

Comparativo aerodinâmico entre as paredes corta-fogo da Cactus Baja utilizando CFD

Matheus Rodrigues de Souza^[1], Victor Wagner Freire De Azevedo^[2]

^[1] Universidade Federal Rural do Semiárido, Engenharia Mecânica/CE – Mossoró – Bacharelado - MT; Matheus Rodrigues de Souza; matheuss3011@gmail.com

^[2] Universidade Federal Rural do Semiárido, Engenharia Mecânica/CE – Mossoró – Bacharelado - MT; Victor Wagner Freire De Azevedo; victorwfreire@ufersa.edu.br

Data da defesa: 18/05/2023;

Resumo: A Cactus Baja é uma equipe da Universidade Federal Rural do Semiárido, que participa anualmente das competições da Baja SAE Brasil, onde os alunos têm que apresentar um protótipo de um veículo off-road que passa por constante melhorias. O intuito desse artigo, é avaliar utilizando a metodologia CFD os impactos das mudanças da geometria e posição da parede corta-fogo entre dois anos diferentes do projeto da equipe utilizando a metodologia CFD. Para validar o comportamento dos resultados obtidos, um teste prático foi feito e comparado com os dados obtidos usando a metodologia da fluidodinâmica computacional (CFD). Os resultados mostraram uma leve diminuição da força de arrasto após a modificação da geometria da parede corta-fogo.

Palavras-chave: CFD; Baja SAE; força de arrasto;

1. INTRODUÇÃO

O BAJA SAE é um projeto de expansão que tem uma grande importância na formação dos alunos graduação, na maioria das vezes, é nesse momento que os alunos têm a primeira oportunidade de aplicar o conhecimento adquirido em sala de aula. O projeto do protótipo é desafiador, pois requer e abrange várias áreas de conhecimento como, CAD, manufatura, manutenção, dinâmica veicular, *powertrain*, conforto, ergonomia, eletrônica, simulação etc.

Com o avanço da tecnologia, tornou-se cada vez mais crescente a utilização da simulação numérica para analisar e verificar problemas na fase conceitual de produtos. Com isso, a Dinâmica dos Fluidos Computacional (do inglês *Computational Fluid Dynamics*, ou CFD), ganhou um enorme espaço pois consegue descrever o comportamento de fluidos de maneira numérica, possibilitando assim melhora na eficiência e na precisão em diversos projetos de veículos Baja; por exemplo, a utilização da simulação numérica proporciona melhorias no projeto do veículo, tornando possível a minimização do arrasto e determinação do centro de pressão, importante para a estabilidade direcional [1, 2].

A adição de diferentes elementos em um veículo afeta diretamente sua performance, como aerofólios e spoilers. No caso do veículo baja, a parede corta fogo é um item obrigatório e de segurança, o que justifica a atenção necessária para ele, além de fornecer proteção para o piloto, não afetar diretamente a aerodinâmica do veículo. Com base nisso, o presente trabalho desenvolveu um modelo numérico capaz de prever o comportamento do coeficiente de arrasto na geometria da parede corta fogo de dois modelos de veículos baja, utilizando uma metodologia fornece resultados confiáveis, validados com experimentos.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Força de arrasto

A força de arrasto é a força oposta ao movimento de um objeto através do ar ou de outro fluido. É causada pelo atrito entre o objeto e as moléculas do fluido em que está se movendo. Quanto maior a velocidade do objeto, maior será a força de arrasto, pois é uma força de contato, o que significa que depende da área da superfície do objeto que está em contato com o fluido. O cálculo da força de arrasto (F_a) é igual a multiplicação

da constante de resistência de movimento (C_d) pela velocidade (v) ao quadrado, conforme descrito na Eq. 1 [3].

$$F_a = C_d * v^2 \text{ (Equação 1)}$$

2.1.1 Constante de resistência de movimento (Coeficiente de arrasto)

O coeficiente de arrasto é uma medida da resistência do ar que age sobre um objeto em movimento em um fluido. É uma propriedade aerodinâmica que é influenciada pela forma do objeto, sua rugosidade superficial e pela velocidade do fluido ao redor dele. Quanto maior o valor, maior será a resistência do objeto ao movimento através do fluido. É calculado pela Eq. 2 [4]:

$$C_d = \frac{F_a}{\frac{\rho v^2 A}{2}} \text{ (Equação 2)}$$

Onde:

- C_d é Coeficiente de resistência de movimento (Coeficiente de arrasto adimensional);
- F_a é Força de arrasto (N);
- A é a área projetada na direção ao escoamento (m^2);
- ρ é a densidade do fluido (kg/m^3);
- v é a velocidade do fluido ao redor do objeto (m/s^2);

Quanto maior o coeficiente de arrasto, maior será a resistência do objeto ao movimento através do fluido. Para a maioria dos objetos, o coeficiente de arrasto é determinado de forma experimental [4], então a partir dos resultados obtidos da simulação CFD, será calculado com a Eq. 3 o coeficiente de arrasto para ambos os protótipos. A Figura 2 mostra algumas formas e seus respectivos valores de coeficientes de arrasto.

Forma		Coeficiente de arrasto	Forma		Coeficiente de arrasto
Esfera		0.47	Cubo inclinado		0.80
Meia-esfera		0.42	Cilindro longo		0.82
Cone		0.50	Cilindro Curto		1.15
Cubo		1.05	Formato aerodinâmico		0.04

FIGURA 2. Coeficiente de arrasto de algumas geometrias. Fonte:[3].

2.1.2 ABNT NBR 10312

A ABNT NBR 10312 é aplicada para veículos automotores leves, onde faz a determinação da resistência ao deslocamento por desaceleração livre em pista de rolamento e simulação em dinamômetro [5]. A partir dos dados de desaceleração e instante de tempo, é possível obter a força de arrasto de um veículo em um teste prático em condições gerais descritas na norma. Com isso, foi feito uma adaptação dessa norma com o objetivo de verificar e validar o comportamento da curva de arrasto obtida pela simulação da corta-fogo.

2.2 Regressão polinomial de segundo grau

A regressão polinomial de segundo grau é uma técnica de modelagem estatística que visa relacionar duas variáveis através de uma função polinomial quadrática. É uma extensão da regressão linear simples, que usa uma equação linear para representar a relação entre as variáveis. Esse método, cria uma equação polinomial quadrática que melhor demonstra os dados. A Eq. 3 mostra a forma polinomial quadrática.

$$y = a_0 + a_1x + a_2x^2 \text{ (Equação 3)}$$

Onde y é a variável dependente, x é a variável independente e a_0 , a_1 e a_2 são os coeficientes do modelo. É bastante útil quando os dados parecem seguir um padrão curvilíneo, mas é importante lembrar que a escolha de um modelo polinomial de ordem superior pode levar a um ajuste excessivo, o que pode levar a previsões

imprecisas em dados futuros. Portanto, é importante avaliar cuidadosamente a adequação do modelo [6]. Com isso, foi decidido fazer uma regressão polinomial de segundo grau, pois devido às limitações computacionais foram feitas diversas simulações estacionárias em diferentes velocidades de ambos os protótipos.

2.3 Projeto Baja SAE

O Baja SAE é uma competição anual de engenharia, organizada pela *Society of Automotive Engineers* (SAE), em que estudantes universitários projetam, constroem um veículo *off-road*. O objetivo da competição é fornecer aos estudantes uma experiência prática em engenharia, gestão de projetos, trabalho em equipe e comunicação. Os veículos devem ser projetados para superar terrenos acidentados, incluindo lama, água, rochas e obstáculos, sendo capazes de atingir velocidades entre 40-60 km/h, ter uma boa manobrabilidade e serem seguros e confiáveis. Durante a competição, os veículos são submetidos a testes rigorosos, incluindo testes de tração, aceleração, manobrabilidade, suspensão e frenagem. Além disso há uma prova de resistência de quatro horas, em que os veículos devem percorrer uma pista de obstáculos [7]. Como o projeto passa sempre por constante evolução buscando melhorias, foi decidido fazer uma análise comparando o impacto da mudança da geometria da corta-fogo, avaliando os pontos de força e coeficiente de arrasto.

3. METODOLOGIA

3.1 Descrição do problema

O projeto BAJA SAE proporciona aos estudantes aplicar o conhecimento de engenharia. Com isso, ano após ano, o protótipo da Equipe Cactus BAJA (UFERSA – Mossoró/RN) passa por alterações visando melhorias. Entre os anos de 2020 e 2022, foi mudada a geometria e a inclinação da parede corta-fogo, que é uma chapa que separa o habitáculo do piloto do motor e do tanque de combustível com o intuito de preservar a integridade do piloto em casos de acidentes [7]. A geometria da corta-fogo usada no protótipo do ano de 2020 (CB-20) está destacada de vermelho na Figura 3.



FIGURA 3. Área destacada da parede corta-fogo do protótipo CB-20. Fonte: Autoria própria.

Para a análise da influência das modificações feitas na corta-fogo, foi feito o seguinte fluxograma. Primeiramente foi feito uma simulação CFD da corta-fogo do CB-20, e posteriormente utilizou a norma ABNT NBR 10312 para obter a força prática do mesmo protótipo. Isso foi feito com o intuito de comparar e validar o comportamento da curva dos resultados obtidos pelo CFD. Na última parte, foi comparado os resultados dois modelos de CFD para saber no que resultou as mudanças. O fluxo de trabalho está resumindo na Figura 4.

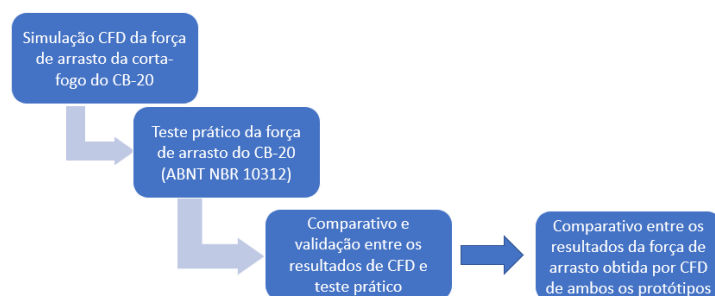


FIGURA 4. Fluxo de trabalho utilizado no desenvolvimento do artigo. Fonte: Autoria própria.

No ano de 2020, o protótipo CB-20 utilizava $0,844 \text{ m}^2$ de parede corta-fogo com a inclinação de 11° , resultando em uma área frontal de $0,833 \text{ m}^2$. Já no ano de 2022, o protótipo CB-22 utilizou $0,773 \text{ m}^2$ de parede corta-fogo com a inclinação de 15° resultando em uma área frontal de $0,753 \text{ m}^2$. Ao comparar as duas geometrias houve redução de 8,41% de área, no qual foi notada a necessidade de verificar o impacto dessa mudança por meio de CFD. A Figura 5 mostra a comparação em vista lateral e frontal da corta-fogo.

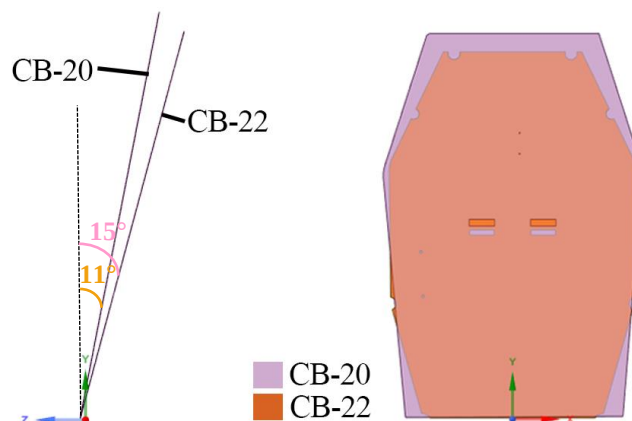


FIGURA 5. Comparação das geometrias das paredes corta-fogo entre ambos os protótipos. Fonte: Autoria própria.

3.2 Simulação

Neste artigo foi usado o CFX 2020 com licença estudantil da Ansys para a solução do problema, que discretiza as equações de conservação da massa e da quantidade de movimento seguindo o Método dos Volumes Finitos baseado em Elementos [8]. As duas paredes corta-fogo foram enclausuradas e colocadas contra várias velocidades diferentes de fluxo de ar entre uma faixa de 5-60 km/h, simulando uma condição de aceleração do protótipo, e posteriormente foi aplicada uma regressão polinomial para a análise.

3.2.1 Geometria do volume de controle

Após a modelagem das paredes corta-fogos, ambas foram enclausuradas em um volume de controle de 2,75 m de altura, 3 m de largura e 5 m de comprimento, com o objetivo de captar o fluxo de ar e a força de arrasto nas duas paredes. É recomendado dimensões maiores para o volume de controle, porém devido às limitações computacionais não foi possível solucionar com um volume maior. A Figura 6 mostra a geometria enclausurada do protótipo do CB-20.

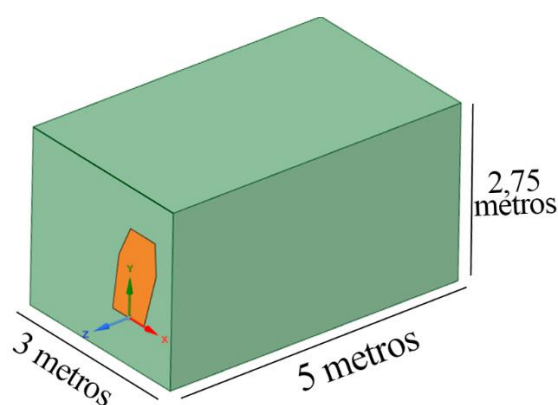


FIGURA 6. Volume de controle utilizados nas simulações. Fonte: Autoria própria.

3.2.2 Malha

Para a discretização do problema, foi optado a utilização de elementos de três dimensões tetraédricos de tamanho médio de 5 cm com o total de 196108 volumes. Embora o tamanho médio de elemento seja relativamente grande quando comparado com as dimensões do volume de controle, a região de interesse é a parte da corta-fogo, pois será dessa região que será captado os valores da força de arrasto, além disso, não foi

possível diminuir o tamanho do elemento por limitações computacionais. A Figura 7 mostra a malha visualizada por fora e em uma vista seccionada.

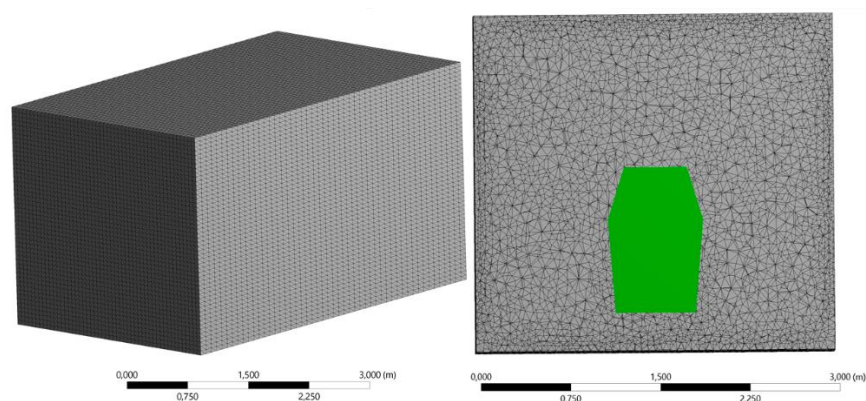


FIGURA 7. Malha utilizada na simulação. Fonte: Autoria própria.

Apesar da malha pouco refinada ela atingiu média de 0,39 de *skewness* e 0,6 de *orthogonal quality*, qualificando como muito bom e bom, respectivamente de acordo com [9]. A Figura 8 mostra um espectro médio de malha de *skewness* e *orthogonal quality*.

Skewness mesh metrics spectrum

Excellent	Very good	Good	Acceptable	Bad	Unacceptable
0-0.25	0.25-0.50	0.50-0.80	0.80-0.94	0.95-0.97	0.98-1.00

Orthogonal Quality mesh metrics spectrum

Unacceptable	Bad	Acceptable	Good	Very good	Excellent
0-0.001	0.001-0.14	0.15-0.20	0.20-0.69	0.70-0.95	0.95-1.00

FIGURA 8. Espectro de qualidade de malha. Fonte: [9].

3.2.3 Condições de contorno

Para todas as simulações foram usadas:

- Regime estacionário;
- O fluxo de ar a 25°C de temperatura, 101325Pa (1 atm) de pressão, densidade $\rho=1,1839\text{kg/m}^3$;
- Velocidades entre 5-60 km/h com variação de 5 km/h para cada análise;
- As paredes corta-fogo foi considerada como *wall* para a captação da força de arrasto;
- Foi colocado uma simetria ao longo de todo o volume de contorno fazendo com que os gradientes normais as faces escolhidas sejam iguais a 0, funcionando como um guia para o fluido escoado;
- Para a saída de escoamento foi considerada uma pressão relativa de 0 Pa.
- Modo de turbulência *SST Standard* (Shear Stress Transport) por ser um escoamento externo e turbulento.
- Para convergência foi usada 10^{-8} de taxa residual.

A Figura 9 esquematiza as condições de contorno dispostas no problema.

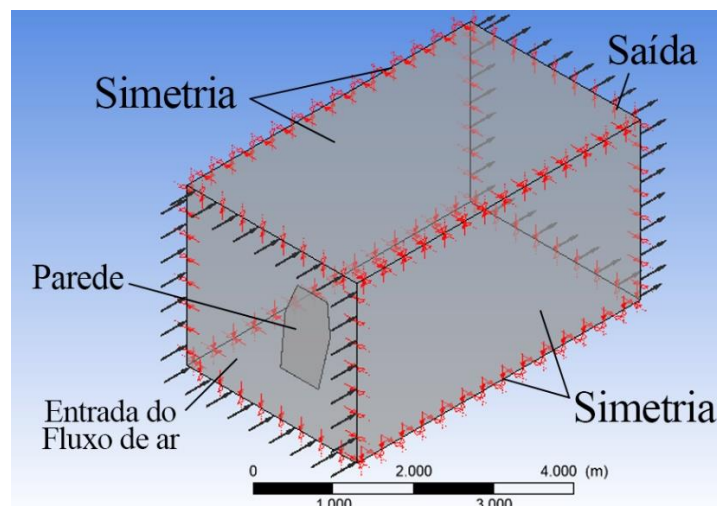


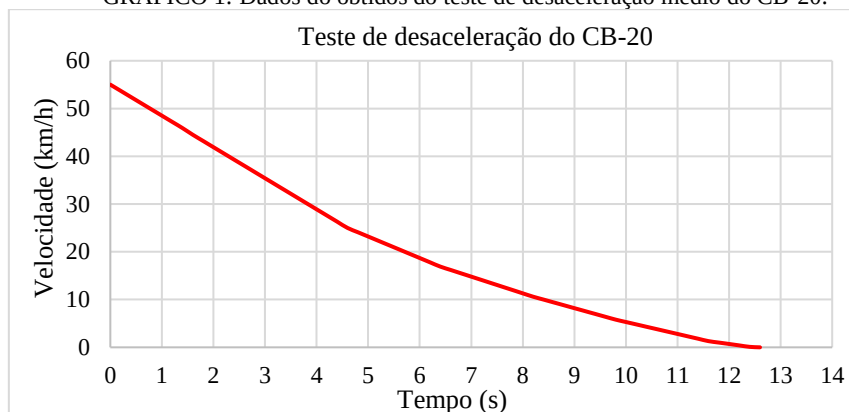
FIGURA 9. Condições de contorno utilizada nas simulações. Fonte: Autoria própria.

4. RESULTADOS

4.1 Comparativo teste teórico e simulação

Para comparar com os resultados obtidos pela simulação, foi feito um teste real com o CB-20 fazendo uma adaptação na norma ABNT NBR 10312 [5]. Nesse teste, o protótipo foi engatado em um carro e puxado até uma velocidade de 55 km/h e depois desengatado, com o intuito de diminuir as forças de resistência à rolagem do *powertrain*. Após isso, o protótipo desacelerou até a parada total do veículo. Os dados obtidos foram de velocidade instantânea a cada 0,2 s; foi utilizado um Arduino UNO e um sensor indutivo no disco de freio para a coleta e armazenamento dessas informações. O processo foi feito apenas duas vezes, devido as dificuldades encontradas com as capturas dos dados; posteriormente, foi feita uma média dos dados (Apêndice A1), com o objetivo de garantir a precisão. O Gráfico 1 mostra a desaceleração média.

GRÁFICO 1. Dados do obtidos do teste de desaceleração médio do CB-20.



Com os dados coletados, foi calculado a força de arrasto do veículo a partir da norma [5], no qual é gerado uma fórmula (Equação 4) geral com o coeficiente que descreve a intensidade da força em qualquer velocidade.

$$F = f_0 + f_2 * v^2 \text{ (Equação 4)}$$

Onde:

- F é o módulo da força de arrasto ao deslocamento (N);
- f_0 é o coeficiente do termo de ordem zero da equação (N);
- f_2 é o coeficiente do termo de segunda ordem da equação ($\text{N}/(\text{m/s})^2$);
- v é a velocidade do veículo (m/s);

Para o cálculo de f_0 (Equação 5) e f_2 (Equação 6), é necessário calcular alguns somatórios das variáveis coletadas no teste prático. A seguir está descrito o que é necessário para a obtenção desses valores.

$$f0 = -\frac{D \cdot A - C \cdot E}{(iv-1) \cdot D - C^2} \cdot m \text{ (Equação 5)}$$

$$f2 = -\frac{(iv-1) \cdot E - C \cdot A}{(iv-1) \cdot D - C^2} \cdot m \text{ (Equação 6)}$$

No qual:

- $A = \sum ai$; é o somatório das acelerações médias no intervalo (m/s²);
- $B = \sum Vmi$; é o somatório das velocidades médias no intervalo (m/s);
- $C = \sum Vmi^2$; é o somatório da velocidade média no intervalo elevada ao quadrado (m²/s²);
- $D = \sum Vmi^4$; é o somatório da velocidade média no intervalo elevado à quarta potência (m⁴/s⁴);
- $E = \sum aiVmi^2$; é o somatório da velocidade média ao quadrado multiplicada pela aceleração média no intervalo de tempo (m/s⁴·m²/s²);
- iv é o número de intervalos de velocidades adotado nas desacelerações;
- m é a massa do veículo (kg);

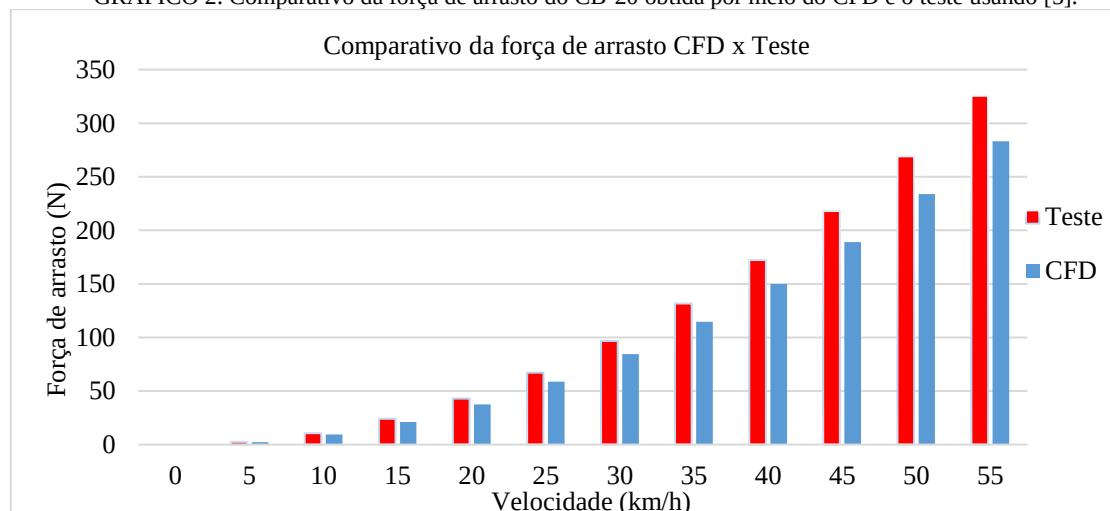
Depois de encontrar todos os valores, foi possível coletar a força de arrasto através dos dados obtidos no teste. A Tabela 1 mostra a velocidade e o valor da força de arrasto associada.

TABELA 1. Velocidade calculadas com a adaptação da norma [5] e valores obtidos por CFD.

Velocidade (km/h)	Força de Arrasto do teste (N)	Força de arrasto CFD (N)	Erro (%)
0	0	0,00	0
5	2,69	2,40	10,78
10	10,76	9,47	11,99
15	24,21	21,19	12,47
20	43,04	37,58	12,69
25	67,25	58,63	12,82
30	96,84	84,34	12,91
35	131,81	114,73	12,96
40	172,16	149,80	12,99
45	217,89	189,15	13,19
50	269,00	233,97	13,02
55	325,49	283,07	13,03

Os resultados da simulação conseguiram prever satisfatoriamente o comportamento dos resultados do teste experimental, com um erro médio de aproximadamente de 12,61% entre ambos os resultados encontrados, o que valida a presente malha computacional e metodologia para descrição do comportamento do escoamento na parede corta-fogo. O Gráfico 2 mostra o comparativo entre os dados.

GRÁFICO 2. Comparativo da força de arrasto do CB-20 obtida por meio do CFD e o teste usando [5].



4.2 Força de arrasto nas duas corta-fogo

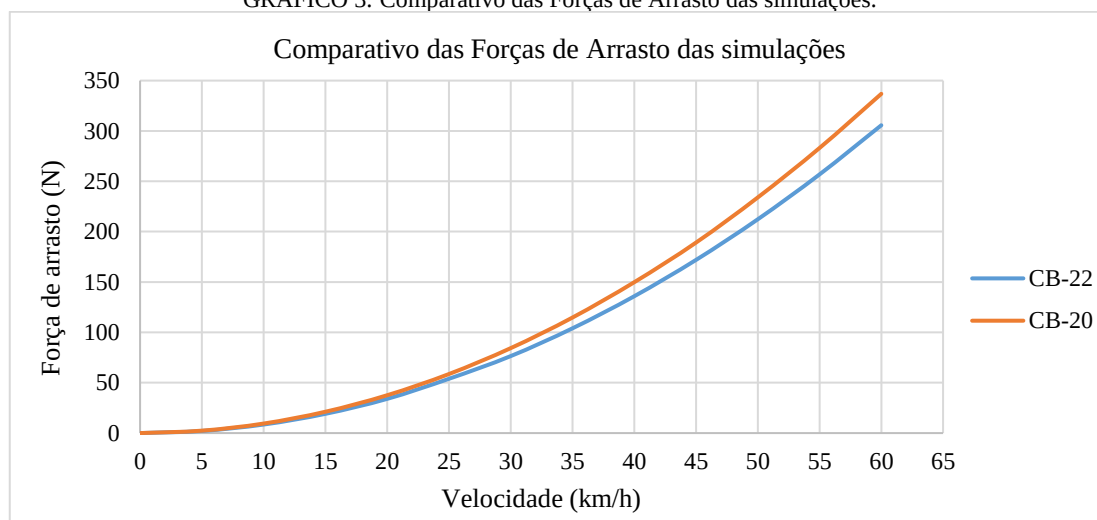
Após as simulações da corta-fogo dos dois protótipos, foi utilizado o *CFD-Post* para o pós-processamento. Nessa parte foi coletado o valor da força de arrasto das paredes corta-fogo em ambos os modelos. A Tabela 2 mostra os resultados obtidos nas simulações.

TABELA 2. Resultados obtidos pelas simulações CFD para ambos os protótipos.

-	CB-22	CB-20	
Velocidade (km/h)	Força de arrasto (N)	Força de arrasto (N)	Erro (%)
0	0,00	0,00	0
5	2,13	2,40	11,25
10	8,51	9,47	10,14
15	19,12	21,19	9,77
20	33,98	37,58	9,58
25	53,90	58,63	8,07
30	76,44	84,34	9,37
35	104,03	114,73	9,33
40	135,87	149,80	9,30
45	171,95	189,15	9,09
50	212,27	233,97	9,27
55	256,84	283,07	9,27
60	305,65	336,86	9,26

Ao comparar os dois resultados, notou-se que as mudanças de geometria e angulação da corta-fogo resultaram uma diminuição de 9,47% na força de arrasto em uma condição de aceleração de 0 a 60 km/h. Como foram feitas várias simulações estacionárias, devido às limitações computacionais, foi decidido fazer uma regressão polinomial de segundo grau, a fim de verificar os coeficientes de determinação (R^2) dos dados obtidos e determinar a força de arrasto para qualquer velocidade na faixa da aceleração. Abaixo, o Gráfico 3 mostra a regressão polinomial das duas curvas de arrasto.

GRÁFICO 3. Comparativo das Forças de Arrasto das simulações.



Ambas as regressões polinomiais obtiveram o R^2 igual à 1, garantindo padrão nos dados obtidos. Com as equações 7 e 8, é possível mensurar a força de arrasto em qualquer velocidade entre 0 e 60 km/h para os dois modelos.

$$\text{CB-20: } Fa = 0,0935v^2 + 0,004v + 0,0614 \text{ (Equação 7)}$$

$$\text{CB-22: } Fa = 0,0847v^2 + 0,0135v - 0,0265 \text{ (Equação 8)}$$

4.3 Coeficiente de arrasto

Com os dados obtidos foi possível calcular e fazer um comparativo da influência das alterações no coeficiente de arrasto pela Equação 2 [4]. O valor encontrado para o CB-20 foi de 2,459; já para o CB-22, o valor obtido foi de 2,47. Para o coeficiente de arrasto houve um leve aumento, justificando que as mudanças feitas não obtiveram impacto significativo nesse quesito. É importante levar em consideração que para um cálculo mais preciso do coeficiente de arrasto, é preciso levar em consideração também, a área frontal dos pneus, retrovisor, suspensão etc.

5. CONCLUSÃO

O presente trabalho realizou a simulação numérica de diferentes geometrias de parede corta-fogo utilizadas em um protótipo baja. Resultados experimentais do modelo foram obtidos através de um ensaio com o protótipo CB-20, fazendo adaptações da norma ABNT NBR 10312:2019 [5], o que serviram para validar o comportamento das curvas do resultado do modelo numérico, apresentando um erro de 12,61%, mas é importante mencionar as limitações computacionais encontradas em toda a problemática. Com as mudanças de diminuição de 8,41% de área da geometria e aumento de 4° da angulação da parede corta-fogo ocasionou em uma alteração de 9,47% na força de arrasto entre os modelos em uma condição de aceleração de 0 a 60km/h, no qual modelo da corta-fogo do CB-22 o que possui menor arrasto que a do CB-20. Posteriormente, foi verificado a influência dessas mudanças no coeficiente de arrasto de ambos os modelos, para o CB-20 foi encontrado o valor de 2,459 enquanto para o CB-22 foi de 2,47; com isso notou-se que as mudanças não implicaram em nenhum resultado significativo.

6. REFERÊNCIAS

- [1] MARADEY LÁZARO, Jessica Gissella; ARDILA GÓMEZ, Sergio Andrés; ESTEBAN VILLEGAS, Helio Sneyder. **Aerodynamics Analysis for Optimization the Design of a Baja SAE Chassis**. In: ASME International Mechanical Engineering Congress and Exposition. **American Society of Mechanical Engineers, 2018. p. V04AT06A043.**
- [2] DELMUNDE, Rafael Luiz et al. **Analysis of Improvement in Aerodynamics of a Vehicle Type Baja SAE-And the Impact on Performance**. American Journal of Engineering Research (AJER), v. 5, p. 306-310, 2016.
- [3] ANDRIETTA, Matheus. Entenda a Importância da Resistência do Ar. **InfoEnem**, 2019. Disponível em: <<https://infoenem.com.br/entenda-a-importancia-da-resistencia-do-ar/>>. Acesso em: 02 mai. 2023.
- [4] BENSON, Tom. The Drag Coefficient. **NASA**, 2021. Disponível em: <<https://www.grc.nasa.gov/www/k12/rocket/dragco.html#:~:text=The%20drag%20coefficient%20Cd%20is,ti mes%20the%20reference%20area%20A.&text=The%20drag%20coefficient%20then%20expresses,dynamic %20pressure%20times%20the%20area>>. Acesso em: 02 mai. 2023.
- [5] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10312: Veículos rodoviários automotores leves - Determinação da resistência ao deslocamento por desaceleração livre em pista de rolamento e simulação em dinamômetro**. Rio de Janeiro, 2019.
- [6] Regressão Polinomial. **ECT/UFRN**. Disponível em: <<https://cn.ect.ufrn.br/index.php?r=conteudo%2Fmmq-rpolin>>. Acesso em: 02 mai 2023.
- [7] REGULAMENTO ADMINISTRATIVO E TÉCNICO BAJA SAE BRASIL. **SAE BRASIL**, 2022. Disponível em: <http://saebrasil1.hospedagemdesites.ws/RATBSB_emenda_04.pdf>. Acesso em: 02 mai. 2023.
- [8] MALISKA, Clovis R. **Transferência de calor e mecânica dos fluidos**. Computacional. Editora LTC, Rio de Janeiro, 2a Ed., 2004.
- [9] SHERRARD, Rob. **ANSYS Fluent - Tips, Tricks, and Troubleshooting**. **Nimbix**, 2020. Disponível em: <<https://support.nimbix.net/hc/en-us/articles/360044738671-ANSYS-Fluent-Tips-Tricks-and-Troubleshooting>>. Acesso em: 09 jun. 2023.

7. Apêndice

Apêndice A1. Valores de velocidades e tempo de cada passadas usadas na ABNT NBR 10312 [5].

Passada 1		Passada 2	
Velocidade (km/h)	Tempo (s)	Velocidade (km/h)	Tempo (s)
55	0	55	0
53,7	0,2	53,6	0,2
52,4	0,4	52,2	0,4
51,1	0,6	50,8	0,6
49,8	0,8	49,4	0,8
48,5	1	48	1
47,2	1,2	46,6	1,2
45,9	1,4	45,2	1,4
44,5	1,6	44	1,6
43,2	1,8	42,8	1,8
41,9	2	41,6	2
40,6	2,2	40,4	2,2
39,3	2,4	39,2	2,4
38	2,6	38	2,6
36,7	2,8	36,8	2,8
35,4	3	35,6	3
34,1	3,2	34,4	3,2
32,8	3,4	33,2	3,4
31,5	3,6	32	3,6
30,2	3,8	30,8	3,8
28,9	4	29,6	4
27,6	4,2	28,4	4,2
26,3	4,4	27,2	4,4
25	4,6	26	4,6
24,1	4,8	25	4,8
23,2	5	24	5
22,3	5,2	23	5,2
21,4	5,4	22	6
20,5	5,6	21	6,2
19,6	5,8	20	6,4
18,7	6	19	6,6
17,8	6,2	18	6,8
16,9	6,4	17	7
16,2	6,6	16,3	7,2
15,5	6,8	15,6	7,4
14,8	7	14,9	7,6
14,1	7,2	14,2	7,8

13,4	7,4	13,5	8
12,7	7,6	12,8	8,2
12	7,8	12,1	8,4
11,3	8	11,4	8,6
10,6	8,2	10,7	8,8
10	8,4	10,2	9
9,4	8,6	9,7	9,2
8,8	8,8	9,2	9,4
8,2	9	8,7	9,6
7,6	9,2	8,2	9,8
7	9,4	7,7	10
6,4	9,6	7,2	10,2
5,8	9,8	6,7	10,4
5,3	10	6,2	10,6
4,8	10,2	5,7	10,8
4,3	10,4	5,2	11
3,8	10,6	4,7	11,2
3,3	10,8	4,2	11,4
2,8	11	3,7	11,6
2,3	11,2	3,2	11,8
1,8	11,4	2,7	12
1,3	11,6	2,2	12,2
1	11,8	1,7	12,4
0,7	12	1,2	12,6
0,4	12,2	0,7	12,8
0,1	12,4	0,2	13
0	12,6	0	13,2
