



Jorge González Aguilera
Alan Mario Zuffo
(Organizadores)

A Preservação do Meio Ambiente e o Desenvolvimento Sustentável 2

Jorge González Aguilera

Alan Mario Zuffo

(Organizadores)

A Preservação do Meio Ambiente e o Desenvolvimento Sustentável 2

Atena Editora
2019

2019 by Atena Editora
Copyright © Atena Editora
Copyright do Texto © 2019 Os Autores
Copyright da Edição © 2019 Atena Editora
Editora Executiva: Prof^a Dr^a Antonella Carvalho de Oliveira
Diagramação: Karine de Lima
Edição de Arte: Lorena Prestes
Revisão: Os Autores

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

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
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof^a Dr^a Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Prof^a Dr^a Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
Prof^a Dr^a Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Prof^a Dr^a Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof^a Dr^a Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Prof^a Dr^a Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

Ciências Agrárias e Multidisciplinar

Prof. Dr. Alan Mario Zuffo – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano
Prof^a Dr^a Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Darllan Collins da Cunha e Silva – Universidade Estadual Paulista
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Prof^a Dr^a Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof. Dr. Jorge González Aguilera – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

Ciências Biológicas e da Saúde

Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás
Prof.^a Dr.^a Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará

Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
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. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
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. Dr. Adaylson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba
Prof. Msc. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão
Prof.ª Drª Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico
Prof. Msc. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Msc. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará
Prof. Msc. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista
Prof.ª Msc. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia
Prof. Msc. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof.ª Msc. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal
Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)	
P933	A preservação do meio ambiente e o desenvolvimento sustentável 2 [recurso eletrônico] / Organizadores Jorge González Aguilera, Alan Mario Zuffo. – Ponta Grossa, PR: Atena Editora, 2019. – (A Preservação do Meio Ambiente e o Desenvolvimento Sustentável; v. 2) Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader Modo de acesso: World Wide Web Inclui bibliografia ISBN 978-85-7247-537-2 DOI 10.22533/at.ed.372191408 1. Educação ambiental. 2. Desenvolvimento sustentável. 3. Meio ambiente - Preservação. I. Aguilera, Jorge González. II. Zuffo, Alan Mario. III. Série. CDD 363.7
Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422	

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

APRESENTAÇÃO

A obra “A Preservação do Meio Ambiente e o Desenvolvimento Sustentável” no seu segundo capítulo aborda uma publicação da Atena Editora, e apresenta, em seus 25 capítulos, trabalhos relacionados com preservação do meio ambiente e o desenvolvimento sustentável.

Este volume dedicado à preservação do meio ambiente e o desenvolvimento sustentável, traz uma variedade de artigos que mostram a evolução que tem acontecido em diferentes regiões do Brasil ao serem aplicadas diferentes tecnologias que vem sendo aplicadas e implantadas para fazer um melhor uso dos recursos naturais existentes no país, e como isso tem impactado a vários setores produtivos e de pesquisas. São abordados temas relacionados com a produção de conhecimento na área de agronomia, robótica, química do solo, computação, geoprocessamento de dados, educação ambiental, manejo da água, entre outros temas. Estas aplicações e tecnologias visam contribuir no aumento do conhecimento gerado por instituições públicas e privadas no país.

Aos autores dos diversos capítulos, pela dedicação e esforços sem limites, que viabilizaram esta obra que retrata os recentes avanços científicos e tecnológicos na Preservação do Meio Ambiente e o Desenvolvimento Sustentável, os agradecimentos dos Organizadores e da Atena Editora.

Por fim, esperamos que este livro possa colaborar e instigar mais estudantes e pesquisadores na constante busca de novas tecnologias para a área do meio ambiente e o desenvolvimento sustentável, assim, contribuir na procura de novas pesquisas e tecnologias que possam solucionar os problemas que enfrentamos no dia a dia.

Jorge González Aguilera
Alan Mario Zuffo

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	1
A HORTA ESCOLAR COMO RECURSO DIDÁTICO PARA A REEDUCAÇÃO ALIMENTAR E NUTRICIONAL	
Pâmela Ribeiro	
Paola Ribeiro	
Monica Aparecida Aguiar dos Santos	
DOI 10.22533/at.ed.3721914081	
CAPÍTULO 2	13
ANÁLISE MICROBIOLÓGICA EM UM LAGO DO PERÍMETRO URBANO DE ALTA FLORESTA, MATO GROSSO, BRASIL	
Raquel Pereira Piva	
Bruna Morisso Cargnin	
Andreia Candido	
Andressa Hilario Dorca	
Jean Correia de Oliveira	
Maialu Antunes Cardoso	
DOI 10.22533/at.ed.3721914082	
CAPÍTULO 3	19
ANÁLISE PLUVIOMÉTRICA DA REGIÃO DE VIÇOSA E AVALIAÇÃO ECONÔMICA DO APROVEITAMENTO DE ÁGUA DA CHUVA	
Wagner Darlon Dias Correa	
William Reis	
DOI 10.22533/at.ed.3721914083	
CAPÍTULO 4	24
APLICAÇÃO DE MÉTODOS PARA CARACTERIZAÇÃO DE BACIA HIDROGRÁFICA NA TRANSIÇÃO CERRADO-PANTANAL POR SENSORIAMENTO REMOTO	
Keylyane Santos Da Silva Alves	
Thainá Sanches Becker	
Lucas Peres Angelini	
Danielle Christine Nassarden Stenner	
Pablinne Cynthia Batista da Silva	
DOI 10.22533/at.ed.3721914084	
CAPÍTULO 5	34
ASPECTO ALIMENTAR DE <i>RHINELLA PARAGUAYENSIS</i> (ÁVILA, PANSONATO E STRÜSSMANN, 2010) (ANURA: BUFONIDAE), NO PANTANAL MATO-GROSSENSE	
Rosana dos Santos D'Ávila	
Vancleber Divino Silva Alves	
Mariany de Fátima Rocha Seba	
Áurea Regina Alves Ignácio	
Manoel dos Santos Filho	
Dionei José da Silva	
DOI 10.22533/at.ed.3721914085	

CAPÍTULO 6	41
AVALIAÇÃO DA ÁREA DE DISPOSIÇÃO FINAL DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS DO MUNICÍPIO DE CARAÚBAS – RN	
Sabiniano Fernandes Terceiro	
Cibele Gouveia Costa Chianca	
Cássio Kaique da Silva	
Maria Natália Costa	
DOI 10.22533/at.ed.3721914086	
CAPÍTULO 7	52
AVALIAÇÃO DA SERRAGEM DECOMPOSTA NO CULTIVO DE ALFACE	
Jean Correia de Oliveira	
Marco Antônio Camillo de Carvalho	
Hudson de Oliveira Rabelo	
Raquel Pereira Piva	
Samiele Camargo de Oliveira Domingues	
Lara Caroline Alves de Oliveira	
DOI 10.22533/at.ed.3721914087	
CAPÍTULO 8	58
CARACTERIZAÇÃO GRAVIMÉTRICA DOS REJEITOS DESTINADOS AO ATERRO SANITÁRIO PELO PROGRAMA DE COLETA SELETIVA DO MUNICÍPIO DE IBIPORÃ/PR	
Diógenes Magri da Silva	
Tiago Dutra Galvão	
DOI 10.22533/at.ed.3721914088	
CAPÍTULO 9	69
CATÁLISE ENZIMÁTICA COMO UMA PLATAFORMA ECOLÓGICA PARA A PRODUÇÃO DE BIOLUBRIFICANTES	
Milson dos Santos Barbosa	
Luma Mirely Souza Brandão	
Cintia Cristina da Costa Freire	
Ranyere Lucena de Souza	
Ernandes Benedito Pereira	
Adriano Aguiar Mendes	
Matheus Mendonça Pereira	
Álvaro Silva Lima	
Cleide Mara Faria Soares	
DOI 10.22533/at.ed.3721914089	
CAPÍTULO 10	82
COMPARAÇÕES ENTRE OS MOSAICOS DE ÁREAS PROTEGIDAS DO RIO DE JANEIRO: SEMELHANÇAS E DIVERGÊNCIAS A PARTIR DA ANÁLISE DE EFETIVIDADE	
Ana Carolina Marques de Oliveira	
DOI 10.22533/at.ed.37219140810	

CAPÍTULO 11 87

DESCARTE INADEQUADO DE RSU NA LINHA FÉRREA DO JAPERI, ENTRE AS ESTAÇÕES DE AUSTIN E NOVA IGUAÇU-RJ

Yasmin Rodrigues Gomes
Lilian Levin Medeiros Ferreira da Gama
Felipe Sombra dos Santos
Yasmin Rodrigues Gomes
Gabriela Dantas da Silva

DOI 10.22533/at.ed.37219140811

CAPÍTULO 12 95

DIAGNÓSTICO DO GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS DE UMA OFICINA MECÂNICA DE PEQUENO PORTE

Vitória de Lima Brombilla
Isadora Tagliapietra
Tariana Lissak Schüller
Otavio Ficagna
Aline Ferrão Custódio Pasini
Yuri Lucian Pilissão

DOI 10.22533/at.ed.37219140812

CAPÍTULO 13 105

DIREITO AMBIENTAL CULTURAL E O DEVER CONSTITUCIONAL DO ESTADO EM GARANTIR A EFETIVIDADE NO ACESSO À CULTURA

Solaine Marisa Malikovsky
Juliana Machado Fraga

DOI 10.22533/at.ed.37219140813

CAPÍTULO 14 118

FOURIER TRANSFORM INFRARED SPECTROSCOPY AND CHEMOMETRICS IN THE CHARACTERIZATION OF SOIL ORGANIC MATTER

Marciéli Fabris
Jéssica Bassetto Carra
Nathalie Merlin
Larissa Macedo dos Santos Tonial

DOI 10.22533/at.ed.37219140814

CAPÍTULO 15 128

ESTUDO DE VIABILIDADE TÉCNICA PARA IMPLANTAÇÃO DE UM SISTEMA DE REÚSO DE ÁGUAS CINZAS EM UM CONDOMÍNIO VERTICAL EM FORTALEZA / CE

Nathália Gusmão Cabral de Melo
Flávia Telis de Vilela Araújo
Ari Holanda Junior
Oyrton Azevedo de Castro Monteiro Júnior

DOI 10.22533/at.ed.37219140815

CAPÍTULO 16 139

ESTUDO TEÓRICO SOBRE AS POLÍTICAS DE CONSERVAÇÃO E MANEJO DE FAUNA

Marcela Marques Silva
Jéferson Pereira da Silva

DOI 10.22533/at.ed.37219140816

CAPÍTULO 17 148

LEVANTAMENTO DA ENTOMOFAUNA PARA DIAGNÓSTICO AMBIENTAL NA FAZENDA SANKARA, EM CONQUISTA DO OESTE - MT

Eliandra Meurer
José Gustavo Ramalho Casagrande
Juliane da Silva Brilhadori

DOI 10.22533/at.ed.37219140817

CAPÍTULO 18 155

O ECODESIGN E A GERAÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS: UMA ABORDAGEM SOBRE OS ELETROELETRÔNICOS

Tamires Augustin da Silveira
Emanuele Caroline Araujo dos Santos
Carlos Alberto Mendes Moraes

DOI 10.22533/at.ed.37219140818

CAPÍTULO 19 169

PERCEPÇÃO SOCIAL ACERCA DO USO DA ÁGUA DE ABASTECIMENTO PÚBLICO OU PRIVADO, DA COMUNIDADE DE CAJUEIRO, MUNICÍPIO DE BRAGANÇA, PA

Bianca Cavalcante da Silva
Paulo Henrique Batista Dias
Ronaldo Ramos de Sousa
Romário da Silva Santos
Lívia Tálita da Silva Carvalho
Antonio Michael Pereira Bertino
Ismael de Jesus Matos Végas
Danilo da Luz Melo
Valéria Cristina de Paula Ferreira
Thiago Feliph Silva Fernandes
Lucas Ramon Texeira Nunes

DOI 10.22533/at.ed.37219140819

CAPÍTULO 20 177

PROGRAMA DE EDUCAÇÃO AMBIENTAL VOLTADO À CONSERVAÇÃO DO MICO-LEÃO-PRETO: ESTAÇÃO ECOLÓGICA DE ANGATUBA E SEU ENTORNO

Francini de Oliveira Garcia
Bárbara Heliodora Soares do Prado

DOI 10.22533/at.ed.37219140820

CAPÍTULO 21 193

PROGRAMA DE EXTENSÃO CICLOVIDA DA UFPR, CONSTRUINDO A CULTURA DA MOBILIDADE SUSTENTÁVEL

José Carlos Assunção Belotto
Leticia Massaro
Silvana Nakamori
Ken Flavio Ono Fonseca

DOI 10.22533/at.ed.37219140821

CAPÍTULO 22 199

REDUCCIÓN DE RIESGOS DE DESASTRES E INFRAESTRUCTURAS CRÍTICAS: MUNICIPALIDADES, FACTORES INSTITUCIONALES Y DECISIONES

Patricio Valdivieso

DOI 10.22533/at.ed.37219140822

CAPÍTULO 23	224
TIPOLOGIAS DE RESÍDUOS DE SERVIÇO DE SAÚDE GERADOS NO IFC- <i>CAMPUS</i> ARAQUARI	
Anelise Destefani	
Raianni Xavier	
Ana Paula Fonsakka de Braga	
Edvanderson Ramalho dos Santos	
Cristiane Vanessa Tagliari Corrêa	
DOI 10.22533/at.ed.37219140823	
CAPÍTULO 24	234
UNIDADES DE CONSERVAÇÃO ESTADUAIS EM GOIÁS: DIAGNÓSTICO E UMA BREVE ANÁLISE COMPARATIVA	
Paula Ericson Guilherme Tambellini	
Júlio César Sampaio da Silva	
Júlia Corrêa Boock	
Bruno Gonçalves Paulino	
Caio César Neves Sousa	
Erlon Maikel de Gouvêa	
Eric Rezende Kolailat	
Glaucilene Duarte de Carvalho	
Juliano Ferreira Souza	
Maurício Vianna Tambellini	
Marcelo Alves Pacheco	
DOI 10.22533/at.ed.37219140824	
CAPÍTULO 25	246
UTILIZAÇÃO DE FORMIGAS COMO BIOINDICADORES PARA A AVALIAÇÃO DE IMPACTO AMBIENTAL, EM SANTA CRUZ DO XINGU-MT	
Eduardo Costa Reverte	
Eliandra Meurer	
Ana Carla Martineli	
DOI 10.22533/at.ed.37219140825	
SOBRE OS ORGANIZADORES	253
ÍNDICE REMISSIVO	254

FOURIER TRANSFORM INFRARED SPECTROSCOPY AND CHEMOMETRICS IN THE CHARACTERIZATION OF SOIL ORGANIC MATTER

Marciéli Fabris

Departamento de Química, Universidade
Tecnológica Federal do Paraná
Pato Branco-Paraná

Jéssica Bassetto Carra

Departamento de Química, Universidade
Tecnológica Federal do Paraná
Pato Branco-Paraná

Nathalie Merlin

Departamento de Química, Universidade
Tecnológica Federal do Paraná
Pato Branco-Paraná

Larissa Macedo dos Santos Tonial

Departamento de Química, Universidade
Tecnológica Federal do Paraná
Pato Branco-Paraná

ABSTRACT: This chapter aims to review the contributions of Fourier transform infrared (FTIR) spectroscopy to the area of soil organic matter (SOM) characterization, highlighting how quantitative analysis and the use of chemometric tools can improve the interpretation of spectral data. Throughout this text we present discussions about the information that can be obtained by the FTIR spectra of SOM and the importance of soil pretreatments in the investigation of SOM by FTIR. In addition, some spectral-data preprocessing methods frequently applied in chemometric studies are cited and

discussed. Thus, it is expected to introduce the reader to the wide variety of applications of FTIR spectroscopy in SOM characterization, especially when chemometrics is incorporated into the study.

KEYWORDS: Principal Component Analysis, Oxisols, Humic acid

ESPECTROSCOPIA DE INFRAVERMELHO COM TRANSFORMADA DE FOURIER E QUIMIOMETRIA NA CARACTERIZAÇÃO DA MATÉRIA ORGÂNICA DO SOLO

RESUMO: Este capítulo tem como objetivo revisar as contribuições da espectroscopia de infravermelho por transformada de Fourier (FTIR) para a área de caracterização da matéria orgânica do solo (SOM), destacando como a análise quantitativa e o uso de ferramentas quimiométricas podem colaborar com a interpretação dos dados espectrais. Ao longo deste texto, apresentamos discussões sobre as informações que podem ser obtidas pelos espectros de FTIR do SOM e a importância dos pré-tratamentos de solo na investigação de SOM por FTIR. Além disso, alguns métodos de pré-processamento de dados espectrais frequentemente aplicados em estudos quimiométricos são citados e discutidos. Assim, espera-se introduzir para o leitor a ampla variedade de aplicações da espectroscopia de

FTIR na caracterização de SOM, especialmente quando a quimiometria é incorporada ao estudo.

PALAVRAS-CHAVE: Análise de Componentes Principais; Oxissolo; Ácido húmico.

1 | INTRODUCTION

Recent studies regarding SOM have shown the application of spectroscopic techniques (JIMÉNEZ-GONZÁLEZ et al., 2016; ROSSI et al., 2016; MARTINS et al., 2011; SANTOS et al., 2010; POTES et al., 2010) in the chemical and structural characterization of this soil constituent. Among these techniques, the FTIR stands out.

2 | FTIR – TECHNIQUE

FTIR spectroscopy is based on the vibrations of the atoms of a molecule. An infrared spectrum is commonly obtained by passing infrared radiation through a sample and determining what fraction of the incident radiation is absorbed at a particular energy. The energy at which any peak in an absorption spectrum appears corresponds to the frequency of a vibration of a part of a sample molecule (STUART, 2004). The vibration that arises from the molecule produces a spectrum, this spectrum constitutes a series of bands since each change of vibrational energy level corresponds to a number of changes in rotational energy levels of overlapping lines giving rise to bands. Thus, it is the vibration-rotation bands, particularly those between 4000 and 400 cm^{-1} , which characterize the samples (SILVERSTEIN et al., 2006).

Fourier-transform is based on the idea of the interference of radiation between two beams to yield an interferogram. The latter is a signal produced as a function of the change of pathlength between the two beams. The two domains of distance and frequency are interconvertible by the mathematical method of Fourier-transformation (STUART, 2004).

Thus, FTIR spectroscopy allows the identification of different chemical bonds between atoms through the rotational and vibrational deformations of bonds, which absorb energy at certain resonance frequencies depending on the characteristics of the atoms involved, so that each spectrum is unique (STEVENSON, 1994; SILVERSTEIN et al., 2006).

2.1 FTIR – Qualitative and Quantitative Analysis of SOM

The wide application of FTIR spectroscopy for the characterization of SOM is because the technique allows the identification of functional groups present in the chemical structure of SOM (TRAVERSA et al., 2014; SOLOMON et al., 2007; TATZBER et al., 2008; COCOZZA et al., 2003; SENESI et al., 2003; SENESI, 1989). Usually, FTIR spectra of SOM show bands at the following frequencies (SENESE et al., 2003; SCHNITZER et al., 1975; DOBBSS et al., 2009; TIVET et al., 2013).

Frequency (cm ⁻¹)	Description
3646-3696	O–H stretching of kaolinite
3621	O–H stretching of kaolinite, gibbsite
3450-3300	O–H stretching, traces of N–H stretching, hydrogen-bonded OH
2950-2840	Aliphatic C–H stretching
1725	C=O of COOH, C=O stretch of ketonic C=O
1630	Aromatic C=C, hydrogen-bonded C=O of carbonyl or quinone, COO ⁻
1533	C–C aromatic ring and N=C conjugated systems
1450	aliphatic C–H
1400	O–H deformation, presence of phenols and COO ⁻ groups
1200	C–O stretching and OH deformation of COOH
1170-1120	C–OH stretching of aliphatic OH
1092	Si–O stretching of clay minerals and Si–O–Si of quartz
1050	Si–O of silicate impurities
1035	C–O stretching of polysaccharides
1006	Si–O–Si stretching of kaolinite
900-800	Vibration of C–H bonds of aromatic groups; inorganic and organometallic impurities
750-538	Inorganic and organometallic impurities

Table 1 – Main SOM bands in the FTIR spectra

Moreover, FTIR spectroscopy can also provide information about the relation between the absorption intensities of aromatic and aliphatic groups, by calculating the aromaticity index (I_{1640}/I_{2920}) (POTES et al., 2010; DICK et al., 2008; ROSA et al., 2008). In this context, through the use of FTIR spectroscopy, it is possible to assess the characteristics of SOM, both qualitatively and quantitatively.

2.2 FTIR – Pretreatment of Soil for SOM Study

However, it is important to emphasize that, in most cases, the application of FTIR spectroscopy for the study of SOM requires a pretreatment of the soil in order to remove mineral impurities. For a better understanding, representative spectra of soil and humic acid samples are shown in Figure 1.

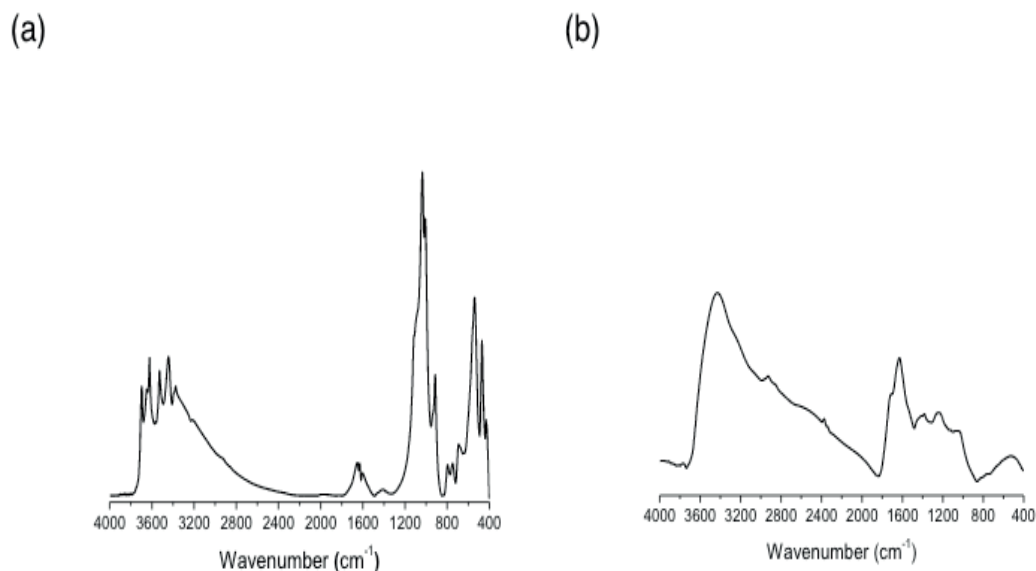


Figure 1 – a) FTIR spectrum of an Oxisol sample; b) FTIR spectrum of humic acid, extracted from an Oxisol.

Figure 1 shows an Oxisol FTIR spectra, which represent the most common kind of soil in tropical and subtropical regions (GONÇALVES et al., 2003). Many differences can be seen between the soil and humic acid FTIR spectra (Figure 1), and its interpretation can explain the importance of the pretreatment of soil in the study of SOM. The FTIR spectrum of soil (Figure 1a) shows many signals indicating the presence of minerals, such as kaolinite and quartz: 3697 to 3373 cm^{-1} , 1035, 1007, 913, 797, 751, 692, 539, 471 and 431 cm^{-1} (TIVET et al., 2013; BRINATTI et al., 2010; CASTELLANO et al., 2010). On the other hand, the FTIR spectrum of humic acid (Figure 1b) shows characteristic signals of SOM organic groups. An intense and broad band at approximately 3430 cm^{-1} , which is assigned to the presence of OH groups from phenols and alcohols, and NH groups (STEVENSON, 1994; SOLOMON et al., 2007). The signals at 2930 and 2852 cm^{-1} , are assigned to the asymmetric and symmetric stretching of aliphatic C–H (CH_2 and CH_3) bonds (SOLOMON et al., 2007; SENESI et al., 2003; DICK et al., 2008). The absorption with highest intensity, 1630 cm^{-1} , is assigned to the C=C vibration of aromatic groups and to the presence of $-\text{COO}^-$ groups (DICK et al., 2008).

From these observations, it is possible to conclude that, in FTIR analysis, the minerals present in soil samples can produce bands that can overlap signals corresponding to SOM, as can be noted in Figure 1a.

The humic acid sample that gave rise to the spectra shown in Figure 1b was extracted according to the methodology proposed by International Humic Substances Society (IHSS) (SWIFT, 1996). This method is widely used in SOM spectroscopic studies, and it allows three fractions to be obtained: humin, fulvic acid and humic acid. However, the humic acid fraction can be extracted by many other methodologies (BENITES et al., 2003; KONONOVA, 1982; DABIN, 1971; DICK et al., 1998), these, however, are not as widely used as Swift's, but also allow the separation of humin,

fulvic acid and humic acid fractions.

Another way to remove mineral impurities from soil samples, for the spectroscopic study of SOM, is pretreatment with 10% HF solution (GONÇALVES et al., 2003). According to Rumpel et al. (2006) the purification of SOM using hydrofluoric acid is based on the breakdown of Si–O bonds, which leads to the solubilization of minerals. However, the dissolution of minerals by this method may be accompanied by a partial loss of SOM (GONÇALVES et al., 2003).

2.3 FTIR – Experimental Conditions

Usually, experimental conditions for the FTIR spectroscopic analysis of SOM are in accordance with those described by Stevenson (1994). This author suggests that FTIR spectra can be made from compressed pellets, prepared with 1 mg of sample and 100 mg of KBr. Individual spectra can be recorded in the range 4000 to 400 cm^{-1} , composed by 64 scans with a spectral resolution of 4 cm^{-1} . Although in the literature it is possible to find other methodologies (SOHI et al., 2001; DING et al., 2002).

2.4 FTIR – Chemometric Data Processing

Because of the quantity of information provided by FTIR spectra when studying SOM, the technique can be used as an instrument to compare soil management practices, different procedures for the extraction of humic substances and soil types, for example. In this context, chemometric tools can be employed in order to improve the interpretation of data obtained by FTIR spectroscopy.

These tools can be used to properly handle and analyze the spectral data because they allow the extraction of a greater amount of information (SENA et al., 2000).

2.5 FTIR – PCA

One of the most important chemometric methods of data exploration is the Principal Component Analysis (PCA) (MALINOWSKI, 1991), which is based on the correlations among variables. It is an exploratory methodology that seeks to find similarities or differences among the samples in a dataset (PANERO; SILVA, 2008). It identifies orthogonal directions of maximum variance of the original data, and places the data in a space of lower dimensionality made from the components that have the highest variance, and combines the original variables into a smaller number of orthogonal variables called principal components (PCs). The first PCs are considered in the modeling because they contain the most useful information, whereas the last ones can be discarded (BANSAL et al., 2014; HANTAO et al., 2012).

Thus, chemometric methods can be used in spectral data interpretation for a better understanding of the characteristics of the SOM.

2.6 FTIR – PCA Preprocessing

However, the spectral data used by PCA requires preprocessing. The

preprocessing methods usually employed are: mean-center, first derivative, second derivative, Standard Normal Variate Method (SNV), Multiplicative Signal Correction (MSC), variance scaling, autoscaling, scaling of amplitude, average smoothing method, moving average smoothing method, Savitzky-Golay filter, Fourier filter and Wavelet Transform, with the first five pretreatments listed being the most commonly used (SANTOS et al., 2010; HANTAO et al., 2012; MERLIN et al., 2015; MERLIN et al., 2014; SOUZA; POPPI, 2012; AMMANN; BRANDL, 2011; SOUZA et al., 2013; MOROS et al., 2008; MOGHIMI et al., 2010).

The mean-center is recommended for most data sets, since it does not alter the interrelationships between samples (VIEIRA et al., 2010). This preprocessing is to facilitate the visualization of differences in the intensities of the variables, transferring all the data to the center coordinates. Centering the data to the mean consists of calculating the mean of the intensities for each wavelength and subtracting each of the intensities from the mean value (SOUZA; POPPI, 2012; FERREIRA, 2015), as shown in equation (1):

$$x_{ij(cm)} = x_{ij} - \bar{x}_j \quad x_{ij(cm)} = x_{ij} - \bar{x}_j \quad (\text{Equation 1})$$

Where $x_{ij(cm)}$ is the mean-center value, x_{ij} is the experimental value and \bar{x}_j is the average of the respective column.

Ferreira (2015) explains that the first derivative is used to correct problems with the baseline shift so as to conduct the spectral tilt to zero absorbance, while the second derivative differs from the first by the accentuation of the result, since the second derivative allows the acquisition of information regarding the camber of the curve and does not change peak area data (FERREIRA, 2015; DA SILVA, 2009).

The MSC and the SNV facilitate data interpretation, because these pretreatments retain the original shape of the spectrum, it may be employed to correct changes in the baseline and the multiplicative effects of scattering absorbance (FERREIRA, 2015). Souza et al. (2013) states that the application of MSC is necessary to remove baseline fluctuations that are related to physical aspects of the samples, such as the size and shape of the particles, and not the chemical composition thereof.

The advantage of SNV over MSC is due to the fact that the first is applied to the real spectrum, while the second uses a reference spectrum for performing pretreatment, such as, for example, the calibration curves of the Near Infrared (NIR) (MOGHIMI et al., 2010).

These preprocessing methods can also be used together, allying two pretreatments to remove more information that is not considered relevant (FERREIRA, 2015).

In Figure 2 the statistical analysis graphs, PC1 versus PC2 scores, obtained with FTIR results of SOM at the regions between 4000 and 400 cm^{-1} are shown.

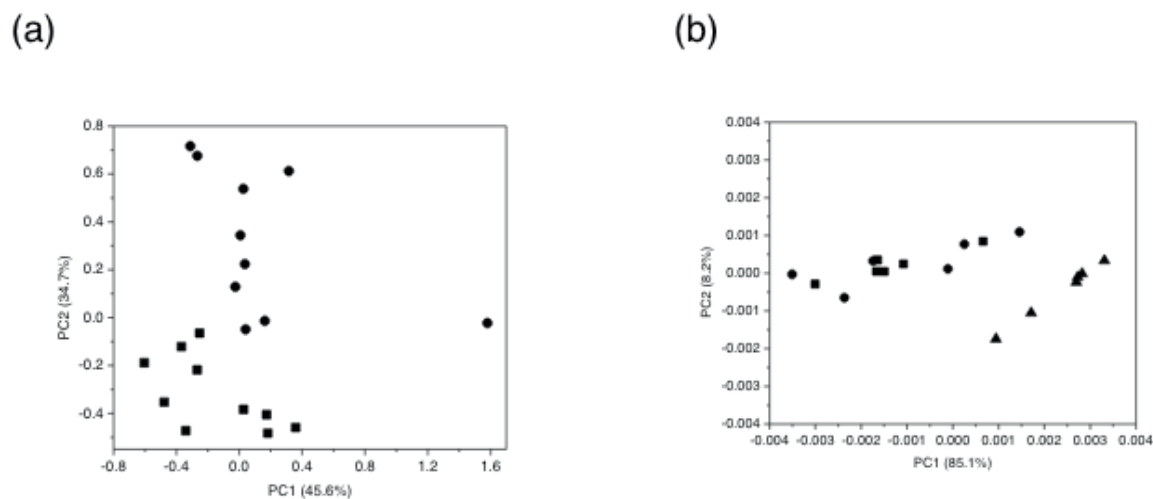


Figure 2 – PC1 versus PC2 scores graphs obtained from FTIR spectral data and preprocessing (a) MSC and (b) second derivative. In Figure 2a the symbols correspond to 0-10 (n) and 10-20 cm (l), and in Figure 2b left fallow (l) and no-tillage (n) management systems, and native forest (p).

The PCA of the spectral data of humic acid extracted from soil samples under different treatments and depths showed the grouping of the samples according to depth (Figure 2a). While, when employed for humic acid samples extracted from soils of different layers and under different management systems, the separation is observed according to the latter variable (Figure 2b). Thus it is possible to infer that the PCA helps in the interpretation of FTIR spectra and allows us to infer which variable is more significant in the composition and structure of the SOM.

3 | CONCLUSION

FTIR spectroscopy can provide a wide range of information about the characteristics of SOM, qualitatively and quantitatively. The pretreatment of the soil sample, before spectrum acquisition, removes the spectral signals of the mineral impurities, highlighting the bands from functional groups of SOM. Finally, the findings of this review give an insight into the importance of chemometric tools, like PCA, in improving the understanding of results obtained by FTIR spectroscopy for SOM studies. This is because chemometrics allows inference about the similarities between the samples and the contribution of each variable (soil management practices, types of soil and depth, for example) in its classification.

REFERENCES

AMMANN, A.B.; BRANDL, H. Detection and differentiation of bacterial spores in a mineral matrix by Fourier transform infrared spectroscopy (FTIR) and chemometrical data treatment. **BMC Biophysics**, v. 4, p. 1-7, 2011.

BANSAL, A. et al. Chemometrics: a new scenario in herbal drug standardization. **Journal of**

Pharmaceutical Analysis, v. 4, p. 223–233, 2014.

BENITES, V.M.; MADARI, B.; MACHADO, P.L.O. de A. Extração e fracionamento quantitativo de substâncias húmicas do solo: um procedimento simplificado de baixo custo. **Comunicado Técnico 16, Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento**, Rio de Janeiro, out. 2003. ISSN 1517-5685.

BRINATTI, A.M. et al. Mineralogical characterization of a highly-weathered soil by the Rietveld Method. **Scientia Agricola**, v. 67, p. 454-464, 2010.

CASTELLANO, M. et al. Bulk and surface properties of commercial kaolins. **Applied Clay Science**, v. 48, p. 446–454, 2010.

COCOZZA, C. et al. Characterization of solid and aqueous phases of a peat bog profile using molecular fluorescence spectroscopy, ESR and FT-IR, and comparison with physical properties. **Organic Geochemistry**, v. 34, p. 49-60, 2003.

DABIN, B. Étude d'une méthode d'extraction de la matière humique du sol. **Science du Sol**, v. 1, p. 47-63, 1971.

DA SILVA, W.K. **Monitoramento em linha e em tempo real do diâmetro médio das partículas e dos teores de não voláteis e monômero durante a polimerização em emulsão usando espectroscopia NIR**. 2009. 107 p. Dissertação – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

DICK, D.P.; GOMES J.; ROSINHA, P.B. Caracterização de substâncias húmicas extraídas de solos e de lodo orgânico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 22, p. 603-611, 1998.

DICK, D.P. et al. Estudo comparativo da matéria orgânica de diferentes classes de solos de altitude do sul do Brasil por técnicas convencionais e espectroscópicas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, p. 2289-2296, 2008.

DING, G. et al. Soil organic matter characteristics as affected by tillage management. **Soil Science Society of America Journal**, v. 66, p. 421–429, 2002.

DOBBSS, L.B. et al. Caracterização Química e Espectroscópica de Ácidos Húmicos e Fúlvicos Isolados da Camada Superficial de Latossolos Brasileiros. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 33, p. 51-63, 2009.

FERREIRA, M.M.C. **Quimiometria: conceitos, métodos e aplicações**. Campinas: Unicamp, 2015. 493 p.

GONÇALVES C.N. et al. The effect of 10% HF treatment on the resolution of CPMAS ¹³C NMR spectra and on the quality of organic matter in Ferralsols. **Geoderma**, v. 116, p. 373– 392, 2003.

HANTAO, L.W. et al. Multivariate curve resolution combined with gas chromatography to enhance analytical separation in complex samples: a review. **Analytica Chimica Acta**, v. 731, p. 11– 23, 2012.

JIMÉNEZ-GONZÁLEZ, M.A. et al. Post-fire recovery of soil organic matter in a Cambisol from typical Mediterranean forest in Southwestern Spain. **Science of the Total Environment**, in press, 2016.

KONONOVA, M.M. **Materia orgánica del suelo: su naturaleza, propiedades y métodos de investigación**. Barcelona: Oikos-tau, 1982. 364 p.

MALINOWSKI, E.R. **Factor analysis in chemistry**. 2nd ed. New York: John Wiley, 1991.

MARTINS, T. et al. Soil organic matter humification under different tillage managements evaluated by

- Laser Induced Fluorescence (LIF) and C/N ratio. **Soil & Tillage Research**, v. 111, p. 231–235, 2011.
- MERLIN, N.; LIMA V.A. de; SANTOS-TONIAL, L.M. dos. Instrumental and experimental conditions for the application of Fourier transform infrared analysis on soil and humic acid samples, combined with chemometrics tools and scanning electron microscopy. **Journal of the Brazilian Chemical Society**, v. 26, p. 1920-1927, 2015.
- MERLIN, N. et al. Application of Fourier transform infrared spectroscopy, chemical and chemometrics analyses to the characterization of agro-industrial waste. **Química Nova**, v. 37, p. 1584-1588, 2014.
- MOGHIMI, A. et al. Vis/NIR spectroscopy and chemometrics for the prediction of soluble solids content and acidity (pH) of kiwifruit. **Biosystems Engineering**, v. 106, p. 295-302, 2010.
- MOROS, J. et al. Chemometric determination of arsenic and lead in untreated powdered red paprika by diffuse reflectance near-infrared spectroscopy. **Analytica Chimica Acta**, v. 613, p. 196–206, 2008.
- PANERO, F.S.; SILVA, H.E.B. Application of exploratory data analysis for the characterization of tubular wells of the North of Brazil. **Microchemical Journal**, v. 88, p. 194–200, 2008.
- POTES, M. da L. et al. Matéria orgânica em Neossolo de altitude: influência do manejo da pastagem na sua composição e teor. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 34, p. 23-32, 2010.
- ROSA, C.M. da. et al. Teor e qualidade de substâncias húmicas de planossolo sob diferentes sistemas de cultivo. **Ciência Rural**, v. 38, p.1589-1595, 2008.
- ROSSI, C.Q. et al. Effects on the composition and structural properties of the humified organic matter of soil in sugarcane strawburning: A chronosequence study in the Brazilian Cerrado of Goiás State. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 216, p. 34–4, 2016.
- RUMPEL, C. et al. Alteration of soil organic matter following treatment with hydrofluoric acid (HF). **Organic Geochemistry**, v. 37, p. 1437–1451, 2006.
- SANTOS, L.M. et al. Characterization by Fluorescence of Organic Matter from Oxisols under Sewage Sludge Applications. **Soil Science Society of America Journal**, v. 74, n. 1, p. 94-104, 2010.
- SCHNITZER, M.; KHAN, S.U. (Eds.). **Soil organic matter**. Elsevier, 1975.
- SENA M.M. de. et al. Avaliação do uso de métodos quimiométricos em análise de solos. **Química Nova**, v. 23, p. 547-556, 2000.
- SENESI, N.; D’ORAZIO V.; RICCA G. Humic acids in the first generation of eurosoils. **Geoderma**, v. 116, p. 325-344, 2003.
- SENESI, N. Composted materials as organic fertilizers. **The Science of the Total Environment**, v. 81/82, p. 521–542, 1989.
- SILVERSTEIN, R.M.; WEBSTER, F.X.; KIEMLE, D.J. **Identificação Espectrométrica de Compostos Orgânicos**. 7ª ed. Rio de Janeiro: LTC – Livros Técnicos e Científicos Editora S.A., 2006. 508 p.
- SOHI, S.P. et al. A procedure for isolating soil organic matter fractions suitable for modeling. **Soil Science Society of America Journal**, v. 65, p. 1121–1128, 2001.
- SOLOMON, D. et al. Molecular signature and sources of biochemical recalcitrance of organic C in Amazonian Dark Earths. **Geochimica et Cosmochimica Acta**, v. 71, p. 2285-2298, 2007.
- SOUZA, A.M. de. et al. Experimento didático de quimiometria para calibração multivariada na

determinação de paracetamol em comprimidos comerciais utilizando espectroscopia no infravermelho próximo: um tutorial, parte II. **Química Nova**, v. 36, p. 1057-1065, 2013.

SOUZA, A.M. de; POPPI, R.J. Experimento didático de quimiometria para análise exploratória de óleos vegetais comestíveis por espectroscopia no infravermelho médio e análise de componentes principais: um tutorial, parte I. **Química Nova**, v. 35, p. 223-229, 2012.

STEVENSON, F.J. **Húmus Chemistry**. Geneses, Composition, Reactions. John Wiley & Sons, 1994. 495 p.

STUART, B.H. **Infrared Spectroscopy: Fundamentals and Applications**. New York: John Wiley, 2004. 244 p.

SWIFT, R.S. **Methods of soil analysis**. Part 3. Chem. Method; Sparks, D. L., ed.; Soil Sci. Soc. Am. Book Series: 5: Madison, 1996, p. 1011-1020.

TATZBER, M. et al. Impact of different tillage practices on molecular characteristics of humic acids in a long-term field experiment - An application of three different spectroscopic methods. **Science of The Total Environment**, v. 406, p. 256–268, 2008.

TIVET, F. et al. Assessing humification and organic C compounds by laser-induced fluorescence and FTIR spectroscopies under conventional and no-till management in Brazilian Oxisols. **Geoderma**, v. 207, p. 71-81, 2013.

TRAVERSA, A. et al. Chemical and spectroscopic characteristics of humic acids and dissolved organic matter along two Alfisol profiles. **Chemosphere**, v. 111, p. 184-194, 2014.

VIERA, M. DE S. et al. Avaliação de adulteração de misturas biodiesel diesel empregando espectroscopia no infravermelho e análise por componentes principais. **XXX Encontro Nacional de Engenharia de Produção**, 2010.

SOBRE OS ORGANIZADORES

Jorge González Aguilera: Engenheiro Agrônomo (Instituto Superior de Ciências Agrícolas de Bayamo (ISCA-B) hoje Universidad de Granma (UG)), Especialista em Biotecnologia pela Universidad de Oriente (UO), CUBA (2002), Mestre em Fitotecnia (UFV/2007) e Doutorado em Genética e Melhoramento (UFV/2011). Atualmente, é professor visitante na Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS) no Campus Chapadão do Sul. Têm experiência na área de melhoramento de plantas e aplicação de campos magnéticos na agricultura, com especialização em Biotecnologia Vegetal, atuando principalmente nos seguintes temas: pre-melhoramento, fitotecnia e cultivo de hortaliças, estudo de fontes de resistência para estres abiótico e biótico, marcadores moleculares, associação de características e adaptação e obtenção de vitroplantas. Tem experiência na multiplicação “on farm” de insumos biológicos (fungos em suporte sólido; Trichoderma, Beauveria e Metharrizum, assim como bactérias em suporte líquido) para o controle de doenças e insetos nas lavouras, principalmente de soja, milho e feijão. E-mail para contato: jorge.aguilera@ufms.br

Alan Mario Zuffo: Engenheiro Agrônomo (Universidade do Estado de Mato Grosso – UNEMAT/2010), Mestre em Agronomia – Produção Vegetal (Universidade Federal do Piauí – UFPI/2013), Doutor em Agronomia – Produção Vegetal (Universidade Federal de Lavras – UFLA/2016). Atualmente, é professor visitante na Universidade Federal do Mato Grosso do Sul – UFMS no Campus Chapadão do Sul. Tem experiência na área de Agronomia – Agricultura, com ênfase em fisiologia das plantas cultivadas e manejo da fertilidade do solo, atuando principalmente nas culturas de soja, milho, feijão, arroz, milheto, sorgo, plantas de cobertura e integração lavoura pecuária. E-mail para contato: alan_zuffo@hotmail.com

ÍNDICE REMISSIVO

A

Água 13, 20, 22, 23, 33, 61, 128, 130, 135, 136, 176

AIA 246

Alimentação 2, 11, 35

Aterro de resíduos 41

Avaliação 18, 22, 33, 41, 57, 84, 126, 127, 137, 154, 173, 174, 234, 235, 236, 244, 246

B

Bacia Hidrográfica 28

Bicicleta 193, 197, 198

Biolubricants 70

Biotechnological processes 70

C

Captação de água da chuva 19

Caracterização 94, 125, 135, 136, 176

Coleta Seletiva 58, 60, 61

Coliformes 13, 17, 133

Composição gravimétrica 58, 63, 64, 65, 87, 91, 92

Compostos Orgânicos 126

D

Design verde 155

Diagnóstico Ambiental 224

Distribuição da água 170

E

Ecodesign 155, 156, 157, 158, 159, 167

Ecologia 33, 146, 148, 153, 246, 248, 251

Economia de água 135

Educação Alimentar 2, 11

Efetividade 84, 85, 234, 239, 240, 241, 242, 243, 244, 245

Ensino fundamental 1, 4, 5, 68, 183

Enzymatic Catalysis 70

Espécie ameaçada 177

Esterco Bovino 52, 53, 54, 55, 56

F

Ferramentas audiovisuais 177

G

Geração de resíduos 42, 58, 78, 96, 97, 98, 101, 156, 160, 168

Gestão 23, 84, 86, 117, 128, 134, 135, 137, 139, 144, 146, 168, 191, 193, 195, 229, 231, 234, 235, 236, 241, 243, 244, 245

H

História natural 35, 36, 40

Horta didática 1

I

Indicadores 61, 83, 107, 246

Índice Pluviométrico 19, 21

Inseto 35

IQR 41, 42, 43, 44, 49, 50

M

Microrganismos 13

Mobilidade Ativa 193

Mobilidade Sustentável 193

Mobilidade Urbana 193, 196, 197, 198

Municipalidades 199, 204, 222

O

Oportunista 35

P

Pó de serra 52

Processo participativo 177

Q

Qualidade da Água 176

R

Reducción de Riesgos de Desastres 199

Resíduo eletroeletrônico 155

Resíduos de Serviços de Saúde 224, 225, 231

Resíduo sólido 155

Agência Brasileira do ISBN
ISBN 978-85-7247-537-2



9 788572 475372