

Felipe Santana Machado
Aloysio Souza de Moura
(Organizadores)

EDUCAÇÃO, MEIO AMBIENTE E TERRITÓRIO 2



 **Atena**
Editora
Ano 2019

Felipe Santana Machado
Aloysio Souza de Moura
(Organizadores)

Educação, Meio Ambiente e Território 2

Atena Editora
2019

2019 by Atena Editora

Copyright © da Atena Editora

Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Diagramação e Edição de Arte: Lorena Prestes e Karine de Lima

Revisão: Os autores

Conselho Editorial

- Prof. Dr. Alan Mario Zuffo – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Darllan Collins da Cunha e Silva – Universidade Estadual Paulista
Profª Drª Deusilene Souza Vieira Dall’Acqua – Universidade Federal de Rondônia
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice
Profª Drª Juliane Sant’Ana Bento – Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
Prof. Dr. Jorge González Aguilera – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

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

E24	Educação, meio ambiente e território 2 [recurso eletrônico] / Organizadores Felipe Santana Machado, Aloysio Souza de Moura. – Ponta Grossa (PR): Atena Editora, 2019. – (Educação, Meio Ambiente e Território; v. 2) Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader Modo de acesso: World Wide Web Inclui bibliografia ISBN 978-85-7247-143-5 DOI 10.22533/at.ed.435192102 1. Divisões territoriais e administrativas 2. Educação ambiental. 3. Meio ambiente – Preservação. I. Machado, Felipe Santana. II. Moura, Aloysio Souza de. CDD 320.60981
-----	---

Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores.

2019

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.

www.atenaeditora.com.br

APRESENTAÇÃO

O meio ambiente é o “*locus*” onde se desenvolve a vida na Terra. Resumidamente é a natureza com todos elementos que nela habitam/interagem e inclui os elementos vivos e não vivos que estão intimamente conectados com o planeta. O meio ambiente deveria ser foco prioritário de ações locais, regionais, nacionais e mesmo internacionais para a permanência de uma boa qualidade de suas características em prol das gerações futuras. A obra “Educação, Meio ambiente e Território” apresenta uma série de livros de publicação da Atena Editora. Em seu segundo volume, com 26 capítulos, enfatizamos a importância do ambiente e sua homeostase. Logo a exposição de experiências de como manejar produtos e subprodutos de origem animal, vegetal ou mineral; e seu posterior tratamento e avaliação de aspectos básicos são de fundamental importância para esse equilíbrio.

Para tanto primeiramente apresentamos experiências de reutilização de elementos para o estabelecimento de uma relação harmônica entre produtos manufaturados, sociedade e meio ambiente em via de diminuir custos de vida e favorecer o desenvolvimento sustentável. Em sequência há capítulos que destacam percepção ambiental “*in locu*” de comunidades ribeirinhas e aspectos físico-químico-biológicos de resíduos líquidos e sólidos que são negligenciados pelas diferentes esferas governamentais e que despejados em ambientes urbanos alteram o equilíbrio ambiental. Porém, esse equilíbrio (ou desequilíbrio) não está restrito ao local de despejo, mas também aos espaços não urbanos (rurais e florestais) adjacentes.

Finalizamos este volume com uma abordagem sobre a junção de pesquisas e a modernização da tecnologia compõem um contexto da gestão ambiental, gestão ambiental e tecnologia de alimentos, e, enfim, apresentação de parâmetros em nível de comunidade, destacando primeiramente os fitoplânctons, diatomáceas, e organismos dos reinos *Metaphyta* e *Metazoa*.

A organização deste volume destaca a importância do meio ambiente tanto para o entusiasta quanto para estudiosos de diferentes níveis educacionais, da educação básica ao superior, com intuito de formar personalidades cientes dos problemas ambientais atuais, com o caráter de orientar e capacitar para preservar e conservar as várias paisagens e comunidades que formam o meio ambiente. Por fim, esperamos que a crescente demanda por conceitos e saberes que possibilitam um estudo de melhoria no processo de gestão do ambiente aliada a necessidade de recursos e condições possa fortalecer o movimento ambiental, colaborando e instigando professores, pedagogos e pesquisadores a prática de atividades relacionadas à Sustentabilidade que corroboram com a formação integral do cidadão. Ademais, esperamos que o conteúdo aqui presente possa contribuir com o conhecimento sobre o meio ambiente e com artífices ambientais para a sua preservação.

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	1
BENEFICIAMENTO DE PEÇAS CONFECCIONADAS EM JEANS PROCESSO E SUSTENTABILIDADE EM LAVANDERIAS DE CARUARU – PE	
Jacqueline da Silva Macêdo Andréa Fernanda de Santana Costa	
DOI 10.22533/at.ed.4351921021	
CAPÍTULO 2	9
APROVEITAMENTO DA CASCA DA BANANA PARA O DESENVOLVIMENTO DE UM DOCE TIPO BRIGADEIRO	
Marilui Santos Dal’Mas Marian Silvana Licodiedoff	
DOI 10.22533/at.ed.4351921022	
CAPÍTULO 3	16
UTILIZAÇÃO DE CANECAS PERSONALIZADAS DE FIBRA DE COCO COMO PROPOSTA PARA REDUZIR O USO DE COPOS DESCARTÁVEIS NAS ATIVIDADES ADMINISTRATIVAS DO BATALHÃO DE POLÍCIA AMBIENTAL DO PARÁ	
Antônio Rodrigues da Silva Júnior Ivon Gleidston Silva Nunes André Cutrim Carvalho Marilena Loureiro da Silva Emerson de Jesus Nascimento Siqueira Júlio Ildefonso Damasceno Ferreira	
DOI 10.22533/at.ed.4351921023	
CAPÍTULO 4	26
PRÁTICAS E PERCEPÇÕES DE FAMÍLIAS RIBEIRINHAS SOBRE RESÍDUOS DOMICILIARES E/OU COMERCIAIS PRODUZIDOS NAS ILHAS TEM-TEM, CACIRI, ILHA GRANDE E JUABA: NECESSIDADE DE COLETA E TRANSPORTE FLUVIAL	
Maria de Fátima Miranda Lopes de Carvalho Maria de Valdivia Norat Gomes	
DOI 10.22533/at.ed.4351921024	
CAPÍTULO 5	50
PERCEPÇÃO DOS PROBLEMAS AMBIENTAIS EM UMA COMUNIDADE RIBEIRINHA DA REGIÃO AMAZÔNICA BRASILEIRA	
Flávia Gonçalves Vasconcelos Fábio Fernandes Rodrigues Vivian da Silva Braz	
DOI 10.22533/at.ed.4351921025	
CAPÍTULO 6	65
ESTUDO DA REMOÇÃO DE COR DE EFLUENTE PROVENIENTE DE SERIGRAFIA EMPREGANDO PROCESSO DE ELETROCOAGULAÇÃO	
Luciano André Deitos Koslowski Edésio Luiz Simionatto Ana Flavia Costa Jonathan Davide de Abreu Dionivon Gonçalves Eduardo Müller dos Santos	
DOI 10.22533/at.ed.4351921026	

CAPÍTULO 7 73

TRATAMENTO DE LIXIVIADO DE ATERRO SANITÁRIO EMPREGANDO INTEGRAÇÃO DOS SISTEMAS COAGULAÇÃO/FLOCULAÇÃO E PROCESSO FOTO-ELETRO-FENTON

Daiana Seibert
Fernando Henrique Borba
Alexandre Luiz Schäffer
Carlos Justen
Natan Kasper
Jonas Jean Inticher

DOI 10.22533/at.ed.4351921027

CAPÍTULO 8 83

ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS DE ÓLEO RESIDUAL: UM PERFIL COMPARATIVO ENTRE TEMPO E FORMAS DE ARMAZENAMENTO DO MATERIAL, UMA BUSCA DE MELHORAR A QUALIDADE DO RESÍDUO

Manuele Lima dos Santos
Gyselle dos Santos Conceição
Davi do Socorro Barros Brasil
Nayara Maria Monteiro da Silva
Rafaela Oliveira Pinheiro

DOI 10.22533/at.ed.4351921028

CAPÍTULO 9 92

PROPRIEDADES DO CONCRETO FRESCO PRODUZIDO COM RESÍDUOS DE LOUÇA SANITÁRIA COMO AGREGADO

Diego Henrique de Almeida
Ana Cláudia Moraes do Lago
Rodolfo Henrique Freitas Grillo
Sylma Carvalho Maestrelli
Carolina Del Roveri

DOI 10.22533/at.ed.4351921029

CAPÍTULO 10 96

INFLUÊNCIA DE FATORES SOCIOECONÔMICOS NA GERAÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS DOMÉSTICOS NO DISTRITO FEDERAL

Mikaela Soares Silva Cardoso
Elimar Pinheiro do Nascimento
Izabel Cristina Bruno Bacellar Zaneti
Francisco Javier Contreras Pineda

DOI 10.22533/at.ed.43519210210

CAPÍTULO 11 104

PROJETO E IMPLANTAÇÃO DE UM LISÍMETRO EM ESCALA EXPERIMENTAL PARA ESTUDOS DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS

Natália Miranda Goulart
Rafael César Bolleli Faria
Gilcimar Dalló
Luiz Flávio Reis Fernandes

DOI 10.22533/at.ed.43519210211

CAPÍTULO 12	109
GESTÃO DE RESÍDUOS ELETROELETRÔNICOS: UMA ANÁLISE DO PANORAMA NO BRASIL	
Maria Amélia Zazycki	
DOI 10.22533/at.ed.43519210212	
CAPÍTULO 13	119
INTERVENÇÕES ESTRUTURAIS ADAPTADAS A ASSENTAMENTOS PRECÁRIOS URBANOS – CASO PMRR DO GUARUJÁ	
Marcela Penha Pereira Guimarães	
Eduardo Soares de Macedo	
Fabrício Araújo Mirandola	
Alessandra Cristina Corsi	
DOI 10.22533/at.ed.43519210213	
CAPÍTULO 14	128
PLANO DE GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS HOSPITALARES	
Jéssica Stefanello Cadore	
Fernanda Cantoni	
Daniele Kunde	
Angelica Tasca	
Jessica de Oliveira Demarco	
DOI 10.22533/at.ed.43519210214	
CAPÍTULO 15	138
PROCESSO SAÚDE E DOENÇA E DETERMINANTES SOCIOAMBIENTAIS NO BAIRRO NOVO PARAÍSO, ANÁPOLIS – GO	
Gislene Corrêa Sousa de Aquino	
Giovana Galvão Tavares	
France de Aquino	
DOI 10.22533/at.ed.43519210215	
CAPÍTULO 16	150
AS INTERFACES ENTRE GESTÃO AMBIENTAL, CIÊNCIAS E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS	
Cadidja Coutinho	
Cisnara Pires Amaral	
Fernanda Saccomori	
DOI 10.22533/at.ed.43519210216	
CAPÍTULO 17	157
EROSÃO CULTURAL ALIMENTAR: A URBANIZAÇÃO DO RURAL E SUA INTERFERÊNCIA NAS CARACTERÍSTICAS DOS RESÍDUOS SÓLIDOS GERADOS EM ASSENTAMENTOS DE MARTINÓPOLIS, SP	
Márcia Carvalho Janini	
DOI 10.22533/at.ed.43519210217	
CAPÍTULO 18	171
GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA COM PIPA	
Stanislav Tairov	
Daniel Agnoletto	
Atílio Pinno Fetter	
DOI 10.22533/at.ed.43519210218	

CAPÍTULO 19 181

VARIAÇÃO ESPACIAL DO FITOPLÂNCTON DO RIO URIBOCA (BELÉM, PARÁ) DURANTE O PERÍODO DE MAIOR PRECIPITAÇÃO

Rubney da Silva Vaz
Aline Lemos Gomes
Celly Jenniffer da Silva Cunha
Samara Cristina Campelo Pinheiro
Vanessa Bandeira da Costa Tavares
Eliane Brabo de Sousa

DOI 10.22533/at.ed.43519210219

CAPÍTULO 20 195

VARIAÇÃO ESPAÇO-TEMPORAL DAS DIATOMÁCEAS DO RESERVATÓRIO DE BELÉM (LAGO BOLONHA)- PA

Paola Vitória Brito Pires
Aline Lemos Gomes
Celly Jenniffer da Silva Cunha
Samara Cristina Campelo Pinheiro
Eliane Brabo de Sousa
Vanessa Bandeira da Costa-Tavares

DOI 10.22533/at.ed.43519210220

CAPÍTULO 21 207

COMPARAÇÃO ANATÔMICA E DESCRIÇÃO DA DENSIDADE E MACROSCOPICIDADE DAS ESPÉCIES *Dipteryx alata* VOG. (CUMARU-VERMELHO) E *hymenaea courbaril* L. (JATOBÁ)

Welton dos Santos Barros
Ariel Barroso Monteiro
Daniel André Azevedo Souto
Jamily Moraes Costa
Marcela Gomes da Silva

DOI 10.22533/at.ed.43519210221

CAPÍTULO 22 217

OBTENÇÃO DE FLOCULANTE VEGETAL CATIÔNICO A PARTIR DE TANINOS EXTRAÍDOS DOS RESÍDUOS SÓLIDOS DA PRODUÇÃO DE AÇAÍ NO ESTADO DO PARÁ

Márcio de Freitas Velasco
Davi do Socorro Barros Brasil

DOI 10.22533/at.ed.43519210222

CAPÍTULO 23 226

TEOR DE UMIDADE, DENSIDADE BÁSICA E VARIAÇÃO DIMENSIONAL DA MADEIRA DA ESPÉCIE DE *Vouacapoua Americana* AUBL

Nubia Ribeiro Maria
Maria Francinete Sousa Ferreira
Cinthia Manuella Pantoja Pereira
Bruna Maria da Silva Bastos
Mônica Trindade Abreu de Gusmão
Washington Olegário Vieira

DOI 10.22533/at.ed.43519210223

CAPÍTULO 24	235
THERMAL DECOMPOSITION OF FAST GROWING WOODY SPECIES WITH POTENTIAL FOR FIREWOOD PRODUCTION	
Júlio César Gonçalves de Souza Eyde Cristianne Saraiva	
DOI 10.22533/at.ed.43519210224	
CAPÍTULO 25	248
A EVOLUÇÃO DOS DIREITOS INERENTES AO BEM-ESTAR DOS ANIMAIS	
Thiago Alexandre de Oliveira Leite Jorge José Maria Neto	
DOI 10.22533/at.ed.43519210225	
CAPÍTULO 26	256
DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL E TEMPORAL DE GIRINOS EM CORPOS D'ÁGUA TEMPORÁRIOS EM UMA ÁREA DE CAATINGA DO ESTADO DA PARAÍBA	
Fernanda Rodrigues Meira Leonardo Lucas dos Santos Dantas Marcelo Nogueira de Carvalho Kokubum	
DOI 10.22533/at.ed.43519210226	
CAPÍTULO 27	272
COMPARATIVO ENTRE TENSOATIVOS ORGÂNICOS E INORGÂNICOS EM PROCESSO DE FLOTAÇÃO POR AR DISSOLVIDO UTILIZANDO EFLUENTE DE LAGOA DE ALTA TAXA PARA CULTIVO DE MICROALGAS (LAT) ALIMENTADA COM EFLUENTE SANITÁRIO	
José Carlos Alves Barroso Júnior Nestor Leonel Muñoz Hoyos Luiz Olinto Monteggia Eddie Francisco Gómez Barrantes Gabielli Harumi Yamashita	
DOI 10.22533/at.ed.43519210227	
SOBRE OS ORGANIZADORES	286

GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA COM PIPA

Stanislav Tairov

Universidade de Caxias do Sul
Área do Conhecimento de Ciências Exatas e
Engenharias
Caxias do Sul - RS

Daniel Agnoletto

Universidade de Caxias do Sul
Área do Conhecimento de Ciências Exatas e
Engenharias
Caxias do Sul - RS

Atílio Pinno Fetter

Universidade de Caxias do Sul
Área do Conhecimento de Ciências Exatas e
Engenharias
Caxias do Sul - RS

RESUMO: O uso de pipas é antigo na história humana, mas somente a partir da década de 80 os arranjos para geração de energia começaram a ser considerados. Neste trabalho, os princípios físicos e matemáticos de geração de energia elétrica por pipas são apresentados. Foi mostrado que a máxima potência alcançada pelo modelo teórico utiliza vento cruzado.

PALAVRAS-CHAVE: Pipa. Gerador eólico. Vento cruzado.

ABSTRACT: The use of kites is ancient in human history, but only since the 80s arrangements for power generation began to be considered.

In this work, the physical and mathematical principles of electricity generation by kites are presented. It was shown that the maximum power is reached by the theoretical model of the kite using crosswind.

KEYWORDS: Kite. Wind generator. Crosswind.

1 | INTRODUÇÃO

A forma tradicional de geração de energia elétrica através do vento faz uso de turbinas eólicas. Apesar dos avanços em eficiência, confiabilidade e da redução de preço, sua disseminação ainda encontra dificuldades. Uma das razões é a alta relação peso/potência desta conversão. Quanto maior a capacidade do gerador, maiores devem ser as dimensões da torre e da hélice. Os ganhos adicionais de potência não cobrem os custos de produção, operação e manutenção dessas turbinas. As torres não alcançam os ventos fortes e constantes das camadas altas da atmosfera, de onde poderiam extrair mais energia (AHRENS et al., 2013).

Em 1980, o engenheiro Miles Loyd publicou um trabalho contendo os princípios físicos e as construções matemáticas básicas para a produção de energia elétrica através de pipas.

Ele demonstrou que a energia pode ser gerada a partir das forças aerodinâmicas de sustentação e arrasto atuando na pipa durante o voo. Os métodos propostos prometem reduzir a relação peso/potência da energia eólica. Enquanto mais de 50% da energia de saída das turbinas é produzida pelos últimos 30% do comprimento de suas pás, certas configurações de geradores empregando pipas podem produzir mais energia por quantidade de material. De fato, as cordas das pipas substituem a presença das torres e, em geral, a massa de uma pipa costuma ser menor do que a massa das pás de uma turbina. Além disso, pipas atingem maiores altitudes e podem extrair a energia de ventos inexplorados.

Loyd (1980) estimou a potência gerada por uma pipa com área de aproximadamente 576 m², equivalente a área das asas de um avião C-5A. O valor médio encontrado foi de 6,7 MW, quase três vezes a potência da maior turbina eólica da época. Comparação semelhante foi feita com as asas de um Airbus A380 (AHRENS et al., 2013). As asas desse Airbus medem 845 m², pesam cerca de 30 toneladas e delas pode-se extrair uma energia de 30 MW, levando em consideração o peso da corda, o peso da pipa e atribuindo uma parcela realista de perdas. Essa capacidade ultrapassa em muito os 7,5 MW da melhor turbina atual, a Enercon E-126. Para alcançar essa capacidade, são necessárias quatro dessas turbinas, que, juntas, pesam 12400 toneladas. Esse valor é 300 vezes maior do que as 39 toneladas esperadas de um sistema gerador utilizando as asas do A380.

Estudos aprofundados sobre pipas iniciaram com desenvolvimento de materiais mais resistentes e leves para a construção de cordas e asas. Ademais, os sofisticados métodos de controle e sensoriamento de pipa foram desenvolvidos recentemente. Além disso, muitas dificuldades técnicas precisam ser sanadas para implementações comerciais. A quantidade de instituições vem crescendo nos últimos anos, atraindo a atenção de investidores. Já em 2009 foi criado o *Airborne Wind Energy Consortium* (AWEC), uma organização que visa a ajuda mútua e o compartilhamento de conhecimento. Na América do Sul, em especial no Brasil, as iniciativas nessa área ainda são incipientes. O Brasil, contudo, tem motivos para investir em novas tecnologias: segundo dados do Atlas da energia elétrica do Brasil, os 105 mil MW instalados no país em 2008 poderiam ter sido substituídos por fontes eólicas, já que temos disponíveis 143 mil MW deste recurso.

O desenvolvimento de pesquisas voltadas a geração de energia com uso de pipas justifica-se pelos seguintes fatores:

- A baixa relação peso potência das pipas significa menores custos por Watt produzido em comparação com as turbinas atuais;
- As pipas podem operar em altitudes maiores, onde os ventos possuem mais energia e são menos sazonais;
- A crescente demanda por energia, aliada ao potencial eólico brasileiro, pode alavancar o desenvolvimento dessas tecnologias.

O objetivo deste trabalho foi apresentar uma visão geral sobre extração de energia utilizando pipas e estimar a eficácia das mesmas em vento cruzado.

2 | TURBINAS EÓLICAS E A POTÊNCIA DO VENTO

O vento possui energia suficiente para suprir as necessidades atuais. Uma parte ínfima desta energia vem sendo explorada pelas turbinas eólicas ano a ano. Embora o número de turbinas instaladas continue crescendo, entraves econômicos, ausência de ventos e impactos sociais têm restringido seu uso. Diversos grupos de pesquisa têm trabalhado em formas alternativas de geração, chamadas de “Energias levadas pelo vento” (*AWE – Airborne Wind Energy*). Eles buscam reduzir o custo da geração eólica e extrair a energia dos ventos de altitude, que são mais estáveis e fortes do que aqueles onde as turbinas atuais se encontram.

A turbina eólica é o dispositivo mais lembrado quando se fala em geração de energia elétrica utilizando o vento. A Figura 1 apresenta sua estrutura típica, que consiste de um conjunto gerador hélice preso à extremidade de uma torre. Por outro lado, a tecnologia *AWE* vem se desenvolvendo rapidamente e em breve fará parte de nossas plantas energéticas. Os métodos de *AWE* diferem em muitos aspectos técnicos e são passíveis de comparação em termos de eficiência e de quantidade de energia que geram em relação à área que possuem, o chamado fator de extração. O fator de extração é a razão entre a potência mecânica útil e a potência de vento existente em uma área semelhante a área do gerador. Para exemplificar, voltemos a turbina da Figura 1, cuja hélice varre uma área A no espaço. O vento é descrito por um vetor velocidade V_w que possui direção e magnitude. A potência mecânica útil P entregue pelo rotor da turbina é máxima quando o plano formado por A é perpendicular a direção do vento.

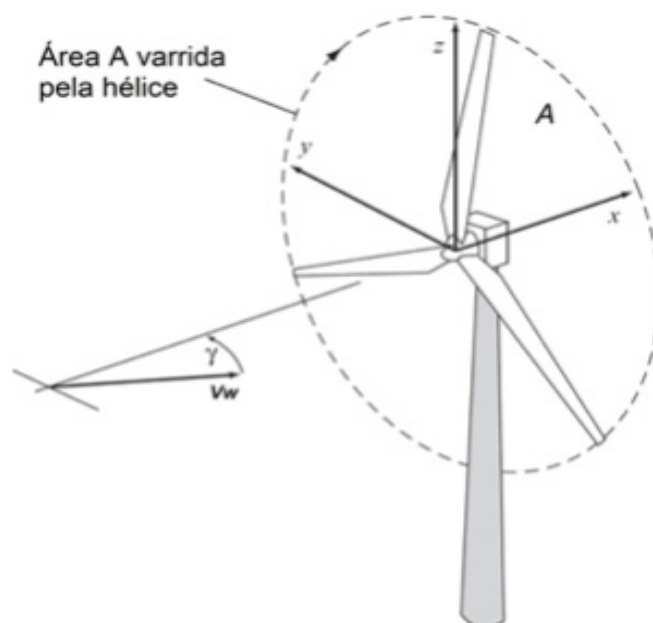


Figura 1 – Turbina sob a ação de um vento V_w

A turbina possui a maior eficiência ε_t em $\gamma = 0$. O máximo valor de ε_t para uma turbina ideal é de 59,3% da potência P_w de vento que atravessa a área A da turbina. Esse valor máximo é conhecido como limite de Betz (BURTON, 2001). Isto é, $P \leq 0,593 P_{wind}$

O fator de extração ζ_t da turbina, por sua vez, é a razão entre P e a potência do vento em uma área semelhante a área A da turbina ($\zeta_t = P/P_w$). Assim, $\zeta_t = \varepsilon_{tmax}$, quando $\gamma = 0$.

Abaixo será mostrado que a potência máxima de uma pipa operando em vento cruzado é muito maior do que a potência P_w do vento em uma área semelhante à área dessa pipa.

A potência do vento em certa área A é calculada por:

$$P_w = \frac{1}{2} \rho V_w^3 A = \delta A, \quad (1)$$

$$\delta = \frac{1}{2} \rho V_w^3, \quad (2)$$

em que δ é a densidade de potência (W/m^2), uma vez que P_w está em Watts.

A densidade de potência δ leva em consideração a velocidade V_w do vento e da densidade ρ do ar. Enquanto ρ diminui em direção as camadas mais altas da atmosfera (ar mais rarefeito), a velocidade V_w aumenta. Como a parcela relacionada a velocidade contribui ao cubo, a densidade de potência δ do vento aumenta com a altitude. Isto é, qualquer sistema de extração eólica operando nessas alturas gerará mais energia do que aquele próximo ao solo. Além disso, os ventos nas grandes altitudes são mais consistentes e constantes.

Para um nível de pressão de 1000 mb (milibar), que se estende até 500 m, a velocidade do ar está em torno de 4,07 m/s para uma altitude de 102 metros. Já para uma altitude de 1432 metros, a velocidade do vento fica em torno de 8,6 m/s (AHRENS et al., 2013). A velocidade e, por conseguinte, a densidade de potência do vento, continua a aumentar com a altitude. Fica evidente que, se geradores puderem operar nessas altitudes, produzirão muito mais energia. Como a densidade de potência do vento é maior nas regiões mais altas, espera-se que os AWEs possuam fatores de capacidade muito superiores aos obtidos pelas turbinas. Fator de capacidade (FC) é uma medida da quantidade de energia produzida em um dado local durante o período de um ano em relação à potência nominal instalada. A atual tecnologia de turbinas eólicas é considerada como viável para fatores superiores a 0,3. A Tabela 1 apresenta o fator de capacidade para algumas regiões na altitude de operação (de 50 à 150 m) de uma turbina eólica com potência nominal de 2 MW, com 90 m de diâmetro, comparado com um AWE do tipo “Gerador em Terra” (*GLG – Ground Level Generator*) operando no intervalo de 200 à 800 m para a mesma potência nominal. Informações são coletadas diariamente de 01.01.1996 à 31.12.2006.

As regiões cujos ventos são mais fortes possuem os maiores *FCs* e constituem os melhores locais para a instalação das turbinas convencionais. Segundo este critério, a cidade de Porto Alegre não é um local adequado, em virtude de $FC = 0,13$ ser demasiado baixo.

Local	Velocidade média do vento		<i>FC</i> estimado	
	50 - 150 m	200 - 800 m	Torre eólica	<i>AWE - GLG</i>
Buenos Aires (Argentina)	5.7 m/s	9.1 m/s	0,18	0,63
Melbourne (Austrália)	5.2 m/s	8.7 m/s	0,15	0,56
Porto Alegre (Brasil)	4.9 m/s	7.5 m/s	0,13	0,52
Nenjiang (China)	2.7 m/s	5.2 m/s	0,04	0,30
Calcutá (Índia)	2.8 m/s	5.6 m/s	0,02	0,31
Misawa (Japão)	4.4 m/s	7.8 m/s	0,11	0,50
Casablanca (Marrocos)	2.4 m/s	7.0 m/s	0,03	0,45
St. Petersburg (Rússia)	4.1 m/s	8.5 m/s	0,1	0,59
Murcia (Espanha)	2.6 m/s	5.9 m/s	0,03	0,35
Nottingham (Reino Unido)	1.3 m/s	5.3 m/s	0,01	0,31
Point Barrow (Alaska, EUA)	6.6 m/s	8.8 m/s	0,25	0,59

Tabela 1 – Velocidade média do vento e fatores de capacidade estimados

Fonte: adaptado de (FAGIANO & MILANESE, 2012)

O fator de capacidade do *AWE* e, conseqüentemente, o retorno econômico, são muitas vezes superiores do que a turbina. Esses dados nos mostram que geradores *AWE* são viáveis mesmo em locais tradicionalmente inadequados para turbinas. Isto é possível graças às suas grandes altitudes de funcionamento, onde ventos fortes e constantes são encontrados, e pelo fato de muitos *AWEs* operarem em vento cruzado. Este efeito eleva sua capacidade energética em relação a uma turbina tradicional. Em Porto Alegre, por exemplo, a instalação do gerador *AWE* considerado na Tabela 1 é

atraente, pois seu fator de capacidade é de 0,52. O mesmo é válido para todos os outros locais, pois não há $FC < 0,3$ em nenhum deles.

A atual tendência de desenvolvimento de sistemas *AWE*, aliada à sua capacidade em atingir grandes altitudes e operar em vento cruzado, permitirá aumentar significativamente a quantidade de energia extraída do vento. I.e., aumenta-se a contribuição de energia renovável no contexto energético mundial, minimizando o impacto causado pelas fontes fósseis.

3 | MODOS DE GERAÇÃO DE ENERGIA COM USO DE PIPAS

A utilização de pipas para a produção de energia sempre enfrentou muitas dificuldades. Com o aparecimento da energia térmica, hidroelétrica e dos combustíveis fósseis no início do século passado, as aplicações utilizando moinhos e geradores eólicos foram abandonadas. As turbinas eólicas, por outro lado, ganharam importância hoje e estão em plena operação e comercialização. O emprego de pipas, porém, não costumava ir além das aplicações envolvendo a tração de cargas. Um importante passo na geração de energia elétrica para pesquisas posteriores foi dado por Loyd (1980).

Hoje em dia existe uma grande variedade de pipas, conversores, materiais, dispositivos de acionamento, técnicas de controle e sensores, os quais baseiam-se em um dos dois modos de extração de energia mecânica: **sustentação** e **arrasto**. Esses modos de extração produzem mais energia se a pipa (ou asa) voar em um sentido perpendicular a direção do vento, ou seja, em vento cruzado. Uma pipa em vento cruzado gera muito mais energia que uma pipa estática no ar. Isso contraria a intuição de que, uma vez no céu, a pipa não gera mais força (ou energia) do que aquela imposta pelo vento sobre ela.

No modo de operação em arrasto, uma turbina é acoplada ao corpo da pipa. Conforme a pipa se desloca rapidamente pelo céu em uma direção de vento cruzado, o fluxo de ar passa através das pás da turbina gerando eletricidade. Esse processo é semelhante à conversão eólica tradicional, uma vez que emprega turbinas para extrair a energia cinética do ar. A grande vantagem da pipa é que não é preciso instalar uma torre, o que envolve muitos gastos com materiais. A torre é substituída pela corda nesses sistemas. Ademais, as pipas podem chegar muito mais alto e captar a energia de ventos mais fortes. Porém, essa possibilidade vem com um preço: quanto maior a distância entre a estação e a terra, maiores são as perdas, visto que a eletricidade precisa ser transmitida para o solo. Além disso, as turbinas precisam ser leves para permitir o voo da pipa, o que pode limitar sua potência.

Na Figura 2b tem-se a representação de uma asa rígida que carrega uma turbina. O sistema asa - turbina substitui as pontas das pás de uma turbina eólica convencional que, de fato, são responsáveis pela maior parte da energia produzida pela turbina.

Quando em voo, a pipa experimenta forças oriundas da ação do vento sobre sua superfície. Essa força é transferida na forma de tensão para a corda que a segura. No segundo modo de operação, modo sustentação, a tensão da corda é utilizada para tracionar uma carga ou um gerador elétrico em terra. A principal diferença entre a tração de cargas e a produção de energia é que, ao invés da existência de um objeto móvel no solo (por exemplo, navios), tem-se um dispositivo mecânico acoplado a um gerador elétrico. O deslocamento ascendente da pipa traciona a corda que é unida com o gerador elétrico, o que é chamado de *reel-out*, veja a Figura 3. A trajetória da pipa ao subir, tem relação direta com a quantidade de energia gerada, sendo máxima quando a direção do movimento for perpendicular ao vento.

Logicamente, a corda deverá descer no momento certo para iniciar uma nova tração. O intervalo de recolhimento da pipa não gera energia, pelo contrário, consome uma parte da mesma. Esse procedimento é chamado de *reel-in*.

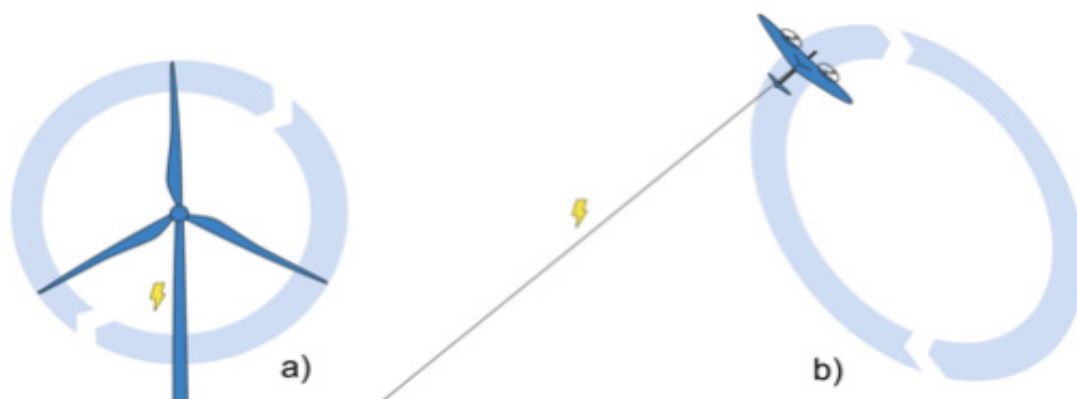


Figura 2: Asa substituindo uma torre eólica

Fonte: (AHRENS et al., 2013).

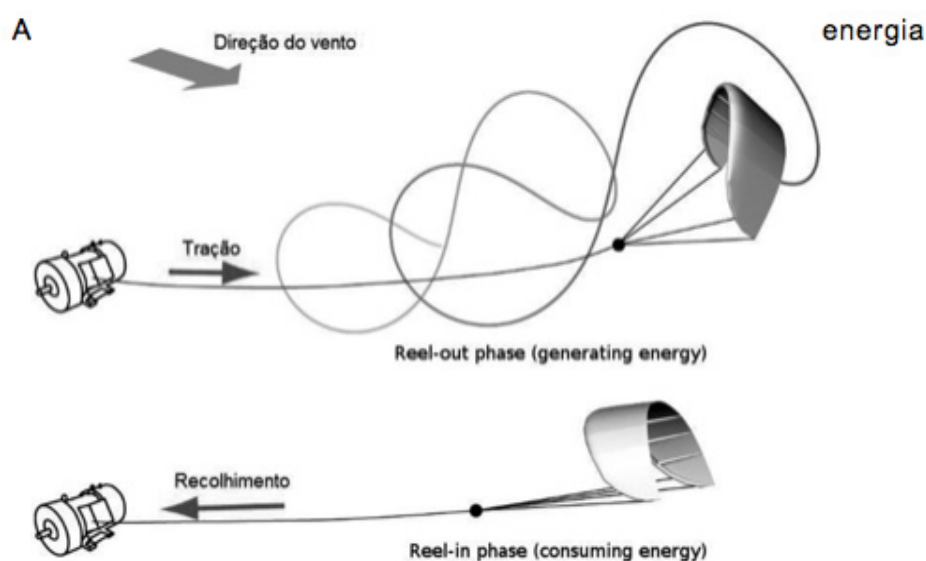


Figura 3: Princípio de operação em modo sustentação

Fonte: adaptado de (AHRENS et al., 2013).

A energia produzida na fase de tração (*reel-out*) deve ser maior do que a consumida na fase de recuo (*reel-in*), a fim de sustentar o ciclo. Visto que a geração de energia é inconstante, a mesma precisa ser armazenada. Existem diversos métodos para recuar a pipa, os quais procuram fazê-lo com o menor consumo de energia e no menor tempo. No entanto, o principal assunto desse trabalho é avaliar apenas a energia extraída por pipas no modo sustentação.

No trabalho de Loyd (1980) foi confirmado que a potência mecânica útil máxima P_{max} , fornecida por ambos os métodos é similar e influenciada pela velocidade do vento, densidade do ar, área da pipa e pelos seus coeficientes aerodinâmicos de sustentação e arrasto, C_L e C_D respectivamente. A equação de avaliação dessa potência máxima é a seguinte:

$$P_{max} = \frac{2}{27} \rho A V_w^3 C_L \left(\frac{C_L}{C_D} \right)^2 \quad (3)$$

De acordo com (3), a potência gerada aumentará oito vezes se a velocidade do vento V_w for dobrada. Analogamente, se a razão entre os coeficientes aerodinâmicos C_L/C_D duplicar, a potência aumentará quatro vezes. Por esse motivo, asas com alto rendimento e cordas mais fortes, para ventos mais altos, são exigidas. No modo arrasto, além de suportar a força de tração, a corda utilizada para prender a pipa deve transferir a energia das turbinas. Nesse caso, a pipa precisa ter condições estruturais para carregar uma turbina em pleno voo. Já no modo sustentação, a preocupação central é alcançar o ciclo ótimo de tração e recolhimento, assim como converter e armazenar a energia.

Uma pipa moderna com coeficiente de sustentação $C_L = 1$, coeficiente de arrasto global $C_D = 0,07$, voando sob a ação de um vento $V_w = 13$ m/s, pode fornecer, teoricamente, 40 kW/m² de densidade de potência. Essa densidade é 150 vezes superior à densidade das atuais células solares sob máxima irradiação (AHRENS et al., 2013). Se considerarmos a mesma demanda, grandes reduções na área ocupada pelas usinas podem ser alcançadas através do uso de pipas.

4 | POTÊNCIA DE UMA PIPA EM MODO SUSTENTAÇÃO VOANDO EM VENTO CRUZADO

Segundo Ahrens (2013), foi mostrado que a potência máxima extraída por uma turbina eólica equivale à potência do vento que atua na área abrangida pela turbina, quando $\gamma = 0$:

$$P_w = \frac{1}{2} \rho A V_w^3 \cos(\gamma) \quad (4)$$

em que γ é o ângulo de inclinação da turbina em relação do sentido do vento V_w .

O voo em vento cruzado caracteriza-se pelo deslocamento transversal da pipa em relação ao vento. A Figura 4 mostra a distribuição das forças para derivar a potência.

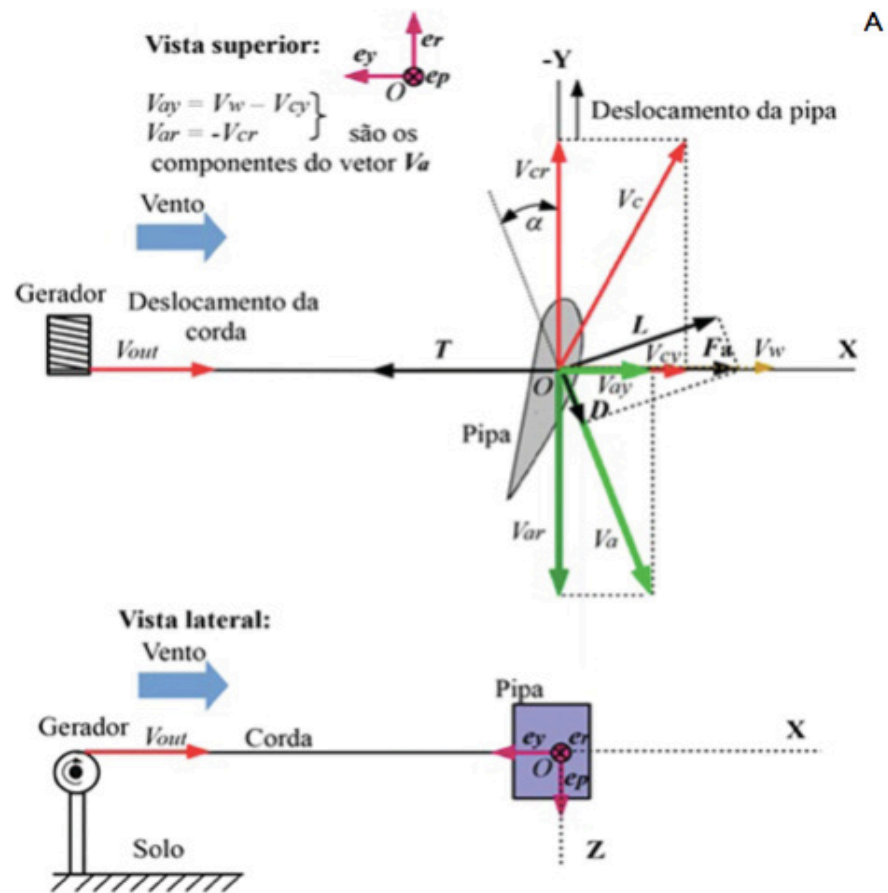


Figura 4: Esquema de distribuição das forças e velocidades de pipa em vento cruzado

Em (TAIROV & AGNOLETTO, 2018) foram deduzidas as equações (5) e (6) para P_{wind} e P_p , que são potências geradas por um vento e uma pipa operando em vento cruzado respectivamente:

$$P_{wind}(V_{out}, V_w) = \delta C_L A \left(\frac{C_L}{C_D} \right)^2 \left(1 - \frac{V_{out}}{V_w} \right)^2, \quad (5)$$

$$P_p(V_{out}, V_w) = \delta C_L A \left(\frac{C_L}{C_D} \right)^2 \frac{V_{out}}{V_w} \left(1 - \frac{V_{out}}{V_w} \right)^2, \quad (6)$$

em que V_{out} é a velocidade da corda do gerador.

A fórmula (6) é válida para *gliding number* $E = C_L / C_D \gg 1$ que corresponde ao aerofólio real.

Encontram-se representadas na Figura 5 as funções P_{wind} , P_p e P_w para uma pipa voando em vento cruzado no modo de sustentação. Interessante notar que a potência útil máxima P_{pmax} de 100 KW é muito superior à potência P_w de 6,75 KW de uma área de 90 m². Isso é possível, porque a pipa retira muito mais potência do vento comparativamente à sua própria área.

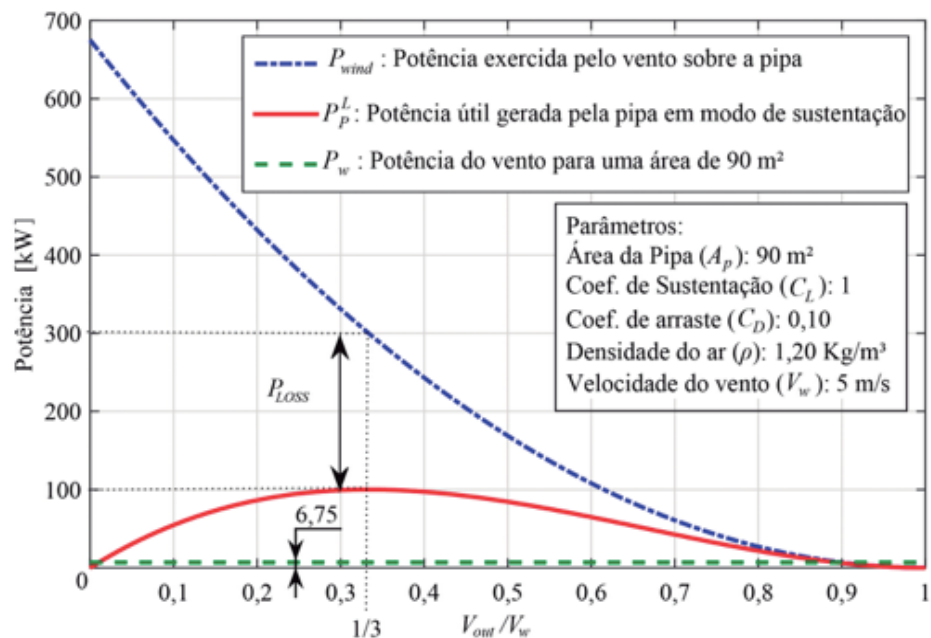


Figura 5: Gráficos de energias geradas por vento, turbina eólica e pipa em modo sustentação voando em vento cruzado de áreas equivalentes

Fonte: (TAIROV & AGNOLETTO, 2018)

Se a velocidade V_{out} for igual à velocidade do vento, ou seja, $V_{out}/V_w = 1$, então a pipa está solta e sendo levada pela massa de ar, não resistindo a esse movimento. Nessa situação, não há força agindo contra o deslocamento do vento, logo, não há produção de energia. Por outro lado, se a pipa está presa ao ponto de fixação, com velocidade $V_{out} = 0$, a força aerodinâmica é máxima, mas também não está sendo gerada energia, pois não há movimento do gerador. Assim, para operar de maneira ótima, a velocidade do vento precisa ser monitorada e o controlador da corda precisa desenrolá-la a $1/3$ da velocidade do vento, ou $V_{out}/V_w = 1/3$, conforme mostra o gráfico.

Em (TAIROV & AGNOLETTO, 2018) foi mostrado que para *gliding number* $E = C_L/C_D = 10$, a eficácia teórica de uma pipa que opera em vento cruzado é 25 vezes maior do que de uma turbina eólica com a mesma área.

REFERÊNCIAS

AHRENS, U.; DIEHL, M.; SCHMEHL, R. **Airborne wind energy**. Springer, 2013. 611 p.

BURTON, T. et al. **Wind energy handbook**. West Sussex: John Wiley & Sons, 2001. 617 p.

FAGIANO, L.; MILANESE, M. Airborne wind energy: an overview. In: **American Control Conference, Proceedings.**, 2012, Montréal. p. 3132-3143.

LOYD, M., L. Crosswind kite power. In: **Journal of Energy**, v. 4, n. 3, p. 106–111, 1980.

TAIROV, S., AGNOLETTO, D. **Geração de energia por pipas**. Curitiba: Appris, 2018, 113 p. ISBN 978-85-473-1247-3

SOBRE OS ORGANIZADORES

Felipe Santana Machado



Felipe é professor de biologia, especialista em morfofisiologia animal e gestão ambiental, mestre em Ecologia Aplicada e doutor em Engenharia Florestal. Atualmente é professor efetivo de educação básica e tecnológica do Estado de Minas Gerais e apresenta vínculo funcional com o Programa de Pós Graduação em Engenharia Florestal (PPGEF) da Universidade Federal de Lavras (UFLA). Além de lecionar, atua em estudos de conservação e manejo de animais silvestres, principalmente sobre a relação da vegetação com vertebrados terrestres. Sua experiência profissional gerou uma ampla gama de publicações técnicas e científicas que incluem artigos científicos em revistas nacionais e internacionais, bem como relatórios técnicos de avaliação de impactos ambientais. Participa do grupo de pesquisa CNPq “Diversidade, Sistemática e Biogeografia de Morcegos Neotropicais” como colaborador.

Aloysio Souza de Moura



Aloysio é Biólogo, mestre em Ecologia Florestal, pelo Departamento de Ciências Florestais (DCF) da Universidade Federal de Lavras (UFLA) com ênfase em Avifauna de fitofisionomias montanas. É observador e estudioso de aves desde 1990, e atualmente doutorando em Ecologia Florestal, pelo Departamento de Ciências Florestais (DCF) da Universidade Federal de Lavras (UFLA) tendo como foco aves e vegetações de altitude. Atua em levantamentos qualitativos e quantitativos de avifauna, diagnóstico de meio-biótico para elaborações de EIA-RIMA. Tem experiência nas áreas de Ecologia e Zoologia com ênfase em inventário de fauna, atuando principalmente nos seguintes temas: Avifauna, Cerrado, fragmentação florestal, diagnóstico ambiental, diversidade de fragmentos florestais urbanos e interação aves/plantas.

Agência Brasileira do ISBN
ISBN 978-85-7247-143-5

