



**Franciele Braga Machado Túlio
Lucio Mauro Braga Machado
(Organizadores)**

A Aplicação do Conhecimento Científico nas Engenharias 4

Atena
Editora
Ano 2020





**Franciele Braga Machado Túllio
Lucio Mauro Braga Machado
(Organizadores)**

A Aplicação do Conhecimento Científico nas Engenharias 4

Atena
Editora
Ano 2020



2020 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do Texto © 2020 Os autores

Copyright da Edição © 2020 Atena Editora

Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Diagramação: Geraldo Alves

Edição de Arte: Lorena Prestes

Revisão: Os Autores



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição *Creative Commons*. Atribuição 4.0 Internacional (CC BY 4.0).

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores. Permitido o download da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

Conselho Editorial

Ciências Humanas e Sociais Aplicadas

Profª Drª Adriana Demite Stephani – Universidade Federal do Tocantins

Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas

Prof. Dr. Alexandre Jose Schumacher – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso

Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof. Dr. Antonio Gasparetto Júnior – Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais

Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília

Prof. Dr. Carlos Antonio de Souza Moraes – Universidade Federal Fluminense

Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa

Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa

Profª Drª Denise Rocha – Universidade Federal do Ceará

Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia

Prof. Dr. Edvaldo Antunes de Farias – Universidade Estácio de Sá

Prof. Dr. Eloi Martins Senhora – Universidade Federal de Roraima

Prof. Dr. Fabiano Tadeu Grazioli – Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões

Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná

Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionale delle Figlie di Maria Ausiliatrice

Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense

Profª Drª Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso

Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins

Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte

Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Universidade Federal do Maranhão

Profª Drª Miranilde Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará

Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa

Profª Drª Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa

Profª Drª Sandra Regina Gardacho Pietrobon – Universidade Estadual do Centro-Oeste

Profª Drª Sheila Marta Carregosa Rocha – Universidade do Estado da Bahia

Prof. Dr. Rui Maia Diamantino – Universidade Salvador

Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará

Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande

Prof. Dr. William Cleber Domingues Silva – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro

Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

Ciências Agrárias e Multidisciplinar

Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano

Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás

Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná

Profª Drª Diocléa Almeida Seabra Silva – Universidade Federal Rural da Amazônia
Prof. Dr. Écio Souza Diniz – Universidade Federal de Viçosa
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Fágner Cavalcante Patrocínio dos Santos – Universidade Federal do Ceará
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof. Dr. Júlio César Ribeiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Profª Drª Lina Raquel Santos Araújo – Universidade Estadual do Ceará
Prof. Dr. Pedro Manuel Villa – Universidade Federal de Viçosa
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Profª Drª Talita de Santos Matos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Tiago da Silva Teófilo – Universidade Federal Rural do Semi-Árido
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

Ciências Biológicas e da Saúde

Prof. Dr. André Ribeiro da Silva – Universidade de Brasília
Profª Drª Anelise Levay Murari – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás
Prof. Dr. Edson da Silva – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
Profª Drª Eleuza Rodrigues Machado – Faculdade Anhanguera de Brasília
Profª Drª Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina
Prof. Dr. Ferlando Lima Santos – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Igor Luiz Vieira de Lima Santos – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Profª Drª Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federaci do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Paulo Inada – Universidade Estadual de Maringá
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande

Ciências Exatas e da Terra e Engenharias

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto
Prof. Dr. Alexandre Leite dos Santos Silva – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás
Profª Drª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá
Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

Conselho Técnico Científico

Prof. Msc. Abrãao Carvalho Nogueira – Universidade Federal do Espírito Santo
Prof. Msc. Adalberto Zorzo – Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza
Prof. Dr. Adailson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba
Prof. Msc. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão
Profª Drª Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico
Profª Msc. Bianca Camargo Martins – UniCesumar
Prof. Msc. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Msc. Cláudia de Araújo Marques – Faculdade de Música do Espírito Santo
Prof. Msc. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará
Profª Msc. Dayane de Melo Barros – Universidade Federal de Pernambuco

Prof. Dr. Edwaldo Costa – Marinha do Brasil
 Prof. Msc. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita
 Prof. Msc. Gevair Campos – Instituto Mineiro de Agropecuária
 Prof. Msc. Guilherme Renato Gomes – Universidade Norte do Paraná
 Prof^a Msc. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia
 Prof. Msc. José Messias Ribeiro Júnior – Instituto Federal de Educação Tecnológica de Pernambuco
 Prof. Msc. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa
 Prof^a Msc. Lilian Coelho de Freitas – Instituto Federal do Pará
 Prof^a Msc. Liliani Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ
 Prof^a Dr^a Lívia do Carmo Silva – Universidade Federal de Goiás
 Prof. Msc. Luis Henrique Almeida Castro – Universidade Federal da Grande Dourados
 Prof. Msc. Luan Vinicius Bernardelli – Universidade Estadual de Maringá
 Prof. Msc. Rafael Henrique Silva – Hospital Universitário da Universidade Federal da Grande Dourados
 Prof^a Msc. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal
 Prof^a Msc. Solange Aparecida de Souza Monteiro – Instituto Federal de São Paulo
 Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
 (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)**

A642 A aplicação do conhecimento científico nas engenharias 4 [recurso eletrônico] / Organizadores Franciele Braga Machado Túllio, Lucio Mauro Braga Machado. – Ponta Grossa, PR: Atena Editora, 2020. – (A Aplicação do Conhecimento Científico nas Engenharias; v. 4)

Formato: PDF
 Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader
 Modo de acesso: World Wide Web
 Inclui bibliografia
 ISBN 978-85-7247-911-0
 DOI 10.22533/at.ed.110201301

1. Engenharia – Pesquisa – Brasil. 2. Inovação. I. Túllio, Franciele Braga Machado. II. Machado, Lucio Mauro Braga. III. Série.

CDD 620.0072

Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422

Atena Editora
 Ponta Grossa – Paraná - Brasil
www.atenaeditora.com.br
 contato@atenaeditora.com.br

APRESENTAÇÃO

A obra “Pesquisa Científica e Inovação Tecnológica nas Engenharias 4” apresenta dezesseis capítulos em que os autores abordam pesquisas científicas e inovações tecnológicas aplicadas em diversas áreas de engenharia.

A pesquisa científica é a principal ferramenta para produzir conhecimento e inovação para uso da sociedade.

Esta obra apresenta diversos textos científicos que abordam temas ligados a engenharia aeroespacial, que buscam melhorar materiais, equipamentos e métodos aplicáveis a evolução nessa área do conhecimento.

Diversas aplicações da matemática, estatística e computação também são exploradas pelos pesquisadores nesta obra.

Esperamos que o leitor se deleite nas pesquisas selecionadas e que estas possam contribuir para a produção de ainda mais pesquisas. Boa Leitura!

Franciele Braga Machado Túllio
Lucio Mauro Braga Machado

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	1
A RELEVÂNCIA DA PRODUÇÃO ACADÊMICA E PESQUISA CIENTÍFICA NO ENSINO SUPERIOR DOS CURSOS DE ENGENHARIA	
Fabiano Battemarco da Silva Martins Patrícia Guedes Pimentel Marcelo de Jesus Rodrigues da Nóbrega	
DOI 10.22533/at.ed.1102013011	
CAPÍTULO 2	17
APLICATIVO DEDICADO AO DIMENSIONAMENTO DE PARAQUEDAS	
Rafael Andrade E Silva Maurício Guimarães da Silva	
DOI 10.22533/at.ed.1102013012	
CAPÍTULO 3	26
APLICAÇÃO DE MODELOS MATEMÁTICOS NA SIMULAÇÃO NUMÉRICA DA PRODUÇÃO E EXPORTAÇÃO DE SOJA NO ESTADO DO TOCANTINS ATÉ 2025	
Laina Pires Rosa Leandra Cristina Crema Cruz Pedro Alexandre da Cruz	
DOI 10.22533/at.ed.1102013013	
CAPÍTULO 4	39
APPROACH PROPOSAL FOR CRITICAL SOFTWARE PROCESSES SELECTION FOR SPACE PROJECTS IN VERY SMALL ENTITIES (VSE)	
Gledson Hernandes Diniz Ana Maria Ambrosio Carlos Henrique Netto Lahoz Benedito Massayuki Sakugawa	
DOI 10.22533/at.ed.1102013014	
CAPÍTULO 5	48
APRIMORAMENTO DE UM MÉTODO DE PREDIÇÃO DA CONFIABILIDADE DE EQUIPAMENTOS ELETRÔNICOS MILITARES E ESPACIAIS	
Carlos Eduardo da Silva Santos Ana Paula de Sá Santos Rabello Marcelo Lopes de Oliveira e Souza	
DOI 10.22533/at.ed.1102013015	
CAPÍTULO 6	57
CADEIA DO QUEROSENE DE AVIAÇÃO NO BRASIL EM UM SISTEMA DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA	
Pedro Henrique Beghelli Josiane do Socorro Aguiar de Souza Oliveira Campos Maria Vitória Duarte Ferrari	
DOI 10.22533/at.ed.1102013016	

CAPÍTULO 7 77

CORTADOR DE GRAMA AUTOMATIZADO

João Vitor Silveira Cercená
Ana Carolina Marcelo da Silva
Luiz Gustavo de Souza Soares
Vaime Trescher de Morais Junior

DOI 10.22533/at.ed.1102013017

CAPÍTULO 8 86

EFEITO DA ADIÇÃO DE 0,15%ZR E DO TRATAMENTO TÉRMICO DE ENVELHECIMENTO ARTIFICIAL NA LIGA AL-6%MG NAS PROPRIEDADES MECÂNICAS

Beatriz Seabra Melo
Natália Luiza Abucater Brum
Vinicius Silva dos Reis
Victor Lima Melo
Mateus José Araújo de Souza
Carlos Vinicius de Paes Santos
Marielle Maria Medeiros Vital
Adriano Aleixo Rodrigues
Denyson Teixeira Almeida
Altino dos Santos Fonseca
Emerson Rodrigues Prazeres
José Maria do Vale Quaresma

DOI 10.22533/at.ed.1102013018

CAPÍTULO 9 99

ESTUDO DE CASO: ANÁLISE DO AMBIENTE ORGANIZACIONAL DE UMA EMPRESA DE EQUIPAMENTOS DA ÁREA DE SAÚDE

Larissa de Carvalho
Daniele Martins de Almeida
Rubya Vieira de Mello Campos
Rony Peterson da Rocha

DOI 10.22533/at.ed.1102013019

CAPÍTULO 10 110

ESTUDO DA VIABILIDADE TÉCNICA PARA O EMPREGO DE MADEIRAS “ALTERNATIVAS” EM ESTRUTURA TRELIÇADA (BANZOS PARALELOS) PARA COBERTURA (TELHADO DE AÇO – INCLINAÇÃO 10°), COM VÃOS ENTRE 16 A 26 METROS

Allan Christian Alves da Luz
Roberto Vasconcelos Pinheiro
André Luís Christoforo
Francisco Antônio Rocco Lahr

DOI 10.22533/at.ed.11020130110

CAPÍTULO 11 125

METODOLOGIA DE PESQUISA PARA ENGENHARIAS

Ricardo Junior de Oliveira Silva
Dayse Mendes
Jéssika Alvares Coppi Arruda Gayer

DOI 10.22533/at.ed.11020130111

CAPÍTULO 12	132
PROBLEMAS DE PROGRAMAÇÃO DA PRODUÇÃO: UMA VISÃO GERAL DOS MÉTODOS DE SOLUÇÃO	
Márcia de Fátima Morais Rony Peterson da Rocha Larissa de Carvalho	
DOI 10.22533/at.ed.11020130112	
CAPÍTULO 13	147
SATELLITE TELEMETRY AND IMAGE RECEPTION WITH SOFTWARE DEFINED RADIO APPLIED TO SPACE OUTREACH PROJECTS IN BRAZIL	
David Julian Molano Peralta Douglas Soares dos Santos Auro Tikami Walter Abrahão dos Santos Edson Wander do Rego Pereira	
DOI 10.22533/at.ed.11020130113	
CAPÍTULO 14	165
SISTEMA DE IDENTIFICAÇÃO DE ACESSO EM AMBIENTE ESCOLAR PARA CONTROLE DE SEGURANÇA	
Gleison Stopassola Alexandre Dalla'Rosa	
DOI 10.22533/at.ed.11020130114	
CAPÍTULO 15	174
TESTE EM COMPONENTE CRÍTICO DE USO ESPACIAL: ENSAIO DE DOSE IONIZANTE TOTAL, (TID - TOTAL IONIZING DOSE) EM TRANSISTORES 2N2222A	
Bruno Carneiro Junqueira Silvio Manea Rafael Galhardo Vaz Odair Lelis Gonzalez	
DOI 10.22533/at.ed.11020130115	
CAPÍTULO 16	185
UM BREVE ESTUDO SOBRE AS CÔNICAS E SUAS APLICAÇÕES	
Wendell de Queiróz Lamas Giorgio Eugenio Oscare Giacaglia	
DOI 10.22533/at.ed.11020130116	
SOBRE OS ORGANIZADORES	199
ÍNDICE REMISSIVO	200

APLICATIVO DEDICADO AO DIMENSIONAMENTO DE PARAQUEDAS

Data de aceite: 03/12/2019

Data de submissão: 14/10/2019

Rafael Andrade E Silva

Universidade de Taubaté, Taubaté – SP. <http://lattes.cnpq.br/3603963435140579>

Maurício Guimarães da Silva

Instituto de Aeronáutica e Espaço, São José dos Campo – SP. <http://lattes.cnpq.br/6537334481030616>

RESUMO: O presente trabalho apresenta uma interface gráfica que auxilia, de forma direta, no dimensionamento de paraquedas para aeronaves, drones, cargas aéreas e foguetes (propulsores, coifa e carga útil). Outra facilidade que o código disponibiliza é uma interface gráfica para a inclusão dos dados de entrada do *software* FEMAP NX NASTRAN®, da Siemens PLM Software, de forma a ser possível a realização de análises estáticas. O programa tem como objetivo auxiliar o projetista mecânico na resolução dos cálculos e visualização de resultados. O desenvolvimento do programa se deu na plataforma VBA (*Visual Basic for Applications*). Foram implementados os modelos matemáticos associados aos principais requisitos de projeto preliminar de paraquedas de uso aeroespacial, quais sejam: Velocidade Terminal, Força de Abertura, Análise

Estrutural, Esteira Aerodinâmica decorrente da carga útil, Desaceleração devido ao impacto com a água, Tempo de Abertura do paraquedas e Flutuabilidade da carga.

PALAVRAS-CHAVE: Dimensionamento, Paraquedas, Foguete

DEDICATED APPLICATION FOR PARACHUTE DESIGNING

ABSTRACT: This paper presents a graphical interface that directly assists in the design of aircraft parachutes, drones, air cargo and rockets (thrusters and payload). Another feature that the code provides is a graphical interface for data input of FEMAP NX NASTRAN®, from Siemens PLM Software, to perform static analysis. The program aims to assist the mechanical designer in the resolution of calculations and visualization of results. The program was developed on the Visual Basic for Applications (VBA) platform. Mathematical models associated with the main preliminary design requirements for aerospace parachutes are implemented, namely: Terminal Speed, Opening Force, Structural Analysis, Payload Aerodynamic Track, Deceleration due to water impact, Parachute Opening Time and Load Buoyancy.

PALAVRAS-CHAVE: Designing, Parachute, Rocket

1 | INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, o Brasil teve evolução significativa no domínio de tecnologia de projeto, construção, testes e lançamento de veículos espaciais. Como exemplo, citam-se o Veículo Lançador de Satélites (VLS) e o Veículo de Sondagem (VSB-30), qualificado internacionalmente, tendo como importante cliente a Agência Espacial Alemã (DLR - *Deutsches Zentrum für Luft*). O VSB-30 vem sendo utilizado, desde 2004, em lançamentos no Brasil e no exterior, possibilitando a realização de experimentos científicos em ambiente de microgravidade.

Apesar do sucesso no desenvolvimento e lançamento destes veículos, não existe no mercado interno uma tecnologia de recuperação dos experimentos embarcados qualificada e certificada por órgãos de fomento. Atualmente o sistema de recuperação utilizado é adquirido a partir da empresa alemã DLR, o que encarece significativamente o custo do lançamento, uma vez que sua produção e posterior integração no veículo envolvem processos complexos e consequente mão de obra especializada além de dependência tecnológica.

Existem vários trabalhos com ênfase na recuperação de cargas. Contudo, tratam de problemas extremamente específicos como, por exemplo, abertura de paraquedas e força de abertura, e utilizam ferramentas computacionais com elevados custos financeiros. Neste contexto, este projeto de pesquisa se insere nesta necessidade: compilar os trabalhos já existentes em um programa de baixo custo computacional com a finalidade de agilizar na obtenção de resultados que sejam do interesse do projetista mecânico e gerar os modelos estruturais dos paraquedas para realizar a análise estática.

Ressalta-se que este estudo pode ser aplicado tanto para fins civis como militares. Alguns exemplos de usos civis são: dimensionamento de paraquedas para aeronaves leves, cargas aeronáuticas e foguetes acadêmicos. Para fins militares citam-se: dimensionamento de paraquedas para drones militares, mísseis, alvos aéreos, propulsores, carga útil de foguetes e Mock-Up de treinamento.

1.1 Objetivos

O objetivo deste projeto é desenvolver um código computacional para o Instituto de Aeronáutica e Espaço (IAE) do Departamento de Ciências e Tecnologia Aeroespacial (DCTA) que auxilie no dimensionamento de paraquedas e no cálculo de todas as etapas da recuperação de cargas por paraquedas. De forma geral, este trabalho visa automatizar as seguintes atividades de projeto:

- i. Cálculo da Força de Abertura do paraquedas, Velocidade Terminal da carga e Esteira Aerodinâmica;
- ii. Cálculo da Desaceleração devido ao Impacto da carga com a água,

- Flutuabilidade da carga e Tempo de Abertura do paraquedas;
- iii. Gerar interface gráfica para realizar o cálculo dos modelos matemáticos de cada item supramencionados;
- iv. Opção de gerar Relatório Técnico com os resultados gerados;
- v. Opção de gerar Modelo Estrutural do paraquedas dimensionado para realizar a Análise Estática.

2 | MATERIAIS E MÉTODOS

Neste trabalho são utilizadas literaturas técnicas da área de paraquedas, artigos científicos e dissertação de mestrado. É utilizada a plataforma VBA do *software* EXCEL® na implementação numérica das referidas equações e na visualização dos respectivos resultados. É utilizado o *software* FEMAP NX NASTRAN® para modelar o paraquedas e para realizar a análise estática da estrutura do paraquedas. Nos parágrafos subsequentes estão descritas as formulações matemáticas implementadas em VBA.

2.1 Força de Abertura

A Força de Abertura (F) de um paraquedas (PQD) pode ser modelada conforme a referência KNACKE (1992):

$$F = p_{dyn} S_{Ref} C_D C_x X_1 \quad (1)$$

Sendo p_{dyn} a pressão dinâmica local, S_{Ref} a área de referência (baseada no diâmetro do PQD), e os coeficientes de força C_D , C_x e X_1 , obtidos a partir de valores tabelados para uma determinada configuração de PQD.

2.2 Velocidade Terminal

O modelo matemático para a Velocidade Terminal (V_t) está descrito na referência ESDU 09012, qual seja:

$$V_t = \sqrt{\frac{2mg}{\rho C_D S_{Ref}}} \quad (2)$$

As variáveis m e g representam a massa da carga útil adicionada da massa do sistema de recuperação (PQD mais linhas de suspensão e umbilical) e a aceleração da gravidade, respectivamente. O coeficiente de arrasto C_D é obtido a partir do PQD específico que se pretende utilizar. A massa específica ρ deve ser obtida a partir das condições atmosféricas locais.

2.3 Esteira Aerodinâmica

O cálculo da esteira aerodinâmica criada pela base da carga útil foi adaptado do gráfico “Sketch 5.9 Drag loss due to forebody wake” do periódico ESDU 09012. No gráfico adaptado as duas curvas foram reproduzidas ponto a ponto para a implementação de linhas de tendências. A partir do conhecimento das linhas de tendência foi possível realizar a interpolação dos dados de entrada e fornecer ao usuário três valores (máximo, médio e mínimo) de coeficiente de redução de arrasto ($Cd_{Correct}$), Figura 1. A variável de saída é o coeficiente de arrasto do sistema corrigido pela influência da esteira aerodinâmica, qual seja, Equação (3).

$$Cd_{Correct} = \frac{l_T}{d_B} \quad (3)$$

O parâmetro l_T é a distância entre a base da carga útil e o velame do PQD e d_B o diâmetro da base da carga sendo recuperada.

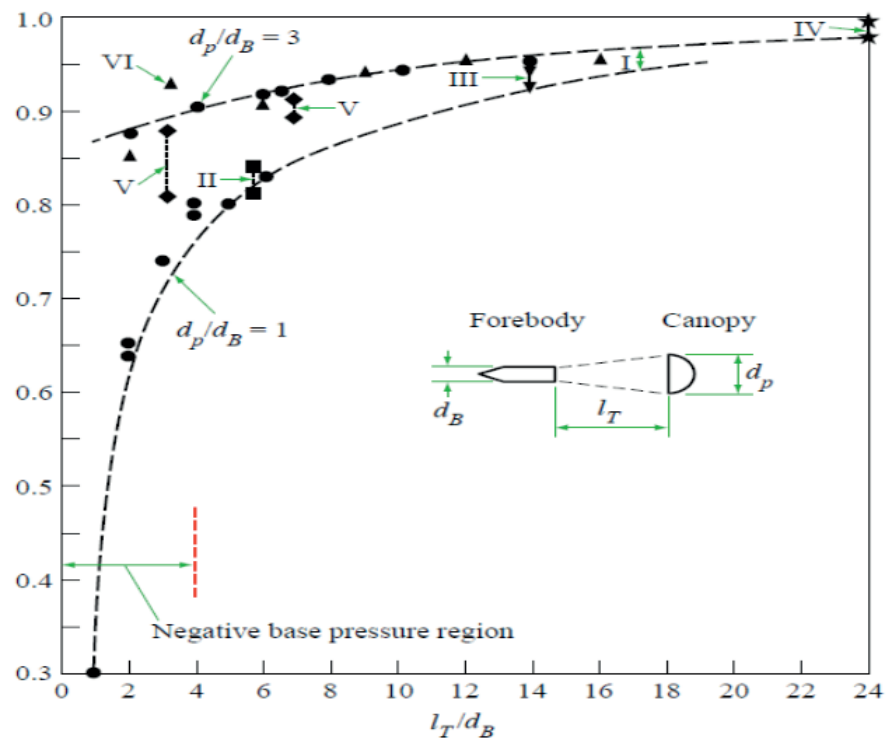


Figura 1 – Coeficiente de Correção de Arrasto (ESDU 09012)

2.4 Impacto na Água

O modelo matemático para o Impacto na água (I_A) está descrito na referência CASTELLÕES (2019), qual seja:

$$I_A = mg - \rho Vg \pm \frac{C_D \rho A v^2}{2} \quad (4)$$

As variáveis m e g representam a massa da carga útil adicionada da massa do sistema de recuperação (PQD mais linhas de suspensão e umbilical) e a aceleração

da gravidade, respectivamente. Usualmente o coeficiente de arrasto C_D é adotado com valor de 2(dois), pois, C_D é o da superfície de contato da carga com a água. A massa específica ρ deve ser obtida a partir das condições atmosférica locais. A variável v é a velocidade da qual a carga atinge a água.

2.5 Tempo de Abertura

Para determinar o Tempo de Abertura (t_f), foi utilizado o modelo matemático conforme descrito na referência devido a KNACKE (1992):

$$t_f = \frac{n D_0}{v} \quad (5)$$

A variável n corresponde a constante de enchimento, a constante de cada modelo de paraquedas está tabelado conforme a referência ESDU 09012. A variável v é a velocidade da carga no momento em que atinge a água. O diâmetro de construção do paraquedas é representado por D_0 .

2.6 Flutuabilidade

A flutuabilidade da carga é calculada com base na resultante das forças atuantes no corpo quando submerso na água. Se a resultante for positiva, o corpo não precisará de flutuadores, desde que o mesmo é hermético o suficiente para prover flutuabilidade. Portanto, para garantir flutuabilidade, a resultante de forças deve satisfazer a relação

$$mg - \rho V g \geq 0 \quad (6)$$

sendo V o volume do corpo.

2.7 Análise Estática da Estrutura do Paraquedas

Outra funcionalidade implementada no código computacional desenvolvido neste trabalho é a interface gráfica para entrada de dados que serão utilizados no *software* FEMAP NX NASTRAN®. Esta interface gráfica viabiliza a entrada de dados das dimensões do paraquedas, material e comprimento das linhas de suspensão e força de abertura. Esta implementação foi necessária tendo em vista que a plataforma EXCEL não apresenta um *solver* que realize análise estrutural estática. A metodologia de uso está descrita nos parágrafos subsequentes.

A primeira etapa para realizar a análise estrutural é gerar o modelo estrutural com base nos dados de entrada na interface do programa na plataforma VBA. Os dados são processados em planilhas específicas e o modelo estrutural é gerado em código de forma que o FEMAP® consiga modelar e o *solver* NASTRAN consiga realizar a análise estática. O arquivo é exportado no formato específico para ser

executado pela ferramenta “Program File” do FEMAP®. A Figura 2 abaixo mostra o resultado final da análise estática gerada pelo *software* após as etapas supracitadas.

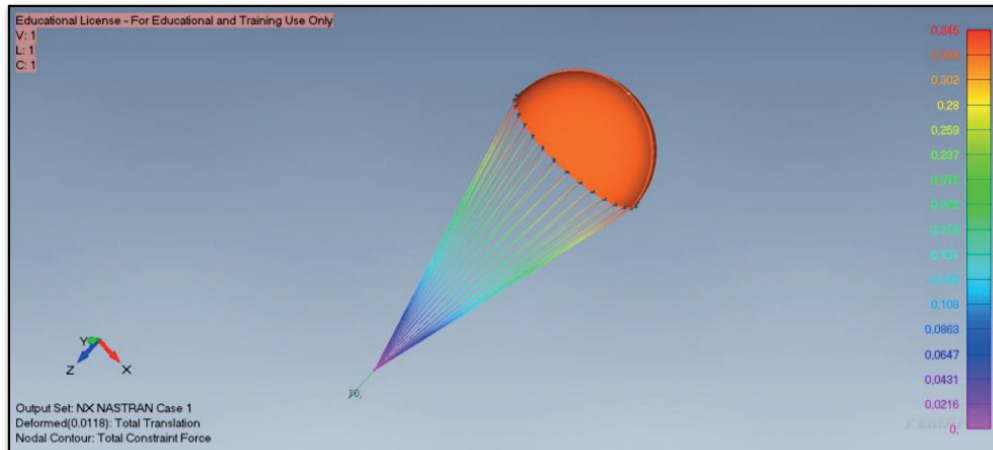


Figura 2 – Análise Estrutural do Paraquedas Circular.

2.8 Interface Gráfica para Dimensionamento Preliminar de Paraquedas

Após a implementação dos itens citados no Tópico 2. **Materiais e Métodos**, foi elaborada uma interface gráfica para auxiliar na entrada dos dados e visualização dos resultados. A Figura 3 exibe uma das abas da interface.



Figura 3 - Interface Gráfica de Dimensionamento de Paraquedas

Na aba *Input* existem duas ferramentas de apoio que aceleram a resolução de contas e consequentemente o projeto de dimensionamento de paraquedas. A primeira ferramenta é a “Calcular Área” ferramenta capaz de determinar área e

diâmetro de paraquedas circulares e cruciformes. A segunda ferramenta de apoio calcula a relação citada no item **2.3. Esteira Aerodinâmica**. No topo do *Frame* os Requisitos de Projeto podem ser definidos. Para calcular cada item citado no Tópico **2. Materiais e Métodos** é necessário selecionar o parâmetro, tipo de paraquedas e inserir os dados de entrada.

Na aba “*Output*” é possível visualizar os resultados calculados assim como gerar o Relatório Técnico. Esta opção permite gerar um relatório em formato PDF com todos os dados de entrada de cada parâmetro, gráficos gerados e resultados obtidos. Também é informado ao usuário se os requisitos de projeto foram cumpridos. Ao lado da aba “*Output*” tem-se a aba de “Gráficos” na qual é possível visualizar, de forma separada, os gráficos dos itens **2.1. Força de Abertura** e **2.3. Eficiência do**.

Na última aba da interface existem as informações adicionais, como: nomenclatura, informações específicas sobre cada tipo de paraquedas e ilustrações para auxiliar no desenvolvimento do projeto.

3 | RESULTADOS

Com o intuito de apresentar os resultados obtidos com o código computacional desenvolvido foi calculada a Velocidade Terminal com base nas dimensões e propriedades das cargas recuperadas na Operação Mock-Up e foi feita a comparação entre os resultados e referências pertinentes da área.

Para determinar a confiabilidade dos dados obtidos foi calculada a relação entre os resultados, conforme mostra a coluna assertividade da Tabela 2.

Parâmetro	Dimensionamento de PQD	Referências	Assertividade
Velocidade Terminal [m/s]	7,11	7,12 [2]	99,85 %
Força de Abertura [kgf]	1500	1500 [3],[4]	100 %
Impacto na Água [g]	6	6 [5]	100 %
Tempo de Abertura [s]	0,11	0,11 [1]	100 %
Eficiência do C_D	95%	97% [1]	97,93 %

Tabela 1 - Resultados

4 | PRÓXIMAS ETAPAS

Com base nos resultados obtidos, foi observada a extrema importância da continuidade do projeto. Com o objetivo de seguir com o desenvolvimento e aprimoramento do trabalho, foram definidas as seguintes etapas:

- i. Implementação da dinâmica de voo com 2(dois) e 3(três) graus de liberdade com mais de um evento em voo (voo livre, abertura de paraquedas, *slider*)
- ii. Implementação de modelos de ordem reduzida de abertura de paraquedas

- iii. Implementação do cálculo da dispersão da região de impacto (cálculo do erro circular provável);
- iv. Implementação do “planejamento de missão”;
- v. Aprimorar os modelos e propriedades da Análise Estática.

5 | CONCLUSÕES

Este trabalho trata do desenvolvimento de um programa para auxiliar no projeto de sistemas de recuperação baseados em paraquedas. Foi dada ênfase ao cálculo dos parâmetros de projeto Força de Abertura, Velocidade Terminal, Esteira Aerodinâmica, Desaceleração devido ao impacto com a água, Flutuabilidade da carga, Tempo de Abertura do Paraquedas e Análise Estática do Modelo Estrutural. Pôde-se concluir que as simulações produzidas neste trabalho estão consistentes com literatura técnica e resultados já publicados pelo grupo de trabalho da Divisão de Sistemas de Defesa – ASD. Faz-se necessário a continuidade deste trabalho para que seja possível a confecção final de um *toolbox* de dimensionamento de paraquedas de fácil acesso e com características modulares que permita a inclusão de novas metodologias ou mesmo novas ferramentas de projeto como, por exemplo, ferramentas de otimização, desde que o EXCEL® comporta inúmeras funções que permitem este empreendimento sem grandes dificuldades.

Vale ressaltar que durante o desenvolvimento do programa o mesmo foi utilizado como ferramenta auxiliar no dimensionamento preliminar de paraquedas para a Operação Mock-Up. Com isso, foi possível observar a utilidade e a importância desta ferramenta para futuros projetos que necessitam de recuperação de cargas por paraquedas, é importante salientar que o programa será utilizado para realizar o dimensionamento preliminar dos paraquedas para as operações **Mock-Up 2, Alvo Aéreo, Orion e PSR-02.**

6 | POTENCIAL DE INOVAÇÃO

Não existe, em nível DCTA, um *toolbox* de dimensionamento preliminar de Paraquedas para os projetistas da área. Trata-se de uma contribuição direta para o grupo de Aerodinâmica e Dinâmica do Voo do DCTA.

7 | DIVULGAÇÃO DOS RESULTADOS

Com base no presente trabalho, foi elaborado um artigo científico e submetido ao 8º Congresso Internacional de Ciência, Tecnologia e Desenvolvimento (CICTED)

– Universidade de Taubaté (UNITAU). O artigo foi aprovado e será publicado no Congresso Internacional, em outubro de 2019.

REFERÊNCIAS

ANDRADE E SILVA, L., 2009, **Simulação Computacional da Dinâmica de Paraquedas em 2DOF - X ENIC**.

DE OLIVEIRA CASTELLÕES, G., 2019, **Impacto de Corpo Cilíndrico com a Água**, Instituto de Aeronáutica e Espaço.

ESDU 09012, 2009, **Aerodynamics of Parachutes**, ITA.

KNACKKE, M.T. **Parachute Recovery Systems Design Manual**. 1. ed. Santa Barbara, CA: Para Publishing, 1992 (NWC TP 6575).

POTOLSKY, L., 2017, **Projeto Preliminar de Paraquedas de Uso Aeroespacial**, Dissertação de Mestrado, UNESP – Campus de Guaratinguetá, SP, 78 pp.

SOBRE OS ORGANIZADORES

Franciele Braga Machado Tullio - Engenheira Civil (Universidade Estadual de Ponta Grossa - UEPG/2006), Especialista em Engenharia de Segurança do Trabalho (Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR/2009, Mestre em Ensino de Ciências e Tecnologia (Universidade Tecnológica federal do Paraná – UTFPR/2016). Trabalha como Engenheira Civil na administração pública, atuando na fiscalização e orçamento de obras públicas. Atua também como Perita Judicial em perícias de engenharia. E-mail para contato: francielebmachado@gmail.com

Lucio Mauro Braga Machado - Bacharel em Informática (Universidade Estadual de Ponta Grossa – UEPG/1995), Licenciado em Matemática para a Educação Básica (Faculdade Educacional da Lapa – FAEL/2017), Especialista em Desenvolvimento de Aplicações utilizando Tecnologias de Orientação a Objetos (Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR/ 2008). É coordenador do Curso Técnico em Informática no Colégio Sant’Ana de Ponta Grossa/PR onde atua também como professor desde 1992, também é professor na Faculdade Sant’Ana atuando na área de Metodologia Científica, Metodologia da Pesquisa e Fundamentos da Pesquisa Científica e atua como coordenador dos Sistemas de Informação e do Núcleo de Trabalho de Conclusão de Curso da instituição. E-mail para contato: machado.lucio@gmail.com

ÍNDICE REMISSIVO

A

Aeroportos brasileiros 57, 58, 59, 60, 62, 63, 65, 66, 67, 68, 72, 73, 74

Álgebra linear 185

ALT 48, 49, 50

Ambiente de tarefa 99, 101, 102

Ambiente espacial 174, 175

Ambiente geral 99, 100, 101, 102, 103, 105, 106, 107, 108

Automatizado 77, 78, 79, 81, 85

B

Banco de dados 51, 57, 165, 169, 170

C

Cadeia de distribuição 57, 66, 71

Classificação 132, 133

Clima organizacional 99, 103, 104, 105, 106, 108, 109

Componente de satélite 174

Controle de acesso 165

Cortador-de-grama 77

D

Dimensionamento 17, 18, 22, 24, 84, 112, 115, 120, 124

Dose ionizante total acumulada 174, 175

E

Economia 75, 77, 105, 120, 193

Eficiência 23, 77, 85, 185

F

Física da falha 48, 49, 50, 52, 53, 54, 55

Foguete 17

G

Geometria analítica 185, 197, 198

Ground stations 147, 148, 150

L

LDA 48, 49, 50

Limite de resistência à tração 86, 87, 88, 92, 93, 94

M

Metodologia científica 125, 126, 128, 129, 130, 131, 206

Métodos de pesquisa 125, 126, 129

Métodos de predição da confiabilidade 48, 52

Métodos de solução 132, 133, 138, 140, 144

Modelagem matemática 26, 28, 37, 146

Modelo de malthus 26, 31, 32, 35

Modelo de verhulst 26, 29, 31, 34, 35

P

Panorama 70, 75, 132

Paraquedas 17, 18, 19, 21, 22, 23, 24, 25

Profiles 39, 41, 43, 46, 47

Programação da produção 132, 133, 134, 135, 136, 137, 138, 139, 140, 145

Q

Querosene de aviação 57, 58, 59, 61, 66, 69, 71, 75

R

Refino de grãos 87

S

Satellites 147, 148, 149, 150, 151, 152, 159, 160, 161, 162, 163, 164

Secções cônicas 185, 186, 187, 188, 197

Segurança 1, 77, 78, 79, 84, 85, 105, 115, 124, 165, 166, 167, 168, 171, 172, 206

Segurança escolar 165

Servidor web 165, 170

Software defined radio 147, 164

Software processes 39, 41, 43

Soja 26, 27, 28, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38

Space systems 147, 174

T

Tocantins 26, 27, 28, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38

Transistor 2n2222a 174, 179, 180

V

Vse 39, 41, 42, 46

Z

Zircônio 86, 87, 88, 90, 97

