



Fig. 9.16 Forma aproximadamente ótima para um corpo de baixo arrasto [22].

Testes em túneis de vento especiais mostraram que o escoamento laminar pode ser mantido até números de Reynolds, com base no comprimento, da ordem de 30 milhões pelo adequado carenamento do perfil. Pelo fato de terem características favoráveis quanto ao arrasto, os aerofólios de escoamento laminar são utilizados no projeto da maioria dos modernos aviões subsônicos.

Avanços recentes tornaram possível o desenvolvimento de formas de baixo arrasto ainda melhores do que aquelas da série NACA 60. Experiências [20] levaram ao desenvolvimento de uma distribuição de pressão que impedia a separação, enquanto mantinha a camada-limite turbulenta numa condição que produzia atrito superficial desprezível. Métodos aperfeiçoados para o cálculo de geometrias que produziam uma distribuição de pressão desejada [21, 22] levaram ao desenvolvimento de formas quase ótimas para suportes espessos com baixo arrasto. A Fig. 9.16 mostra um exemplo dos resultados.

A redução do arrasto aerodinâmico também é importante nas aplicações rodoviárias. O interesse em economia de combustível deu importantes incentivos para se chegar a projetos de automóveis que apresentem eficiente desempenho aerodinâmico e formas atraentes. A redução do arrasto também tem-se tornado importante para ônibus e caminhões.

Considerações práticas limitam o comprimento total dos veículos rodoviários. Traseiras inteiramente carenadas não são práticas, exceto para os veículos de corrida. Assim, não é possível obter resultados comparáveis àqueles para aerofólios. Entretanto, é possível otimizar os contornos dianteiro e traseiro dentro dos vínculos fixados para o comprimento total [23-25].

Muita atenção tem sido dada aos contornos dianteiros. Os estudos sobre ônibus têm mostrado que são possíveis reduções de arrasto da ordem de 30 por cento com a atenção cuidadosa dada à dianteira [25]. É portanto possível reduzir o coeficiente de arrasto de um ônibus de cerca de 0,65 para menos de 0,5 com projetos práticos. Os conjuntos cavalo-reboque de carga rodoviária têm coeficientes mais elevados — C_p s de 0,90 a 1,1 têm sido relatados. Dispositivos comercialmente disponíveis, na forma de acessórios para serem afixados, oferecem reduções de arrasto de até 15 por cento, particularmente em condições de ventos fortes, frontais. A economia típica de combustível é metade da percentagem de redução do arrasto aerodinâmico.

Os contornos e os detalhes dianteiros são importantes nos automóveis. Uma frente baixa e linhas suavemente arredondadas são as características essenciais que promovem um baixo arrasto. Os raios da coluna, a moldura do pára-brisa e o escamoteamento de acessórios a fim de reduzir arrastos parasitas e de interferência têm recebido atenção crescente. Como resultado, os coeficientes de arrasto têm sido reduzidos de cerca de 0,55 para 0,30, ou menos, nos automóveis recentes.

Os últimos progressos nos métodos computacionais têm levado ao desenvolvimento de formas ótimas geradas por computador. Diversos projetos foram propostos, com alegações de C_p s abaixo de 0,2, para veículos em condição de estrada.

9.8 SUSTENTAÇÃO

A sustentação é a componente da força aerodinâmica perpendicular ao movimento do fluido. Um exemplo comum de sustentação dinâmica é o escoamento sobre um aerofólio.⁷ O coeficiente de sustentação, C_L , é definido como

$$C_L = \frac{F_L}{\frac{1}{2}\rho V^2 A_p} \quad (9.38)$$

Os coeficientes de arrasto e sustentação para um aerofólio são funções do número de Reynolds e do ângulo de ataque; este, α , é o ângulo entre a corda do aerofólio e o vetor velocidade da corrente livre. A corda é o segmento de reta que passa pela linha de espessura média entre a borda de ataque e a de fuga de um aerofólio. Quando este tem seção simétrica, tanto a linha média quanto a corda são retas e coincidem. Um aerofólio com linha média curva é chamado de *cambado*.

A área perpendicular ao escoamento muda com o ângulo de ataque. Conseqüentemente, a área planiforme A_p (a área projetada máxima da asa) é usada para definir os coeficientes de arrasto e de sustentação.

A Fig. 9.17 apresenta dados de coeficientes de arrasto e sustentação para perfis típicos convencionais e de escoamento laminar, para um número de Reynolds de 9×10^6 , com base no comprimento da corda. As formas das seções na Fig. 9.17 são designadas como segue:

⁷O escoamento sobre um aerofólio é mostrado no filme da NCFMF, *Boundary Layer Control*, D. C. Hazen, diretor.