

## PROJETO DE ASA DE AVIÃO INSPIRADA NA NATUREZA E NAS IDEIAS DE DA VINCI

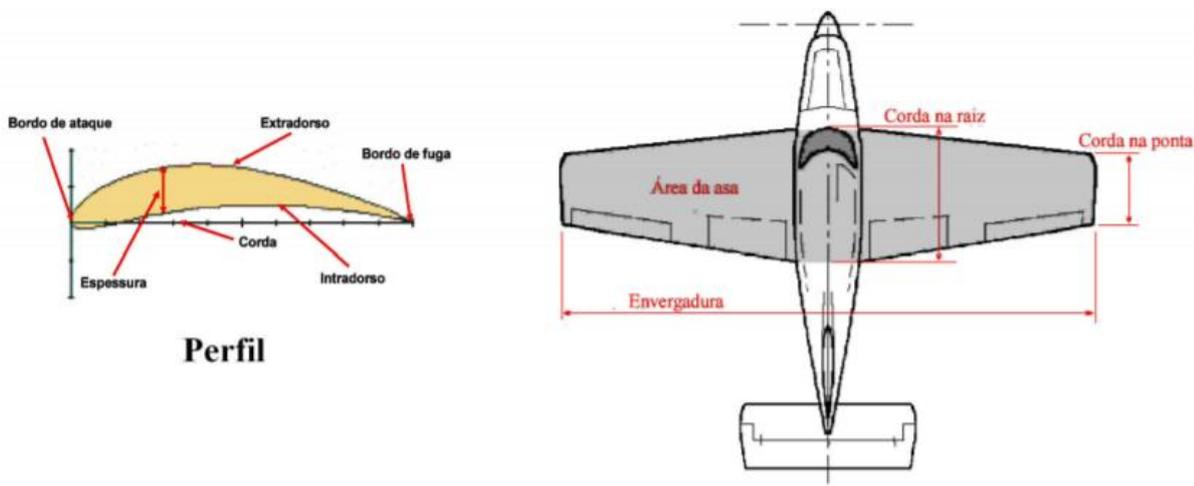
### 1 INTRODUÇÃO

A vontade de voar vem de muito tempo, pessoas importantes para o desenvolvimento da humanidade pensaram em ideias novas a partir de inspirações com a natureza, como Leonardo da Vinci que criou um dos primeiros conceitos de asas voadoras. Com a invenção do avião, foram surgindo várias tecnologias para aprimorar cada vez mais o voo, como novos modelos de asas de avião que foram criados ao passar dos anos. A asa é fundamental para o voo de um avião, pois é ela que sustenta todo o avião no ar, cada asa possui suas características específicas que modifica o desempenho da aeronave como, a força de sustentação, o arrasto, e até mesmo quantidade necessária de pista para o pouso e decolagem de um avião. Os pássaros não são diferentes suas asas são fundamentais para se manter em voo e apresenta várias características diferentes. Observando as diversas espécies de pássaros, nota-se que a maioria possui uma característica em comum, possui uma leve curvatura na borda de ataque, essa característica também foi observada na espécie já extinta Pteranodon que viveu no período pré-histórico. O objetivo deste trabalho é pesquisar através de análises aerodinâmicas em modelos 3D o que está curvatura pode influenciar em uma asa de avião.

### 2 AERODINÂMICA

Os conceitos básicos de aerodinâmica relacionado com a asa de avião são essenciais para o estudo que se propõe. A geometria da asa de avião consiste (Figura 1) em perfil (borda de ataque, extradorso, bordo de fuga, corda do perfil, intradorso) e asa (envergadura, corda da raiz, corda na ponta).

Figura 1 – Elemento da asa de um avião



Fonte: <http://> Rodrigues e Miranda (2014)

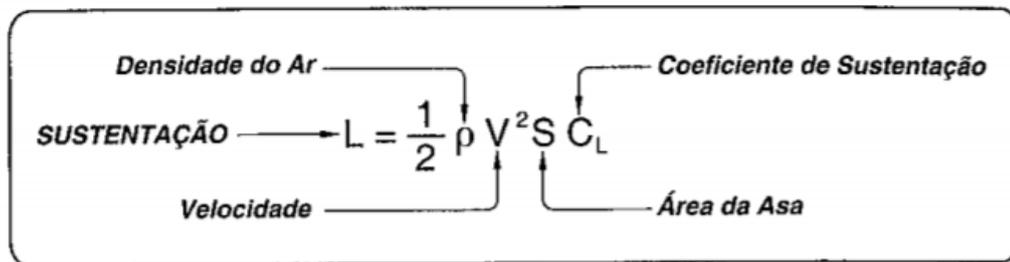
### 2.1 Forças que atuam no voo de uma aeronave

Durante o voo de um avião, o ar se comporta da seguinte maneira, ele escoa pela asa com maior velocidade no extradorso do que no infradorso. Desta forma, ao aumentar a sua velocidade, diminui a pressão do ar e resulta na força de sustentação que empurra o avião para cima, a resistência do ar se dá pela força de arrasto que empurra o avião para trás. Como Newton diz que toda ação gera uma reação, além dessas duas forças apresentadas temos o empuxo que é a força que o avião está provocando para se movimentar, e o peso que empurra o avião para baixo. Para a aeronave se movimentar, a força de empuxo deve ser maior que a o arrasto, assim a aeronave ganha velocidade até que as forças de empuxo e de arrasto se iguale a fim de manter uma velocidade constante, assim como a sustentação e o peso deve se igualar para que manter uma altitude constante. Se o empuxo for menor que o arrasto o avião irá desacelera até que a velocidade atinja um valor insuficiente para sustentá-lo no ar. Com o aumento da velocidade, ocasiona uma maior sustentação, mas diminuirá o arrasto induzido, quando o arrasto se associa à sustentação do corpo, e aumenta o arrasto parasita quando não há associação com a produção de sustentação. Quando maior a velocidade, maior será a resistência imposto pelo fluido.

#### Força de sustentação

A força de sustentação é perpendicular à direção do vento. Esta força pode ser calculada através da expressão dada na Figura 2.

Figura 2 – Equação da Força de Sustentação.



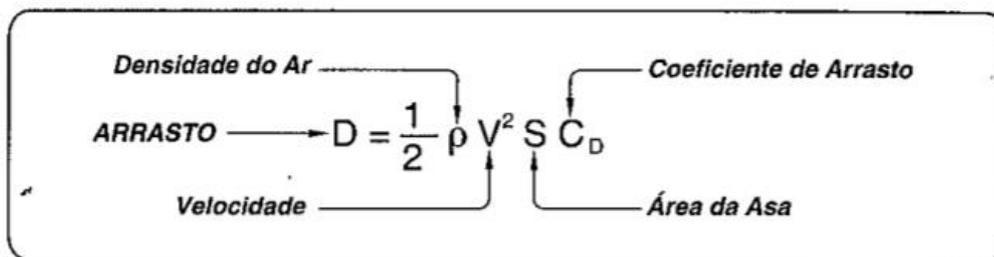
The diagram shows the lift equation  $L = \frac{1}{2} \rho V^2 S C_L$ . Labels with arrows point to each variable: 'Densidade do Ar' points to  $\rho$ , 'Velocidade' points to  $V$ , 'SUSTENTAÇÃO' points to  $L$ , 'Área da Asa' points to  $S$ , and 'Coeficiente de Sustentação' points to  $C_L$ .

Fonte: Jorge Homa (2010).

#### Força de arrasto

A força de arrasto (Figura 3) é paralela a direção do vento. Deve ser reduzido a mínimo possível, o arrasto é provocado pela distribuição desfavorável de pressão que se forma devido a superação dos filetes de ar da superfície da asa.

Figura 3 – Equação da força de Arrasto.



The diagram shows the drag equation  $D = \frac{1}{2} \rho V^2 S C_D$ . Labels with arrows point to each variable: 'Densidade do Ar' points to  $\rho$ , 'Velocidade' points to  $V$ , 'ARRASTO' points to  $D$ , 'Área da Asa' points to  $S$ , and 'Coeficiente de Arrasto' points to  $C_D$ .

Fonte: Jorge Homa (2010).

O Arrastar é o preço pago para obter sustentação. A razão de sustentação para arrasto ( $L / D$ ) é a quantidade de sustentação gerada por uma asa ou perfil aerodinâmico em comparação com o arrasto. A relação sustentação / arrasto é determinada dividindo o coeficiente de sustentação pelo coeficiente de arrasto,  $CL / CD$ . Uma proporção de  $L / D$  indica eficiência de perfil aerodinâmico. As aeronaves com relações  $L / D$  mais elevadas são mais eficientes do que aquelas com relações  $L / D$  mais baixas.

### Ângulo de ataque

No aerofólio a linha de corda forma um ângulo com a direção do vento relativo, esse ângulo é denominado ângulo de ataque. As forças aerodinâmicas comportam de maneiras diferentes de acordo com o ângulo de ataque do perfil. A sustentação comporta da seguinte maneira:

- Ângulo de ataque positivo: Sustentação positivo qualquer que seja o perfil;
- Ângulo de ataque nulo: A sustentação é nula;
- Ângulo de ataque maior que o ângulo de sustentação nula: A sustentação depende do perfil;
- Ângulo de ataque menor que o ângulo de sustentação nula: A sustentação é negativa para qualquer perfil.

Ambas as forças se dão referente ao ângulo de ataque, quando o ângulo de ataque é aumentado a sustentação aumenta até atingir um valor máximo num ângulo de ataque crítico, também conhecido como estol. Ultrapassando esse ângulo, a sustentação diminui rapidamente e arrasto aumentará.

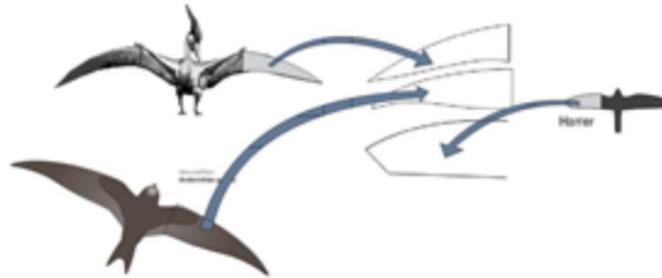
Em relação ao arrasto, o arrasto aumenta a medida que cresce o ângulo de ataque, porém de forma não proporcional:

- Um pequeno aumento no ângulo produz uma pequena variação no arrasto;
- Em ângulos de ataque modelados o arrasto tornasse significativo e começa a aumentar de uma forma cada vez mais rápida, no extradorso surge um pequeno turbilhonamento que cresce rapidamente;
- Quando o ângulo de ataque é grande, o arrasto e o turbilhonamento também são grandes além disso um pequeno aumento adicional no ângulo de ataque aumentara consideravelmente o arrasto.

## 3 MODELAGEM

Inicialmente foi retirado do site Airfoiltool a curva do perfil NACA utilizado para modelagem das asas, o perfil usado foi o 2412, com a corda de 1 m de comprimento. Em seguida, foram selecionadas algumas imagens da internet de espécies que apresentam uma leve curvatura em suas asas, as quais são elas, as aves, Harrier e Andorinhão, e a espécie pré-histórica Pteranodon. Essas imagens foram vetorizadas e mudada sua escala para que suas asas ficassem nas mesmas dimensões, porém cada asa ficou com suas proporções diferentes, somente a envergadura que conseguiu igualar o tamanho, então foi somente aproveitada a curvatura relacionada a borda de ataque da asa com a envergadura igual para todos, com o valor de 3,274m para a metade da asa retirada na imagem (Figura 3).

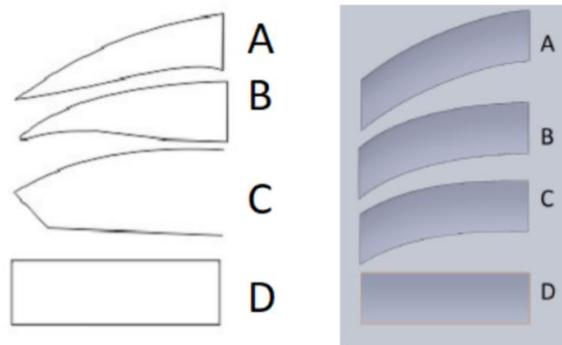
Figura 4 – Asas vetorizada das espécies de aves.



Fonte: Autor (2018).

As diferentes asas apresentadas possuem características distintas (Figura 5), com isso seria inviável chegar a uma conclusão, pois a sustentação e o arrasto irão depender de muitas variáveis, como área, etc. Com isso todas as asas foram modeladas baseadas em uma asa padrão (asa retangular) que possui mesmas características. Analogamente podemos imaginar que a asa retangular foi modelada em diferentes curvaturas, referente a borda de ataque, e com isso queremos saber o que essa curvatura irá influenciar na aerodinâmica da asa.

Figura 5 – Asas vetorizadas e Asas com a mesma dimensão.



Fonte: Autor (2018).

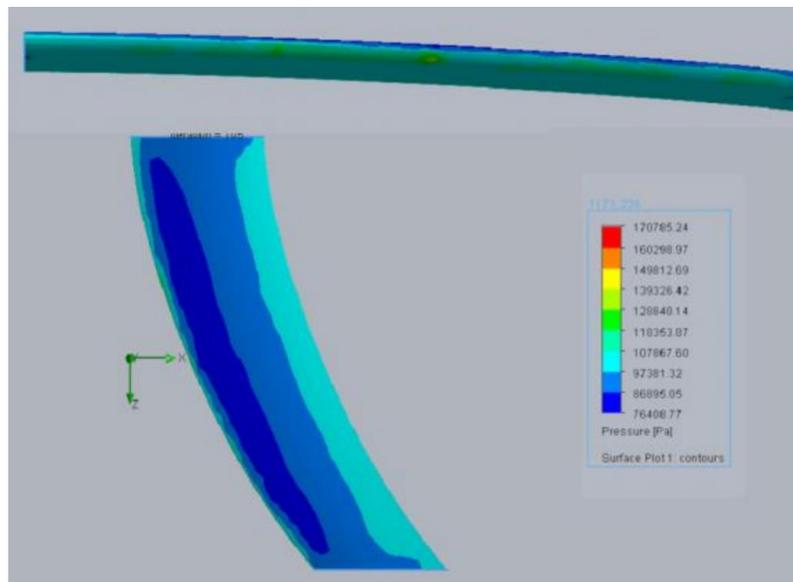
- Asa A corresponde a asa do Pteranodon
- Asa B corresponde a asa do Andorinhão
- Asa C corresponde a asa do Harrier
- Asa D corresponde a asa retangular

Ao modelar essas asas, foram realizadas diversas análises, em dois programas diferentes, no próprio SolidWorks® utilizando a ferramenta Flow Simulation onde pode analisar o fluxo de corrente, pressão e velocidade, e o programa Xflr5 que foi possível retirar os dados aerodinâmicos dos modelos, e analisar o comportamento das duas principais forças atuando sobre a asa, Sustentação e arrasto e a relação entre elas (L/D).

#### 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

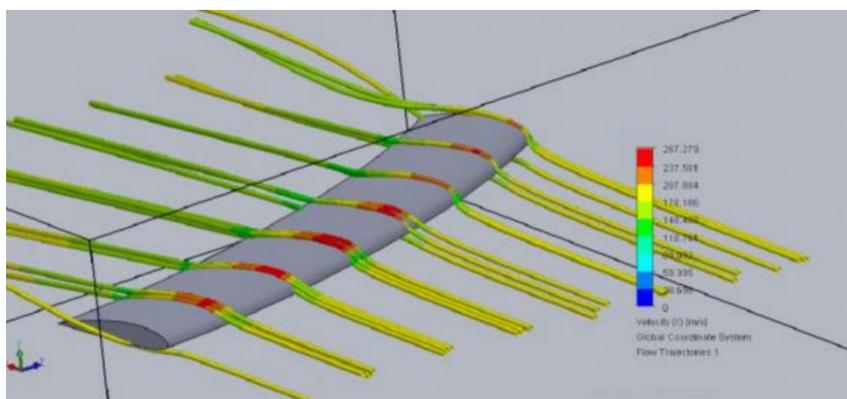
Após modelar as asas, foi utilizado um ângulo de ataque aleatório que está dentro do limite de sustentação do perfil aplicado, que neste caso foi utilizado  $7^\circ$  e uma velocidade de 200m/s. Através do programa Solidworks, chegamos aos resultados em relação a pressão e a velocidade do fluido atuando sobre as asas. Analisando a sequência da Asa A a D, em que a asa A é a mais curvada e a asa D é a asa retangular, ou seja, sem curvatura, podemos observar que quanto maior a curvatura, menor e a pressão sobre a asa, principalmente no extradorso e na borda de ataque, e conseqüentemente a velocidade aumenta na borda de ataque. como pode ver abaixo nas imagens (Figura 6 até Figura 13).

Figura 6 – Pressão atuando na Asa A.



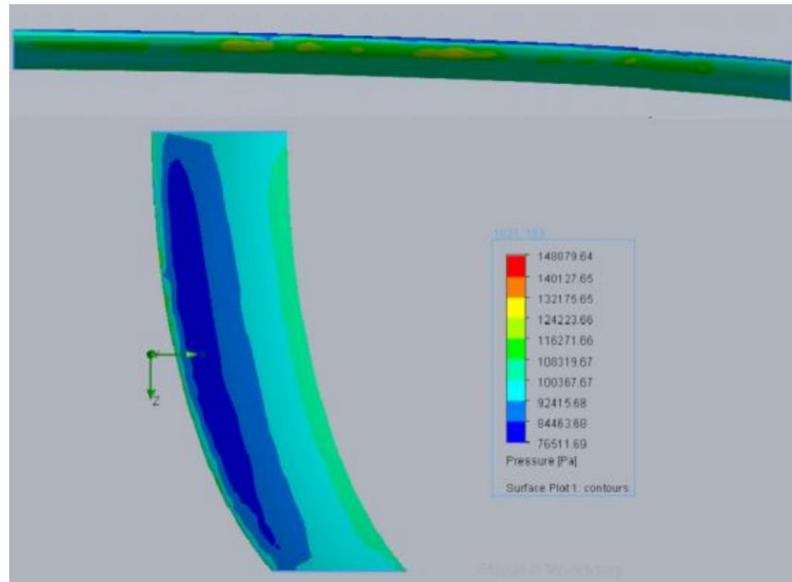
Fonte: Autor (2018).

Figura 7 – Velocidade do fluido atuando na Asa A.



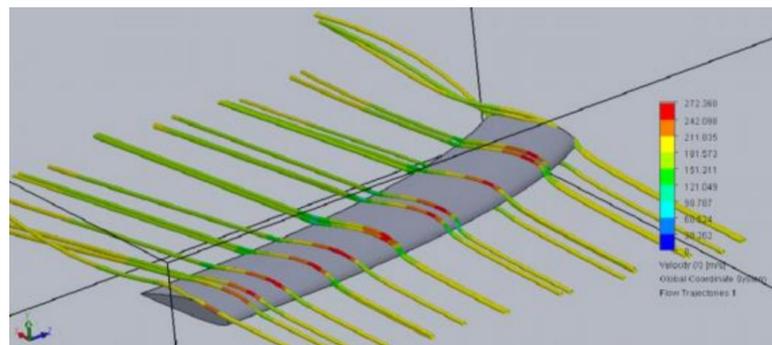
Fonte: Autor (2018).

Figura 8 – Pressão atuando na Asa B.



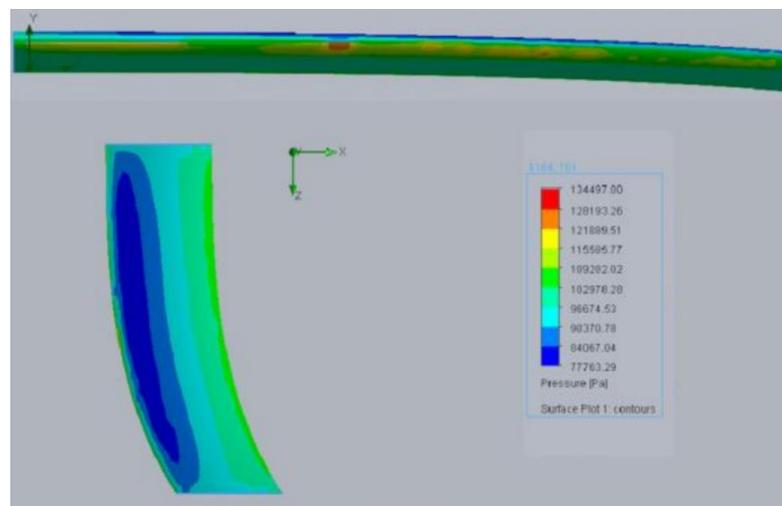
Fonte: Autor (2018).

Figura 9 – Velocidade do fluido atuando na Asa B



Fonte: Autor (2018).

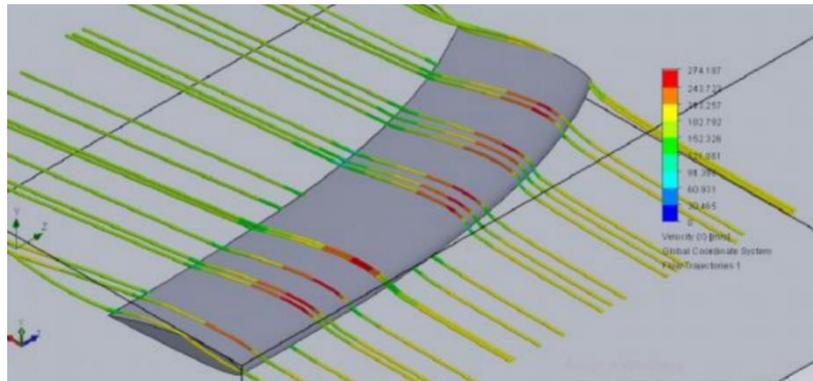
Figura 10 – Pressão atuando na Asa C.



Fonte: Autor (2018).

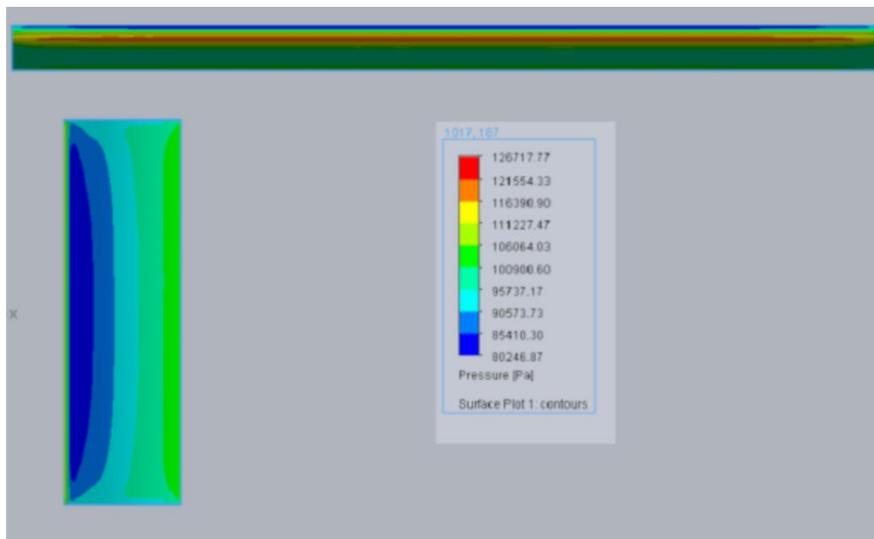


Figura 11 – Velocidade do fluido atuando na Asa C



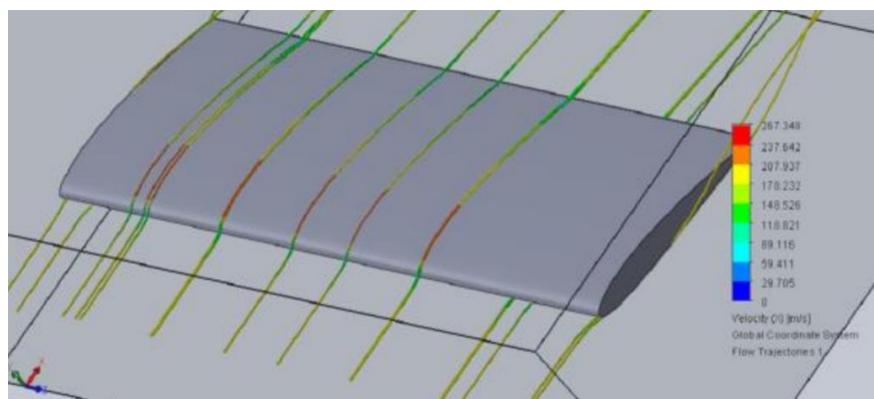
Fonte: Autor (2018).

Figura 12 – Pressão atuando na Asa D.



Fonte: Autor (2018).

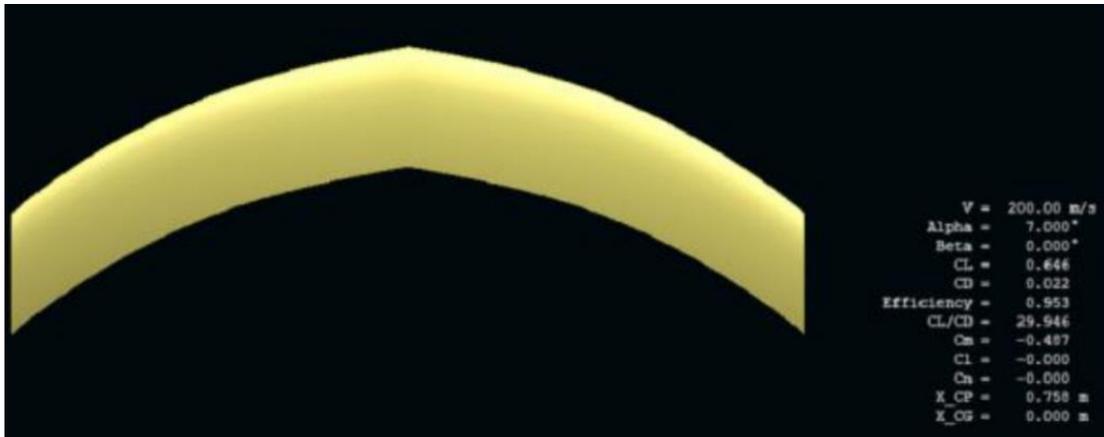
Figura 13 – Velocidade do fluido atuando na Asa D



Fonte: Autor (2018).

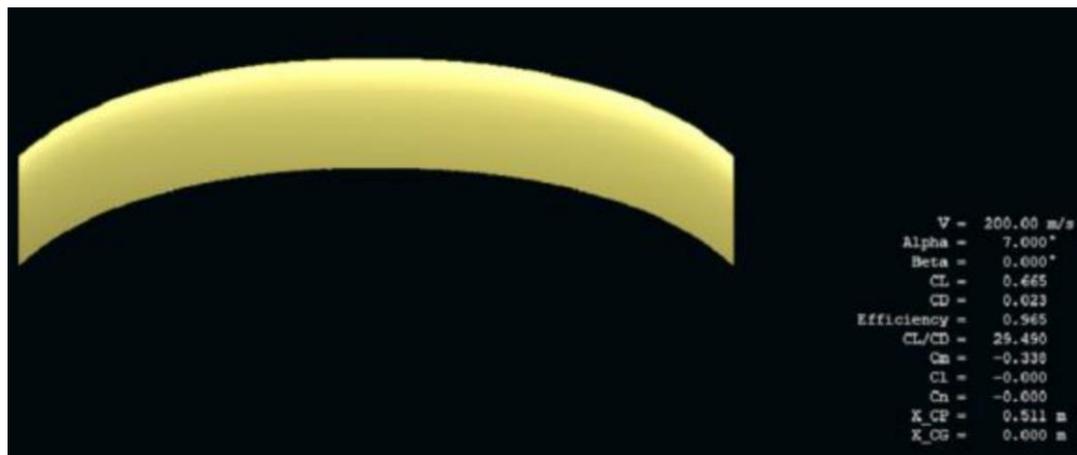
A partir do programa Xflr5, podemos definir matematicamente o resultado para os coeficientes de sustentação, arrasto e a relação entre eles (Figura 14 até Figura 17).

Figura 14 – Dados aerodinâmico Asa A.



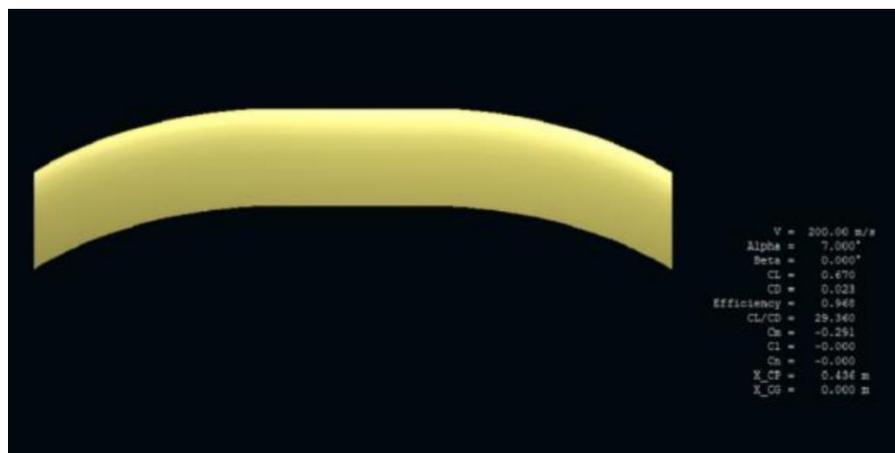
Fonte: Autor (2018).

Figura 15 – Dados aerodinâmico Asa B.



Fonte: Autor (2018).

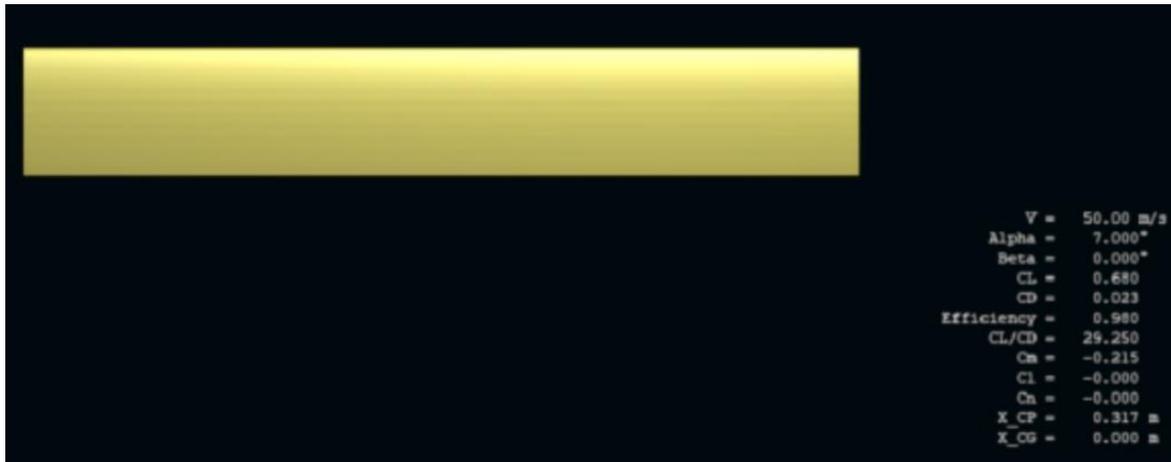
Figura 16 – Dados aerodinâmico Asa C.



Fonte: Autor (2018).



Figura 17 – Dados aerodinâmico Asa D.



Fonte: Autor (2018).

Com os dados obtidos pelo programa para o coeficientes de sustentação e arrasto da asa 3D, e a área obtida pelo SolidWorks foi possível encontrar os valores da Sustentação e do Arrasto, a partir das equações da Figura 2 e 3 (Tabela 1).

Tabela 1- Dados obtidos das asas.

	Asa A	Asa B	Asa C	Asa D
CL	0,646	0,665	0,67	0,68
CD	0,022	0,023	0,023	0,023
Área	6,548	6,548	6,548	6,548
Cl/Cd	29,946	29,49	29,36	29,25
Desnsidade do ar	1,225	1,225	1,225	1,225
Velocidade	200	200	200	200
Sustentação	103635,196	106683,29	107485,42	109089,68
Arrasto	3529,372	3689,798	3689,798	3689,798
L/D	29,36363636	28,91304348	29,13043478	29,56521739

Fonte: Autor (2018).

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Após realizar as análises foi possível constatar que comparando os quatro modelos de asas apresentadas, quanto maior a curvatura, maior será a relação CL/CD apresentada pelo programa Xflr5, ou seja a asa A ela apresentará maior relação CL/CD. Porém, ao calculando a sustentação e o arrasto pela equação de Bernoulli, chega à conclusão que quanto maior a curvatura menor será a sustentação a sustentação é também menor será o arrasto. Ao dividir Sustentação pelo arrasto encontrado, notasse que a asa que possui maior relação L/D é a asa B. A asa B ela é referente a espécie de ave Andorinhão, essa espécie é uma das aves que fica maior tempo no ar sem pousar. A curvatura também

possibilita na asa a diminuição da pressão e o aumento da velocidade do fluido sobre a asa. Esses dados irão variar de acordo com suas características os resultados destas análises é somente uma aproximação, existe outras variáveis que deve ser analisada, como viscosidade, peso, entre outros fatores, e também deverão ser realizados teste em túnel de vento a partir de modelos físicos, para obter resultados mais exatos. Este trabalho está analisando a parti de imagens disponibilizada na internet, o quão influente é a curvatura para uma asa de avião.

## REFERÊNCIAS

Airfoiltools. Naca 2012. Disponível

em:<<http://airfoiltools.com/airfoil/details?airfoil=naca2412-il> (perfil)> Acesso em: 23 de Janeiro de 2017.

Amazonaws. Aerodinâmica e Teoria de Voo. Disponível

em:<[https://s3.amazonaws.com/wixanyfile/rASBMiwS2WE7rsR12M9r\\_Teoria%20de%20Voo%20I\\_Aerodinamica%20\(1\).pdf](https://s3.amazonaws.com/wixanyfile/rASBMiwS2WE7rsR12M9r_Teoria%20de%20Voo%20I_Aerodinamica%20(1).pdf)> Acesso em: 23 de Janeiro de 2017.

Blog Hangar 33. CONHEÇA QUAIS OS PRINCÍPIOS QUE POSSIBILITAM A

AERODINÂMICA DO VOO. Disponível em:<<http://blog.hangar33.com.br/conheca-quais-osprincípios-que-possibilitam-a-aerodinamica-dovoo/>> Acesso em: 23 de Janeiro de 2017.

ENGBRASIL. Introdução ao Projeto de Aeronaves Aula 7 – Fundamentos de

Aerodinâmica. Disponível em:<<http://www.engbrasil.eng.br/ipa/aula7.pdf>> Acesso em: 23 de Janeiro de 2017.

HANGAR R-22 CONSULTORIA EM AVIAÇÃO. AS FORÇAS QUE ATUAM NO AVIÃO.

Disponível em: <<http://hangarr22.blogspot.com.br/2016/03/asforcas-que-atuam-na-aeronave.html>> Acesso em: 23 de Janeiro de 2017.

HOMA, Jorge. Aerodinâmica e teoria do voo. 28. ed. São Paulo Asa-Edições e Artes Graficas,2010. 125 p.

MIRANDA JOSE RODRIGUES, Luiz Eduardo. Fundamentos da Engenharia Aeronáutica

com Aplicações ao Projeto SAE- com Aplicações ao Projeto SAE-AeroDesign: AeroDesign: Aerodinâmica e Desempenho. 1. ed. São Paulo: Edição do Autor, 2014. 320 p.

National aeronautics and space administration. Lift to drag ratio. Disponível

em:<<https://www.grc.nasa.gov/www/k12/airplane/ldrat.html>> Acesso em: 23 de Janeiro de 2017.

National aeronautics and space administration. Downwash effects on lift. Disponível

em:<<https://www.grc.nasa.gov/www/k12/airplane/downwash.html>> Acesso em: 23 de Janeiro de 2017.

Noticias Alternativas. Andorinhão-preto (Apus apus) chega a voar por 10 meses seguidos.

Disponível em:<<https://noticiaalternativa.com.br/andorinhaopreto/>> Acesso em: 23 de Janeiro de 2017.

Skybrary. AP4ATCO - Lift/Drag Ratio, Forces Interaction and Use. Disponível em:<[https://www.skybrary.aero/index.php/AP4ATCO\\_\\_Lift/Drag\\_Ratio,\\_Forces\\_Interaction\\_and\\_Use](https://www.skybrary.aero/index.php/AP4ATCO__Lift/Drag_Ratio,_Forces_Interaction_and_Use)>Acesso em: 23 de Janeiro de 2017.

Updateordie. Como funcionam as asas dos pássaros. Disponível em:<<http://www.updateordie.com/2012/10/26/como-funcionam-as-asas-dos-passaros/>> Acesso em: 23 de Janeiro de 2017.

### INSTRUCTIONS FOR PREPARATION AND SUBMISSION OF WORKS TO THE SCIENTIFIC COMMITTEE OF XLIX BRAZILIAN CONGRESS OF ENGINEERING EDUCATION – COBENGE 2021

**Abstract:** *Observing the different species of birds, it is noted that it has a characteristic in common in its wings, which is a small curvature. From aerodynamic analyzes, it was possible to observe through the obtained data what this curvature can influence an airplane wing, making a comparison between different models.*

**Keywords:** *Airplane, Wing, Support, Drag*