

Fig. 9.26 Carro esportivo contemporâneo, mostrando suas características de projeto aerodinâmico. Para atingir velocidade superior a 200 mph (300 km/h), faz-se necessária cuidadosa atenção ao projeto aerodinâmico visando à obtenção de baixo arrasto e força dirigida para baixo para melhor estabilidade e alto desempenho em curvas. A fotografia mostra os espelhos cuidadosamente projetados, dutos de admissão rentes e outros detalhes necessários para obter-se baixo arrasto. O contorno baixo da dianteira, a forma da parte inferior da carroceria e a asa posterior criam força dirigida para baixo objetivando elevados desempenhos e estabilidade em curvas. (Cortesia de Goodyear Tire & Rubber Co., Inc.)

vezes o arrasto que o objeto sofreria num campo de escoamento não-perturbado. Assim, o *arrasto parasita* de um componente adicionado pode ser muito maior do que o previsto a partir do seu coeficiente medido no escoamento livre.

Em altas velocidades, as forças de sustentação aerodinâmica podem aliviar os pneus do solo causando sérios problemas de manobrabilidade e controle de direção, além de reduzir a estabilidade perigosamente. As forças de sustentação nos carros de corrida do passado eram contrabalançadas parcialmente por defletores, com um pesado ônus de arrasto. Em 1965, Jim Hall introduziu o emprego de aerofólios móveis invertidos nos seus carros esportivos Chaparral, com a finalidade de desenvolver forças para baixo e prover frenagem aerodinâmica [29]. Desde então os desenvolvimentos na aplicação de dispositivos aerodinâmicos foram muito rápidos. O projeto aerodinâmico é utilizado para reduzir a sustentação em todos os carros de corrida modernos, como exemplificado na Fig. 9.26. Aerofólios Liebeck [21] são usados freqüentemente em automóveis de alta velocidade. Os seus elevados coeficientes de sustentação e arrasto relativamente baixo permitem a geração de uma força para baixo igual ou maior do que o peso do carro nas velocidades de disputa. Os carros de "efeito de solo" usam dutos com forma de Venturis sob eles e saias laterais a fim de vedar os vazamentos de fluxo. O resultado da força dirigida para baixo é permitir velocidades em curvas bem maiores, e, por conseguinte, menores tempos nos circuitos.

Um outro método de controle de camada-limite é usar superfícies móveis para reduzir os efeitos de atrito superficial na camada-limite [30]. Este método é difícil de aplicar a dispositivos práticos por causa das complicações geométricas e de peso, mas é muito importante no lazer. A maioria dos jogadores de golfe, tênis, pingue-pongue e beisebol pode atestar quanto a isto. Os jogadores de tênis e pingue-pongue utilizam a rotação para controlar a trajetória e a colocação de suas rebatidas. No golfe, uma tacada pode dar à bola uma velocidade de 275 ft/s (85 m/s) ou mais, com uma rotação de 9.000 rpm! A rotação provê significativa sustentação aerodinâmica, aumentando o alcance da jogada. Ela também é responsável pelos "efeitos" quando as rebatidas não são "chapadas". O lançador de beisebol usa a rotação para arremessar uma bola em trajetória curva.

O escoamento em torno de uma esfera que gira sobre si mesma é mostrado na Fig. 9.27a. A rotação altera a distribuição de pressão e também afeta a localização da separação da camada-limite. A separação é retardada na superfície superior da esfera da Fig. 9.27a e antecipada na inferior. A pressão é reduzida na superfície superior e aumentada na inferior; a esteira é desviada para

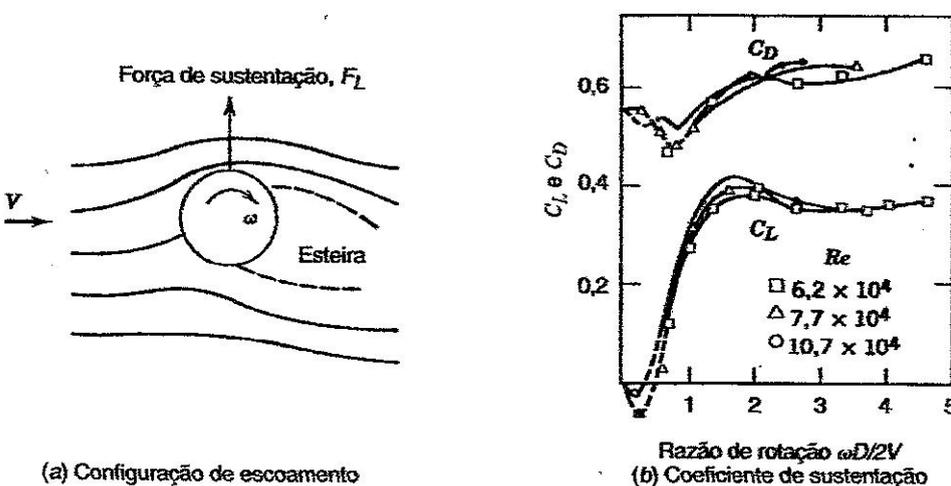


Fig. 9.27 Configuração de escoamento, coeficientes de sustentação e arrasto para uma esfera lisa girando em torno de si mesma, em escoamento uniforme. (Dados de [17].)