

	METEOROLOGIA OBSERVACIONAL I BALÕES METEOROLÓGICOS	COMET	Professor:
---	---	--------------	-------------------

Características dos Balões

1. Principais tipos de balão

Os balões meteorológicos são utilizados para uma grande variedade de propósitos como:

- a) Medida da altura da base das nuvens
- b) Medida do vento em altitude por teodolito ótico
- c) Medida do vento em altitude por radar
- d) sondagem do ar superior por radiossonda
- e) Sondagem do ar superior a nível constante

Os balões utilizados normalmente para as observações de altitude são do tipo extensível e de forma esférica. Os balões piloto utilizados nas observações visuais do vento em altitude e da altura da base das nuvens normalmente não transportam carga apreciável, logo são pequenos (10 a 20g). Devem ter condições de atingir alturas suficientes e terem uma velocidade ascensional constante o mais próximo possível do valor determinado no lançamento, o que significa que devem guardar a forma esférica. Para a



medida dos ventos em altitude por radar usam-se balões piloto maiores (100 g) ou balões sonda cujas dimensões variam segundo o peso e a resistência do equipamento transportado (1 a 2 kg) até altitudes de 30 km cuja velocidade ascensional deve ser suficiente para assegurar a ventilação necessária aos elementos sensíveis.

Os balões extensíveis devem ser capazes de se expandir até quatro vezes o seu diâmetro inicial e resistir a mais de uma hora nesta tensão em região de pouca pressão. Uma vez cheios os balões devem ter uma forma esférica ou pelo menos cortes horizontais circulares. Como a dilatação do invólucro que é de borracha ou de

um produto sintético é limitada, à medida que a pressão externa diminui o volume do balão aumenta até que estoura.

Para certas finalidades, como uma sondagem a nível constante, utilizam-se balões inextensíveis. Estes são muito maiores que os extensíveis não completamente cheios designados para alcançarem aquela altura, o invólucro é muito fino, e a película de plástico como polietileno são empregadas. Por causa do seu tamanho e finura estes balões são mais difíceis de manusear durante o lançamento.

A fabricação dos balões de neoprene é feita com uma substância anticongelante a fim de restituir a película resistente à ação de esticar ou a formação de gelo próximo a tropopausa. Introduzem-se compostos em proporções diferentes conforme a utilização dos balões de dia e de noite para compensar a presença ou ausência da radiação solar.

2. Fabricação dos balões

As matérias primas mais comumente empregadas na fabricação dos balões extensíveis são: a borracha natural e a sintética sendo que a mais indicada é o neoprene. As duas espécies de borracha devem ser utilizadas sob a forma de emulsão de látex que deve ser composto de agentes vulcanizadores, aceleradores e antioxidante e produtos estabilizadores.

Dois métodos são normalmente empregados para a fabricação do balão. No primeiro o balão é formado pelo mergulho de um molde na emulsão de látex, enquanto que o segundo consiste em se derramar a emulsão no molde esférico oco que é girado de tal maneira que distribui uniformemente o látex pela parede interna. Em ambos os casos a vulcanização posterior deve ser a quente e não por processo a frio ou por cozimento a vapor, pois neste caso não são conferidas boas propriedades à borracha. Os balões fabricados pelo método de moldagem de látex têm a vantagem de não possuírem costura.

3. Precisão relativa aos balões

Os balões meteorológicos devem ser livres de todo material estranho e de todo tipo de defeito, devem ser homogêneos e de espessura e de elasticidade uniforme. Devem ser providos de uma gola de 1 a 5 cm de diâmetro e de 10 a 20 cm de comprimento, dependendo das dimensões do balão. A fim de reduzir o risco da gola ser arrancada é importante que a espessura do invólucro aumenta gradualmente em relação à gola.

A espessura das paredes do balão pode ser calculada pela fórmula:

$$T = G / D^2 \cdot g \text{ (cm)}$$

Onde G é o peso do balão sem a gola (g)

D é o diâmetro do balão (cm)

g é a densidade da borracha $0.935 \text{ (g.cm}^{-2}\text{)}$

A espessura no estouro de um bom balão é cerca de 10 cm.

A borracha natural preserva suas propriedades elásticas mesmo a baixas temperaturas, mas é afetada pela radiação ultravioleta e o ozônio. O neoprene é resistente ao ultravioleta e ao ozônio, mas sua elasticidade decresce a baixas temperaturas. A borracha natural é recomendada para o uso noturno.

Para que as boas propriedades dos balões sejam preservadas, sempre que possível, deverão ser armazenados em locais secos com temperatura entre 10 e 20 graus centígrados e a umidade relativa de 60%. A vida útil do balão armazenado nestas condições pode ser de cerca de um ano sem mudança perceptível das propriedades dos mesmos.

Para restaurar as propriedades elásticas dos balões armazenados continuamente por longos períodos de tempo, um pré-aquecimento de 60 a 80 graus centígrados é recomendado.

Com as propriedades elásticas dos balões fortemente afetadas pelo armazenamento um banho de querosene antes do lançamento por 1 a 2 minutos e uma conseqüente secagem a 20 graus centígrados pode ajudar na restauração de suas qualidades.

Os principais tamanhos de balões empregados para as diferentes observações estão resumidos na tabela abaixo:

Emprego	Peso Nominal (g)	Borracha Natural diâmetro (cm)	Neoprene diâmetro (cm)
Altura base nuvens	10	13	19
Balão Piloto	30	20	28
Balão Piloto de veloc. Superior	100	45	55
Balão Sonda (15 km)	350	115	
Balão Sonda (20 km)	500	130	160
Balão Sonda (25 km)	800	160	180
Balão Sonda (30 km)	2000	250	

Os balões devem poder distender para atingir de 4 a 6 vezes o seu adiantamento inicial e resistir a mais de uma hora nesta tensão. Uma vez cheios os balões devem ter uma forma esférica ou pelo menos cortes horizontais circulares.

4. Armazenamento de Balões

É muito importante que os balões de radiossonda sejam corretamente armazenados, para que suas propriedades possam ser mantidas mesmo após meses de armazenamento. Os balões devem ser usados sempre tendo em vista a data da fabricação a fim de se evitar a possibilidade de uso de balões estocados há muito tempo.

É possível obter-se um ótimo desempenho do balão até cerca de 12 meses após sua fabricação, contanto que as condições de armazenagem sejam cuidadosamente escolhidas. As seguintes instruções gerais são aplicáveis à maioria dos tipos de balões.

Os balões devem ser guardados isentos da luz solar direta e, se possível, no escuro. Sob nenhum pretexto devem ser guardados perto de qualquer fonte de calor ou ozônio. Os balões de neoprene deteriorar-se-ão se expostos ao ozônio emitido por grandes geradores ou motores elétricos. Todos os balões devem ser guardados em seus pacotes originais até serem desembulhados para os preparativos de lançamento. Deve-se tomar cuidado para que não entrem em contato com óleo ou qualquer outra substância que possa penetrar no invólucro e danificá-los. Sempre que possível, os balões devem ser guardados numa sala com temperaturas inferiores a 50 graus centígrados; alguns fabricantes fornecem instruções específicas que devem ser sempre seguidas.

5. Gás utilizado para o enchimento dos balões

Dos dois gases mais apropriados aos balões meteorológicos, o hélio e o hidrogênio, o primeiro é preferível, pois seu emprego não tem o risco da explosão ou incêndio. Entretanto sua utilização não é possível em qualquer país por causa do fornecimento natural. O emprego do hidrogênio é mais comum.

A melhor forma de enchimento de balões é empregando o gás comprimido em garrafas e os maiores inconvenientes desse método são: o preço elevado e a dificuldade do transporte de garrafas.

Quando o consumo é maior como nas estações de radiossondagem utiliza-se garrafas de capacidade dupla ou tripla que são favoráveis quando se pode utilizar reboques a fim de evitar a manipulação. Todas as garrafas devem ser controladas e aprovadas de dois em dois anos, submetidas a uma pressão interna menor 50% da pressão normal de trabalho.

As garrafas de hidrogênio não devem ser expostas ao calor e nos climas tropicais devem ser protegidas contra a insolação direta. Devem ser armazenadas num hangar bem ventilado que permita ao hidrogênio escapar para o ar livre em caso de evasão.

6. Enchimento dos balões

Para o enchimento dos balões com hidrogênio recomenda-se uma casa especial, de preferência afastada de edifícios. Deve ser bem ventilada e não possuir nenhuma fonte de chama ou faísca e as paredes e o assoalho devem ser lisos e livres de poeira. Como o enchimento deve ser feito lentamente, deve-se dispor de uma válvula de ajuste para regular o fluxo de gás. A quantidade desejada de enchimento pode ser determinada pelo uso de um bocal de peso apropriado ou pelo uso de um braço de balança no qual a força ascensional do balão pode ser medida. O método da balança é pouco prático a menos que se tenha necessidade de encher balões de dimensões variadas. As dificuldades de lançamento de um balão de sondagem com vento forte podem ser evitadas até certo ponto pelo uso de uma cobertura de proteção de lona, para manipulação do balão depois de cheio. A cobertura pode assim permitir que o balão seja levado ao topo de um mastro conveniente e solto da cobertura sem muito risco de arrastar pelo solo os instrumentos suspensos nele.

No momento do lançamento o radiossonda deve se encontrar suspenso diretamente embaixo do balão. Nenhuma dificuldade especial se apresenta quando há vento leve por ocasião do lançamento. O balão deve ser conservado no abrigo até que tudo esteja pronto para o lançamento, deve ser evitada prolongada exposição à intensa luz solar, já que poderá causar rápida deterioração na estrutura do balão e mesmo provocar seu arrebentamento antes de deixar o solo.

7. Força Ascensional dos Balões Meteorológicos

A força ascensional de um gás em relação ao ar é, por definição, aquela definida pelo princípio de Arquimedes.

Nas condições normais ($p=1013,25$ hPa, $T=15$ °C), a força de ascensão expressa em kg/m^3 tem os seguintes valores:

Para o hidrogênio puro..... 1,20
Para o hidrogênio comercial..... 1,0
Para o hélio..... 1,11

8. Variação da velocidade ascensional do balão com a altitude

$$A=F$$

As variações teoricamente calculadas da velocidade ascensional com a altura são apresentadas na tabela abaixo:

km	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26
V/V_0	1	1.04	1.08	1.1	1.15	1.19	1.25	1.35	1.39	1.45	1.52	15.7	1.67	1.76

A velocidade ascensional atual dos balões meteorológicos não é constante e pode diferir consideravelmente dos valores calculados teoricamente. Dois grupos de fatores afetam a velocidade ascensional do balão.

a) Fatores aerostáticos: difusão do hidrogênio, sobre pressão do hidrogênio, diferença de temperatura hidrogênio/ar.

b) Fatores aerodinâmicos: correntes verticais na atmosfera, desvio da forma do balão da forma esférica, rotação ou cambalhota do balão, turbulência atmosférica.

A difusão do hidrogênio através do invólucro de borracha leva a um decréscimo da velocidade ascendente. Valores experimentais no solo mostraram um decréscimo de 6 % da força ascensional do balão em duas horas. Consequentemente, a força ascensional decresce durante a primeira meia hora cerca de 1 %. Com o estendimento do invólucro do balão com a ascensão por causa da diminuição da densidade do ar, a difusão do hidrogênio aumenta.

O excesso da pressão do hidrogênio alcança um máximo quando começa o enchimento até antes da borracha começar a estender. Então, decresce devagar com um valor constante e atinge um segundo máximo pouco antes de estourar o balão.

A pressão média de excesso raramente excede 2 mmHg mas o máximo pode ocasionalmente chegar a 10 mmHg. O excesso de pressão depende muito das propriedades elásticas do material do balão.

O efeito da diferença da temperatura (temperatura do hidrogênio / temperatura do ar) afeta a força de ascensão:

$$A = A + m (T - T)$$

A - força de ascensão perto do solo

m - peso do balão, gás e equipamento

T – temp. do H 10K

T – temp. do ar 10K

Quando $T - T = 10K$ resulta uma variação de força ascensional de 1 m/s.

A temperatura no invólucro na ruptura é da ordem de 0 °C a 4 °C mais fria que o ar durante a noite e de 23 °C mais quente durante o dia.

Correntes e descendentes de natureza convectiva ou perto de montanhas podem mudar drasticamente a velocidade ascendente do balão, algumas vezes tornando-a negativa, principalmente nas baixas camadas.

As variações no valor do coeficiente de resistência do ar pela variação na forma do balão também afetam a velocidade ascendente.

Velocidade ascensional do balão até 4 e 5 km de altitude balão de lastro pode ser resolvida empregando um pequeno balão auxiliar (18g), no que se introduz um peso de areia fina, que estoura a uma altitude prevista quando a areia é liberada e o peso do conjunto é diminuído, aumentando a força ascensional, logo a velocidade.

Quando é necessário levar cargas relativamente pesadas a grandes alturas, é às vezes vantajoso usar dois ou mais balões. Em tal caso, o melhor a fazer é colocar um em cima do outro, isto é, em tandem. Os balões são presos a um dispositivo comum por intermédio de um cordel de aproximadamente 5 m e espaçados em intervalos tais que o topo do balão inferior fique bem abaixo da base do superior. Cada balão deve estar separado do seguinte por uma distância igual ao dobro de seu diâmetro no momento de ruptura. A experiência tem mostrado que nessa disposição a corrente de ar faz oscilar o balão num ângulo de 30° em relação ao conjunto, reduzindo deste modo a tendência de desgaste por atrito provocado pela ação abrasiva do cordel sobre o balão. O estouro de um balão, entretanto, pode crescer a velocidade de ascensão de um ponto incompatível com a ventilação necessária. O atrito do balão pode ser reduzido pelo uso de cordéis macios.

Se todos os outros fatores são iguais, o ganho proporcional em altitude com balões em tandem é maior quanto maior a carga comparada com o peso do balão e a força de ascensão livre; mas, ela diminui à medida que o número de balões aumenta e pouquíssima vantagem é obtida pelo uso de mais de

três balões. Além disso, a vantagem na altura não é tão grande como seria usando-se um balão apenas que pesasse tanto quanto a soma dos pesos dos balões em tandem, desde que o alcance máximo fosse o mesmo para ambos os casos. Deve-se ter em mente que a dificuldade e também o custo de produção de balões com uma performance satisfatória aumentam rapidamente. Com o tamanho sendo mais econômico o uso de balões em tandem para os mesmos objetivos. Muito utilizado em comparações de radiossondas, alcançando 25 km e levando 14 sondas por 15 balões em tandem.

As performances dos trens de balões não podem ser reguladas senão empregando balões de fabricação homogênea: a ruptura prematura de um dos balões diminuirá evidentemente a performance do conjunto.

9. Balões de Nível Constante

Certos estudos se baseiam na manutenção de um balão e dos instrumentos a uma altitude constante, por exemplo, para determinar as trajetórias do ar. Utiliza-se então balões não extensíveis em polietileno de espessura de ordem 0,021 mm e utilizado para temperaturas compreendidas entre -40 e +50° C. Para manter o balão a um nível determinado ou mais precisamente sobre uma dada superfície isobárica, uma cápsula barométrica comanda, por intermédio de relays uma válvula que permite a saída do gás ou a perda do lastro.

A cápsula barométrica deve ser livre de todo o atrito, o ponteiro comandado por essa cápsula deve ser livre e é acionado a intervalos regulares por um mecanismo comandado por um motor elétrico.

10. Balão Cativo

Os balões cativos permitem a observação quase contínua no tempo dos elementos atmosféricos na camada do ar que se encontra. Podem chegar a altitudes de 1000 a 4000 metros dependendo do material utilizado, seu emprego está ligado a quantidade de aparelhos que podem ser fixados ao balão.