

Conhecimentos pedagógicos e conteúdos disciplinares

das ciências exatas e da terra

2



Conhecimentos pedagógicos e conteúdos disciplinares

das ciências exatas e da terra

2



Editora chefe

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Editora executiva

Natalia Oliveira

Assistente editorial

Flávia Roberta Barão

Bibliotecária

Janaina Ramos

Projeto gráfico

Camila Alves de Cremo

Daphynny Pamplona

Gabriel Motomu Teshima

Luiza Alves Batista

Natália Sandrini de Azevedo

Imagens da capa

iStock

Edição de arte

Luiza Alves Batista

2021 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do texto © 2021 Os autores

Copyright da edição © 2021 Atena Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.

Open access publication by Atena Editora



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição *Creative Commons*. Atribuição-Não-Comercial-NãoDerivativos 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0).

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores, inclusive não representam necessariamente a posição oficial da Atena Editora. 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.

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação com base em critérios de neutralidade e imparcialidade acadêmica.

A Atena Editora é comprometida em garantir a integridade editorial em todas as etapas do processo de publicação, evitando plágio, dados ou resultados fraudulentos e impedindo que interesses financeiros comprometam os padrões éticos da publicação. Situações suspeitas de má conduta científica serão investigadas sob o mais alto padrão de rigor acadêmico e ético.

Conselho Editorial

Ciências Exatas e da Terra e Engenharias

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto

Profª Drª Ana Grasielle Dionísio Corrêa – Universidade Presbiteriana Mackenzie

Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás

Profª Drª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná

Prof. Dr. Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás

Prof. Dr. Douglas Gonçalves da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Profª Drª Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
Profª Dra. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Luciana do Nascimento Mendes – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá
Prof. Dr. Marco Aurélio Kistemann Junior – Universidade Federal de Juiz de Fora
Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Profª Drª Priscila Tessmer Scaglioni – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Sidney Gonçalo de Lima – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

Conhecimentos pedagógicos e conteúdos disciplinares das ciências exatas e da terra 2

Diagramação: Camila Alves de Cremo
Correção: Mariane Aparecida Freitas
Indexação: Amanda Kelly da Costa Veiga
Revisão: Os autores
Organizador: Francisco Odécio Sales

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

C749 Conhecimentos pedagógicos e conteúdos disciplinares das ciências exatas e da terra 2 / Organizador Francisco Odécio Sales. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2021.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-5983-617-8

DOI: <https://doi.org/10.22533/at.ed.178212511>

1. Ciências exatas e da terra. I. Sales, Francisco Odécio (Organizador). II. Título.

CDD 507

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

Atena Editora

Ponta Grossa – Paraná – Brasil

Telefone: +55 (42) 3323-5493

www.atenaeditora.com.br

contato@atenaeditora.com.br

DECLARAÇÃO DOS AUTORES

Os autores desta obra: 1. Atestam não possuir qualquer interesse comercial que constitua um conflito de interesses em relação ao artigo científico publicado; 2. Declaram que participaram ativamente da construção dos respectivos manuscritos, preferencialmente na: a) Concepção do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação de dados; b) Elaboração do artigo ou revisão com vistas a tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final do manuscrito para submissão.; 3. Certificam que os artigos científicos publicados estão completamente isentos de dados e/ou resultados fraudulentos; 4. Confirmam a citação e a referência correta de todos os dados e de interpretações de dados de outras pesquisas; 5. Reconhecem terem informado todas as fontes de financiamento recebidas para a consecução da pesquisa; 6. Autorizam a edição da obra, que incluem os registros de ficha catalográfica, ISBN, DOI e demais indexadores, projeto visual e criação de capa, diagramação de miolo, assim como lançamento e divulgação da mesma conforme critérios da Atena Editora.

DECLARAÇÃO DA EDITORA

A Atena Editora declara, para os devidos fins de direito, que: 1. A presente publicação constitui apenas transferência temporária dos direitos autorais, direito sobre a publicação, inclusive não constitui responsabilidade solidária na criação dos manuscritos publicados, nos termos previstos na Lei sobre direitos autorais (Lei 9610/98), no art. 184 do Código Penal e no art. 927 do Código Civil; 2. Autoriza e incentiva os autores a assinarem contratos com repositórios institucionais, com fins exclusivos de divulgação da obra, desde que com o devido reconhecimento de autoria e edição e sem qualquer finalidade comercial; 3. Todos os e-book são *open access*, desta forma não os comercializa em seu site, sites parceiros, plataformas de *e-commerce*, ou qualquer outro meio virtual ou físico, portanto, está isenta de repasses de direitos autorais aos autores; 4. Todos os membros do conselho editorial são doutores e vinculados a instituições de ensino superior públicas, conforme recomendação da CAPES para obtenção do Qualis livro; 5. Não cede, comercializa ou autoriza a utilização dos nomes e e-mails dos autores, bem como nenhum outro dado dos mesmos, para qualquer finalidade que não o escopo da divulgação desta obra.

APRESENTAÇÃO

A obra "Conhecimentos pedagógicos e conteúdos disciplinares das ciências exatas e da terra 2" aborda uma série de livros de publicação da Atena Editora, em seu I volume, apresenta, em seus 16 capítulos, discussões de diversas abordagens acerca do ensino e educação. As Ciências Exatas e da Terra englobam, atualmente, alguns dos campos mais promissores em termos de pesquisas atuais. Estas ciências estudam as diversas relações existentes da Astronomia/Física; Biodiversidade; Ciências Biológicas; Ciência da Computação; Engenharias; Geociências; Matemática/ Probabilidade e Estatística e Química. O conhecimento das mais diversas áreas possibilita o desenvolvimento das habilidades capazes de induzir mudanças de atitudes, resultando na construção de uma nova visão das relações do ser humano com o seu meio, e, portanto, gerando uma crescente demanda por profissionais atuantes nessas áreas. A ideia moderna das Ciências Exatas e da Terra refere-se a um processo de avanço tecnológico, formulada no sentido positivo e natural, temporalmente progressivo e acumulativo, segue certas regras, etapas específicas e contínuas, de suposto caráter universal. Como se tem visto, a ideia não é só o termo descritivo de um processo e sim um artefato mensurador e normalizador de pesquisas. Neste sentido, este volume é dedicado aos trabalhos relacionados a ensino e aprendizagem. A importância dos estudos dessa vertente, é notada no cerne da produção do conhecimento, tendo em vista o volume de artigos publicados. Nota-se também uma preocupação dos profissionais de áreas afins em contribuir para o desenvolvimento e disseminação do conhecimento. Os organizadores da Atena Editora, agradecem especialmente os autores dos diversos capítulos apresentados, parabenizam a dedicação e esforço de cada um, os quais viabilizaram a construção dessa obra no viés da temática apresentada. Por fim, desejamos que esta obra, fruto do esforço de muitos, seja seminal para todos que vierem a utilizá-la.

Francisco Odécio Sales

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1..... 1

ALTERNATIVE FOR THE QUALITY CONTROL OF ANTILOMONIC SÉRUM PRODUCTION PROPOSED BY *Lonomia obliqua* CATERPILLARS USING ANALYTIC TECHNIQUES

Anicarine Ribeiro Leão
Cibele Bugno Zamboni
Dalton Giovanni Nogueira da Silva
Simone Michaela Simons

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.1782125111>

CAPÍTULO 2..... 5

ANÁLISE DE ESTABILIDADE UTILIZANDO A TEORIA DE FLOQUET EM SISTEMAS DE TETHERS

Denilson Paulo Souza dos Santos
Jorge Kennety Silva Formiga
Guilherme Marcos Neves
Guilherme Parreira Moia
Rita de Cássia Domingos

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.1782125112>

CAPÍTULO 3..... 17

CONSTITUINTES E CONTAMINANTES MINERAIS EM SUPLEMENTOS *WHEY PROTEIN*: ESTUDO DE CASO E ESTRATÉGIAS PARA ANÁLISE QUÍMICA

Thalles Pedrosa Lisboa
Antonio Pedro Nogueira Guimarães
Lucas Vinicius de Faria
Rafael Arromba de Sousa

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.1782125113>

CAPÍTULO 4..... 30

CLASSIFICAÇÃO DE TRÁFEGO EM REDES DEFINIDAS POR SOFTWARE UTILIZANDO REDES NEURAS ARTIFICIAIS DO TIPO MLP

Nilton Alves Maia
Victor de Freitas Arruda
Maurílio José Inácio
Renê Rodrigues Veloso

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.1782125114>

CAPÍTULO 5..... 43

CRESCIMENTO EM DAP E ALTURA TOTAL DE CINCO ÁREAS CILIARES NO MUNICÍPIO DE GURUPI-TO

Maria Cristina Bueno Coelho
Mauro Luiz Erpen
Marcos Vinicius Cardoso Silva
Yandro Santa Brigida Ataide
Mathaus Messias Coimbra Limeira

Walberisa Magalhães Gregório
Maurilio Antonio Varavallo
Juliana Barilli
André Ferreira dos Santos,
Max Vinícios Reis de Sousa
Marcos Giongo

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.1782125115>

CAPÍTULO 6..... 53

ESTUDO SOBRE MANOBRAS DE FASE

Gabriel Homero Barros Vieira
Claudia Celeste Celestino de Paula Santos

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.1782125116>

CAPÍTULO 7..... 69

**AVALIAÇÃO DAS PROPRIEDADES MECÂNICAS DE COMPÓSITOS DE POLIPROPILENO
CARREGADOS COM FARINHA DE BAGAÇO DE MANDIOCA**

Alexsandro Bussinger Bon
Nancy Isabel Alvarez Acevedo
Marisa Cristina Guimarães Rocha

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.1782125117>

CAPÍTULO 8..... 82

**GENERATION OF WIND ENERGY WITH KITES: A REVIEW OF THE AIRBORNE WIND
ENERGY TECHNOLOGY**

Laura Barros Cordeiro Peçanha
Natalia de Souza Barbosa Oliveira
Wagner Vianna Bretas

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.1782125118>

CAPÍTULO 9..... 97

**INTERVENÇÃO PSICOSSOCIAL COM A TÉCNICA DE GRUPO OPERATIVO NO ENSINO
SUPERIOR NA FACULDADE DE FILOSOFIA CIÊNCIAS, E LETRAS DE CANDEIAS –
BAHIA - INTEGRAR PARA RESIGNIFICAR**

Adilton Dias de Santana
Jessica Alves de Amorim Silva
Nadjane Crisóstomos

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.1782125119>

CAPÍTULO 10..... 108

**MONITORIA DE GEOLOGIA GERAL PARA O CURSO DE ENGENHARIA DE MINAS: UM
RELATO DE EXPERIÊNCIA**

Cibele Tunussi
Marcos Henrique Pacheco

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.17821251110>

CAPÍTULO 11..... 115

CARACTERIZACIÓN MORFOGENÉTICAS Y CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS DE LA CUENCA DE SALINAS GRANDES, PUNA NORTE ARGENTINA

María del Carmen Visich

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.17821251111>

CAPÍTULO 12..... 128

O ENSINO DE CIÊNCIAS NO ENSINO FUNDAMENTAL: EXPERIMENTO PARA PURIFICAÇÃO DA ÁGUA

Sandra Cadore Peixoto

Ail Conceição Meireles Ortiz

Janilse Fernandes Nunes

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.17821251112>

CAPÍTULO 13..... 139

PRODUÇÃO DE MEMBRANAS DE CELULOSE BACTERIANA A PARTIR DE DIFERENTES SUBSTRATOS EM CULTURA ESTÁTICA: UMA REVISÃO

Eduarda Zeni Neves

Bruna Segat

Geasi Lucas Martins

Michele Cristina Formolo Garcia

Giannini Pasiznick Apati

Andrea Lima dos Santos Schneider

Ana Paula Testa Pezzin

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.17821251113>

CAPÍTULO 14..... 151

DESTRITOS ESPACIAIS: CONSEQUÊNCIAS AO MEIO AMBIENTE E AO ESPAÇO

Letícia Camargo de Moraes

Jorge Kennety Silva Formiga

Fabiana Alves Fiore Pinto

Denilson Paulo Souza dos Santos

Vivian Silveira dos Santos Bardini

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.17821251114>

CAPÍTULO 15..... 163

UMA PROPOSTA DE SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA OS MODELOS ATÔMICOS UTILIZANDO O SIMULADOR PHET

Carla Caroline Melgueira da Silva

Paula Gabrielly Freire Jacyntho

Andrey Martins Monteiro

Maria Luiza Santos Cuvello

Yasmin Ferreira da Silva

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.17821251115>

CAPÍTULO 16.....	174
VISUALIZAÇÃO DAS DIFERENÇAS NUMÉRICAS ENTRE AS ALTITUDES NORMAL E ORTOMÉTRICA NO ESTADO DO MATO GROSSO DO SUL - ESTUDO DE CASO Roosevelt De Lara Santos Jr  https://doi.org/10.22533/at.ed.17821251116	
SOBRE O ORGANIZADOR.....	185
ÍNDICE REMISSIVO.....	186

ANÁLISE DE ESTABILIDADE UTILIZANDO A TEORIA DE FLOQUET EM SISTEMAS DE TETHERS

Data de aceite: 01/11/2021

Denilson Paulo Souza dos Santos

Universidade Estadual Paulista – UNESP,
campus de São João da Boa Vista
São João da Boa Vista – SP
<https://orcid.org/0000-0003-2682-4043>

Jorge Kennety Silva Formiga

Universidade Estadual Paulista – UNESP,
campus de São José dos Campos
São José dos Campos – SP
<https://orcid.org/0000-0002-0004-7496>

Guilherme Marcos Neves

Universidade Estadual Paulista – UNESP,
campus de São João da Boa Vista
São João da Boa Vista – SP
<http://lattes.cnpq.br/3269469964323365>

Guilherme Parreira Moia

Universidade Estadual Paulista – UNESP,
campus de São João da Boa Vista
São João da Boa Vista – SP
<http://lattes.cnpq.br/4619733986441108>

Rita de Cássia Domingos

Universidade Estadual Paulista – UNESP,
campus de São João da Boa Vista
São João da Boa Vista – SP
<https://orcid.org/0000-0002-0516-0420>

RESUMO: O estudo de estabilidade de soluções para sistemas ligados por cabos (tether systems) são considerados neste trabalho, assumindo as seguintes suposições: dois corpos conectados por cabos de tamanho ajustável, com massas

diferentes, em uma órbita Kepleriana em um campo de força central. Nosso objetivo foi a análise as soluções de equilíbrio de estruturas espaciais ligados por cabo (tether) utilizando leis de controle para o tamanho do cabo. As soluções são encontradas assumindo leis de controles em função da variável independente excentricidade (e) e anomalia verdadeira (v) que descrevem a dinâmica orbital do sistema. A Teoria de Floquet foi utilizada para analisar as soluções contínuas e periódicas na matriz de monodromia do sistema e as leis de controle foram encontradas com as regiões que contém soluções de estabilidade para órbitas periódicas para a excentricidade e anomalia verdadeira.

PALAVRAS-CHAVE: Sistemas Ligados por Cabos; Detritos Espaciais; Estabilidade; Controle.

STABILITY ANALYSIS USING THE FLOQUET THEORY IN TETHERS SYSTEMS

ABSTRACT: The study of stability of the solution for tether systems were considered in this work, with the following assumptions: two bodies connected by cables of adjustable size, with different masses, in a Keplerian orbit in central force field. Our goal is analyzing equilibrium solutions of the tether using a control law for the cable size. The solutions are found assuming a control law in function of independent variables eccentricity (e) and true anomaly (v) that describe the orbital dynamic of the problem. The Floquet theory was used to analyze the continuous and periodic solutions in the monodromy matrix of the system, and control laws were found with stability

solutions for periodic orbits for eccentricity and true anomaly.

KEYWORDS: Space Tethers; Space Debris; Stability; Control.

1 | INTRODUÇÃO

Tether systems são sistemas formados por objetos rígidos ligados entre si por cabos flexíveis e de elevado comprimento, conhecidos como tethers. Possuem grande potencial para transporte de cargas ao espaço sem o uso de propelentes. Entre suas diversas aplicações em missões espaciais podemos citar o conceito de elevador espacial e a criação de gravidade artificial.

Em 1895, foram descritos por Tsiolkovskii em *“Day-Dreams of Earth and Haven”* a primeira estrutura espacial formada por sistemas de Tethers (Sistemas conectados por cabos) que ficou registrado nos anais da história (BELETSKY; LEVIN, 1993), que descrevem a criação de uma gravidade artificial gerada por um sistemas de Tethers em rotação de uma estação espacial. A missão *Gemini XI* demonstrou na prática o conceito de geração de gravidade artificial por sistemas ligados por cabos (tethers systems). Aprimorado por (CHOBOTOV; MAINS, 1999), onde a primeira tarefa era conectar um cabo de cerca de 30 m entre as espaçonaves *Gemini* e *Agena* e colocar o sistema em uma rotação lenta para produzir uma gravidade artificial, procedimento repetido com sucesso alguns anos depois com o projeto *Gemini XII*.

O problema de *Space Tether Systems* foi estudado em vários artigos publicados, Beletsky e Levin (BELETSKY; LEVIN, 1993), começam definindo o cenário para cabos no espaço, resumindo as possíveis aplicações e também discutindo fatos e ficção, analisando claramente os principais parâmetros e aplicações para sistemas de cabos (TS), como a densidade do material, as forças efetivas, dinâmica orbital, modelos mecânicos, atitude e possíveis perturbações para os cabos flexíveis levando em consideração suas massas, desconsiderando as massas e possíveis variações massivas. Durante a década, Person (PEARSON, 1979) passou a considerar aplicações dessas formulações em satélites lunares para transporte e comunicação de dados, usando o conceito de elevadores espaciais, a dinâmica de três corpos, usando os pontos Lagrangianos L_1 e L_2 para explorar a estabilidade. A ideia de um elevador espacial como uma forma conveniente e de baixo custo de acessar o espaço foi formulado em 1960 pelo russo Yuri Artsutanov (ARTSUTANOV, 1969) no trabalho *“Into the Cosmos without Rockets”* onde analisou as possibilidades de criação de um elevador espacial conectando a terra a uma órbita de cerca de 36000 km. Os requisitos mínimos para um elevador espacial é obviamente um cabo forte o suficiente para suportar seu próprio peso quando pendurado em uma órbita geoestacionária.

Aslanov em um de seus artigos realiza um estudo da dinâmica de um tether após a ruptura de um elevador espacial devido à uma colisão com um fragmento no espaço (ASLANOV et al., 2013). Foi considerado que a ruptura se deu em uma órbita

geoestacionária, levando em conta a ação de forças de origens gravitacionais, inerciais e aerodinâmicas. Foi descoberto que alguns fragmentos chegaram até a superfície terrestre com uma velocidade considerável. Em um outro artigo, Aslanov (ASLANOV; MISRA; YUDINTSEV, 2017), aborda um movimento caótico de um sistema formado por um rebocador (tug-debris) de baixo empuxo, causado pelos efeitos da excentricidade da órbita e o valor do empuxo exercido. Considerou-se o sistema como duas massas pontuais conectadas por um tether de massa desprezável. Obteve-se uma equação geral para o movimento, a fim de analisar os efeitos causados pela excentricidade e pela perturbação gerada por um movimento fora do plano de referência.

Bainum and Kumar (BAINUM; KUMAR, 1980), pesquisou leis de controle alternativas com base em aplicações do regulador linear (LR), analisando as condições necessárias e suficientes para a estabilidade do movimento do sistema (linear) nas proximidades de sua localização nominal e pontos de equilíbrio. Misra and Amier (MISRA; AMIER; MODI, 1988) discutem as possibilidades de configuração de equilíbrio do *TS* utilizando um pêndulo duplo dentro de um plano orbital, fixando dois casos: cabo de comprimento fixo e comprimento variável, também foram analisadas a resposta dinâmica do sistema no problema de três corpos. Kalantzis (KALANTZIS et al., 1998) analisou o comportamento dos cabos verificando em três dimensões o movimento de atitude, usando a formulação Lagrangiana para as equações de movimento e implementou dois controladores independentes: controle de atitude e de vibração.

Um controle de atitude de satélites foi desenvolvido utilizando um controle em “*feedback linearization technique (FLT)*” com atuadores. Misra (MISRA, 2008) evidenciou a dinâmica e o controle de satélites ligados por cabos (Tethers) de dois corpos e n-corpos, enfocando os efeitos das forças aerodinâmicas e eletrodinâmicas na estabilidade de um satélite conectado.

Chobotov and Main (CHOBOTOV; MAINS, 1999) analisaram a probabilidade de colisão com objetos residentes no espaço (*Space Debris*), detritos naturais (micro meteoroides) e objetos humanos (estágios de foguetes, satélites antigos, fragmentos de desintegração, erosão e colisões) que orbitam a Terra. Investigaram a probabilidade de impacto com partículas de 0,1 mm ou mais, e obteve resultados que mostram que a probabilidade é alta para objetos maiores que 10 cm de diâmetro.

Burov et al. (BUROV; KOSENKO, 2007; BUROV; PASCAL; SLEPANOV, 2000) mostram o movimento de *tethers* considerando oscilações de halteres, corpos no campo de força central incluindo vibrações, mostrando soluções de estabilidade para ângulos na dinâmica caótica em órbita elíptica. Burov et al. (BUROV et al., 2018; BUROV; TROGER, 2000; BUROV; KONONOV; GUERMAN, 2011) analisam o problema em outro aspecto do pêndulo ancorado na lua, considerando as rotações uniformes de um sistema amarrado de dois corpos em movimento plano e o controle do comprimento da corda, também visto em (FERREIRA, 2015b), e um sistema *tethered* na lua com comprimento de tether variável em

problema um restrito de três corpos. Em diversos estudos (FERREIRA et al., 2018a, 2019; MOIA; SANTOS; FORMIGA, 2019), foram sugeridos métodos de controle da configuração geométrica para *Tethers Systems* incluindo o estudo em nanosatélites.

Jin e Hu (JIN; HU, 2006) usou a teoria de controle ótimo para resolver o problema, com uma combinação de quase-linearização e séries Chebyshev truncada, um método útil para resolver o problema de controle ótimo não linear restrito do sistema de subsatélite *tethered* com três graus de liberdade.

Um review sobre o tema foi elaborado por (CARTMELL; MCKENZIE, 2008) e analisou detalhadamente as referências sobre o tema, considerando a propulsão e a carga útil no espaço. Nesta revisão, dois campos importantes da literatura foram classificados e enfatizados: troca de momento e cabos eletrodinâmicos, e mostrando as principais configurações, desenvolvimentos e tecnologias empregadas nas missões atuais.

Outras aplicações de sistemas que utilizam tethers (BIRKHOFF, 1927) (BIRKHOFF, 1927) são visualizadas nestes trabalhos, dando ênfase a sistemas de penetração no corpo, que consiste em lançar uma espaçonave e durante uma manobra gravitacionalmente assistida de *rendezvous* em um cometa ou asteroide, é lançado um cabo e ele é fixado no respectivo corpo penetrando a superfície, com objetivo de coletar amostras da superfície do corpo ou realizar um *swingby* no mesmo (FERREIRA et al., 2017, 2018d; FERREIRA; PRADO; WINTER, 2018), manobras que estão sendo realizadas pelas agências espaciais, que é o caso da missão OSIRIS-REX que coletou amostras no asteroide Bennu em 2020.

Ferreira (FERREIRA et al., 2018b) realiza um estudo da dinâmica de um sistema composto por um asteroide duplo onde será ancorado um tether em um dos corpos. Com a finalidade de se obter os pontos de equilíbrio e analisar a estabilidade do sistema, foi necessário conhecer o formato, dimensões e a distribuição de massa do asteroide. Inicialmente os corpos foram tratados como esferas e obteve-se um resultado parcial, em seguida adicionou-se irregularidades nos corpos tornando o formato mais realista. Foram analisados os asteroides Ostro e Atiope, ambos são asteroides duplos e síncronos. Obteve-se que para os asteroides irregulares em que o ponto de ancoragem estava no plano formado pelos corpos primários não foram encontradas soluções fora deste plano. Em um outro trabalho, Ferreira (FERREIRA et al., 2018c) aborda um “portal de captura” capaz de alterar o movimento de um veículo espacial, realizando uma manobra “estilingue” sem gasto de combustível. Esta manobra consiste em um tether fixo na superfície de um corpo enquanto a outra extremidade possui uma rede, que será utilizada pelo veículo para executá-la, e pode ser utilizada para captura ou escape em relação ao corpo principal.

Santos (SANTOS et al., 2015) analisou as condições de equilíbrio para um sistema formado por um halter, composto por duas massas pontuais conectadas por um cabo de massa desprezável e de comprimento variável. A órbita elíptica planar é descrita a partir do centro de massa do sistema e as equações de movimento foram obtidas através da formulação Lagrangiana considerando as energias cinéticas e potenciais do sistema. Foram

obtidas leis de controle para o ângulo de rotação ao redor do centro de massa e utilizou-se da teoria de Floquet para adquirir as condições de estabilidade. Santos (SANTOS; FERREIRA, 2015) aborda o sistema composto por um haltere, desta vez considerando o movimento tridimensional fora do plano de referência. Foram analisados dois casos, o primeiro para o comprimento do tether dependente da excentricidade, anomalia verdadeira e de seu comprimento inicial.

2 | MODELO INICIAL E FORMULAÇÃO MATEMÁTICA

Cabos são parte integrante de vários sistemas de engenharia, *e.g* guindastes de cabo, teleféricos e unidades industriais. Seu peso leve tem vantagens óbvias para a transmissão das forças do atuador. A geometria do problema envolve conectar corpos por cabos em um ambiente de campo de força central (kepleriano), sob a ação das forças dos primários.

A princípio iremos considerar o movimento de um halteres conectado por cabos em um campo de força central newtoniano em movimento kepleriano planar com 2 pontos de massa desprezáveis m_1 e m_2 (Figura 1), em órbita elíptica em torno do primário e não sujeito a forças externas, além da força gravitacional.

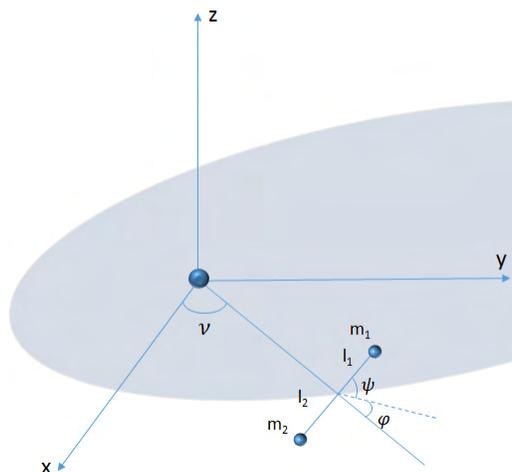


Figura 1 - Sistema de tethers formado por 1 halteres.

sem massa, pode-se negligenciar a orientação do sistema e, portanto, negligenciar as variações sobre o centro de massa. Esta formulação permite que o movimento seja descrito por um sistema kepleriano de movimento.

$$\rho = \frac{p}{1 + e \cos(v)} \quad (1)$$

com ρ como parâmetro focal, e excentricidade, η anomalia verdadeira. As coordenadas do sistema são:

$$\begin{cases} x_0 = \rho \cos(v) \\ y_0 = \rho \sin(v) \\ x_1 = x_0 + l_1 \rho \cos(v + \varphi) \\ y_1 = y_0 + l_1 \rho \sin(v + \varphi) \\ x_2 = x_0 - l_2 \rho \cos(v + \varphi) \\ y_2 = y_0 - l_2 \rho \sin(v + \varphi) \end{cases} \quad (2)$$

Onde, x_0 e y_0 são os vetores componentes da posição do centro de massa; (\vec{r}_0) ; x_i e y_i são as coordenadas da posição dos pontos massivos i , (\vec{r}_i) .

$$\begin{cases} \vec{r}_0 = (x_0, y_0) \\ \vec{r}_1 = (x_1, y_1) \\ \vec{r}_2 = (x_2, y_2) \end{cases} \quad (3)$$

A energia potencial do sistema pode ser obtida com a seguinte expressão:

$$V = - \sum_{i=1}^n \left(\frac{\mu_0 m_i}{|\vec{r}_i|} \right) \quad (4)$$

Onde: n representa o número de pontos de massas do sistema; m_i representa a massa do ponto; (\vec{r}_i) a distância do ponto do ponto de massa ao centro da Terra; $\mu_0 = GM$; G constante universal gravitacional; M massa do primário, neste caso a Terra, temos a energia potencial para os 2 corpos,

$$V = - \frac{\mu_0 m_1}{|\vec{r}_1|} - \frac{\mu_0 m_2}{|\vec{r}_2|} \quad (5)$$

Serão introduzidas 2 novas variáveis μ e m , para uma simplificação:

$$\mu = \frac{m_1}{m} \quad (6)$$

$$m = m_1 + m_2 \quad (7)$$

Aplicando-os à equação temos:

$$V = -\mu_0 \mu \left(\frac{m}{\sqrt{x_1^2 + y_1^2}} + \frac{1 - m}{\sqrt{x_2^2 + y_2^2}} \right) \quad (8)$$

O resultado da Eq. 8 pode ser simplificado, introduzindo uma variável $\lambda = \frac{1}{p}$, e assumindo que $\lambda \ll 1$, i.e., o comprimento do tether é muito menos que o parâmetro focal p . Utilizando uma expansão em série de Taylor de 2ª ordem para o potencial obtemos,

$$V = \frac{m(\mu - 1)\mu\mu_0(1 + e \cos(v))^3(1 + 3 \cos(2\varphi))\lambda^2}{4p} - \frac{m\mu_0(1 + e \cos(v))}{p} \quad (9)$$

e desprezando os erros de aproximação.

A energia cinética do sistema pode ser obtida pela seguinte equação,

$$T = \sum_{i=1}^n \frac{m_i |\bar{v}_i|^2}{2} \quad (10)$$

As Equações diferenciais ordinárias de segunda ordem, que descrevem o movimento de sistemas mecânicos sob a ação de forças aplicadas, onde $L = T - V$. Para a análise a seguir, as coordenadas generalizadas são φ e l e o sistema está apenas sob o gradiente de gravidade e o sistema é conservativo. Duas equações podem ser obtidas com base nessas coordenadas:

$$\begin{cases} \frac{d}{dt} \left(\frac{\partial L}{\partial \dot{\varphi}} \right) - \frac{dL}{d\varphi} = 0 \\ \frac{d}{dt} \left(\frac{\partial L}{\partial \dot{l}} \right) - \frac{dL}{dl} = 0 \end{cases} \quad (11)$$

Se o sistema for resolvido e for possível, pode-se perceber que a corda vai crescer, atingindo valores fisicamente impossíveis, quaisquer que sejam as condições iniciais. Definindo φ e l permite controlar o sistema, neste caso foi escolhido definir φ e obter consecutivamente o comportamento l . O resultado da referida equação é:

$$l \left(3\mu_0 \sin(2\varphi) (1 + e \cos(v))^3 + 2p^3 (\ddot{v} + \dot{\varphi}) \right) + 4p^3 \dot{l} (\dot{v} + \dot{\varphi}) = 0 \quad (12)$$

Todas essas variáveis estão relacionadas ao tempo. Para uma formulação mais vantajosa, considere uma relação atemporal, baseada apenas em posições gerais e dada pela nova anomalia verdadeira como variável independente v , denotando a respectiva derivada pela equação de *Stroke* (SANTOS; FERREIRA, 2015), com

$$\left(\frac{\partial}{\partial t} \right)' = \frac{d}{dv}; \quad \frac{d}{dt} = \dot{v} \frac{d}{dv} = \omega_0 (1 + e \cos(v))^2 \frac{d}{dv}; \quad \omega_0 = \frac{\mu_0}{p^3} \quad (13)$$

A equação do movimento do sistema espacial pode ser escrita como,

$$(1 + e \cos(v))\varphi'' + 2 \left(\frac{l'}{l} (1 + e \cos(v)) - e \sin(v) \right) (\varphi' + 1) + 3 \cos(\varphi) \sin(\varphi) = 0 \quad (14)$$

3 | CONDIÇÕES DE ESTABILIDADE DO SISTEMA DINÂMICO - TEORIA DE FLOQUET

Para analisar as condições de estabilidade das soluções da Equação 14, sendo uma Equação diferencial ordinária não linear, é possível verificar a estabilidade analisando o

comportamento do sistema em torno de pequenas oscilações. A solução das equações de variação após um período T da órbita periódica, com a condição inicial é a matriz identidade (I) é conhecida como *Matriz de Monodromia* (A).

Sugerindo uma lei de controle alternativa para o sistema de movimento, suponha a seguinte relação para o desempenho do cabo,

$$l(v) = \eta(v) \frac{l_0}{1 + e \cos(v)} \quad (15)$$

Considerando, $\varphi = \omega v + \varphi_0$, analisando a vizinhança em torno do ponto, $\varphi_0 = 0$, obtêm-se:

$$4(\omega + 1 + \delta\varphi')(1 + e \cos(v)) \frac{\eta'(v)}{\eta(v)} + 3 \sin(2(\omega v + \delta\varphi)) + 2(1 + e \cos(v))\delta\varphi'' = 0 \quad (16)$$

Substituindo a Equação $\varphi = \omega v + \delta\varphi$ em relação a anomalia verdadeira $\eta(v)$ com variável independente,

$$\delta\varphi''(1 + e \cos(v)) + 3 \cos(2\omega v + \delta\varphi) \sin(\delta\varphi) - \frac{3 \sin(\delta\varphi')}{2(\omega + 1)} = 0 \quad (17)$$

Esta é a equação diferencial não linear do movimento perturbado (equação da perturbação com pequenas variações). A equação linearizada é obtida através de simplificações trigonométricas e a Equação 17 será reescrita da seguinte forma,

$$(1 + e \cos(v))\delta\varphi'' + \frac{3}{2} \left(2 \cos(2\omega v) \delta\varphi - \frac{\sin(2\omega v) \delta\varphi'}{\omega + 1} \right) = 0 \quad (18)$$

A matriz é obtida pela integração numérica de um período da órbita (2π) da equação da variação (Equação 18). Um bom refinamento numérico do fechamento da órbita é essencial para obter uma matriz de monodromia (A) precisa, a matriz de monodromia é obtida para analisar a estabilidade em relação a pequenas perturbações ($\delta\varphi$) do ângulo de orientação φ .

A Equação 18 é a equação das variações e é possível analisar sua estabilidade usando a teoria de Floquet, pois essa equação é uma equação diferencial linearizada de segunda ordem com coeficientes periódicos. A equação linearizada restringe esta análise a pequenas variações de φ . Aplicando a teoria de Floquet, encontra-se a matriz de monodromia para este sistema.

A matriz de monodromia de estabilidade (A) tem algumas propriedades importantes, que são: $\det(A)=1$; $\{\lambda_1=\lambda; \lambda_2=\lambda^{-1}\}$ Autovalores da matriz; $Tr(A)=2+\sum \lambda_r$.

ω	e	ω	e
-4	[0, 0.2956] U [0.9063, 0.9334]	0	[0, 0.9999]
-3.75	[0.7821, 0.8333]	0.25	No Solutions found
-3.5	[0, 0.0966] U [0.6824, 0.7690]	0.5	No Solutions found
-3.25	[0.6328, 0.7542]	0.75	[0.0177, 0.0325]
-3	[0, 0.7895]	1	[0.8789, 0.8805]
-2.75	[0, 0.6370]	1.25	No Solutions found
-2.5	[0, 0.4906]	1.5	[0.0, 0.1338]
-2.25	[0, 0.1935]	1.75	[0.0, 0.2684]
-2	[0, 0.5453]	2	[0, 0.5539] U [0.9778, 0.9789]
-1.75	No Solutions found	2.25	[0, 0.5820]
-1.5	No Solutions found	2.5	[0, 0.6451]
-1.25	No Solutions found	2.75	[0.6426, 0.7665]
-1	-	3	[0, 0.0989] U [0.9666, 0.9859]
-0.75	No Solutions found	3.25	[0, 0.0890] U [0.7768, 0.8296]
-0.5	0	3.5	[0, 0.2961] U [0.7656, 0.8173]
-0.25	[0.4521, 0.9999]	3.75	[0, 0.3412] U [0.8506, 0.8792]
0	[0, 0.9999]	4	[0, 0.4207]

Tabela 1 – Intervalo que contém as soluções estáveis da matriz de Monodromia em função da excentricidade da órbita do tether em função da anomalia verdadeira da órbita, são visualizadas as condições de estabilidade para ω onde os valores positivos correspondem a rotações diretas (direção do movimento orbital).

O indicador de estabilidade é dado pela estabilidade correspondente ao Traço da Matriz de Monodromia ($Tr(A)$) entre 0 e 2 ($0 < -|Tr(A)| \leq 2$), onde $Tr(A)$ significa traço da matriz A. Os valores positivos entre os limites descritos correspondem à estabilidade da solução (aproximação linear), os valores negativos correspondem à instabilidade e os valores zero correspondem aos casos críticos.

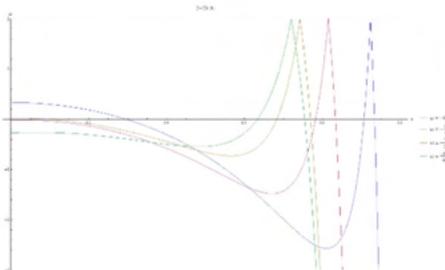


Figura 2 - Região de Estabilidade para $\omega =$

$$\left\{-4; -\frac{15}{4}; -\frac{7}{2}; -\frac{13}{4}\right\}.$$

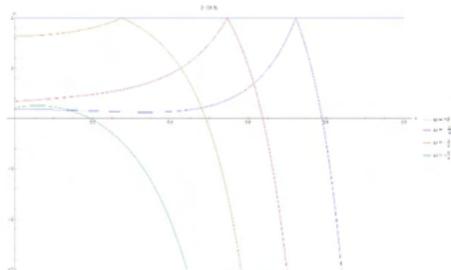


Figura 3 - Região de Estabilidade para $\omega =$

$$\left\{-3; -\frac{11}{4}; -\frac{5}{2}; -\frac{9}{4}\right\}.$$

As regiões de estabilidade com soluções foram simulados com espaçamento (passo) para ω incrementado de 0.25 e $\omega \in [-4,4]$. As rotações uniformes com alguns valores para o ω são mostrados na Figuras 2 - 5 e mostram o comportamento do sistema. Quando $\omega=-1$ não tem soluções e $\omega=1$ tem um pequeno *range* estável, como mostrado na Tabela 1.

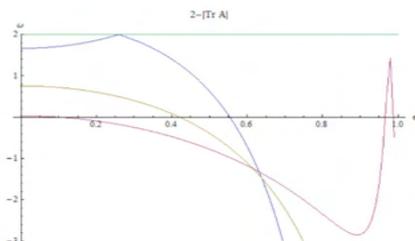


Figura 4 - Região de Estabilidade para $\omega=\{2;3,4\}$

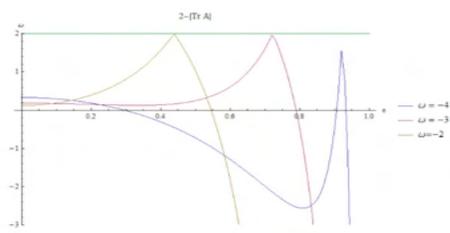


Figura 5 - Região de Estabilidade para $\omega=\{-4; -3; -2\}$

4 | CONCLUSÃO

As rotações uniformes de um halteres são consideradas no presente estudo, bem como a análise de estabilidade e as leis de controle viáveis. As simulações computacionais mostraram que em alguns casos é possível obter soluções em forma analítica e formas fechadas e em outros casos apenas soluções numéricas para o controle do sistema de tethers.

O resultado mostrou que pequenas perturbações não afetam o comportamento do sistema e foram encontradas regiões de estabilidade para vários valores de excentricidade para órbitas elípticas no caso de rotações uniformes.

AGRADECIMENTOS

Trabalho vinculado aos projetos FAPESP #2017/04643-4 e #2019/17702-4.

REFERÊNCIAS

- ARTSUTANOV, Y. N. Into the Cosmos without Rockets. **Znanije-Sila** 7, [s. l.], v. 25, 1969.
- ASLANOV, S. V.; MISRA, A. K.; YUDINTSEV, V. V. Chaotic attitude motion of a low-thrust tug-debris tethered system in a Keplerian orbit. **Acta Astronautica**, [s. l.], v. 139, p. 419–427, 2017.
- ASLANOV, V.; LEDKOV, A.; MISRA, A.; GUERMAN, A. D. Dynamics of Space Elevator After Tether Rupture. **Journal of Guidance Control and Dynamics**, [s. l.], v. 36, p. 986–992, 2013.
- BAINUM, P. M.; KUMAR, V. K. Optimal control of the Shuttle-Tethered-Subsatellite system. **Acta Astronautica**, [s. l.], v. 7, n. 12, p. 1333–1348, 1980.

BELETSKY, V. ~V.; LEVIN, E. ~M. Books-Received - Dynamics of Space Tether Systems. **Science**, [s. l.], v. 262, p. 1462, 1993.

BIRKHOFF, G. D. **Dynamical Systems**. [s.l.] : American Mathematical Society, 1927.

BUROV, A. A.; GUERMAN, A. D.; KOSENKO, I. I.; NIKONOV, V. I. Tethered spacecraft in asteroid gravitational environment. **Acta Astronautica**, [s. l.], v. 143, p. 126–132, 2018.

BUROV, A. A.; KOSENKO, I. I. On relative equilibria of an orbital station in regions near the triangular libration points. **Doklady Physics**, [s. l.], v. 52, n. 9, 2007.

BUROV, A. A.; PASCAL, M.; SLEPANOV, S. Y. The Gyroscopic stability of the triangular stationary solutions of the generalized planar three-body problem. **Prikladnaya Matematika i Mekhanika**, [s. l.], v. 64, n. 5, p. 761–771, 2000.

BUROV, A. A.; TROGER, H. The relative equilibria of an orbital pendulum suspended on a tether. **Journal of Applied Mathematics and Mechanics**, [s. l.], v. 64, n. 5, p. 723–728, 2000.

BUROV, A.; KONONOV, O. I.; GUERMAN, A. D. Relative equilibria of a Moon - tethered spacecraft. **Advances in the Astronautical Sciences**, [s. l.], v. 136, p. 2553, 2011.

CARTMELL, M. P.; MCKENZIE, D. J. A review of space tether research. **Progress in Aerospace Sciences**, [s. l.], v. 44, n. 1, p. 1–21, 2008.

CHOBOTOV, V. A.; MAINS, D. L. Tether Satellite System collision study. **Acta Astronautica**, [s. l.], v. 44, n. 7, 1999.

FERREIRA, A. F. S. et al. Equilibrium Conditions for Tethered Satellite Constellations. **Advances in the Astronautical Sciences**, [s. l.], v. 162, n. 1, p. 289–294, 2018. a.

FERREIRA, A. F. S.; BUROV, A. A.; GUERMAN, A. D.; PRADO, A. F. B. A.; NIKONOV, V. I. Stationary configurations of space tether anchored on smaller primary in three-body problem. **Acta Astronautica**, [s. l.], v. 160, p. 572–582, 2019.

FERREIRA, A. F. S.; PRADO, A. F. B. A.; GUERMAN, A. D.; SANTOS, D. P. S.; BUROV, A.; WINTER, O. C. Dynamics of a space tether in binary asteroids. In: **Advances In The Astronautical Sciences 2018b**, Univelt Inc., 2018.

FERREIRA, A. F. S.; PRADO, A. F. B. A.; GUERMAN, A. D.; SANTOS, D. P. S.; BUROV, A.; WINTER, O. C. Using tethers to build a “capture portal” for the planets. In: **Advances In The Astronautical Sciences 2018c**.

FERREIRA, A. F. S.; PRADO, A. F. B. A.; WINTER, O. C. Planar powered Swing-By maneuvers to brake a spacecraft. **Computational and Applied Mathematics**, [s. l.], v. 37, n. S1, p. 202–219, 2018.

FERREIRA, A. F. S.; PRADO, A. F. B. A.; WINTER, O. C.; SANTOS, D. P. S. Effects of the eccentricity of the primaries in powered Swing-By maneuvers. **Advances in Space Research**, [s. l.], v. 59, n. 8, p. 2071–2087, 2017.

FERREIRA, A. F. S.; PRADO, A. F. B. A.; WINTER, O. C.; SANTOS, D. P. S. Analytical study of the powered Swing-By maneuver for elliptical systems and analysis of its efficiency. **Astrophysics and Space Science**, [s. l.], v. 363, n. 7, p. 145, 2018. d.

JIN, D. P.; HU, H. Y. Optimal Control of a Tethered Subsatellite of Three Degrees of Freedom. **Nonlinear Dynamics**, [s. l.], v. 46, n. 1–2, p. 161–178, 2006.

KALANTZIS, S.; MODI, V. J.; PRADHAN, S.; MISRA, A. K. Dynamics and control of multibody tethered systems. **Acta Astronautica**, [s. l.], v. 42, n. 9, p. 503–517, 1998.

MISRA, A. K. Dynamics and control of tethered satellite systems. **Acta Astronautica**, [s. l.], v. 63, n. 11–12, p. 1169–1177, 2008.

MISRA, A. K.; AMIER, Z.; MODI, V. J. Attitude dynamics of three-body tethered systems. **Acta Astronautica**, [s. l.], v. 17, n. 10, p. 1059–1068, 1988.

MOIA, G. P.; SANTOS, D. P. S. Dos; FORMIGA, J. K. S. Tension force in nanosatellite tethers systems. **Journal of Physics: Conference Series**, [s. l.], v. 1365, n. 1, p. 012010, 2019.

PEARSON, J. Anchored Lunar Satellites For Cislunar Transportation And Communication. **J Astronaut Sci**, [s. l.], 1979.

SANTOS, D. P. S. Dos; BRITO, S. A. da R.; GUERMAN, A. D.; BUROV, A. A. Stability solutions of a dumbbell-like system in an elliptical orbit. In: JOURNAL OF PHYSICS: CONFERENCE SERIES 2015, **Anais...** [s.l: s.n.]

SANTOS, D. P. S. Dos; FERREIRA, A. S. Three-dimensional Two-Body Tether System: Equilibrium Solutions. **Journal of Physics: Conference Series**, [s. l.], v. 641, n. 1, p. 12009, 2015.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Alternative Energy Sources 82, 83

Altitudes científicas 174

Aprendizagem 35, 41, 98, 99, 101, 103, 104, 105, 110, 113, 128, 134, 137, 138, 163, 164, 165, 166, 168, 170, 172, 173

Aulas práticas 108, 110, 111

AWE 82, 83, 84, 85, 86, 87, 93, 94

B

Biological material 1

C

Caracterização geológica 115

Celulose bacteriana 80, 139, 140, 141, 142, 147, 148, 150

Classificação de tráfego 30, 31, 33, 40, 41

Cl concentration 1, 4

Composição química 17, 167

Compósitos 69, 71, 72, 73, 76, 77, 78

Controle 1, 5, 7, 8, 9, 12, 14, 17, 20, 26, 31, 42, 137, 138, 151, 161

D

Detritos espaciais 5, 151, 152, 153, 154, 155, 156, 158, 160, 161, 162

Docência 108, 109, 185

E

Educação básica 128, 129, 185

Educação superior 97

EDXRF 1, 2, 3, 4

Environmentally Sound Technologies 82, 83

Estabilidade 5, 6, 7, 8, 9, 11, 12, 13, 14, 44, 71

Experimentação 128, 134, 135

F

Farinha de bagaço de mandioca 69, 72, 74, 80

Fontes nutricionais 140, 145

G

Geociências 108

I

INAA 1, 2, 3

Incremento de velocidade 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 62, 64, 65, 66, 67

Intervenção 97, 98, 99, 102, 103, 104, 105, 106, 167, 185

K

Komagataeibacter hansenii 140, 141, 149

L

Legislação 17, 22, 151, 156

M

Manobra orbital 53, 54, 55, 66, 67

Mata Ciliar 43, 47, 48, 52

Mensuração 43, 166

Metais pesados 17

Micronutrientes minerais 17, 21, 22, 23, 26

MLP 30, 31, 32, 33, 35, 40

Modelos atômicos 163, 167, 168, 170, 171, 172

Monitor 3, 4, 88, 108, 109, 110, 113, 114, 185

Morfologia 115

P

Polipropileno 69, 71, 72, 76, 77, 78

Produção 1, 19, 25, 26, 70, 79, 81, 105, 134, 139, 140, 141, 142, 143, 144, 145, 146, 147, 148, 153, 156

Propriedades mecânicas 69, 71, 76, 77, 78, 141

Psicologia social 97, 98, 99, 100, 101, 102, 106, 107

R

Reconstrução paleoclimática 115

Redes definidas por software 30, 31, 41, 42

Redes neurais artificiais 30

Referências altimétricas 174

Resíduos recorrentes 151

S

Separação geoide-quasegeoide 174, 176, 177, 179, 180, 183

Sequência didática 138, 163, 168, 170, 172

Simulador PhET 163, 165, 167, 168, 169, 172

Sistemas ligados por cabos 5, 6

Suplementos 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28

Sustainability 82, 95

T

Transferência de órbita 53

Tukey 43, 44, 45, 50, 51

U

Utilização industrial 139, 140

W

Whey protein 17, 18, 19, 20, 26, 27, 28, 29

Conhecimentos pedagógicos e conteúdos disciplinares

das ciências exatas e da terra

2

 www.atenaeditora.com.br

 contato@atenaeditora.com.br

 @atenaeditora

 www.facebook.com/atenaeditora.com.br

Conhecimentos pedagógicos e conteúdos disciplinares

das ciências exatas e da terra

2