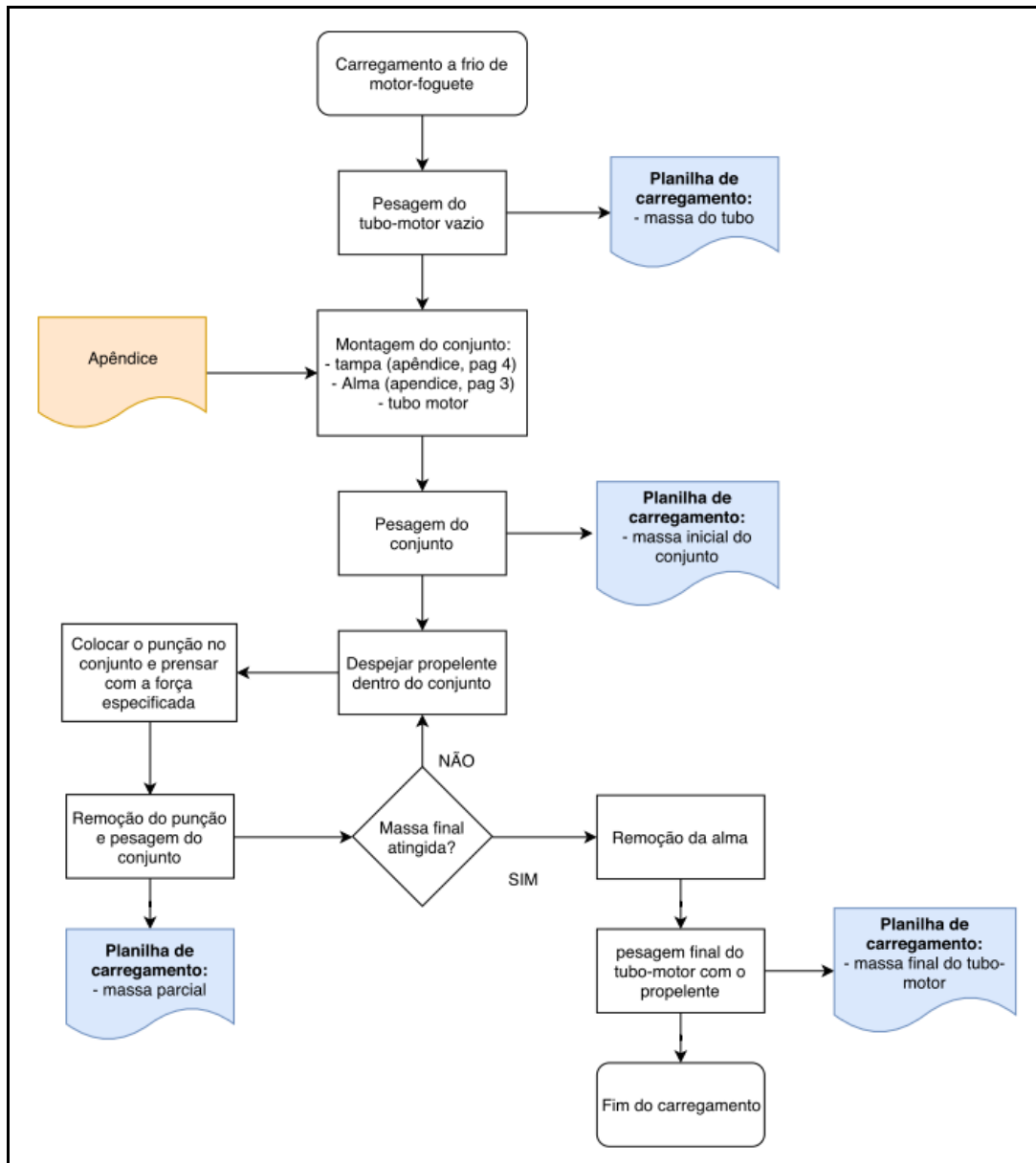


Figura 2 - Fluxograma de prensagem

• Pós-prensagem

Assim que a prensagem for realizada e a massa final for compatível com a massa desejada, deve-se retirar o propelente presente nos filetes de rosca com um pincel ou mesmo com uma escova dental.

O grão-propelente deve estar livre de trincas e ter uma compactação uniforme, pois caso contrário, houve algum problema durante o preparo e provavelmente, o grão deverá ser refeito.

Deve-se conferir se o grão propelente encosta nas superfícies da tampa e da tubeira, caso afirmativo, deve-se reduzir o tamanho do grão para que possa ser realizada a fixação adequada de tais peças. Lembrando que a quantidade de fios de rosca engajados está diretamente relacionada com os esforços mecânicos durante a operação do motor.

É comum que a massa de propelente carregada dentro do tubo esteja levemente acima do esperado. Caso isso aconteça, deve-se realizar o controle do valor da massa raspando-se a face do grão até que a massa seja justamente a projetada ou esteja dentro da faixa de erro admitida.

Caso esteja tudo de acordo com o esperado, deve-se armazenar o motor-foguete carregado dentro de um reservatório fechado, livre da presença de agentes externos. Tal reservatório deve conter uma espécie de “Anti-mofo” para sorver a umidade ali presente.

Antes da realização do teste estático, deve-se aferir novamente a massa e realizar uma análise para conferir a integridade do grão.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA

GRUPO DE FOGUETES CARL SAGAN

Prof. D.r Carlos Henrique Marchi

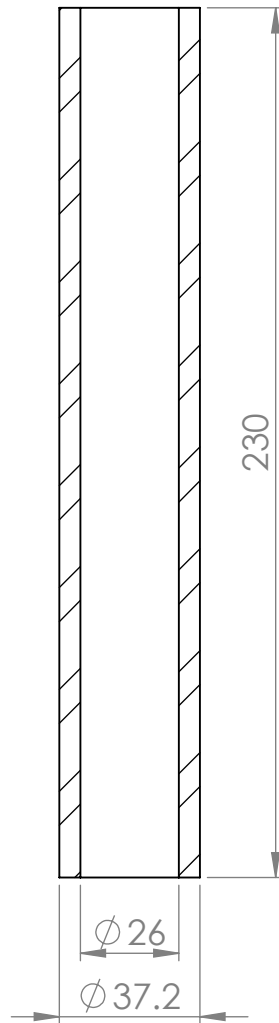
Prof. D.r Diego Fernando Moro

Prof. M.e Antônio Carlos Foltran

Peças de prensagem de propelente KNSu

Curitiba

2019



SE NÃO ESPECIFICADO:
DIMENSÕES EM MILÍMETROS
ACABAM. SUPERFÍCIE:
TOLERÂNCIAS: $\pm 0,1$ mm

ACABAMENTO:

quebrar rebarbas
e arestas vivas

REVISÃO 00

Representação: 1° Diedro

| | NOME | ASSINATURA | DATA | | |
|--------|---------|------------|----------|------------------|--|
| DES. | Moro | | 13/07/16 | | |
| VERIF. | Foltran | | | | |
| APROV. | Marchi | | | | |
| MANUF | | | | | |
| QUALID | | | | | |
| | | | | MATERIAL: | |
| | | | | Aço 1020 | |
| | | | | Massa: 1010,14 g | |

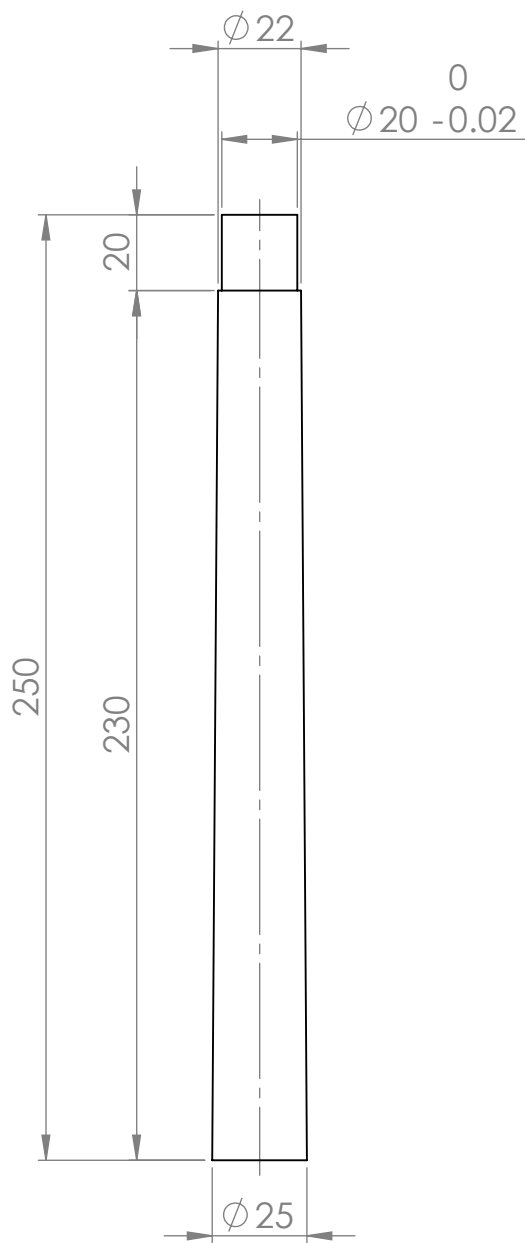
TÍTULO:

Punção de prensagem Netuno-M

DES. Nº
02

A4

ESCALA: 1:2



SE NÃO ESPECIFICADO:
DIMENSÕES EM MILÍMETROS
ACABAM. SUPERFÍCIE:
TOLERÂNCIAS: $\pm 0,1$ mm

ACABAMENTO:

quebrar rebarbas
e arestas vivas

REVISÃO 00

Representação: 1° Diedro

| | NOME | ASSINATURA | DATA | | |
|--------|---------|------------|----------|-----------------|--|
| DES. | Moro | | 13/07/16 | | |
| VERIF. | Foltran | | | | |
| APROV. | Marchi | | | | |
| MANUF | | | | | |
| QUALID | | | | | |
| | | | | MATERIAL: | |
| | | | | Aço 1020 | |
| | | | | Massa: 838,81 g | |

TÍTULO:

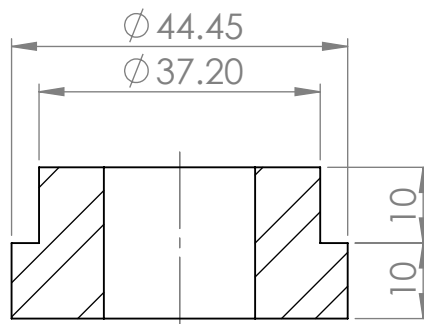
Alma de prensagem Netuno-M

DES. Nº

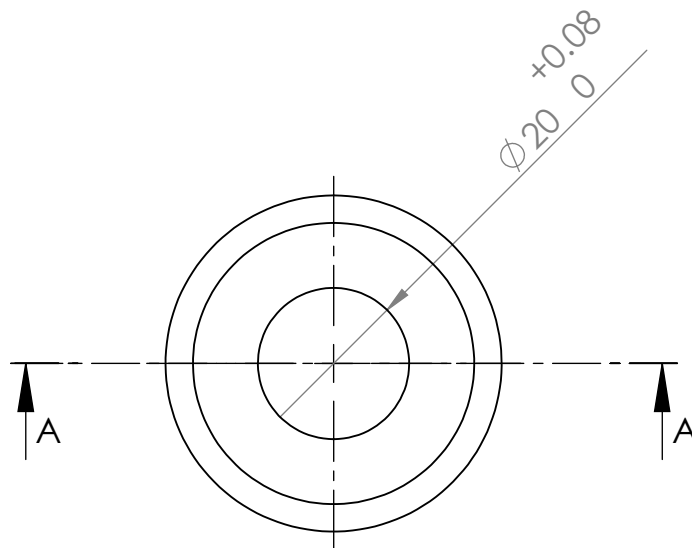
02

A4

ESCALA: 1:2



SEÇÃO A-A
ESCALA 1 : 1



SE NÃO ESPECIFICADO:
DIMENSÕES EM MILÍMETROS
ACABAM. SUPERFÍCIE:
TOLERÂNCIAS: $\pm 0,1$ mm

ACABAMENTO:

quebrar rebarbas
e arestas vivas

REVISÃO 00

Representação: 1° Diedro

| | NOME | ASSINATURA | DATA |
|--------|---------|------------|----------|
| DES. | Moro | | 13/07/16 |
| VERIF. | Foltran | | |
| APROV. | Marchi | | |
| MANUF | | | |
| QUALID | | | |

TÍTULO:

Tampa de prensagem Netuno-M

MATERIAL:

Aço 1020

DES. Nº

02

A4

Massa: 158,82 g

ESCALA: 1:1