



UNIVERSIDADE DO SUL DE SANTA CATARINA

RODRIGO DANTAS DE CARVALHO

FONTES ALTERNATIVAS DE ENERGIA PARA A AVIAÇÃO

**PALHOÇA
2016**

RODRIGO DANTAS DE CARVALHO

FONTES ALTERNATIVAS DE ENERGIA PARA A AVIAÇÃO

Projeto de pesquisa apresentado ao Curso de graduação em Ciências Aeronáuticas, da Universidade do Sul de Santa Catarina, como requisito parcial para elaboração da monografia.

Orientação: Prof. Helio Luís Camões de Abreu, Esp.

**PALHOÇA
2016**

RODRIGO DANTAS DE CARVALHO

FONTES ALTERNATIVAS DE ENERGIA PARA A AVIAÇÃO

Esta monografia foi julgada adequada à obtenção do título de Bacharel em Ciências Aeronáuticas e aprovada em sua forma final pelo Curso de Ciências Aeronáuticas, da Universidade do Sul de Santa Catarina.

Palhoça, 25 de Novembro de 2016

Professor orientador: Prof. Helio Luís Camões de Abreu, Esp. .
Universidade do Sul de Santa Catarina

Prof. Maurici Amantino Monteiro, DR.
Universidade do Sul de Santa Catarina

RESUMO

O presente estudo tem por objetivo promover uma reflexão sobre as principais fontes de energia alternativas utilizadas na aviação. Caracteriza-se como uma pesquisa exploratória realizada por intermédio de livros, artigos, reportagens. A abordagem utilizada foi qualitativa e quantitativa. A análise dos dados foi feita por meio dos dados analisados de acordo com a fundamentação teórica. Infere-se que existem fontes alternativas de energia que podem ser utilizadas na aviação e que podem servir de substitutas para a fonte já existente e predominante na aviação, sempre com a preocupação da preservação do meio ambiente.

Palavras-chave: Fontes de energia. Aviação. Combustível. Emissão de Gases. Sustentabilidade.

ABSTRACT

This study aims to promote a reflection on the main sources of alternative energy used in aviation. It is characterized as an exploratory research through books, articles, reports. The approach used was qualitative and quantitative. Data analysis was done using data analyzed according to the theoretical foundation. It is inferred that there are alternative sources of energy that can be used in aviation and can serve as a substitute for the existing and predominant source in aviation, always with the concern of preserving the environment.

Keywords: energy sources. Aviation. Fuel. Gases. Sustainability.

AGRADECIMENTOS

Um ciclo da minha vida se encerra, e um novo se inicia. Agradeço primeiramente a Deus que me deu forças em momentos de dificuldades e nunca me deixou cair. Aos meus pais Fátima e Manuel, que sempre estiveram ao meu lado me apoiando e incentivando sem medir esforços em cada sonho. As minhas irmãs Rafaela e Renata que mesmo inconscientemente me apoiaram em todos os aspectos. A todos os meus amigos que me proporcionam momentos especiais, cada um sabe a diferença particular que temos em nossa amizade e que levarei para o resto da vida. A minha namorada Maria Eduarda, por toda a paciência e apoio desde o início desta graduação, que mediante a distância física não mediu forças para me ajudar em todas as circunstâncias. Por fim, ao meu professor e orientador que compartilhou dos seus conhecimentos me tirando dúvidas e corrigindo-me no decorrer deste trabalho. O meu muito obrigado a todos.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	08
1.1 Problemas da pesquisa	09
1.2 Objetivos	09
1.2.1 Objetivo Geral	09
1.2.2 Objetivos Específicos	09
1.3 Justificativa	09
1.4 Metodologia	10
1.4.1 Natureza da pesquisa e tipo de pesquisa	10
1.4.2 Materiais e métodos	11
1.4.3 Procedimentos de coleta de dados	11
1.4.4 Procedimentos de análise de dados	11
1.5 Organização do trabalho	12
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	13
2.1 Conceitos de fontes de energia	13
2.2 Fontes de energia utilizadas na aviação	14
2.2.1 Querosene de aviação	15
2.2.2 O diesel	16
2.3 Desempenho e eficiência versus sustentabilidade	16
2.4 Emissões de gases no transporte aéreo	17
2.5 O consumo de combustível	18
2.6 Fontes alternativas	20
2.7 Fontes alternativas de energia que não funcionam	21
3. ANÁLISE DOS RESULTADOS	23
4. CONSIDERAÇÕES FINAIS	27
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	28

1. INTRODUÇÃO

O mercado de combustíveis renováveis vem crescendo e despertando interesse de vários setores. Atualmente a aviação está se preocupando com o tema da sustentabilidade e preservação ambiental é a aviação. Fonte alternativa de energia, os biocombustíveis aparecem como um aliado do setor, que pretende reduzir à metade suas emissões de CO₂ até 2050 e driblar os custos crescentes com querosene de aviação.

Segundo Barbosa (2011) atualmente pelo menos 40% dos custos totais das empresas aéreas têm relação com a compra de energia. “A crise financeira afetou os custos com combustível e, conseqüentemente, os preços das passagens”, diz Charles E. Schlumberger, especialista em transporte aéreo do Banco Mundial Segundo Schlumberger, que participou do Ethanol Summit, evento do setor sucroenergético, em SP, o preço do petróleo aumentou 14% em um ano, resultando num gasto extra de 58 bilhões de dólares para as indústrias da aviação.

Diante de uma pressão ambiental crescente e da alta volatilidade dos preços dos combustíveis derivados do petróleo, as fontes alternativas surgem como a opção mais viável para o setor cumprir a meta de redução, garantir o abastecimento das aeronaves e ainda manter a lucratividade do negócio. “A redução de CO₂ é muito importante para a operação do setor como um todo. Menos emissões significam menor uso de petróleo e menos gastos”, resume o especialista do Banco Mundial.

Há, entretanto, grandes desafios no caminho rumo a uma aviação mais sustentável. O principal, segundo executivos das fabricantes Boeing e Embraer, também presentes no encontro, é o de desenvolver um biocombustível capaz de se adequar às tecnologias existentes nas aeronaves de hoje – majoritariamente movidas a combustível fóssil. Para se ter uma ideia, nem mesmo o etanol, largamente utilizado pela frota brasileira de veículos leves, possui as características necessárias para ser usado na aviação.

Dada à tecnologia existente, existem várias fontes de energia alternativas que não trabalham na área de transporte aéreo. Dois destes são o metanol e etanol, os quais são álcoois que são o produto de muitos processos químicos naturais. Eles são muito voláteis para trabalhar com a tecnologia existente, e contêm muito pouca energia para permitir que um avião supere uma distância muito curta. Bio metano

também é improvável que funcione, dada a necessidade de combustível para ser consistente e uniforme em sua composição. Também seria difícil obter biogás suficiente para este processo ser viável.

A energia nuclear poderia, teoricamente, ser usado para o poder da aviação. No entanto, isso é muito controverso e há pouco interesse em perseguir essa tecnologia atualmente.

Este estudo teve como objetivo pesquisar fontes adequadas de energia para a aviação visando contribuir para um melhor entendimento sobre o tema que é de suma importância para a sustentabilidade do planeta.

1.1 PROBLEMA DA PESQUISA

Quais as fontes alternativas de energia que a aviação pode utilizar de forma a reduzir o atual impacto ambiental?

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo geral

- Mostrar quais são as fontes alternativas de energia para a aviação.

1.2.2 Objetivos específicos

- Descrever o que são fontes de energia utilizadas na aviação;
- Mostrar quais são as fontes alternativas de energia para a aviação;
- Destacar as fontes de energia que funcionam;
- Analisar a eficiência versus a sustentabilidade;
- Evidenciar as fontes de energia que não funcionam.

1.3 JUSTIFICATIVA

As fontes de energia sustentáveis é uma temática que vem tomando espaço na seara das discussões o mundo atualmente passou a pensar em fontes de energia que poluem menos o meio ambiente nos mais variados setores, seja nos automóveis e também na aviação.

Os modelos de desenvolvimento nas sociedades contemporâneas têm se mostrado agressores à natureza, na medida em que propõem os recursos naturais

apenas como matéria-prima para o crescimento econômico, sem a preocupação fundamental de conhecer suas limitações e suas perspectivas de auto sustentação. A utilização irrestrita destes recursos tem provocado discussões amplas, as quais abrangem o seu esgotamento, sua degradação e suas consequências à qualidade de vida.

Neste contexto, insere-se o setor de aviação. A atividade aérea gera emissão de poluentes diretamente relacionados à intensificação de problemas ambientais globais.

Diante deste cenário buscar e analisar alternativas que minimizem os problemas ambientais causados pela aviação no Brasil e no mundo pode, efetivamente, tornar-se um útil instrumento para definição e aplicação de políticas nacionais de transporte e energia que aliem as necessidades de crescimento econômico à aceitáveis níveis de degradação ao meio ambiente.

Esta pesquisa é relevante por buscar contribuir com o entendimento da temática abordada para poder suscitar novas indagações na comunidade acadêmica.

1.4 METODOLOGIA

De acordo com Minayo (2007, p. 43) a metodologia se interessa pela validade do caminho escolhido para se chegar ao fim proposto pela pesquisa; portanto, não deve ser confundida com o conteúdo (teoria) nem com os procedimentos (métodos e técnicas).

Diante do exposto pode-se afirmar que a metodologia vai além da descrição dos procedimentos (métodos e técnicas a serem utilizados na pesquisa), indicando a escolha teórica realizada pelo pesquisador para abordar o objeto de estudo. No entanto, embora não sejam a mesma coisa, teoria e método são dois termos inseparáveis, “devendo ser tratados de maneira integrada e apropriada quando se escolhe um tema, um objeto, ou um problema de investigação”(Minayo, 2007, p.44)

1.4.1 Natureza da pesquisa e tipo de pesquisa

O estudo desenvolvido foi realizado por meio de uma pesquisa que é um procedimento formal que possui um método de pensamento reflexivo, que promove

um tratamento científico e constitui um caminho para o conhecimento da verdade absoluta ou a descoberta de verdades parciais, conforme escrito por Marcone e Lakatos (2009). As autoras discorrem ainda que a finalidade da pesquisa é descobrir respostas para as questões levantadas. Desta forma pode-se afirmar que esse estudo é uma pesquisa descritiva de caráter exploratório, que tem por objetivo descrever as situações no que se refere a temática abordada e explorar as diversas vertentes do assunto, onde afirma-se que a pesquisa exploratória é uma pesquisa de visão geral que permite ao leitor tomar ciência do assunto abordado, de acordo com Vergara (2007).

1.4.2 Materiais e métodos

Os materiais analisados foram:

Bibliográficos: Livros e periódicos que descrevem as fontes de energia, fontes de energia que funcionam e não funcionam ao serem utilizados na aviação, quais os gases emitidos por estas fontes.

1.4.3 Procedimentos de coleta de dados

Os procedimentos técnicos de coleta de dados utilizados durante os estudos foram pesquisa bibliográfica e documental, com coleta e registro de dados relevantes, por meio de fichamentos.

1.4.4 Procedimentos de análise dos dados

A análise de conteúdo é um compilado prático de ação onde se alcança pontos extremos das formas de pesquisa tanto quantitativa como qualitativa sem desprezar o rigor exato dos números e estatísticas e nem as profundas reflexões da subjetividade humana. É um meio flexível com amplo espaço de aplicação que abrange as pesquisas etnográficas, fenomenológicas, bibliográficas, dialéticas entre outras. A metodologia considera todas as formas de comunicação verbais ou não verbais, dependendo da perspicácia do investigador de lapidar esses conteúdos onde a metodologia o levará por caminhos mais precisos de compreensão e de interpretação dos dados, numa investigação dinâmica que pode estar repleta de nuances e significados.

Os dados serão apresentados por meio de categorias de análises quadros e gráficos, e, posteriormente, serão analisados de acordo com a fundamentação teórica, com fins de alcançar o objetivo proposto no presente estudo.

1.5 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO

O presente estudo foi estruturado para atingir os objetivos propostos, tendo sido composto com a seguinte estrutura:

No capítulo 1, apresenta-se a introdução, onde constam a problematização e problema da pesquisa, os objetivos, a justificativa e a metodologia.

No capítulo 2 apresenta a fundamentação teórica, onde se demonstram, basicamente, aspectos sobre os conceitos de fontes de energia e as fontes de energia alternativa utilizadas na aviação.

Na sequência, o capítulo 3 destaca a apresentação e análise e discussão dos dados da pesquisa. O trabalho prossegue com a conclusão, seguido das referências.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Em nosso planeta encontramos diversos tipos de fontes de energia. Elas podem ser renováveis ou não renováveis (que podem se esgotar). Tendo como exemplo, a energia solar e a eólica (obtida através dos raios solares e dos ventos respectivamente) fazem parte das fontes de energia inesgotáveis. Por outro lado, os combustíveis fósseis (derivados do petróleo e do carvão mineral) possuem uma quantidade limitada em nosso planeta, podendo acabar caso não haja um consumo racional.

2.1 CONCEITOS DE FONTES DE ENERGIA

No planeta, são encontrados diversos tipos de fontes energéticas. A matriz energética mundial é baseada no consumo de fontes de energia não renováveis; porém, com o aquecimento global no Brasil e no mundo, a mudança na característica energética deve ser feita. Fontes alternativas estão sendo implantadas e procuradas a fim de renovar a matriz energética. As fontes energéticas podem ser classificadas de duas formas:

Segundo Silva (2013) no planeta, são encontrados diversos tipos de fontes energéticas. Nos recursos não renováveis é onde a matriz energética mundial é alicerçada e com o fenômeno do aquecimento global seja no Brasil ou no mundo é de suma importância que mudanças sejam repensadas, o que se propõe é a mudança da matriz energética para as fontes alternativas advindas dos recursos renováveis.

As fontes renováveis são recursos que não são limitados e nessa categoria são destacados os biocombustíveis, hidrelétricas, energia solar, eólica e outras. Apesar disso, essas fontes energéticas podem causar impactos ao meio ambiente.

Já as fontes não renováveis são os recursos naturais que não se renova e que podem acabar e o esgotamento de cada um deles pode ser em pequeno ou em longo prazo. Seus principais representantes são o petróleo, carvão, urânio e outros. Geralmente produzem gases poluentes que podem ser provenientes de veículos, oleodutos, vazamento em navios, dentre outros.

As fontes primárias de energia são aquelas que ocorrem da natureza como os combustíveis fósseis, água, vento e radiação solar. Já as fontes secundárias são obtidas a partir das fontes primárias, por exemplo: do petróleo é retirada a gasolina e o gasóleo.

As fontes de energia são extremamente importantes nas atividades humanas, pois originam combustíveis e eletricidade que servem para iluminar, movimentar máquinas, caminhões entre outras aplicações.

As energias facilitam o trabalho do homem que em outras circunstâncias teria uma grande dificuldade, utiliza-se a energia para levantar peso, apertar parafuso, mover veículos, ferver água, etc. No Brasil as principais energias utilizadas são: Petróleo, hidrelétrica, carvão mineral e bio combustíveis.

As fontes de energia podem ser convencionais ou alternativas. Energia convencional é caracterizada pelo baixo custo, grande impacto ambiental e tecnologia difundida. Já a energia alternativa é aquela originada como solução para diminuir o impacto ambiental. Com essas duas fontes de energia, surgem também duas distinções: renováveis e não renováveis.

Renovável: é a energia que é extraída de fontes naturais capaz de se regenerar, conseqüentemente inesgotável. Ex. energia solar, energia eólica, etc.

Não renovável: é a energia que se encontra na natureza em quantidades limitadas, que com sua utilização se extingue. Ex. petróleo, carvão mineral, etc.

O termo energia também pode designar as reações de uma determinada condição de trabalho, como, por exemplo, o calor, trabalho mecânico (movimento) ou luz graças ao trabalho realizado por uma máquina (por exemplo, motor, caldeira, refrigerador, alto-falante, lâmpada, vento), um organismo vivo (por exemplo os músculos, energia biológica) que também utilizam outras formas de energia para realizarem o trabalho, como o uso do petróleo que é um recurso natural não renovável e também a principal fonte de energia utilizada no planeta atualmente. A etimologia da palavra tem origem no idioma grego, onde *εργος* (ergos) significa "trabalho".

2.2 FONTES DE ENERGIA UTILIZADA NA AVIAÇÃO

De acordo com Figueiredo (2013) “os combustíveis aeronáuticos atuais são classificados em três grupos, principalmente. Existem a gasolina de aviação (Avgas), o querosene de aviação (Jet Fuel) e o diesel”.

Ainda segundo o autor por muito tempo a gasolina automotiva foi o principal combustível dos motores de aviação. Após alguns estudos foi desenvolvida a gasolina de aviação, que se mostrou volátil, com baixo ponto de fulgor, sendo, portanto, um líquido muito inflamável nas temperaturas normais de operação. O

autor ressalta que devido ao acréscimo de aditivos no combustível, as misturas, que são utilizadas, foram desenvolvidas entre os anos 1950 e 1960, diante dessa afirmativa são perceptíveis a necessidade de realizar estudos para buscar novas fontes alternativas de energia.

Em seu estudo Figueiredo (2013) retrata que o primeiro motor a jato foi, inventado pelo britânico Frank Whittle, e o mesmo fez uso do querosene "iluminante", o uso desse combustível foi feito porque naquele momento a gasolina estava escassa no Reino Unido devido a guerra. Nos jatos atualmente é utilizado o querosene não iluminante que é a fonte de energia primária desses jatos que impulsionam as companhias aéreas e as frotas militares em todo o mundo.

Ao longo desse período, são feitos alguns avanços no que tange ao *design* de motores de aviões que expandiram enormemente o envelope de voo, e com isso passaram a exigir novos padrões de qualidade de combustível. O que acarretou na introdução de uma variedade de tipos de combustíveis, designados para diversos fins e, por conseguinte para o desenvolvimento de especificações que visam garantir o atendimento aos requisitos em todas as condições de voo.

Sobre o Avgas Figueiredo (2013, pg.1) ressalta que:

“O tipo de Avgas mais utilizado pelos motores a pistão é o 100LL, ou 100 *low lead*, que contém menor teor de chumbo e menos octanagem do que o 100 e 130 octanas. Quanto mais elevada a octanagem, maior será a capacidade do combustível de ser comprimido, sob altas temperaturas, na câmara de combustão sem que ocorra a detonação. A capacidade antidetonante da Avgas é garantida por um aditivo especial, chamado Etil-fluido. Devido aos problemas de manuseio, a Avgas é evitada em grande parte na aviação comercial, uma vez que contém o chumbo tetraetila que, além de ser tóxico, é cancerígeno.”

2.2.1 Querosene de aviação

Segundo Winkler (2015) o querosene de aviação é o combustível usado nas aeronaves com motores a turbina, seja jato-puro, turboélices ou turbofans. A sua produção é feita por intermédio do fracionamento do petróleo, através de destilação a pressão atmosférica, seguido de tratamento, o que confere ao produto a qualidade adequada ao seu bom desempenho.

Ainda segundo a especificação brasileira do conhecido do QAV-1 é determinada pela Agência Nacional de Petróleo (ANP), sendo compatível com o Aviation Fuel Quality Requirements for Operated Systems (AFQRJOS) for JET A-1.

O autor destaca que o querosene de avião que também é conhecido como JET A-1 tem como requisitos: permanecer líquido e homogêneo até a zona de combustão das aeronaves, ter poder calorífico o mais elevado possível, apresentar resistência química e física às variações de temperatura e pressão e ter boas características lubrificantes. Esses requisitos são cobertos por itens de especificação.

Visando garantir a qualidade do produto até a entrega ao consumidor final, a Petrobras desenvolve, desde 1987, o Sistema de Garantia da Qualidade do JET A-1 (SGQ), que abrange toda a cadeia de distribuição, ou seja, desde a refinaria, passando por terminais marítimos e terrestres, bases, depósitos de aeroportos, até o abastecimento das aeronaves pela distribuidora.

2.2.2 O diesel

Figueiredo (2013) conceitua:

“o diesel é um tipo de combustível derivado da destilação do petróleo bruto constituído basicamente por hidrocarbonetos“. É um composto formado principalmente por átomos de carbono, hidrogênio, com baixas concentrações de enxofre, nitrogênio e oxigênio. A sua baixa volatilidade reduz o risco de incêndio e a formação de bolhas de vapor nas linhas de combustível (*vapor lock*), responsável por boa parte dos incidentes de parada ou perda de potência em voo nos motores a gasolina, especialmente em grandes altitudes e subidas rápidas. A utilização do combustível diesel na aviação brasileira não é ainda aprovada pelas autoridades de aviação civil em razão da qualidade variável do produto oferecido pelos produtores.

2.3 DESEMPENHO E EFICIÊNCIA VERSUS SUSTENTABILIDADE

Muitas pesquisas têm sido efetuadas nesse sentido da redução do consumo de combustíveis fósseis e a sua substituição por outros mais sustentáveis. O alto preço e os danos ao meio ambiente, principalmente devido à liberação de monóxido de carbono, movem estas pesquisas.

Tem-se uma estimativa de que no século 20 a quantidade de monóxido de carbono aumentou em 25% - o que equivale a colocar na atmosfera 270 milhões de toneladas, formando um "cobertor" de 20 km de altitude, que impediria a passagem livre de calor do sol, gerando o chamado efeito estufa. Verifica-se que só entre 1975 e 2003 a aviação colocou na atmosfera pelo menos 180 milhões de toneladas de CO₂ (veja figura 3). Além disso, o combustível fóssil cria outros problemas, tais como

névoas e chuva ácida, tendo como agravante ser uma fonte de energia não renovável.

A quantidade utilizada de combustível fóssil ultrapassa em muito a que a natureza pode produzir por milhares de anos, portanto, sua disponibilidade está com os "dias contados", tornando-o mais escasso e caro ao longo do tempo. Dessa maneira é essencial sua utilização eficiente associada às pesquisas de outras fontes de combustíveis.

Entre os trabalhos que as empresa têm desenvolvido para melhorar a eficiência dos motores está a utilização de novos e mais resistentes materiais, o que permite a otimização termodinâmica, a redução de perdas para mover acessórios por meio do uso de dispositivos auxiliares controlados por demanda, o gerenciamento térmico direcionado, o emprego de motores turbofan com maior razão de *bypass* (*ducted* ou *unducted fans*), as câmaras de combustão de maior eficácia e soluções com menor atrito de componentes internos.

Quanto mais eficiente for o motor de um avião - e, conseqüentemente, quanto menos combustível utilizar -, menor será o custo de operação e mais rentável será a aeronave para as companhias aéreas nos cenários futuros. Em paralelo, a indústria de aeronaves procura por soluções aerodinâmicas que as tornem mais leves e eficientes, refletindo assim no consumo de combustível.

Espera-se que com todas essas soluções, quando forem implementadas, os motores tenham uma melhora da ordem de 15% a 20% em sua eficiência termodinâmica. O que permitirá uma redução da ordem de 16% a 18% no consumo de combustível, que em uma frota de 100 aeronaves significa poupar 80 mil toneladas de combustível por ano. Refletindo-se isso em termos econômicos, significa uma economia de cerca de 85 milhões de dólares ou 170 milhões de reais ao ano.

2.4 EMISSÕES DE GASES NO TRANSPORTE AÉREO

A indústria da aviação é o setor de transporte que tem continuamente implementado melhoria de performance ambiental, mas as constantes melhorias tecnológicas não acompanham o incremento de emissões devido ao próprio crescimento do tráfego aéreo. As melhorias tecnológicas em emissões crescem 3% ao ano enquanto que o tráfego aéreo cresce 5%. A aviação é responsável por 3%

das emissões globais de gás carbônico, mas há perspectivas que indicam um substancial aumento desta participação.

Até 2020, os aviões devem cortar pela metade ruído e emissões de dióxido de carbono (CO_2) e reduzir em 85% a poluição por óxidos de azoto (NOx), em relação aos níveis de 2000.

Uma resolução da ICAO, em 1971, adotou medidas sobre as emissões de gases pelos motores, que apresentam limites para as partículas sólidas e alguns contaminantes gasosos dos grandes motores a serem produzidos no futuro.

O programa Clean Sky da Comunidade Europeia determina que até 2020 os aviões devem cortar metade do seu ruído e emissões de dióxido de carbono (CO_2) e reduzir em 85% a sua poluição por óxidos de azoto (NOx), em relação aos níveis de 2000. Em 2050, os cortes são elevados para 65% no ruído, 75% em CO_2 e 90% em NOx .

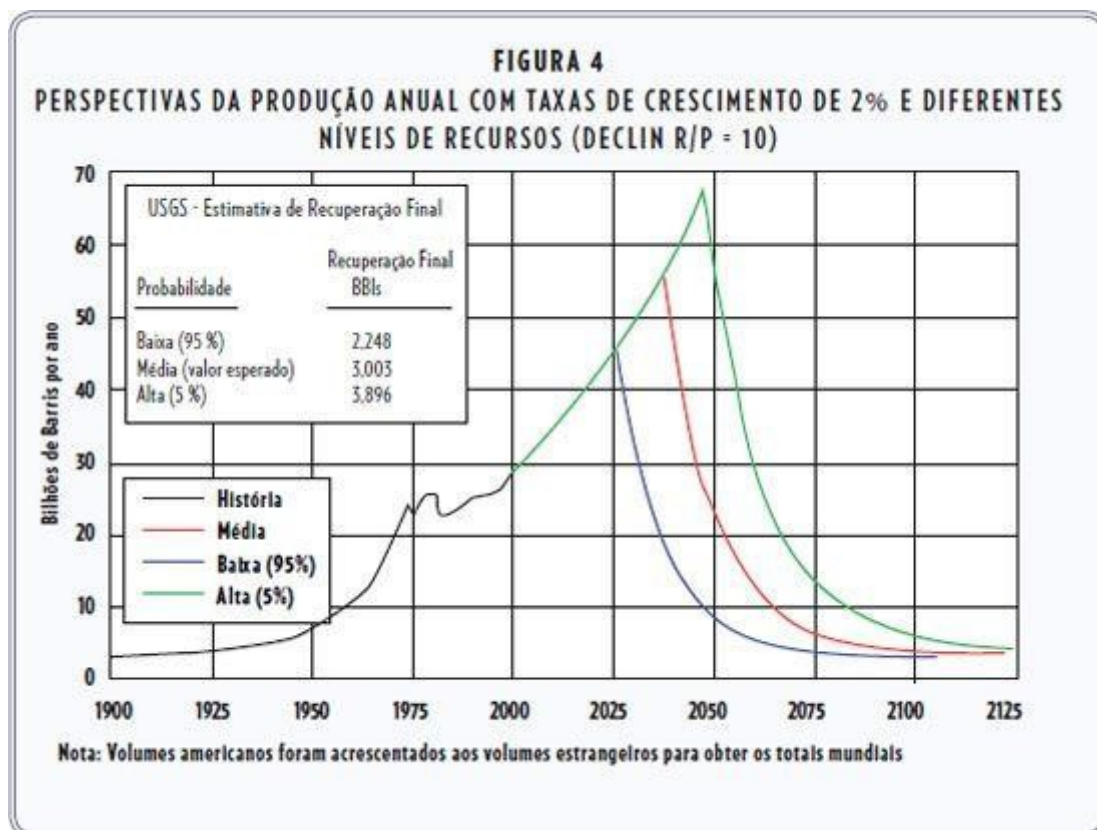
Nos motores modernos, os níveis de poluentes têm diminuído consideravelmente devido ao aumento das temperaturas de combustão dos motores e à adoção de soluções que melhoram a queima da mistura ar-combustível nas câmaras de combustão e no rendimento termodinâmico. Espera-se que com essas medidas técnicas e regulamentares deixe-se de colocar 270 mil toneladas de CO_2 por ano nos próximos anos.

2.5 O CONSUMO DE COMBUSTÍVEL

Os combustíveis representam cerca de 40% dos custos de operação das empresas aéreas. Dessa forma, todos envolvidos nesse mercado estão se mobilizando para achar soluções que visam à diminuição do consumo. Para se ter uma ideia da dimensão deste mercado, o consumo mundial de Jet Fuel foi estimado em 279 bilhões de litros (dados da IATA) e só no Brasil, 4.9 bilhões de litros (dados da Agência Nacional do Petróleo).

O aumento do consumo de combustível, em razão do crescimento da frota nos últimos anos, obrigou o governo a importar o combustível, já que o Brasil não é autossuficiente na produção de combustíveis aeronáuticos. O incentivo a novos investimentos na produção de gasolina e etanol para fazer frente a essa demanda deve vir acompanhado do esforço dos fabricantes de aeronaves e motores em melhorar a eficiência dos motores e na utilização de fontes alternativas. Com isso, o

país evitaria perdas de divisas melhorando os índices econômicos, além de melhorar a qualidade ambiental. Menciona-se também a previsão segundo a qual a produção de combustíveis fósseis tende a diminuir no futuro, tornando-o mais escasso e, portanto, caro (veja previsão da United States Geographical Survey na figura 1).



Fonte: Revista Aero pg. 12,2015

As principais inquietações do setor são focadas na pressão para reduzir suas emissões de gás carbônico e o constante aumento do preço dos combustíveis de aviação. A orientação reinante no setor é desenvolver um combustível com baixa emissão de gás que possa ser utilizado nos motores aeronáuticos existentes, e em toda a rede de distribuição com o mínimo de modificação.

Diante da necessidade de se buscar alternativas sustentáveis e de baixo custo aos combustíveis fósseis, emerge o mercado de biocombustíveis para aviação com uma demanda assegurada. Se apenas 10% do consumo de Jet Fuel for substituído por biocombustível, haveria uma demanda de 27,9 bilhões de litros, o equivalente à produção brasileira de etanol em 2008/09.

O setor aéreo brasileiro também tem se movimentado através da criação da Aliança Brasileira para Biocombustíveis de Aviação (Abraba), formada por dez entidades, sinal do envolvimento da indústria aeronáutica na promoção de um mercado de combustíveis alternativos para aviação.

Recentemente, foi criada a especificação ASTM D7566 para o uso de combustíveis derivados de misturas que contenham até 50% dos chamados hidrocarbonetos sintetizados (biomassa, gás natural etc.). É um importante passo em direção aos combustíveis 100% sintéticos.

Para a grande aviação comercial, o bioquerosene torna-se uma alternativa bastante viável, uma vez que possui um poder calorífico igual ao seu equivalente derivado de petróleo e reduz consideravelmente as emissões de gases de efeito estufa, alcançando níveis similares ao do etanol.

O uso do etanol, principalmente na aviação geral usária dos motores convencionais, proporciona muitas vantagens, tais como preço inferior ao da gasolina, redução dos índices de poluição por emissão de gases nocivos e manuseio mais seguro que a gasolina. Mesmo a sua adição na gasolina (10% de etanol e 90% de gasolina) já produz melhores resultados ao meio ambiente e à economia comparados à gasolina pura. Sua desvantagem ainda está na baixa produção, uma vez que necessita de certo tempo de colheita e grandes extensões de terra. Verificam-se as vantagens gerais de uso dos biocombustíveis pelos seguintes fatores:

- Possibilita o fechamento do ciclo do carbono (CO₂);
- Gera emprego e renda no campo;
- Reduz investimento financeiro em pesquisas em comparação às de prospecção de petróleo que ainda são dispendiosas;
- Substituir óleo diesel sem necessidade de ajustes nos motores;
- Torna mais seguro o manuseio e o armazenamento em relação aos combustíveis fósseis.

Os biocombustíveis já são um fato e não mais um futuro longínquo. Perante a nova realidade na economia mundial, na qual não só o aspecto de custo econômico está em jogo, mas também o custo ambiental, o Brasil tem uma posição-chave, pois detêm capacitação tecnológica e farta matéria-prima.

2.6 FONTES ALTERNATIVAS

De acordo com Winkler (2015) o processo Fischer-Tropsch foi inventado na Alemanha em 1920 e 1930. Segundo o autor este processo funciona através da conversão de substâncias gasosas em combustíveis sintéticos líquidos de produtos

como carvão. Esta reação é iniciada com uma mistura de hidrogénio e monóxido de carbono, o qual é combinado com o cobalto, ferro, níquel, ou, em menor medida, de outros metais, o que cria um hidrocarboneto líquido sintético que é praticamente idêntico, quimicamente, ao combustível convencional.

Por que é praticamente idêntico ao combustível convencional, ele pode ser implantado sem alterar a infraestrutura da aviação. De fato, esta é a fonte de energia alternativa mais amplamente utilizada para a aviação, uma vez que pode ser usado exatamente da mesma maneira que os combustíveis convencionais.

Quando queimado como combustível, combustíveis Fischer-Tropsch liberam dióxido de carbono, mas quase nenhum dióxido de enxofre. Atualmente, existem esforços de pesquisa para produzir esta imitação de combustíveis fósseis usando energia renovável. Assim, mesmo que isso não pode ajudar com todos os aspectos do aquecimento global, é uma alternativa aos combustíveis fósseis não renováveis e reduzir as emissões de alguns à base de enxofre.

Outra fonte estudada são os Biocombustíveis, são combustíveis derivados de plantas como as algas. Biocombustíveis podem ser criados a partir da fermentação de plantas e criando o etanol, ou óleos de aquecimento por vegetais que podem então ser queimadas nos motores. O etanol conforme mencionamos acima e pouco utilizado na aviação, pois é muito instável. No entanto, o segundo processo - óleos vegetais de aquecimento, que são então queimados em motores - tem sido utilizado na aviação.

Os óleos são derivados de plantas que são muito ricos em óleos ou óleos vegetais a partir de algas, que são também ricos em óleo. Embora possa ser utilizado sozinho, o modo mais comum de utilizar os biocombustíveis é misturar um biocombustível com um combustível tradicional. Há problemas, no entanto, com o uso de biocombustíveis em altitude porque não trabalham bem em baixas temperaturas como querosene tradicional. Por esta razão, os biocombustíveis ainda estão sendo investigadas, embora a aeronave possa voar mais baixo, ou usar diferentes misturas de biocombustíveis para combater este problema.

2.7 FONTES ALTERNATIVAS DE ENERGIA QUE NÃO FUNCIONAM

Dada à tecnologia existente, existem várias fontes de energia alternativa que não trabalham na área de transporte aéreo. Dois destes são o metanol e etanol, os

quais são álcoois que são o produto de muitos processos químicos naturais. Eles são muito voláteis para trabalhar com a tecnologia existente, e contêm muito pouca energia para permitir que um avião para passar por cima de uma distância muito curta. Bio metano também é improvável que funcione, dada a necessidade de combustível para ser consistente e uniforme em sua composição. Também seria difícil obter biogás suficiente para este processo é viável.

Os aviões já voaram usando o hidrogênio como fonte de energia. No entanto, no momento presente, o hidrogênio não é uma alternativa viável. Isso exigiria mudanças dramáticas na forma e design do avião, porque o hidrogênio ocupa mais de quatro vezes o volume de querosene convencional. No entanto, o hidrogênio pesa menos do que as fontes tradicionais, a fim de projetar mudanças, embora ainda na pesquisa, é certamente possível.

Existem defensores e detratores de energia de hidrogênio, como alguns acreditam que o vapor de água liberado em altas altitudes é mais perigoso do que o dióxido de carbono, enquanto outros acreditam que o dióxido de carbono é menos perigoso.

A energia nuclear poderia, teoricamente, ser usada para o poder da aviação. No entanto, isso é muito controverso e há pouco interesse em perseguir essa tecnologia atualmente.

Mais uma vez está demonstrado que estamos no caminho de conseguir uma fonte de energia alternativa para a aviação, uma energia que possua uma fonte geradora limpa e seja sustentável na questão da biodiversidade, ou seja, estamos perto de conseguir uma fonte mais limpa e mais ecologicamente correta do que as que possuímos hoje.

Porém, ainda não conseguimos uma fonte com a mesma autonomia do que as derivadas do petróleo, estamos perto, mas não atingimos a 100% do que precisamos. Em nosso planeta encontramos diversos tipos de fontes de energia. Elas podem ser renováveis ou não renováveis (que podem se esgotar). Tendo como exemplo, a energia solar e a eólica (obtida através dos raios solares e dos ventos respectivamente) fazem parte das fontes de energia inesgotáveis. Por outro lado, os combustíveis fósseis (derivados do petróleo e do carvão mineral) possuem uma quantidade limitada em nosso planeta, podendo acabar caso não haja um consumo racional.

3. ANÁLISE DOS RESULTADOS

As aeronaves atuais apresentam 70% mais de eficiência de uso de combustível por passageiro-quilômetro do que as aeronaves de 40 anos atrás; a maior parte deste avanço veio com o aumento da capacidade de passageiros, mas ganhos também foram obtidos com redução de peso e tecnologia avançada dos novos motores. Opções para reduzir ainda mais o uso de energia na aviação inclui tecnologia de fluxo laminar e configuração BWB, que diminuem a resistência do ar, permitem maiores avanços no motor e reduções de peso. A fabricante de aviões Boeing afirma que a nova família de aeronaves 787 atingirá um avanço de 20% em economia de combustível, em parte através do uso extensivo de materiais compostos (Boeing, 2007). Outras opções de prazo mais longo incluem aeronaves maiores, uso de combustíveis não convencionais ou combinações e novos motores utilizando como combustível o hidrogênio líquido.

Obviamente, a eficiência geral do transporte rodoviário, aéreo e ferroviário também depende, em grande parte, da utilização de maior proporção de ocupação em ônibus, trens e aviões, resultando em menor consumo de energia ou menores emissões por passageiro-quilômetro.

Opções de tecnologia para reduzir o uso de energia na indústria de navegação incluem avanços hidrodinâmicos e de maquinário; essas tecnologias poderiam reduzir de 5% a 30% o uso de energia em novos navios e de 4% a 20% com a modernização de antigos navios.

Uma vez que os motores navais têm uma vida média de 30 anos ou mais, a introdução de novas tecnologias de motor ocorrerá gradualmente. Uma combinação de otimização de frota e de mudanças de rotas pode produzir economias de energia no curto prazo; a redução da velocidade do navio também produziria esse efeito, mas pode não ser uma opção realista, dadas outras considerações. Estima-se que a intensidade energética naval média poderia ser reduzida em 18% em 2010 e em 28% em 2020 primariamente através de velocidade reduzida e depois com novas tecnologias. Esse avanço não seria suficiente, no entanto, para superar o uso adicional de energia do crescimento projetado da demanda (estima-se que o frete marítimo aumente 72% até 2020). Balsas no interior e navios de suprimento em alto mar na Noruega estão utilizando gás natural em motores navais a diesel e obtendo uma redução de 20% no uso de energia, mas esta opção é limitada pelo acesso ao

gás natural liquefeito e seu custo. Onde há disponibilidade de gás natural e especialmente onde o gás seria incinerado de outra forma, o uso de gás natural liquefeito como combustível naval pode resultar em reduções significativas de emissões. Velas grandes, painéis solares e células combustíveis de hidrogênio são opções de potencial de longo prazo (2050) para reduzir uso de energia e emissões de carbono relativas a navios.

O futuro do transporte aéreo vai depender da evolução dos esforços de inovação no sentido de superar as barreiras técnicas vigentes e, assim, desenvolver aeronaves mais competitivas, motores mais eficientes e combustíveis menos agressivos ao meio ambiente.

A demanda por uma crescente eficiência na geração de potência, por parte de um mercado cada vez mais competitivo, tem mostrado sintomas que direcionam para:

- Maior flexibilidade na utilização de combustíveis;
- Menor consumo;
- Necessidade de melhoria do desempenho ambiental para fazer face à regulação cada vez mais severa;
- Disponibilidade e confiabilidade (a exigência de manter os atuais níveis de confiança nos equipamentos submetido às condições operacionais mais agressivas e extensas).

Dessa maneira as alternativas que parecem surgir levam sempre a motores mais eficientes na geração de potência, mais flexíveis na utilização de combustíveis alternativos e menos agressivos ao meio ambiente, sem perder a confiabilidade já alcançada.

Para os motores convencionais, o que se tenta é melhorar a eficiência na utilização de combustíveis diversos, de modo a se ter motores flexíveis (*motor flex*) e, desse modo, dar ao consumidor o poder de decidir pelo combustível que melhor lhe convier economicamente na ocasião.

A utilização da gasolina de aviação, por problemas ambientais e alto custo, tem levado o mercado aeronáutico a procurar outros tipos de combustíveis menos poluentes e mais baratos. Um combustível alternativo ainda não foi totalmente desenvolvido, mas existem muitas pesquisas em andamento.

Embora seja possível converter alguns motores a gasolina para o uso do álcool etílico hidratado no Brasil, que possui grande disponibilidade, no resto do

mundo ele ainda não é amplamente utilizado, mesmo tendo grandes vantagens do ponto de vista ambiental.

O etanol, além de ser menos poluente, faz uma grande diferença no desempenho da aeronave. Com ele, o motor opera mais frio, diminuindo seu desgaste e permitindo a extensão do tempo entre Revisões Gerais do Motor (TBO). Tudo isso faz com que o custo operacional diminua consideravelmente.

Atualmente, em torno de 30% da frota de modelos Ipanema do Brasil já é formada pelo EMB-202-A movido a etanol. Considerando uma frota de 600 aviões, esse modelo demanda 21,6 milhões de litros de etanol e gera redução de US\$ 13,5 milhões por ano no custo operacional ao ano.

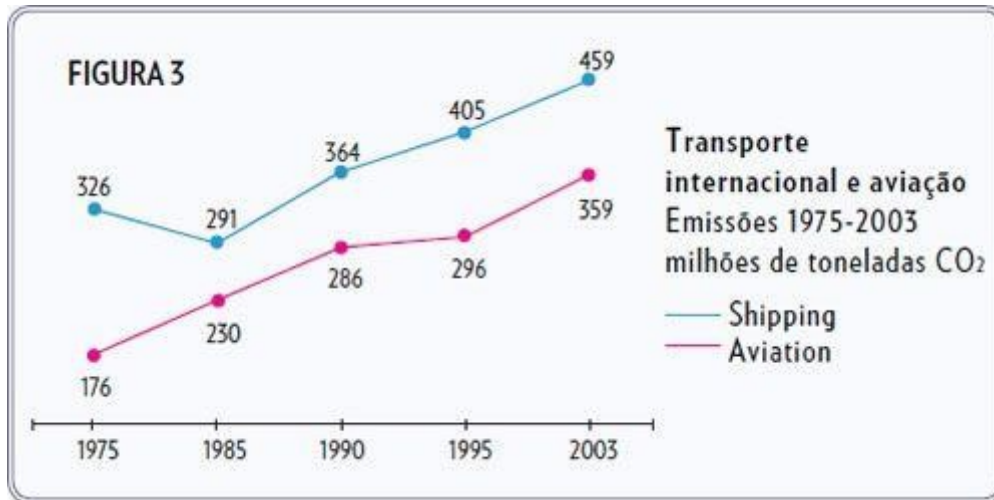
Existe hoje uma forte tendência de se utilizar mais motores movidos a diesel na aviação comercial, por serem mais eficientes e econômicos. São mais econômicos, pois possuem uma eficiência termodinâmica da ordem de 50% contra 30% em média dos motores a gasolina. Seu principal atrativo, além da durabilidade natural, é o seu custo de manutenção. Um motor "diesel" típico, de 230 hp, consome em média 34 litros de combustível por hora, enquanto um motor convencional a gasolina de nível de potência similar consome em média 46 litros por hora.

Há também a busca por novos *designs* de motores alternativos com melhor rendimento. Tem-se obtido rendimentos da ordem de 50% na geração de potência e redução em um terço na emissão de dióxido de carbono em pesquisas atuais.

Quanto aos motores a reação, as alternativas têm se direcionado para o projeto de elementos que melhorem a eficiência das máquinas, tais como:

- Aumento da capacidade de compressão (increased of pressure ratio);
- Aumento de temperaturas de trabalho na seção quente;
- Aumento da relação de bypass dos fans.

Novos motores são mais eficientes na geração de potência, flexíveis no uso de combustíveis alternativos e menos agressivos ao meio ambiente, sem perder a confiabilidade.



Fonte: Revista Aero pg. 35, 2014

A melhoria de eficiência pelo aumento da capacidade de compressão e da temperatura da seção quente passa necessariamente pela pesquisa de novos materiais, que devem aguentar as cargas aerodinâmicas e de temperatura esperadas. Resolvendo essa limitação, espera-se melhorar entre 10% a 20% a eficiência térmica dos motores, com consequente redução de consumo de combustível (espera-se da ordem de 15%) e de poluentes (espera-se da ordem de 30%).

Já para a terceira, têm-se pesquisas de várias soluções de design mecânicos, tais como os fans abertos (*unducted fans*) ou fechados (*ducted fans*). O *unducted fan* ou *propfan* é uma solução que consiste em duas ou mais hélices, geralmente contra rotativas, movidas pela turbina do motor a reação (veja a figura 1). São bastante eficiente em empuxo, com a vantagem de gerar menos ruído com relação aos motores a reação atuais (cerca de 20%), além de melhorar o consumo de combustível em 15% comparados aos motores de níveis de empuxo similares.

Os *ducted fans* são uma solução similar a anterior, resultando em redução de combustível da mesma ordem, porém, com melhor resultado na redução de ruído (de 25% a 30%), uma vez que permite a utilização de materiais absorventes no duto.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Pode-se inferir que a aviação é muito dependente de combustíveis derivado do petróleo, por mais tecnologia que pudemos estudar e desenvolver ainda são poucas que se aproximam da autonomia desenvolvida por combustíveis fósseis.

Foram executados alguns testes de aviões utilizando álcool como combustível e fonte de energia, porém, ainda está muito aquém do necessário para autonomia que um avião precisa e também suas dificuldades no armazenamento são fatores que levam a pontos negativos em relação ao uso do álcool como combustível e fonte de energia na aviação.

Pode-se inferir que as possíveis fontes de substituição, fósseis ou renováveis, envolvem produtos cujas especificações devem atender os mais elevados padrões de qualidade para combustíveis de aviação.

Entretanto outra disposição deve ser levada em consideração que é a questão da preservação do meio ambiente diante disso tais fatores como: emissões crescentes de gases de efeito estufa e a falta de alternativas que consolidem essa substituição, o emprego de fontes renováveis tem sido explorado e testado em todo o mundo.

As fontes alternativas de energia visam atender à inovação de combustíveis de aviação renováveis, que tenham o rendimento compatível com o querosene de aviação que é utilizado atualmente, cabe ressaltar que essas fontes tendem a aproveitar o grande potencial que o país apresenta em biomassa e sua longa tradição em combustíveis renováveis.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARBOSA, Vanessa. **Biocombustíveis: nova fronteira para a aviação**. 2011. Disponível em: aviacaotododia.blogspot.com.br/2011/06/biocombustiveis-nova-fronteira-para.html. Acesso em 01 de outubro de 2016.

FIGUEIREDO, Luiz Alberto Gomes. **Motores e combustíveis de aviação**. 2013. Disponível em: http://aeromagazine.uol.com.br/artigo/motores-e-combustiveis-de-aviacao_808.html. Acesso em 30 de setembro de 2016.

MARCONI, M. de A.; LAKATOS, E. M. **Fundamentos de metodologia científica**. 8. ed. São Paulo: Atlas, 2009.

MINAYO, M. C. de S. **O desafio do conhecimento**. 10. ed. São Paulo: HUCITEC, 2007.

MORAES, Roque. **Análise de conteúdo**. Revista Educação, Porto Alegre, v. 22, n.37, p.7-32, 2009.

PLANTIER, R. D. Principais **Tipos de Combustíveis: Características Gerais**. [S.l.]: Cultura Mix. com, 2013. Disponível em: <http://meioambiente.culturamix.com/recursos-naturais/principais-tipos-de-combustiveis-caracteristicas-gerais>. Acesso em: 17 de Outubro de 2016.

SILVA, Cleiton. **Fontes de energia resumo**. 2013. Disponível em: <http://tudodeconcursosvestibulares.blogspot.com.br/2013/02/fontes-de-energia-resumo.html>. Acesso em 22 de outubro de 2016.

VERGARA, Sylvia Constant. **Projetos e relatórios de pesquisa em administração**. 3. ed. São Paulo: Atlas, 2000.

WINKLER, Thiago. **Querosene de aviação**. 2015. Disponível em: <http://winklerthiago-blog.tumblr.com/post/50142657479/querosene-de-avia%C3%A7%C3%A3o>. Acesso em: 30 de outubro de 2016

<http://buenaweb.info/viajar/viagens-aereas/fontes-alternativas-de-energia-para-a-aviacao.php>

<http://tour.kllvx.com/pt/transportation/air-travel/1009054948.html>

<https://rotaenergia.wordpress.com/2011/06/08/aviacao-procura-alternativas-aos-combustiveis-fosseis/>

<http://exame.abril.com.br/mundo/noticias/biocombustiveis-uma-nova-fronteira-para-a-aviacao>

<http://www.brasilengenharia.com/portal/noticias/noticias-da-engenharia/1789-especialistas-do-ieee-identificam-biocombustiveis-derivados-de-alga-como-nova-fonte-alternativa-de-energia>

<http://www.inovacaotecnologica.com.br/noticias/meta.php?meta=Fontes%20Alternativas%20de%20Energia>

<http://www.temasbio.ufscar.br/?q=artigos/biocombust%C3%ADveis-um-futuro-mais-verde-para-avia%C3%A7%C3%A3o-civil>



UNISUL
Universidade do Sul de Santa Catarina
 Secretaria Executiva da Fundação Unisul,
 Pró-Reitoria de Administração Acadêmica e Pró-Reitoria de Ensino

TERMO DE CESSÃO DE DIREITOS AUTORAIS

A FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE DO SUL DE SANTA CATARINA – UNISUL, doravante denominada somente FUNDAÇÃO UNISUL,

RODRIGO DANTAS DE CARVALHO
 doravante denominado somente AUTOR da obra caracterizada como Trabalho de Conclusão de Curso, com o título:
FONTES ALTERNATIVAS DE ENERGIA PARA A AVIAÇÃO

têm justo e acertado o presente Termo que se regerá pelas cláusulas descritas a seguir:

CLÁUSULA PRIMEIRA

O objeto do presente Contrato é a cessão total da obra, a título gratuito, para reprodução, distribuição e disponibilização, pela FUNDAÇÃO UNISUL, em qualquer forma ou meio existente podendo para tanto, utilizá-la junto à internet, jornais e todos os meios de comunicação e mídia, públicos ou privados.

Parágrafo Primeiro. A UNISUL poderá disponibilizar a obra no todo ou em partes, para fins didáticos, desde que não altere seu conteúdo.

Parágrafo Segundo. A presente cessão é feita para todos os países, em língua portuguesa ou tradução, a critério da FUNDAÇÃO UNISUL.

CLÁUSULA SEGUNDA

O AUTOR declara que a obra, objeto deste Termo é de sua autoria, responsabilizando-se pelo seu conteúdo e forma, citações, referências e demais elementos que a integram, sendo entregue no ato da assinatura do presente com todo seu conteúdo textual já revisado gramaticalmente e metodologicamente. Desta forma, quaisquer medidas judiciais ou extrajudiciais concernentes ao conteúdo serão de sua responsabilidade.

CLÁUSULA TERCEIRA

O AUTOR compromete-se a responder por todos e quaisquer danos causados direta ou indiretamente à FUNDAÇÃO UNISUL e a terceiros, em decorrência da violação de quaisquer direitos, inclusive de propriedade intelectual, devendo o AUTOR se sub-rogar em toda e qualquer obrigação ou ônus opostos em face desta.

Parágrafo Primeiro. O AUTOR responsabiliza-se pessoalmente pelo ineditismo da obra, exonerando a FUNDAÇÃO UNISUL de toda e qualquer responsabilidade por eventuais cópias ou plágios, sendo dever do AUTOR indenizar a FUNDAÇÃO UNISUL caso esta seja prejudicada por medidas judiciais ou extrajudiciais relacionadas ao conteúdo.

Parágrafo Segundo. O AUTOR responde civil e penalmente por qualquer reclamação de terceiros em relação à autoria do trabalho elaborado.

CLÁUSULA QUARTA

O AUTOR, nos termos do art. 49 e os seguintes da Lei 9.610, cede à obra objeto deste Termo em caráter definitivo e sem limite de tempo, pelo AUTOR, seus herdeiros e sucessores.

CLÁUSULA QUINTA

Os originais serão entregues prontos e acabados pelo meio ou na forma que a FUNDAÇÃO UNISUL indicar.

CLÁUSULA SEXTA

A CESSÃO aqui pactuada é realizada a título gratuito, uma vez que a FUNDAÇÃO UNISUL também disponibiliza em qualquer forma ou meio a obra gratuitamente.

CLÁUSULA SÉTIMA

As partes elegem o foro da comarca de Tubarão/SC e renunciaram a qualquer outro, por mais privilegiado que seja.

E por estarem assim justos e acertados, firmam o presente em duas vias de igual teor para que surta seus jurídicos efeitos.

Tubarão/SC, 25 de NOVEMBRO de 2016.

Rodrigo Dantas de Carvalho
 Assinatura do Autor

Assinatura da Fundação Unisul

Testemunhas:

Renata Dantas de Carvalho

Nome: RENATA DANTAS DE CARVALHO
 CPF: 058.843.859-7

Lucia de Fatima Dantas

Nome: LUCIA DE FATIMA DANTAS
 CPF: 266.649.505-10