

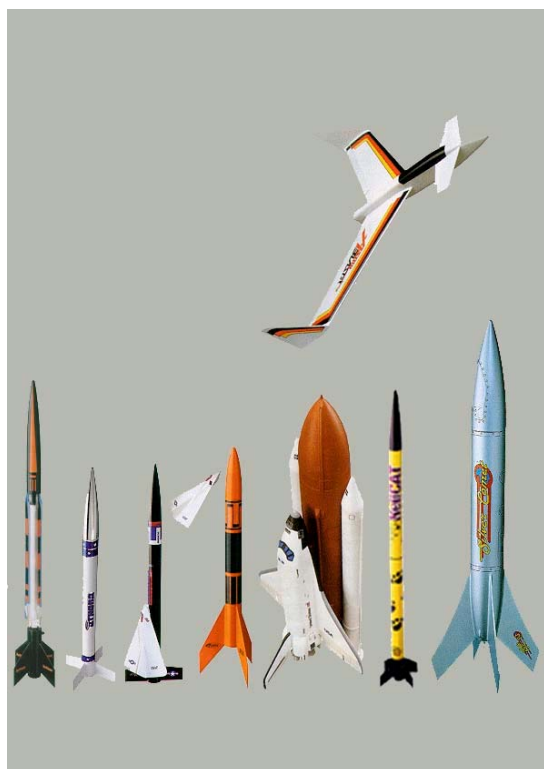
ESPACOMODELISMO

Eng. José Miraglia

As fases de um vôo típico compreendem:

Espaçomodelo Típico

A figura a seguir apresenta a concepção de um espaçomodelo típico. Na sua construção, apenas empregam-se leves como o papelão (tubo), madeira balsa (aletas, seções de transição e ogivas) e plásticos (ogivas e seções diversas). Um mínimo de material metálico é permitido em cargas úteis (componentes eletrônicos, etc.) e outros dispositivos menores. A figura a seguir apresenta alguns espaçomodelos típicos.



O peso total de um espaçomodelo está restrito, pelas normas do NAR (National Association of Rocketry), a 1500 gramas.

Todo o espaçomodelo deve, segundo normas de segurança do NAR (e por bom senso), possuir um sistema de recuperação, seja por pára-quadras, streamer (fita) ou outro meio que impeça o engenho de retornar ao solo em velocidade elevada. A ejeção do pára-quadras ou streamer é realizada pirotécnicamente através de uma carga de ejeção existente no próprio propulsor.

Quanto ao número de estágios, um espaçomodelo deve conter no máximo três, tendo em vista que o modelo pode facilmente mudar sua trajetória e não é difícil acontecer de o terceiro estágio seguir uma trajetória horizontal ou até mesmo descendente ainda na fase propulsora.

As alturas atingidas normalmente não ultrapassam os 1000 metros.

- a) Fase propulsada;
- b) Fase não propulsada ascendente, com geração de fumaça para permitir rastreio ótico e ao mesmo tempo a temporização pirotécnica para ativar a carga de ejeção do pára-quadras;
- c) Fase de queda livre (a menor possível);
- d) Ejeção do pára-quadras (ou qualquer outro dispositivo de recuperação), preferencialmente logo após o apogeu;
- e) Fase descendente com sustentação, até o impacto.

Aplicações típicas de espaçomodelos

Sem dúvida, a aplicação mais nobre do espaçomodelo é com suporte educacional. Afinal, por trás do lançamento de tais engenhos, estão envolvidos conceitos de física, química, matemática, eletricidade e até mesmo de eletrônica e arte industrial.

Assim, aquelas teorias normalmente ensinadas na escola podem ser melhor compreendidas e assimiladas, através da prática do espaçomodelismo.

Os espaçomodelos são também empregados com finalidade puramente recreativa (principalmente nos EUA), para pesquisas educativas em escolas e universidade, fotografia aérea, em experimentos científicos profissionais e em atividades comerciais (filmes, artes industriais).

ASPECTOS CONSTRUTIVOS DO PROPULSOR DE ESPAÇOMODELO

Os propulsores a propelente sólido, empregados em espaçomodelo são, geralmente, construídos a partir de papel resistente, em várias camadas, que resulta em um tubo de alta resistência mecânica, durável, leve e relativamente barato. Para permitir máximo rendimento, são dotados de uma tubeira moldada em material cerâmico.



Visando permitir a recuperação dos espaçomodelos, os propulsores são dotados de uma carga de ejeção de pára-quadras ou fita, cujo acionamento é controlado por uma carga pirotécnica temporizadora que tem a finalidade, também, de gerar fumaça para permitir o rastreamento ótico de ascensão do espaçomodelo. Por último, para contenção da carga de ejeção, existe uma camada de cerâmica prensada, que se desfaz pela pressurização ocorrida no momento da queima dessa carga.

A finalidade de cada componente do propulsor, durante o vôo do espaçomodelo, pode ser visualizado anterior.

Existem propulsores denominados “booster”, sem a carga temporizadora e de ejeção de pára-queadas, destinados a estágios inferiores de espaçomodelos multiestágio.

PROPELENTE DE ESPACOMODELOS

Propulsores de espaçomodelo empregam propelente sólido, geralmente a pólvora negra com formulação adequada a esta finalidade. Atualmente tem sido produzidos em diversos países (EUA, Rússia e outros) propulsores que empregam propelente do tipo composite, basicamente semelhante aos empregados nos “boosters” laterais dos ônibus espaciais ou do Sonda IV por exemplo, mas com formulações e propriedades compatíveis para o emprego em espaçomodelismo.

Os propulsores industrializados que empregam a pólvora negra (repetimos: com formulação adequada a esta finalidade) apresentam impulso específico entre 50 e 100 segundos (quanto maior o impulso específico, mais energético é o propelente) e os que utilizam propelente composite, da ordem de 180 segundos. A título de ilustração, os propelentes composite de uso profissional apresentam impulso específico real entre 220 e 265 segundos. Os impulsos específicos apresentados pelos propelentes de espaçomodelos têm sido suficientes para atender aos requisitos do espaçomodelismo.

A quantidade de propelente que um espçomodelo pode carregar, através de um único ou vários propulsores é de no máximo 125 gramas, segundo as normas internacionais de segurança existentes.

TIPO DO GRÃO PROPELENTE

A maioria dos propulsores de espaçomodelo à pólvora negra possui o grão (a carga moldada de propelente) cilíndrico, com uma pequena perfuração próxima à garganta da tubeira. Tal perfuração tem a finalidade de permitir que a área de queima de propelente, logo após a sua ignição, se propague na direção longitudinal e também radial, até atingir um máximo valor (superior àquele da seção reta da porção cilíndrica do grão) quando então é gerado um pico de empuxo, para assegurar máxima aceleração na fase inicial do vôo do espaçomodelo. Após atingir a máxima área de queima, quando termina a propagação radial, a combustão passa a ser essencialmente longitudinal e a área de queima aproximadamente constante e suficiente para manter o vôo do espaçomodelo, sem submetê-lo a velocidade excessiva. Por outro lado, tudo isso ocorre normalmente, em um intervalo de aproximadamente um segundo ou menos, a exemplo do propulsor B6-4 da ESTES, que emprega unicamente pólvora negra como propelente.

Existem também propulsores com um perfil de empuxo um pouco diferente do anteriormente discutido, como é o caso do propulsor B8-5, que se caracteriza por apenas um pico de empuxo, sem fase de sustentação.

Isto é conseguido através da maior profundidade da perfuração do grão, que proporciona áreas de queima inicial e máxima superiores. Como a quantidade de propelente é idêntica a do B6-4, aproximadamente 6 gramas, a consequência disto é um menor tempo de combustão e empuxos médio e máximo maiores.

FUNCIONAMENTO DO PROPULSOR

O funcionamento de um propulsor de espaçomodelo, dotado de carga de ejeção de pára-queadas, inicia-se com a ignição do propelente, que é sempre realizada eletricamente. A tubeira tem a finalidade de proporcionar uma pressão de combustão adequada e fazer com que a velocidade de ejeção dos gases, resultantes da combustão, seja a maior possível. Após o consumo de propelente, inicia-se a queima da carga temporizadora e de geração de fumaça. Terminada a fase de temporização, ocorre a ignição (por contato físico) da carga de ejeção do pára-queadas.

Se por algum problema (normalmente decorrente do acondicionamento e transporte inadequados) houver uma superpressurização interna do propulsor, que é reportada como sendo muito rara para os motores homologados, as suas consequências poderão ser minimizadas por três processos, possíveis graças às suas características construtivas: a primeira consiste na ejeção da tubeira e conseqüentemente despressurização; a segunda seria a ejeção da tubeira e também das cargas temporizadora e de ejeção, essas últimas em sentido contrário à da tubeira, ou seja, pela parte dianteira; e a terceira é o rompimento do tubo, que por ser de papel não produz estilhaços como materiais metálicos (no caso extremo de ocorrer a expulsão da tubeira e das cargas existentes acima do grão propelente).

Quanto aos aspectos de segurança e confiabilidade dos propulsores comerciais, as estatísticas são bastante favoráveis (no catálogo da ESTES, estão registrados cerca de 300 milhões de propulsores comercializados em 30 anos de sua existência).

CLASSIFICAÇÃO DOS PROPULSORES DE ESPACOMODELO

Os propulsores de espaçomodelo são classificados de acordo com seu impulso total, definindo como sendo o produto entre o empuxo médio desenvolvido pelo propulsor e o tempo de combustão efetivo.

Os códigos que especificam os propulsores são constituídos por uma letra e por dois números subsequentes (Ex: B6-4). A letra indica a classe de impulso total, o primeiro número informa o empuxo médio, em Newton, e o último número indica o período de temporização, em segundos, até a ejeção do pára-queadas (quando o propulsor é do tipo “booster” não há carga temporizadora e nem de ejeção e portanto, o número correspondente é zero).

O máximo impulso total, permissível para um propulsor de espaçomodelo, de acordo com as regulamentações da NAR, é de 160 Newton-segundo [N.s], conforme podemos verificar na tabela seguinte.

Código de Impulso Total	Impulso Total [N.S]
A	1.26 a 2.50
B	2.51 a 5.00
C	5.01 a 10.00
D	10.01 a 20.00
E	20.01 a 40.00
F	40.01 a 80.00
G	80.01 a 160.00

SISTEMAS DE RECUPERAÇÃO DE ESPAÇOMODELOS

“Todo espaçomodelo deve possuir um sistema de recuperação que permita seu retorno suave ao solo” diz uma das de segurança da NAR para espaçomodelos e, por bom senso, não poderia ser diferente, ou seja : em espaçomodelismo, tudo que sobe deve retornar suavemente ao solo para não causar acidentes e permitir sua reutilização. Entretanto, o sistema de recuperação deve ser o mais simples, seguro e funcional possível. Vamos detalhar a seguir aquele de uso mais consagrado entre aqueles que surgiram nestes mais de 30 anos de existência do espaçomodelismo.

Sistemas de Recuperação Existentes

O sistema de recuperação mais empregado em espaçomodelismo é o que emprega pára-quadras normalmente confeccionado a partir de folha de plástico. Entretanto, quando a área livre para lançamento não for muito grande e para os dias de vento um pouco mais forte, o pára-quadras é substituído pelo “streamer” que nada mais é do que uma fita, a qual permite um retorno relativamente mais rápido e com menos vulnerabilidade ao vento lateral.

Em ambos os casos, a ejeção destes dispositivos é realizada pirotecnicamente, através da carga de ejeção já incorporada ao propulsor, que gera uma pressurização instantânea no interior do espaçomodelo. A temporização para ativação também é realizada pirotecnicamente, através da carga de temporização e geração de fumaça. Na especificação dos propulsores, por exemplo o D12-5, o número 5 indica, em segundos, o tempo decorrido desde a ignição do propelente até a ativação da carga de ejeção do pára-quadras.

Como a pressurização é realizada através dos produtos de combustão à alta temperatura, deve haver entre o propulsor e o pára-quadras (ou streamer) um elemento para sua proteção. geralmente um tecido de material não inflamável. Este último aspecto é fundamental, pois tem a finalidade de evitar possíveis incêndios devido à queda desse elemento no local em que haja vegetação ou materiais combustíveis.

Para amenizar os esforços nos diversos elementos que compõe o sistema de recuperação no momento da ejeção, é instalado um elo elástico entre a estrutura do espaçomodelo e o pára-quadras (ou streamer). Normalmente os elásticos que acompanham os kits são aqueles também empregados em

aeromodelos, e feitos de látex. Entretanto, os elásticos usados em confecções, ao menos a nosso ver, são mais confiáveis pois são mais resistentes, não se deterioram com o tempo e podem ser colados ao tubo do espaçomodelo, reforçando ainda mais a fixação normalmente realizada através de fitas adesivas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] CANNON, Robert I. and BANKS, Michael A. “The Rocket Book: A Guide to Building and Launching Model Rocket for the Space Age”. Prentice-Hall, 1985.

[2] BANKS, Michael A. “Advanced Model Rocket (Second Stage)”. Kalmback Books, 1985.

[3] ESTES INDUSTRIES. Catálogo,1997.

[4] NAR - National Association of Rocketry - USA - “Safety Code”, 1997



Copyright 1998 Spacetech
www.foguete.org