



Associação Brasileira de Minifoguetes

Brazilian Association of Rocketry (**BAR**)

Educando e divulgando ciência e tecnologia através dos minifoguetes

Norma BAR-2/2020: nomenclatura básica de foguetemodelismo

Objetivo: definir termos básicos do foguetemodelismo em língua portuguesa para o Brasil.

Avisos/comentários/recomendações:

- a) **É obrigatório** o uso desta norma em todos os eventos promovidos pela BAR bem como em todos os documentos que a BAR venha a produzir.
- b) **Recomenda-se** a todos os membros da BAR que adotem esta norma em seus grupos de minifoguetes e documentos que venham a produzir.

Aeroespçonáutica (AEN): parte da ciência que estuda os minifoguetes. Este termo já consta no Dicionário Enciclopédico de Astronomia e Astronáutica, bem como no Dicionário Aurélio.

Altímetro de bordo: equipamento eletrônico colocado dentro do minifoguete para adquirir dados da pressão atmosférica durante o voo e que os transforma em altura, indicando a trajetória e apogeu do minifoguete, entre outros parâmetros de voo, dependendo do fabricante e modelo do altímetro.

Antichama: material usado, entre a carga ejetora do motor-foguete e o sistema de recuperação do minifoguete, para não danificar o paraquedas/fita deste.

Apogeu (H): altura máxima atingida por um minifoguete em relação ao ponto de lançamento.

Campo de lançamento: local ao ar livre usado para realizar lançamentos de minifoguetes.

Cápsula: parte do minifoguete dentro da qual são colocados equipamentos para monitorar, controlar, recuperar e localizar o minifoguete, antes, durante e após o seu voo, bem como realizar experimentos.

Carga ejetora: carga muito pequena de propelente que produz pequeno empuxo e que é consumida rapidamente. Sua finalidade é ejetar o sistema de recuperação do minifoguete, que comumente é um paraquedas ou fita. É ativada após a queima da carga temporizadora.

Carga paga: o mesmo que carga útil.

Carga propulsora: carga principal de propelente do motor-foguete que ao ser consumida produz empuxo para movimentar o minifoguete.

Carga temporizadora: carga pequena de propelente que é consumida lentamente e gera pequeno empuxo. Ela é usada para gerar um intervalo de tempo entre a carga propulsora e a carga ejetora.

Carga útil: equipamentos e experimentos que o minifoguete transporta em sua cápsula visando executar alguma missão.

Centro de gravidade (CG): ponto no qual, de forma simplificada, se concentra a massa do minifoguete em repouso ou em voo. O valor do CG é medido em relação à ponta do nariz do minifoguete.

Centro de pressão (CP): ponto no qual, de forma simplificada, se concentra a força aerodinâmica sobre o minifoguete em voo. O valor do CP é medido em relação à ponta do nariz do minifoguete.

Classe de motor-foguete: geralmente é uma letra que indica o impulso total (It) do motor, em newton-segundo [N.s], conforme a Tabela 1.

Classificação de motor-foguete: de acordo com a Associação Nacional de Foguetemodélismo (National Association of Rocketry – NAR), dos Estados Unidos, os motores de minifoguetes são classificados com um código composto por: Letra Número1 – Número2. A letra indica a classe de impulso total (It) do motor, em newton-segundo [N.s], conforme a Tabela 1. O primeiro número indica o valor do empuxo médio (Fmed) do motor expresso em newton [N], que é arredondado para um dígito significativo. O segundo número indica o tempo de queima da carga temporizadora, medido em segundos [s], que é arredondado para um número inteiro.

Tabela 1. Classificação dos motores segundo a NAR.

Tipo de minifoguete	Categoria	Classe do motor	Impulso total (It) [N.s]		
FM foguetemodelo	Micro	1/8 A	0,00	a	0,3125
		1/4 A	0,3126	a	0,625
		1/2 A	0,626	a	1,25
	Baixa potência	A	1,26	a	2,50
		B	2,51	a	5,00
		C	5,01	a	10,00
		D	10,01	a	20,00
	Média potência	E	20,01	a	40,00
		F	40,01	a	80,00
		G	80,01	a	160,00
MFE minifoguete experimental	Nível 1	H	160,01	a	320,00
		I	320,01	a	640,00
	Nível 2	J	640,01	a	1280,00
		K	1280,01	a	2560,00
		L	2560,01	a	5120,00
	Nível 3	M	5120,01	a	10240,00
		N	10240,01	a	20480,00
		O	20480,01	a	40960,00

Coefficiente de arrasto (Cd): principal parâmetro para calcular a força de arrasto; quanto maior o seu valor, maior é a força de arrasto se os demais parâmetros forem fixos.

Computador de bordo: equipamento eletrônico colocado dentro do minifoguete para monitorar, controlar, recuperar e localizar o minifoguete, antes, durante e após o seu voo, bem como realizar experimentos.

Contagem regressiva: contagem de 10 segundos feita, de forma regressiva, antes de ser acionado o sistema de ignição para efetuar o lançamento do minifoguete.

Curva de empuxo: é uma curva que representa a força propulsiva (empuxo F) produzida pelo motor-foguete a cada instante de tempo (t). No caso de motores a propelente sólido e híbrido, a forma da curva de empuxo depende da geometria do grão-propelente. A curva de empuxo também pode ser chamada de curva de empuxo *versus* tempo ou curva empuxo-tempo.

Diretor de lançamento: pessoa responsável por autorizar o lançamento do minifoguete no campo de lançamento.

Empenas: superfícies usadas para estabilizar aerodinamicamente o voo do minifoguete. Normalmente cada minifoguete usa três ou quatro empenas. Elas geralmente são fixas (controle passivo) mas podem ser móveis (controle ativo). Podem apresentar diversas formas geométricas planas e perfis.

Empuxo (F): força propulsiva produzida pelo motor-foguete a cada instante de tempo durante a queima do seu propelente.

Empuxo médio (F_{med}): valor de empuxo que multiplicado pelo tempo de queima (t_q) resulta no impulso total (It). Pode ser calculado pelo produto entre o fluxo de massa médio (f_m) e a velocidade efetiva média de ejeção dos gases (c).

Equipe de minifoguetes: subconjunto de um grupo de minifoguetes com missão específica; por exemplo, desenvolver um minifoguete para participar de uma categoria específica de uma competição de minifoguetes.

Espaçomodelo (EM): o mesmo que foguetemodelo.

Fases de voo: são partes distintas da trajetória de um minifoguete durante o seu voo. Podem ser divididas em: propulsada (o motor-foguete está em funcionamento queimando propelente), balística ascendente (o minifoguete sobe mas sem propulsão) e balística descendente (o minifoguete desce do apogeu até o solo). Também pode envolver a fase terminal: período de tempo durante o qual o minifoguete desce com velocidade constante dentro da fase balística descendente. Ainda pode envolver a fase sustentada: período de tempo durante o qual o minifoguete desce com algum sistema de recuperação ativado, como paraquedas ou fita, que reduz a sua velocidade de queda dentro da fase balística descendente.

Fluxo de massa médio (f_m): quantidade de massa de propelente consumida por unidade de tempo. Ele é calculado pela razão entre a massa de propelente e o seu tempo de queima.

Foguete: veículo propulsado por motor-foguete que alcança 12 km ou mais de apogeu. Dependendo da velocidade que atinge, pode ser classificado como foguete de sondagem ou foguete-lançador. Existem outros tipos de foguetes.

Foguete-lançador: foguete que atinge velocidade suficiente para colocar cargas úteis em órbita.

Foguete de sondagem: foguete que não atinge velocidade suficiente para colocar cargas úteis em órbita, conseqüentemente, embora possa atingir centenas de km de altura, a carga útil acaba retornando à superfície da Terra, não conseguindo ficar em órbita.

Fogueteiro: pessoa que pratica o foguetemodelismo com fins educativos, científicos, tecnológicos, recreativos, desportivos, entre outros.

Foguetemodelismo: conjunto de atividades relacionadas ao projeto, fabricação e testes de motores-foguete e minifoguetes, envolvendo testes estáticos de motores-foguete, lançamentos de minifoguetes, entre outras atividades com fins educativos, científicos, tecnológicos, recreativos e desportivos.

Foguetemodelo (FM): minifoguete constituído por motor-foguete comercial até a classe G (160 N.s de impulso total) e que usa apenas materiais de densidade baixa como papel, papelão, madeira leve como balsa, plásticos, borracha, isopor, fibra de vidro, fibra de carbono etc, e pequena quantidade de metal como em altímetros. Não deve conter grandes componentes metálicos nem usar motor-foguete experimental.

Força aerodinâmica: força sobre um minifoguete em voo que resulta do seu movimento na atmosfera.

Força de arrasto: componente da força aerodinâmica que é paralela ao eixo longitudinal do minifoguete.

Força normal: componente da força aerodinâmica que é perpendicular ao eixo longitudinal do minifoguete.

Grão-propelente: bloco sólido constituído por um oxidante e um combustível misturados. Existem várias formas geométricas de grão-propelente sendo as mais comuns a cilíndrica e a tubular.

Grupo de foguetes: conjunto de pessoas de uma mesma instituição, sob a liderança de uma mesma pessoa, que se dedicam ao projeto, montagem, lançamento e recuperação de foguetes que atingem apogeu de 12 km ou mais.

Grupo de minifoguetes: conjunto de pessoas de uma mesma instituição, sob a liderança de uma mesma pessoa, que se dedicam ao foguetemodelismo. Os grupos de minifoguetes são classificados em:

- **Iniciante:** grupo que projeta, monta, lança e recupera foguetemodelo com apogeu inferior a 300 metros.
- **Básico:** grupo que projeta, monta, lança e recupera minifoguete experimental com apogeu inferior a 300 metros.
- **Intermediário:** grupo que projeta, monta, lança e recupera foguetemodelo ou minifoguete experimental com apogeu a partir de 300 metros e inferior a 1 km.
- **Avançado:** grupo que projeta, monta, lança e recupera foguetemodelo ou minifoguete experimental com apogeu a partir de 1 km e inferior a 12 km. Este nível é subdividido de acordo com o máximo apogeu alcançado pelo grupo em km, ou seja, **1k**, **2k**, **3k** etc; o apogeu em km deve ser truncado. Por exemplo, um grupo que tenha conseguido um apogeu de 2,650 metros com o seu minifoguete será denominado **grupo de minifoguetes avançado-2k**.

Ignitista: pessoa que opera o sistema de ignição e realiza a ignição do motor-foguete.

Impulso específico médio (Is): tempo durante o qual uma unidade de peso de propelente produz uma unidade de força de empuxo. É uma medida da eficiência global do motor: quanto maior o Is, mais eficiente é o motor. Ele pode ser calculado pela razão entre o impulso total do motor-foguete e o peso total do seu propelente.

Impulso total (It): quantidade de movimento (massa x velocidade) total produzida pelo motor-foguete. O impulso total é a integral da curva de empuxo ou a área que está abaixo da curva de empuxo.

Lançamento (LT): ato de colocar em funcionamento o motor-foguete do minifoguete, fazendo com que o minifoguete inicie o seu movimento na rampa de lançamento e decole.

Margem estática (E): $E = (CP - CG) / D$, ou seja, é a diferença entre o CP e o CG dividida pelo maior diâmetro (D) do minifoguete. Teoricamente, o voo do minifoguete é estável se $E > 0$.

Minifoguete (MF): foguete real de pequenas dimensões, ou seja, é um veículo propulsado por motor-foguete e que atinge apogeu inferior a 12 km.

Minifoguete educativo: o mesmo que foguetemodelo.

Minifoguete experimental (MFE): minifoguete sem restrições quanto aos materiais empregados e que usa motor-foguete experimental (não comercial). Também é considerado um MFE o minifoguete que usa motor-foguete comercial da classe H ou superior.

Motor-foguete: motor que produz gases muito quentes (acima de 500 °C), a partir de reação química exotérmica entre combustível e oxidante, que são ejetados em alta velocidade (centenas de metros por segundo), geralmente supersônica. Este tipo de motor funciona independentemente do meio que o envolve, inclusive no vácuo.

Motor-foguete comercial: motor-foguete produzido por empresa, ou seja, industrializado, vendido por empresas como Estes, Apogee, Aerotech e Bandeirante, bem como por empresas de fogos de artifício. **Aviso:** os motores fabricados por empresas de fogos de artifício são fabricados para serem usados em espetáculos pirotécnicos e não para minifoguetes; portanto, para usar motores de fogos de artifício em minifoguetes devem ser feitas, com cautela, as devidas adaptações necessárias como a retirada de bombas em alguns casos.

Motor-foguete experimental: motor-foguete não comercial, isto é, fabricado pela própria equipe ou grupo de minifoguetes, sendo um desenvolvimento próprio, artesanal ou experimental.

Nariz: é a parte superior do minifoguete usada para proteger o conteúdo da cápsula e reduzir o arrasto aerodinâmico. Geralmente tem geometria cônica, parabólica ou ogival.

NOTAM: é um aviso divulgado aos aeronautas pela Aeronáutica informando sobre restrições ao uso do espaço aéreo. Se o apogeu estimado para o minifoguete for superior a 150 metros em área rural ou a 300 metros em área urbana, deve ser obtido, antes do lançamento, um NOTAM através do CINDACTA da Aeronáutica com jurisdição sobre o local de lançamento. Portanto, não é necessário solicitar NOTAM se o apogeu estimado para o minifoguete for inferior a 150 metros em área rural ou a 300 metros em área urbana.

Propelente: mistura de combustível e oxidante. Propelente dito sólido significa que o estado físico do combustível e do oxidante é sólido. Um propelente muito usado em foguetemodélismo é a mistura de sacarose (açúcar comum, que é o combustível) com nitrato de potássio (fertilizante, que é o oxidante).

Rampa de lançamento (RL): dispositivo mecânico usado para lançar um minifoguete em determinada direção e permitir que o mesmo atinja uma velocidade mínima adequada à sua estabilidade passiva com as empenas. Geralmente a rampa de lançamento tem uma guia, três guias ou trilho.

Sistema de ignição (SI): equipamento elétrico composto de bateria, ignitor, condutor elétrico, chave de segurança normalmente aberta e chave de disparo. Ele é usado para colocar em funcionamento o motor do minifoguete à distância segura.

Sistema de recuperação (SR): sistema usado para reduzir a velocidade de impacto do minifoguete com o solo, para que o minifoguete seja visível durante a sua queda, evite acidentes e permita que o minifoguete seja recuperado sem avarias. Geralmente usa-se paraquedas ou fita.

Tempo de queima: tempo entre a ignição do motor-foguete e o fim da queima do seu propelente durante o qual há força propulsiva mensurável.

Tempo de temporização: intervalo de tempo entre o fim da queima da carga propulsora e o início da queima da carga ejetora do motor-foguete.

Teste de calibração (TC): teste executado para avaliar o correto funcionamento de equipamentos usados nos vários tipos de testes e lançamentos de minifoguetes.

Teste de propelente (TP): teste realizado para avaliar o desempenho, alteração, formulação, procedimento de preparo e carregamento de propelente, ignição do propelente, estudar a área de queima do propelente etc.

Teste de resistência (TR): tipo de teste qualitativo no qual o motor-foguete é colocado em funcionamento em uma bancada sem instrumentos, para impedir o seu movimento. O objetivo principal deste teste é verificar se o motor funciona sem qualquer anomalia. Mas este teste também pode ser usado para medir o tempo de queima com vídeo, verificar o estado dos componentes do motor após o teste e medir a massa de resíduos da queima. O teste de resistência deve ser feito antes de qualquer teste estático.

Teste de sistema (TS): este conceito envolve vários tipos de testes que podem ser feitos com os sistemas do minifoguete e seu motor; por exemplo: teste do sistema que ejeta o paraquedas da cápsula do minifoguete, teste do altímetro de bordo, teste de resistência de componentes como o paraquedas.

Teste de voo (TV): tipo de teste no qual o motor-foguete é unido a uma cápsula e empenas para realizar um voo. Os objetivos deste teste são: verificar o desempenho do motor em voo, registrar a trajetória do minifoguete, testar os sistemas de recuperação e localização, e comparar a trajetória prevista com a real. Testes de voo só devem ser feitos com motores aprovados anteriormente em testes estáticos.

Teste em túnel de vento (TT): tipo de teste no qual o minifoguete real ou em escala é colocado dentro de um túnel de vento. Este tipo de teste pode ser usado para medir a força de arrasto aerodinâmico sobre o minifoguete e sua estabilidade.

Teste estático (TE): tipo de teste quantitativo no qual o motor-foguete é colocado em funcionamento em uma bancada com instrumentos para medir parâmetros de desempenho do motor. O objetivo principal deste teste é medir a força de empuxo produzida pelo motor durante o seu funcionamento. Este teste também pode ser usado para medir o tempo de queima com vídeo, verificar o estado dos componentes do motor após o teste, medir a massa de resíduos da queima, medir a temperatura do motor durante e/ou após o seu funcionamento. Testes estáticos só devem ser feitos com motores aprovados anteriormente em testes de resistência.

Tampa do motor: peça usada para fechar totalmente a extremidade posterior do motor-foguete ou da câmara de combustão.

Trajatória: são as coordenadas espaciais que descrevem o movimento do minifoguete no tempo durante o seu voo.

Tubeira: peça usada para fechar parcialmente a extremidade anterior do motor-foguete ou da câmara de combustão com a finalidade de aumentar a pressão dos gases que resultam da queima do propelente dentro do motor. A tubeira também é usada para fazer com que os gases que saem do motor atinjam velocidade supersônica, aumentando o empuxo do motor. A menor seção da tubeira é denominada garganta. Existem várias formas construtivas de tubeiras sendo a mais comum a do tipo convergente-divergente. Também existem várias geometrias usadas principalmente na parte divergente sendo as mais comuns a cônica e a parabólica.

Tubo-foguete: tubo estrutural do foguetemodelo dentro do qual são inseridos o motor-foguete e os demais componentes do foguetemodelo, e ao qual são fixadas as empenas e conectores para o lançamento do foguetemodelo.

Tubo-guia: tubo preso externamente ao tubo-foguete e usado para o lançamento de foguetemodelo em rampa de lançamento com uma guia; durante o lançamento, com o movimento do foguetemodelo, a guia da rampa desliza por dentro do tubo-guia.

Tubo-motor: geralmente é a maior peça que constitui o motor-foguete. É um tubo ao qual são conectadas a tampa do motor e a tubeira. No caso de motores sólidos, dentro deste tubo é armazenado e consumido o grão-propelente.

Velocidade efetiva média de ejeção dos gases (c): é a velocidade média com que os gases gerados pela queima do propelente saem da tubeira do motor-foguete. Ela é calculada pela razão entre o impulso total do motor-foguete e a massa total de seu propelente.

Comissão Técnica
Diretoria
Associação Brasileira de Minifoguetes (BAR)
3 Dez 2020