

Análise para redução do arrasto aerodinâmico em capacetes de motociclista

Kaique Luiz Alves
kaique.alves@aedb.br
AEDB

Ricardo Silva
Silvaricardo-pr@hotmail.com
AEDB

Renan José da Silva
Renan.jose@aedb.br
AEDB

Farney Coutinho Moreira
Farney.coutinho@aedb.br
AEDB

Resumo: Os túneis de vento são utilizados com frequência, pois permitem a realização de teste em um ambiente controlado, sendo possível alterar a velocidade e direção do vento, possibilitando simular as forças a qual um corpo é submetido devido ao deslocamento do ar. Utilizando um protótipo de um capacete de motociclista fabricado via impressão 3D. Propõe-se através do estudo aerodinâmico, a redução do coeficiente de arrasto com a finalidade de aumentar a sua eficiência aerodinâmica e reduzir as perturbações causadas pelo escoamento do ar sobre o capacete. E através da análise em túnel de vento realizar mudanças estratégicas na sua geometria a fim atenuar a resistência no escoamento do ar sobre a superfície do capacete

Palavras Chave: Túnel de vento - Aerodinâmica - Arrasto - Capacete -

1. INTRODUÇÃO

O túnel de vento é um equipamento que promove testes em que um determinado fluido atua ao passar por um corpo de tamanho real ou em escala reduzida, passando por suas dimensões, sendo analisado suas forças de arrasto entre outras deturpações consequentes da ação da corrente de ar, com capacidade de reproduzir um escoamento de ar em um ambiente controlado, com baixo nível de turbulência e de modo repetitivo, permitindo através de dados técnicos tanto medir forças, quanto visualizar o escoamento do fluido influenciando no comportamento da superfície do modelo ensaiado.

Os estudos experimentais, como ensaios em túnel de vento, ferramentas computacionais e/ou modelos matemáticos, são ferramentas importantes que permitem uma análise das transformações urbanas ou arquitetônicas aplicadas ao tecido urbano (quadras, bairros) ou em áreas pré-definidas na implementação de edifícios (PLATE; PRATA,1999;2005), por meio de diversos tipos de túneis de vento, além disso, os ensaios neles realizados constituem-se atividades multidisciplinares e de alto grau de complexidade científico-tecnológica.

Estudos, como o de Morelli (2000), apontam que arrasto de pressão, definido como uma força resistiva imposta pelo ar ambiente a um objeto, que por ele se locomove, configura algo em torno de noventa por cento do arrasto total de um corpo. Essa porcentagem por sua vez pode ser dividida em duas fontes de arrasto: a primeira conhecido como arrasto induzido, provem do carregamento que o escoamento impõe ao corpo, conhecido pelos engenheiros, principalmente aeronáuticos como sustentação; a segunda é o arrasto de forma, que pode ser entendido como uma força gerada por interações entre a viscosidade do fluido e a geometria do modelo. sendo este, o analisado nos casos de capacete aerodinâmicos.

Com aplicação em diversas modalidades esportivas de alta velocidade, o capacete mesmo com a sua evolução aerodinâmica ao longo do tempo, demonstrado pela produtora norte-americana de capacetes Donut Media, no seu canal de comunicação(YOUTUBE), faz-se atribuir ao piloto como o maior fator na maior parte do desenvolvimento aerodinâmico, e eu posicionamento tem enorme influência tanto na estabilidade quanto nas características aerodinâmicas da moto, isso inclui o seu uso do capacete.

Grosche e Meier (2001) publicaram em artigo algumas investigações experimentais em túnel de vento realizadas em Göttingen, na Alemanha, a respeito da redução do arrasto dos automóveis a partir da otimização de sua forma.

1.1 SITUAÇÃO PROBLEMA

Atualmente, a maioria dos fabricantes concentra-se principalmente em recursos de segurança no capacete, em vez de eficiência aerodinâmica e / ou conforto térmicos, com a ciência que as características do capacete de moto (posição, geometria e número de aberturas) são características extremamente importantes para dissipação de calor e arrasto aerodinâmico.

1.2 OBJETIVO

Utilizar os conceitos de Mecânica dos Fluidos, desenvolvendo as equações de Bernoulli, Navier-Stokes e coeficiente de arrasto, para análise e validação dos resultados obtidos em túnel de vento.

Realizar em um túnel de vento subsônico que se encontra na instituição (AEDB), ensaios em um protótipo de capacete de segurança em escala reduzida é através da análise dos

resultados obtidos, atribuir modificações estratégicas por meio de impressões 3D, com a finalidade de melhorar seu desempenho aerodinâmico.

1.3 JUSTIFICATIVA

Os tuneis de vento são usados com frequência, porque permitem a realização de testes num ambiente controlado sendo possível alterar a velocidade e direção do vento que atinge o capacete de um motociclista.

Propõe-se através do estudo aerodinâmico, a redução do coeficiente de arrasto de um capacete, reduzindo assim, as perturbações causadas pelo escoamento em torno da cabeça do condutor.

Visto que as fabricantes de capacetes não fornecem esses dados aos consumidores, o presente estudo irá proporcionar um melhor entendimento de como se comporta um capacete submetido a essas perturbações

Os desempenhos aerodinâmicos destes capacetes comercialmente disponíveis são desconhecidos porque somente a informação limitada está disponível no domínio público. Adicionalmente, nenhum estudo comparativo do desempenho aerodinâmico de vários testes de tempo e capacetes de corrida tem sido relatado na literatura aberta.

2. METODOLOGIA

Todos os processos a serem feitos é para obter o melhor modelo possível de um capacete aerodinâmico, utilizando princípios e ferramentas tecnológicas, aplicadas com o intuito de facilitar e trazer com mais precisão os efeitos do produto em tamanho real, alcançados em um protótipo.

Utilizando softwares de desenho como o CATIA, foi produzido um modelo para que fosse estudado o comportamento aerodinâmico em túnel de vento na qual nos possibilita estudar o comportamento do escoamento sobre este corpo.

Escolhido os filamentos para impressão 3D de ABS – Acrilonitrila Butadieno estireno (acrylonitrile butadiene styrene, em inglês) que são feitos a partir do petróleo. Esse insumo é o mais antigo utilizado pela indústria para essas impressões 3D. Os itens impressos em ABS possuem alta resistência, durabilidade e são indicados para a construção de peças que tendem a sofrer impactos mecânicos.

Após a confecção do primeiro protótipo faremos os devidos ensaios no túnel de vento, responsável equipamento que simula os deslocamentos de ar e a carga de vento sobre estruturas para a análise do desempenho aerodinâmico, a fim de testar a performance do objeto de estudo coletando dados e gerando gráficos da performance aerodinâmica do componente submetido, baseada em técnicas pré-definidas utilizadas por pesquisadores das indústrias automobilísticas e aeronáuticas para a diminuição das perturbações causadas pelo escoamento do fluxo de ar em torno da estrutura.

Segundo Strauss & Corbin (1998), o método de pesquisa é um conjunto de procedimentos e técnicas utilizados para se coletar e analisar os dados. O método fornece os meios para se alcançar o objetivo proposto, ou seja, são as “ferramentas” das quais fazemos uso na pesquisa, a fim de responder nossa questão.

3. MATERIAIS E EQUIPAMENTOS

3.1 TÚNEL DE VENTO

O primeiro túnel de vento que se tem notícia, acionado por uma máquina a vapor, foi construído na Inglaterra em 1871, para a “Aeronautical Society of Great Britain”, por um dos fundadores dessa associação, Frank H. Wenham (GORECKI,1988). No caso, a função do túnel será simular um escoamento com finalidade de visualizar como o ar interfere na superfície do corpo analisado. A faculdade AEDB possui um modelo de túnel de vento MD068(figura1), e possui as seguintes dimensões analisando sua vista superior (figura2).



Figura 1: Túnel de Vento MD068

Fonte: Os Autores

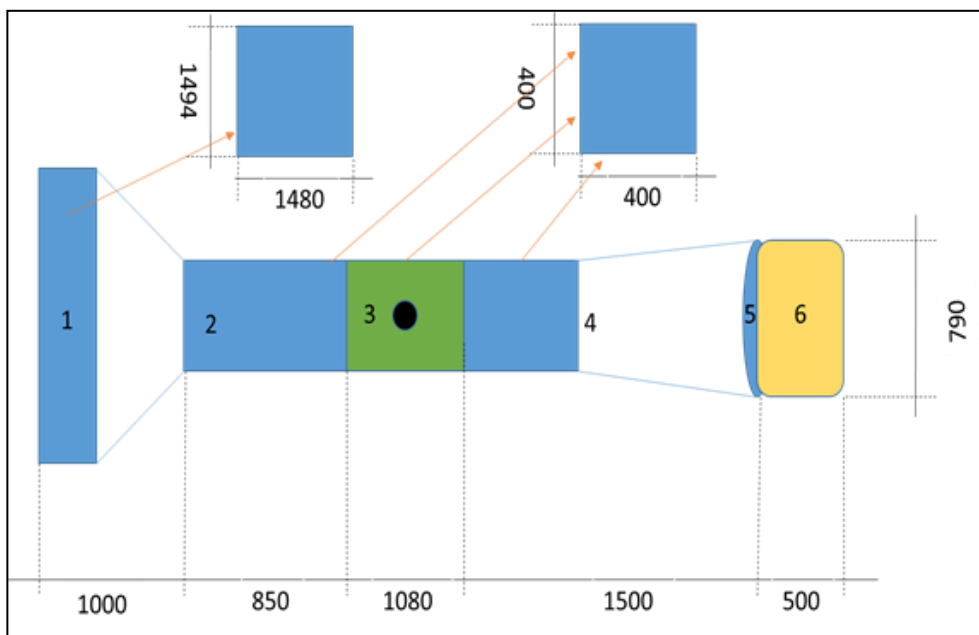


Figura 2: Dimensões do Túnel utilizado

Fonte: Os Autores

3.2 CAPACETE

O capacete é o equipamento para condutores e passageiros de motocicletas e similares que, quando utilizado corretamente, minimiza os efeitos causados por impacto contra a cabeça do usuário em um eventual acidente, além de auxiliar em elevadas velocidades devido a sua geometria no arrasto aerodinâmico quando em conjunto a moto e ao piloto. A figura 3, apresenta um modelo de capacete.

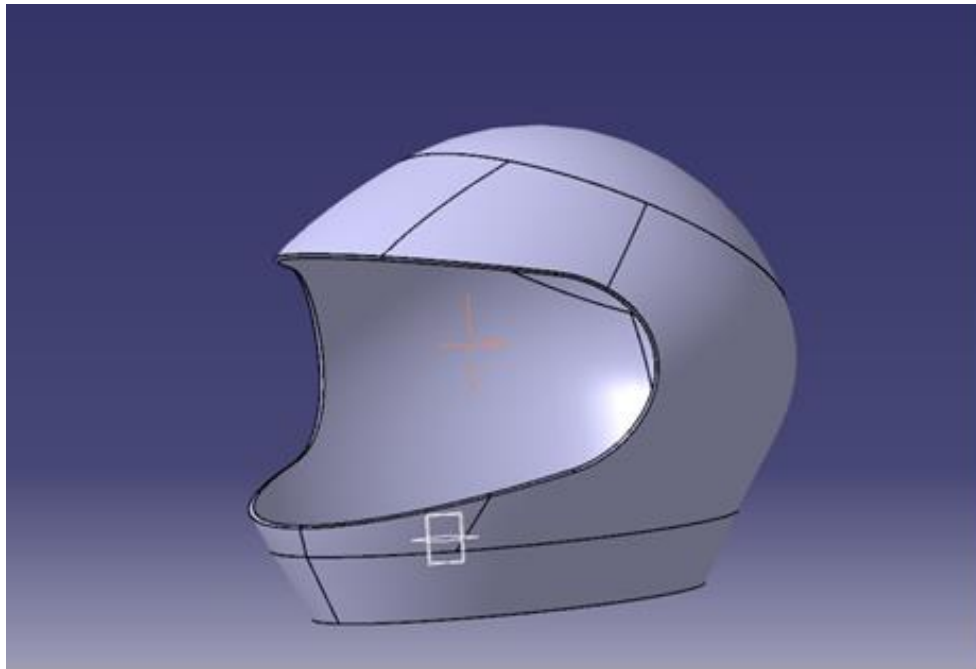


Figura 3: Modelo de Capacete Selecionado
Fonte: Os Autores

3.3 IMPRESSORA 3D

A impressão 3D representa um processo fabril aditivo, que consiste na criação de um modelo tridimensional digital, que será posteriormente executado por uma máquina controlada por computador, normalmente através da deposição de filamentos de um determinado material, que se vão sobrepondo até obter fisicamente o modelo concebido. Esta tecnologia tem vindo a ser desenvolvida desde os anos 80, inicialmente no âmbito da prototipagem rápida, com o objetivo de realizar de forma rápida e económica modelos conceptuais para o desenvolvimento de produtos. Na figura 4 podemos observar um modelo de impressora 3D.



Figura 4: Modelo de Impressora 3D
Fonte: 3DBLAB

4. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

4.1 MECÂNICA DOS FLUIDOS

A área em que se encontra situado este trabalho é a da mecânica dos fluidos, área específica da física que se dedica a analisar o comportamento de todos os fluídos, seja líquido ou gasoso, tanto no estado estático quanto no estado dinâmico. Imprescindível na conceituação e na interpretação de muitas áreas da engenharia em especial a aerodinâmica.

Aprofundando na mecânica encontra-se as equações governantes: as equações de Navier-Stokes, onde permite calcular campos de velocidade e pressão de um escoamento, muito aplicada em aerodinâmica. Sendo realizado a Adimensionalização das equações, de onde aparece o número de Reynolds, que permite avaliar o tipo do escoamento (a estabilidade do fluxo) e pode indicar se o escoamento é laminar, transiente ou turbulento.

4.2 EQUAÇÕES DE NAVIER STOKES

A aplicação da segunda Lei de Newton a um elemento de fluido em um escoamento, considerando as forças que atuam sobre o elemento e supondo o fluido como newtoniano¹, resulta as equações de Navier-Stokes. Estas, dependentes do tempo, com condição de contorno de Dirichlet, para um fluido incompressível bidimensional em coordenadas cartesianas são dadas por:

$$\begin{aligned}
 u_t - \nu \Delta u + (u \cdot \nabla)u + \frac{1}{\rho} \nabla p &= f \quad \text{em } [0, T] \times \Omega, \\
 \nabla \cdot u &= 0 \quad \text{em } [0, T] \times \Omega, \\
 u &= 0 \quad \text{em } [0, T] \times \partial\Omega, \\
 u(0, \cdot) &= u_0 \text{ em } \Omega, \\
 \int_{\Omega} p \, dx dy &= 0 \text{ em } [0, T]
 \end{aligned}
 \tag{1}$$

¹ fluido cuja viscosidade, ou atrito interno, é constante para diferentes taxas de cisalhamento e não variam com o tempo.

4.3 ADIMENSIONALIZAÇÃO

A adimensionalização das equações é feita com o objetivo de obter os parâmetros envolvidos. Nas equações de Navier-Stokes para escoamentos incompressíveis pode ser feita a partir de grandezas adimensionais, de acordo com Hughes et al. (1999)

$$u^* = \frac{u}{U_0}, \quad p^* = \frac{p}{U_0^2}, \quad t^* = \frac{tU_0}{L}, \quad \nabla^* = \nabla L, \quad f^* = \frac{fL}{U_0^2}, \quad \text{Eq. (2)}$$

obtem-se as equações da adimensionalidade:

$$\begin{aligned} u_t - \frac{1}{Re} \Delta u + (u \cdot \nabla)u + \nabla p = f \quad \text{em } (0, T] \times \Omega, \\ \nabla \cdot u = 0 \quad \text{em } [0, T] \times \Omega, \end{aligned} \quad \text{Eq. (3)}$$

4.4 NÚMERO DE REYNOLDS

Número adimensional de papel principal na determinação de parâmetro utilizado para caracterizar se o fluxo está sob regime laminar, transiente ou turbulento. Observe que, de modo geral, se esse número é superior a 104, o regime é considerado turbulento.

Na mecânica de fluidos, escoamento laminar é aquele em que as partículas se deslocam em camadas individualizadas, sem troca de massa entre elas e o escoamento turbulento é aquele em que as partículas apresentam um movimento aleatório, ou seja, a velocidade apresenta componentes transversais ao movimento geral do conjunto do fluido.

O escoamento laminar é o menos comum na prática, mas pode ser visualizado, por exemplo, no início da trajetória da fumaça de um cigarro. Mas a uma certa distância do cigarro observa-se movimentos transversais, que caracterizam o regime turbulento. O escoamento turbulento é o que descreve a maioria dos problemas reais. Sua equação é definida por:

$$Re = \frac{\rho VL}{\mu} \quad \text{Eq. (4)}$$

4.5 COEFICIENTE S AERODINÂMICOS

Os coeficientes aerodinâmicos são números adimensionais utilizados para o estudo aeronáutico, aerodinâmico e automobilístico. Medem as forças que sofre um corpo qualquer em movimento num fluido. Alguns dos coeficientes mais conhecidos são o coeficiente de sustentação ou lift coeffcit (cl) e o coeficiente de arrasto ou drag coeffcit (cd).

A obtenção destes coeficientes pode ser conseguida mediante duas vias fundamentais: a experimental e a teórica. Para a medição experimental se usam túneis de vento e maquetes em escala, aproveitando as técnicas da análise dimensional; ou ainda se mede diretamente em voo. A via teórica se baseia na aplicação da dinâmica de fluidos computacional, que trata de resolver as equações da mecânica de fluidos aplicadas ao corpo de estudo, mediante análise numérica com a ajuda de computadores. Neste trabalho será tratada via teórica e experimental.

4.6 COEFICIENTE DE ARRASTO

Batchelor (2000) define o arrasto como a componente resultante de força paralela (e oposta em direção) a velocidade do corpo. O coeficiente de arrasto é um coeficiente adimensional usado para quantificar o arrasto. Quanto mais baixo for o coeficiente menor será o arrasto do objeto, muito comum em design de automóveis, para efeitos aerodinâmicos. na indústria de carros de corrida, onde as pessoas estão interessadas em diminuir o arrasto para atingir altas velocidades,

Schaefer (1999) define o coeficiente de arrasto como

$$C_d(t) = \frac{2}{\rho L U_{max}^2} \int_S \left(\rho v \frac{\partial u_{t_s}(t)}{\partial n} n_y - p(t) n_x \right) dS \quad \text{Eq. (5)}$$

5. CONCLUSÃO

Se tratando de uma pesquisa de TCC autoral, podemos concluir como proposta a busca por melhores condições geométricas de um capacete de proteção a motociclista, com menores números de coeficiente de arrasto, captados no túnel de vento durante os ensaios no protótipo. Estando em fase de construção utilizando a impressão 3D com o modelo do primeiro protótipo que será analisado, espera-se compreender o comportamento aerodinâmico envolvido, para então posteriormente, determinar possíveis condições de melhorias, sujeitando-as em novas elaborações e ensaios no túnel, até o alcance do melhor resultado do estudo em questão, futuramente divulgados pormenorizadamente na defesa do TCC.

6. REFRÊNCIAS

- BATCHELOR, G.** An Introduction to Fluid Dynamics. Cambridge Mathematical Library. Cambridge University Press, 2000.
- GORECKI, J. P.** Túneis aerodinâmicos: passado, presente e futuro. Encit 88 – II Encontro Nacional de Ciências Térmicas. Águas de Lindóia – SP, 1988
- GROSCHKE, F.-R.; MEIER,** GEA Pesquisas na DLR Göttingen sobre aerodinâmica de carrocerias, redução de arrasto por ventilação de esteira e controle de fluxo ativo. Revista de Engenharia Eólica e Aerodinâmica Industrial, v. 89, n. 14-15, p. 1201-1218, 2001.
- HUGHES, W.; BRIGHTON, J.; WINOWICH, N.** Schaum's Outline of Fluid Dynamics. Schaum's Outline Series. 1999.
- MORELLI, ALBERTO.** A new aerodynamic approach to advanced automobile basic shapes. SAE Technical Paper, 2000.
- OPPENHEIM, A. V., SCHAFFER, R. W., & BUCK, J. R.** (1999). Discrete-time signal processing (2nd ed.)
- PLATE, E. J.;** Methods of investigating urban wind fields – physical models, Atmospheric Environment 33, 1999 – pp. 3981 – 3989.
- PRATA, ALESSANDRA RODRIGUES.** Impacto da altura dos edifícios nas condições de ventilação natural do meio urbano. 2005. 243 f. Tese (Doutoramento em Arquitetura e Urbanismo, Estruturas Ambientais Urbanas) Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005
- STRAUSS, ANSELM; CORBIN, JULIET.** Pesquisa Qualitativa: Técnicas e procedimentos para o desenvolvimento de teoria fundamentada. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 1998.
- 3DBLAB,** Disponível em < <https://3dlab.com.br/produto/impresora-3d-sethi-s3/> > acesso em 16/05/2019.