

Novembro e Dezembro de 1986

VOL. XXXIII

N.º 190

Viçosa — Minas Gerais

UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA

**BALÕES ESTRATOSFÉRICOS E SUA UTILIZAÇÃO
EM PESQUISAS ATMOSFÉRICAS E CÓSMICAS^{1/}**

Inácio Malmonge Martin^{2/}

1. INTRODUÇÃO

A presença do primeiro balão livre no espaço se deu em Annonay, na França, em 4 de junho de 1783, através dos irmãos Joseph e Etienne de Montgolfier, utilizando ar quente. Várias tentativas e aventuras foram realizadas na Europa e EUA com balões de ar quente, de hidrogênio e hélio para transporte de pessoas e detectores ao espaço. No Brasil, os primeiros balões foram lançados na região de Bauru, Jaú e Marília, em 1941, por Arthur Compton, Oscar Sala e Gleb Wataghin, para medidas da radiação cósmica secundária. Em 1956, o físico americano John Winckler realizou a primeira medida, com bastante clareza, do perfil de cargas ionizadas, desde o solo até 37km, no «campus» da Universidade de Chicago, USA.

Desde 1960 até os dias atuais, balões estratosféricos são comumente utilizados em estudos de meteorologia, radiação cósmica, química do ar, geofísica nuclear, astronomia e testes eletrônicos e de materiais submetidos à radiação cósmica existente entre 15 e 40 km de altitude.

2. BALÃO ESTRATOSFÉRICO

É fabricado de plástico tipo polietileno ou «mylar», com espessura de 10 a 150 micra. O plástico deve ser resistente, suportando tensões intensas, com temperaturas de até -80°C, equivalente à temperatura da tropopausa das regiões tropi-

^{1/} Realizado no CNPq/INPE.

Aceito para publicação em 18-12-1985.

^{2/} Departamento de Física da Universidade Federal de Viçosa. CEP 36570 Viçosa, MG.

cais e equatoriais. Pode ser do tipo oval, chamado natural ou tetraédrico. Sua parte superior, que interage com o ar, ao subir, é constituída de uma carga reforçada, tendo no ápice um suporte, para auxiliar no início da inflagem e facilitar a construção. Essa parte superior, geralmente da ordem de 20 metros de altitude, é chamada de bolha e recebe todo o hidrogênio, ou hélio. Dois manches de inflagem, localizados nessa parte, com reforços especiais, são destinados a conduzir o gás no ato da inflagem. Próximo à extremidade inferior há um cone de evacuação, dispositivo tipo coador de café, longo, com pequeno orifício na ponta, no qual o ar não consegue entrar, mas do qual, por pressão, consegue sair, isto é, sob determinada pressão, o hidrogênio pode ser ligeiramente evacuado.

Na parte extrema inferior há um reforço de plástico, ou mesmo de alumínio, no qual é pendurada a carga a ser levantada. A construção de um balão é quase que um trabalho artesanal: requer cuidados na colagem das folhas de plásticos de maneira homogênea e ao longo de uma mesa, cujo comprimento é o do balão.

O volume do balão é dimensionado de acordo com a carga a ser transportada e com a altitude de vôo. Os maiores balões fabricados até hoje tinham três milhões de metros cúbicos de volume e podiam levar três toneladas de carga útil até 40 km de altitude. Os balões mais simples têm dois metros cúbicos de volume e podem levar um quilo a vinte e cinco quilômetros de altitude. O Brasil não fabrica balões estratosféricos e meteorológicos, embora fabrique um dos melhores plásticos do mundo.

3. TÉCNICA DE LANÇAMENTO

Embora pareça simples, lançar um balão estratosférico ao espaço, levando experimentos científicos a bordo, não é tarefa simples. O lançamento depende extremamente do vento de superfície no local, do volume e peso da carga útil a ser lançada, e, ainda, da hora, do dia ou da noite, do gás a ser empregado e do tipo de lançamento, estático ou dinâmico.

No processo estático, o balão, em sua parte superior, já designada bolha, é colocado entre três cilindros e estrangulado, sobre uma balança invertida. O cilindro central está ligado a essa balança, que mede a força de empuxo, à medida que o gás é injetado na bolha do balão.

Atingido o valor desejado da força de empuxo, os cilindros são liberados por uma alavanca, e o balão fica livre, começando o vôo. A experiência é liberada por um veículo tipo guincho, com uma pequena cabeça de desengate na ponta da lança telescópica. Essa técnica, usando balança invertida, provoca grande tensão na parte do plástico que é amassada e retida na balança. Também, pequenas mudanças na intensidade do vento de superfície acarretam grandes esforços no ponto de contacto do plástico com a balança. Não pode ser utilizada em balões de grandes volumes, pois seria preciso usar uma enorme balança, o que dificultaria a operação.

Descreve-se neste trabalho a técnica dinâmica de lançamento desenvolvida pelo autor e por ele introduzida no Brasil. Observam-se duas características especiais nesse processo: não há balança nem estrangulamento do plástico do balão em nenhum ponto. O volume de gás injetado é calculado através de uma fórmula empírica, baseada simplesmente no volume real dos tubos (V_c), na pressão inicial neles existente (P_i) e na temperatura externa (T_i).

O balão é totalmente estendido no chão, sobre plásticos protetores. Numa extremidade liga-se balão, pára-quedas, trilha de vôo, experiência que vai pendurada na cabeça da lança telescópica de um guincho. Na outra extremidade, o balão

é passado por um carretel grande, colocado no pára-choque de um veículo. Injetado o hidrogênio ou hélio nessa extremidade, o balão começa a subir, ficando cada vez mais estendido, uma vez que os dois veículos estão fixos (Figura 1). Depois de injetado todo o volume de gás necessário, solta-se o carretel, através de uma alavanca, por uma das extremidades, e o balão começa a subir livremente, a favor do vento. Atingida a vertical do veículo-guincho, a experiência é liberada por um sistema mecânico simples (Figura 2). Assim, balão e tralha de vôo sobem livremente, como mostra a Figura 3. Esse processo é suave e independe do volume e peso do balão. Apenas se usa veículo mais ou menos pesado, de acordo com o volume do balão e peso da carga útil a ser içada ao espaço.

O cálculo do gás a ser injetado no interior do balão foi desenvolvido pelo autor através de um processo empírico e indireto, baseado na lei dos gases perfeitos,

$$PV = nRT, \quad (1)$$

sendo n o número de moles do gás, R a constante de Avogadro e T a temperatura, em graus Kelvin. Primeiro, é necessário saber dos fornecedores do gás o volume real, isto é, o equivalente em água de cada tubo (V_c), a pressão inicial (P_i) e a temperatura inicial (T_i). Se a força de empuxo total necessária (E_n) para levar a experiência e toda a tralha de vôo até a altitude desejada for conhecida por ($E_n = P_E + \Delta E$), sendo P_E o peso total, balão mais experiência mais tralha de vôo, ΔE é a percentagem a ser adicionada para que o balão suba e chegue a determinada altitude. Então, foi desenvolvida pelo autor a fórmula de recorrência, dada por

$$P_f = \left\{ \left[\frac{\frac{P_i N V_c \cdot 0.63367}{P_i} - E_n}{(1 + \frac{P_i}{20993}) \cdot T_i} \right] \cdot \frac{T_f}{N V_c \cdot 0.63367} \right\} \cdot \left[1 + \frac{P_f}{20993} \right]. \quad (2)$$

sendo

(P_f) a pressão final do gás, em unidades p.s.i.;

(N) o número de cilindros;

(T_f) a temperatura final dos tubos.

Com base em observações práticas, verifica-se que $T_f - T_i = 10$. Inicia-se o processo de cálculo, tomando-se $P_f = P_i$. Efetua-se o cálculo de P_f pela fórmula de recorrência. O novo valor encontrado toma-se como P_f , e assim por diante. Calculase o P_f desejado através de cinco ou seis iterações.

A quantidade (ΔE) de empuxo necessário para levantar livremente o balão depende do seu volume, do horário de lançamento, isto é, de dia ou de noite, e da velocidade de ascensão desejada. Um balão de grande volume apresenta uma área de contacto com o ar, para subir, muito ampla, logo a ΔE deve ser menor, para que a velocidade de ascensão não exceda 400 metros/minutos. De noite não há radiação para esquentar o gás fechado no invólucro de plástico, o que dificulta a expansão do gás e desacelera a subida. De dia, os raios infravermelhos e ultravioleta esquentam o gás injetado no balão, de modo que a temperatura interna é sempre maior que a externa, fazendo com que o balão adquira mais velocidade. O Quadro 1 mostra o resultado empírico observado em vários lançamentos, com balões de

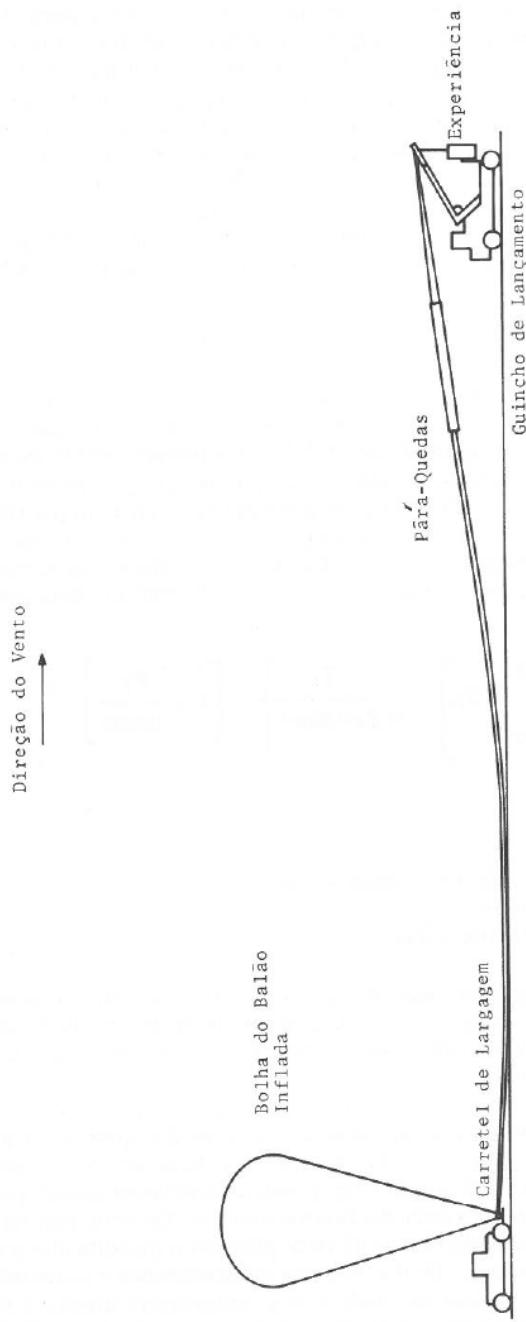


FIGURA 1 - Balão e experiência nos veículos na pista de lançamento.

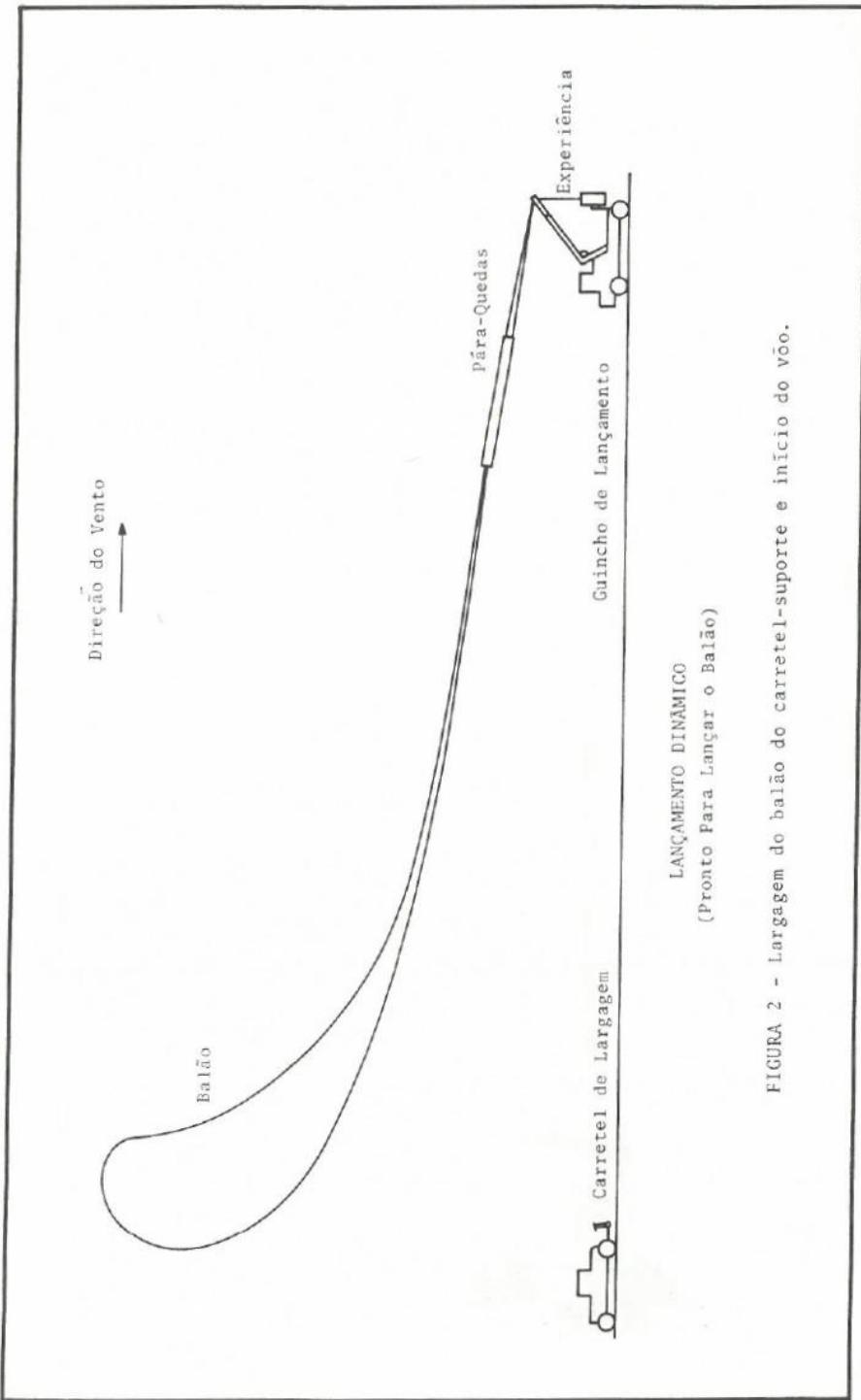


FIGURA 2 - Largagem do balão do carretel-suporte e início do voo.

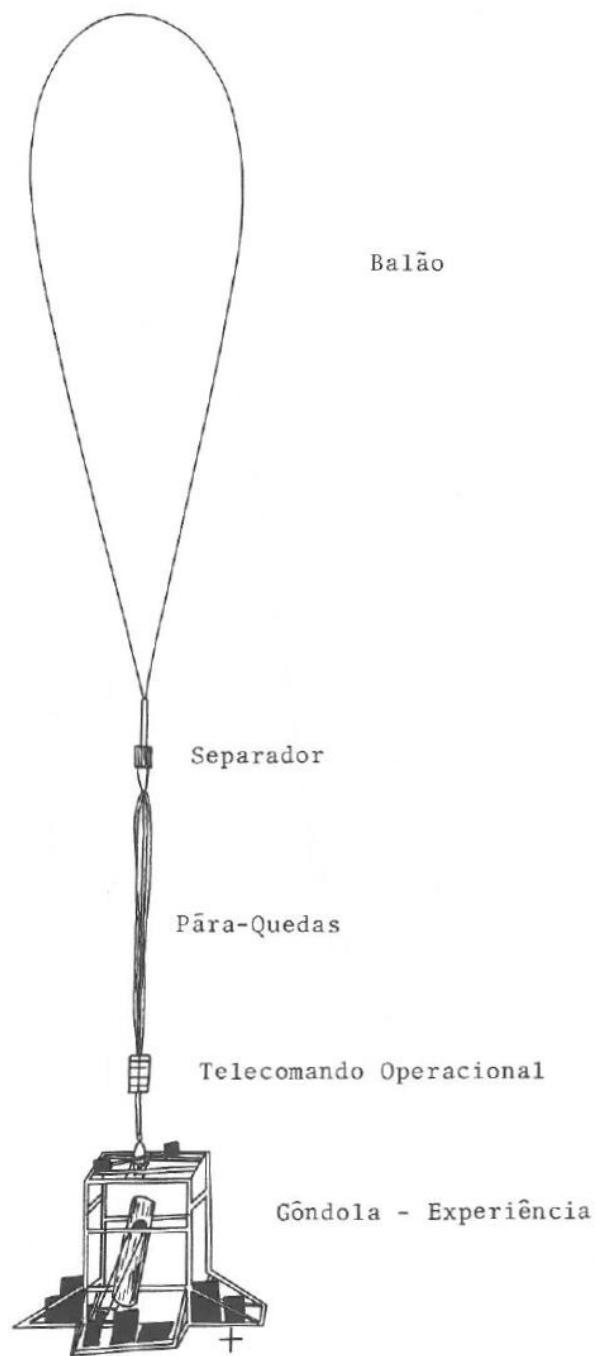


FIGURA 3 - Balão e carga útil inteiramente no ar.

QUADRO 1 - Percentagem de gás que deverá ser utilizada, conforme o volume do balão e a hora de lançamento

Volume do balão (m ³)	Lançamento de dia (horas)	ΔE (%)	Lançamento de noite (horas)	ΔE (%)
10	06:00-17:00	30	18:00-04:00	35
10000	"	25	"	30
30000	"	20	"	25
50000	"	15	"	20
100000	"	14	"	17
500000	"	13	"	15
1000000	"	11	"	13
acima de 1000000	"	10	"	11

diversos volumes, efetuados, de dia e de noite, pelo NSBF, Palestine, Texas, USA (1), pela CNES, Aire sur l'Adour, France, e pelo TIFR, Hyderabad, Índia (2). Também no Brasil, com lançamentos efetuados desde 1968 até 1984, em São José dos Campos, Cachoeira Paulista, Guaratinguetá, Resende, Piracicaba, Rio Claro, Bauru, Lins, Fortaleza, Juazeiro do Norte, Uberaba e São Manuel (3). Esses lançamentos e pesquisa foram realizados, com apoio do INPE/CNPq, pelo autor.

Os números no quadro significam o limite superior utilizado. Ainda é possível aproveitar taxas inferiores, dependendo do tipo de vôo desejado. O valor da ΔE (%) significa a percentagem a mais do equilíbrio entre o empuxo e o peso total, cuja velocidade de ascensão média ótima gira em torno de 300 metros/minuto.

4. CONCLUSÃO

Essa técnica dinâmica de lançamento, utilizando um processo indireto de medir o empuxo do gás injetado no balão, mostrou-se inteiramente funcional em dez vôos realizados entre 1980 e 1984, no Brasil. Pode ser utilizada em qualquer local, com pequenos ventos de superfície e com qualquer volume de balões. Não causa danos de fadiga em nenhuma região do balão, garantindo assim maior número de horas de vôo com o balão no teto.

5. RESUMO

Uma técnica dinâmica, desenvolvida para efetuar lançamentos de grandes balões estratosféricos no Brasil, está descrita neste trabalho.

É também apresentado um processo indireto e empírico, elaborado para calcular o volume de gás a ser injetado no balão, para que ele atinja a altitude desejada.

Com base em grande número de lançamentos realizados no Brasil e no exterior, durante períodos noturnos e diurnos, com diferentes volumes de balões, determinou-se o valor da ΔE do gás adicional, além da condição de equilíbrio, que produz a melhor «performance» de vôo.

6. SUMMARY

(STRATOSPHERIC BALLOONS AND THEIR USE IN ATMOSPHERIC AND COSMIC RESEARCH)

This study describes the development of a dynamic stratospheric balloon-launching technique in Brazil. One indirect empirical process to determine the lifting gas force was used to find the gas volume necessary for the balloon to reach a desired height.

A large number of launchings were realized in Brazil and abroad during the day and night periods with different balloon's volume. The amount ΔE of the gas was determined, in addition to the equilibrium that gives the best performance of the balloons.

7. LITERATURA CITADA

1. SHIPLEY, A. *Ballon borne activities in USA*. Palestine, Texas, USA, National Scientific Ballon Facility, 1976. p. 32-47. (Tech. Rept. n.^o 153).
2. REDKAR, T.R. *High altitude flights in equatorial regions*. Hyderabad, India, Tata Institute of Fundamental Research, 1977. p. 66-92. (Tech. Rept. n.^o 106/77).
3. MARTIN, I.M. Técnica dinâmica e estática para lançamento de experimentos científicos a bordo de grandes balões estratosféricos. *Ciéncia e Cultura* 38(3): 453-458, 1986.