

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO
INSTITUTO DE FÍSICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FÍSICA AMBIENTAL**

**ANÁLISE QUANTITATIVA DAS PROPRIEDADES
ÓPTICAS DE AEROSSÓIS POR MEIO DE
FERRAMENTA AUTOMATIZADA WEB**

KAUE SIGUEAK ALMEIDA ARIMA

**Orientador: Prof. Dr. Osvaldo Borges Pinto Junior
Coorientador: Prof. Dr. Geraldo Aparecido Rodrigues Neves**

**CUIABÁ, MT
FEVEREIRO/2017**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO
INSTITUTO DE FÍSICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FÍSICA AMBIENTAL**

**ANÁLISE QUANTITATIVA DAS PROPRIEDADES
ÓPTICAS DE AEROSSÓIS POR MEIO DE
FERRAMENTA AUTOMATIZADA WEB**

KAUE SIGUEAK ALMEIDA ARIMA

*Dissertação apresentada ao Programa de
Pós-Graduação em Física Ambiental da
Universidade Federal de Mato Grosso,
como parte dos requisitos para obtenção
do título de Mestre em Física Ambiental.*

**Orientador: Prof. Dr. Osvaldo Borges Pinto Junior
Coorientador: Prof. Dr. Geraldo Aparecido Rodrigues Neves**

**CUIABÁ, MT
FEVEREIRO/2017**

Dados Internacionais de Catalogação na Fonte.

S579a S. A. ARIMA, KAUE.
ANÁLISE QUANTITATIVA DAS PROPRIEDADES ÓPTICAS
DE AEROSSÓIS POR MEIO DE FERRAMENTA
AUTOMATIZADA WEB / KAUE S. A. ARIMA. -- 2017
56 f. : il. color. ; 30 cm.

Orientador: PROF.DR.OSVALDO BORGES PINTO JUNIOR.
Co-orientador: PROF. DR. GERALDO APARECIDO
RODRIGUES NEVES.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Mato Grosso,
Instituto de Física, Programa de Pós-Graduação em Física
Ambiental, Cuiabá, 2017.

Inclui bibliografia.

1. Modelagem atmosférica. 2. Particulados. 3. AERONET. 4.

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte.

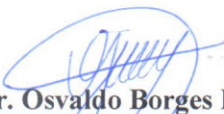
UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO
INSTITUTO DE FÍSICA
Programa de Pós-Graduação em Física Ambiental

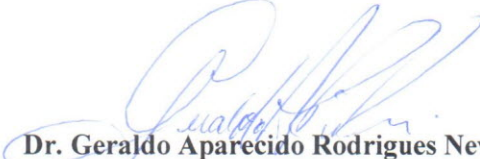
FOLHA DE APROVAÇÃO

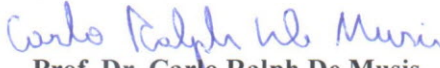
TÍTULO: ANÁLISE QUANTITATIVA DAS PROPRIEDADES ÓPTICAS DE AEROSSÓIS POR MEIO DE FERRAMENTA AUTOMATIZADA WEB

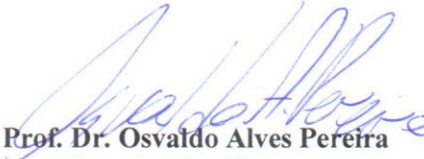
AUTOR: KAUE SIGUEAK ALMEIDA ARIMA

Dissertação de Mestrado defendida e aprovada em 23 de fevereiro de 2017, pela comissão julgadora:


Prof. Dr. Osvaldo Borges Pinto Junior
Orientador
Universidade de Cuiabá/UNIC


Dr. Geraldo Aparecido Rodrigues Neves
Coorientador
Instituto de Física/UFMT


Prof. Dr. Carlo Ralph De Musis
Examinador Interno
Universidade de Cuiabá/UNIC


Prof. Dr. Osvaldo Alves Pereira
Examinador Externo
Universidade de Cuiabá/UNIC

DEDICATÓRIA

A Deus e a Meishu-Sama por mais uma etapa concluída, aos meus pais Felix e Luzia, minha irmã Taili e minha namorada Raiany e a todos os colegas de curso, professores e familiares.

AGRADECIMENTOS

- Ao Professor José de Souza Nogueira;
- Ao Professor Dr. Osvaldo Borges Pinto Junior pela orientação, apoio e confiança para realização desse trabalho;
- Ao Professor Dr. Geraldo Aparecido Rodrigues Neves pela co-orientação, pela colaboração e ajuda na escrita e desenvolvimento desse trabalho;
- Aos Professores Denilton, Francisco, Campelo e a Professora Carmem pela atenção e conhecimentos;
- Ao Professor Dr. Carlo Ralph De Musis pelo apoio, pela colaboração e incentivo na construção da minha carreira;
- À todos os professores do Programa de Pós-Graduação em Física Ambiental da Universidade Federal de Mato Grosso, pelos conhecimentos;
- À Soilce, Cesário e Jô pela colaboração nos serviços da secretaria que nos auxiliou para o desenvolvimento deste trabalho;
- À CAPES pelo apoio financeiro;
- À todos os colegas de curso que direta ou indiretamente contribuíram para realização desse trabalho.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	vi
LISTA DE TABELAS	viii
LISTA DE QUADROS	viii
LISTA DE ABREVIACÕES	ix
RESUMO	x
ABSTRACT	xi
1. INTRODUÇÃO	1
1.1. OBJETIVO GERAL.....	2
1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	2
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	3
2.1. AEROSSÓIS ATMOSFÉRICOS.....	3
2.2. REDE AERONET	7
2.3. PYTHON.....	10
3. MATERIAIS E MÉTODOS	14
3.1. ÁREA DE ESTUDO	14
3.2. SÍTIO EXPERIMENTAL DA REDE AERONET	16
3.3. REQUISITOS PARA A FERRAMENTA WEB	16
3.4. DIAGRAMA DE CASO DE USO.....	18
3.5. DIAGRAMA DE ATIVIDADE.....	19
3.6. DADOS PARA AANÁLISE QUANTITATIVA.....	20
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES	21
4.1. ALGORITMO DE AQUISIÇÃO DE DADOS.....	21
4.2. DISPOSIÇÃO DA FERRAMENTA.....	22
4.3. ANÁLISE QUANTITATIVA DOS DADOS	28
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	38
6. TRABALHOS FUTUROS	39
7. REFERÊNCIAS	40
APENDICE	44

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Material Particulado Coletado em Cuiabá: (a) partículas de cinzas voláteis originadas de fontes industriais; (b) e (c) Partículas típicas de motores de combustão; (d) Partícula caracterizada de queima de biomassa.	4
Figura 2 - Esquema do posicionamento do fotômetro para a realização das medidas no plano principal (a), que seria o movimento zenital, e no almucântar (b), sendo o plano azimutal. Onde φ_0 é o ângulo azimutal do Sol, e φ é o ângulo azimutal do sensor, θ_0 é o ângulo zenital do sol e θ é o ângulo zenital do sensor.	8
Figura 3 - Pagina de Download dos dados da Rede AERONET, item 1 representa o campo onde seleciona o ano ou o mês, item 2 onde seleciona o dia e o item 3 corresponde aos botões de redirecionamento para a página de download.	9
Figura 4 - Exemplo de Código em Python, que chama métodos para efetuar o download dos dados da rede AERONET, calcula e exibe os histogramas dos dados obtidos.	12
Figura 5 - Representação do município de Cuiabá, área de estudo.	14
Figura 6 - Diagrama climático para a região de Cerrado da fazenda Miranda, na Baixada Cuiabana, 2011 à 2013.	15
Figura 7 - Fotômetro CIMEL instalado na Fazenda Miranda. A – Central de Comunicação, Armazenamento de dados e controle dos sensores e B – Sensor.	16
Figura 8 - Diagrama de Caso de Uso da Ferramenta Web.	18
Figura 9 - Diagrama de Atividades.	19
Figura 10 - Algoritmo em Python criado para fazer download dos dados e enviá-los para o banco de dados do Servidor WEB.	21
Figura 11 - Página login da Ferramenta BCDET, possui os campos “Login” que representa o e mail do usuário e o campo “Senha”.	23
Figura 12 - Página de Cadastro para acesso a ferramenta BCDET, com os campos “Nome”, “E-mail” e “Senha”.	24
Figura 13 - Pagina Principal da Ferramenta BCDET, com o gráfico dos dados do dia anterior e a tabelas com os valores dos dados.	25
Figura 14 - Menu Lateral da Ferramenta BCDET, item 1 menu com as opções das Estações, item 2 com as opções da AERONET e o item 3 com as opções de Configuração (vista somente pelos administradores).	26
Figura 15 - Área de Download da AERONET, onde o usuário pode selecionar os elementos que ele deseja a data ou a faixa de datas que ele deseja e se ele precisa dos dados brutos ou medias diárias.	27
Figura 16 – Histogramas dos dados categorizados das AOT’S no período de 12/02/2014 a 12/12/2016.	29

Figura 17 - *Média diária dos dados de AOT's, que estão entre os dias 12/02/2014 a 12/12/2016, da Fazenda Miranda, com o nível 1.0 da rede AERONET*..... 31

Figura 18 - *Série Temporal da fazenda Miranda, com valores médios por mês dos aerossóis disponíveis na faixa de 500nm, indicando os períodos Chuvoso e Seco, que estão entre os dias 12/02/2014 a 12/12/2016*..... 33

Figura 19 - *Box plot das médias diárias da AOT 500nm, da Fazenda Miranda, separados pelos períodos chuvosos e secos de cada ano estudado*. 36

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Médias diárias, nos períodos seco e chuvoso, e seus respectivos desvios padrões do OAT 500nm	35
---	----

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Requisitos Funcionais (RF)	17
Quadro 2- Total de focos ativos detectados pelo satélite de referência em cada mês no Estado de Mato Grosso. Os itens em Vermelho representam valores máximos do mês em comparação de um período que vai desde 1998 até 19/12/2016.....	34

LISTA DE ABREVIACÕES

AERONET – *AerosolRobotic Network*

AOT – Espessura Óptica de Aerossóis

CSV – *Comma-separatedvalues*

INMET – Instituto Nacional de Meteorologia

INPE – Instituto de Pesquisas Espaciais

NASA – *National Aeronautics and Space Administration*

NCN – Núcleo de Condensação de Nuvens

PGFA – Programa de Pós Graduação em Física Ambiental

RF – Requisitos Funcionais

RGB – *Red, Green e Blue*

SEVIRI –*Spinning Enhanced Visible and Infrared Imager*

WEB– *World Wide Web*

RESUMO

ARIMA, K. S. A. **ANÁLISE QUANTITATIVA DAS PROPRIEDADES ÓPTICAS DE AEROSSÓIS POR MEIO DE FERRAMENTA AUTOMATIZADA WEB**, Cuiabá, 2017, 52p. Dissertação (Mestrado em Física Ambiental) – Instituto de Física, Universidade Federal de Mato Grosso.

As partículas de aerossóis no meio ambiente são capazes de atuar de maneira significativa nas propriedades radiativas e químicas da atmosfera regional e global. O estudo dos particulados contribui para a compreensão dos efeitos diretos e indiretos no meio ambiente. Para ajudar nesses estudos, a NASA disponibiliza uma rede de pesquisa chamada AERONET (AerosolRoboticNetWork), que fornece dados que possibilitam o estudo das consequências desses elementos na natureza, em vários lugares do mundo. Contudo essa ferramenta possui algumas dificuldades na obtenção dos dados, tais como: selecionar o período para efetuar o download; manipular o arquivo disponibilizado, dentre outros. Esse trabalho tem por objetivo desenvolver uma ferramenta de aquisição de dados de forma dinâmica, que permita selecionar a base de dados da rede AERONET, para desenvolvimento de cenários e modelos estocásticos, como exemplo: poluição atmosférica, formação de chuva, doenças respiratórias. Diante disto, foi criado um algoritmo em linguagem Python®, que tem como função a aquisição dos dados da página da AERONET e o envio para uma base de dados remota em um servidor web. A partir desta base de dados foi criado uma ferramenta web para facilitar o acesso. Foram coletados, por meio do algoritmo, amostras contínuas de aerossóis atmosféricos de fevereiro de 2014 a dezembro de 2016, sendo que as atualizações ocorreram diariamente às 23 horas. Posteriormente, foram efetuadas análises quantitativa e análises através de histograma, demonstrando altas taxas de valores de profundidade ótica no período chuvoso e uma grande concentração de partículas menores que 0,05µm. Verificou-se que a ferramenta web criada proporcionou maior viabilidade na aquisição dos dados, integrando com as informações micrometeorológica regionais.

Palavras-Chave: Modelagem atmosférica, particulados, AERONET.

ABSTRACT

ARIMA, K. S. A. **QUANTITATIVE ANALYSIS OF OPTICAL PROPERTIES OF AEROSOLS BY WEB AUTOMATED TOOL**, Cuiabá, 2017, 52p. Dissertação (Mestrado em Física Ambiental) –Instituto de Física, Universidade Federal de Mato Grosso.

The aerosol particles in the environment are capable of acting in a significant way in the radiative and chemical properties of the regional and global atmosphere. The study of particles contributes to the understanding of direct and indirect effects on the environment. To assist in these studies, NASA provides a research network called AERONET (Aerosol Robotic NetWork), which provides data that allow the study of the consequences of these elements in nature in various parts of the world. However, this tool has some difficulties in obtaining the data, such as: select the download period; Manipulate the available file, among others. The objective of this work is to develop a data acquisition tool in a dynamic way, allowing the selection of the AERONET network for the development of scenarios and stochastic models, such as: atmospheric pollution, rainfall formation, respiratory diseases. In view of this, a Python® language algorithm was created, whose function is to acquire the data from the AERONET page and send them to a remote database on a web server. From this database was created a web tool to facilitate access. Through the algorithm, continuous samples of atmospheric aerosols were collected from February 2014 until December 2016, with updates occurring daily at 23 hours. Subsequently, the analyzes and quantitative analyzes were performed through histogram, showing high optical depth rates in the rainy season and high particle concentration less than 0.05nm. It was verified that the web tool created provided greater viability in data acquisition, integrating with regional micrometeorological information.

Keywords: Atmospheric modeling; Particulates; AERONET.

1. INTRODUÇÃO

As partículas de aerossóis, tanto naturais quanto as emitidas em processos antrópicos, existem em todos os lugares, e influenciam o clima de diversas maneiras: atuando na absorção e espalhamento de radiação solar; na formação de nuvens; na reciclagem de nutrientes em ecossistemas; na composição química da precipitação; na visibilidade e na saúde das pessoas, entre outros papéis importantes (PAULIQUEVIS, 2007).

O aumento da concentração de aerossóis impõe uma diminuição no tamanho das gotas que formam as nuvens, produzindo dois efeitos: haverá uma maior refletância da radiação solar para o espaço e com o menor diâmetro da gota, será menos favorável para a produção de chuva (FREITAS, 1999).

As queimadas também produzem material particulado que pode influenciar tanto o clima local como também o clima de regiões próximas, uma vez que, podem ser transportados pela atmosfera. Os aerossóis provenientes das queimadas estão entre os mais complexos em sua interação com o clima, pois os mesmos dependem de muitos fatores, como o tipo de material queimado e características meteorológicas locais (PALÁCIOS, 2014).

Os estudos dos aerossóis nas mudanças dos parâmetros atmosféricos e sua relação com a radiação solar são de extrema importância, para a compreensão dos seus efeitos na atmosfera tanto nas escalas globais como locais.

Assim, para o desenvolvimento desses estudos, a NASA disponibiliza uma rede de pesquisa chamada AERONET (*AerosolRoboticNetWork*), que fornece dados que possibilitam o estudo das consequências desses elementos na natureza, em várias regiões espalhadas pelo mundo.

Contudo, essa ferramenta, em decorrência da sua complexidade e por não possuir algumas funções, torna-se difícil de ser utilizada em casos específicos. A exemplo pode-se citar a falta de possibilidade de efetuar o download de uma determinada faixa de dados, isto é, o usuário/pesquisador encontra dificuldades em selecionar apenas informações referentes a alguns meses do ano. Outra dificuldade consiste no modo como é realizada a seleção dos parâmetros, na forma atual não é possível selecionar somente a variável ou comprimento de onda específico para atender a finalidade do pesquisador.

Detectados essas dificuldades na obtenção de dados, por meio da rede de pesquisa AERONET, buscou-se criar uma ferramenta capaz de suprir essas necessidades, ou seja, um instrumento de consulta web que colete dados gerados por essa rede, que possibilite efetuar download de qualquer faixa de dados, bem como viabilizar a possibilidade de selecionar as variáveis ou comprimento de onda, necessários para atender seus objetivos específicos. Essa ferramenta de aquisição de dados proporciona maiores facilidades na obtenção de dados, pois promove flexibilidade, garantido ao pesquisador mais agilidade e versatilidade na pesquisa.

1.1. OBJETIVO GERAL

Esse trabalho tem por objetivo desenvolver uma ferramenta de aquisição de dados de forma dinâmica, que permita selecionar a base de dados da rede AERONET, para desenvolvimento de cenários e modelos estocásticos, como exemplo: poluição atmosférica, formação de chuva, doenças respiratórias. Diante disso, foram formulados alguns objetivos específicos.

1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Definir e desenvolver requisitos para a construção da ferramenta de consulta Web;
- Analisar quantitativamente os dados de AOT (Espessura Óptica de Aerossóis), para a região da baixada cuiabana;
- Comparar o comportamento da AOT 500nm nos períodos chuvoso e seco, da área de estudo;

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. AEROSSÓIS ATMOSFÉRICOS

Os aerossóis atmosféricos consistem de partículas sólidas e líquidas em suspensão na atmosfera. As partículas podem ser constituídas por poeira do solo, pólen, material biogênico, fuligem, sal marinho, entre outros, sendo originadas tanto por fontes naturais quanto antrópicas. Essas partículas possuem um tempo de vida na troposfera de alguns minutos ou várias semanas (HAYWOOD,2000).

Os aerossóis participam em diversos fenômenos naturais que abrangem a formação de nuvens, no balanço radiativo da atmosfera, na visibilidade, nas permutas entre o oceano e a troposfera e as eventuais modificações na camada de ozônio (ALVES, 2005). As principais fontes naturais são as erupções vulcânicas, incêndios naturais, ressuspensão de poeira do solo e emissões biogênicas. (SEINFELD&PADINS,2006), já os aerossóis originários de fontes antrópicas encontram-se na agricultura, pastagens, queima de biomassa e de combustíveis fósseis, como contribuintes mais importantes (ANDREAE &MERLET, 2001).

Nesse contexto, observa-se alguns particulados coletados em Cuiabá por Santiago (2015), conforme a Figura 1.

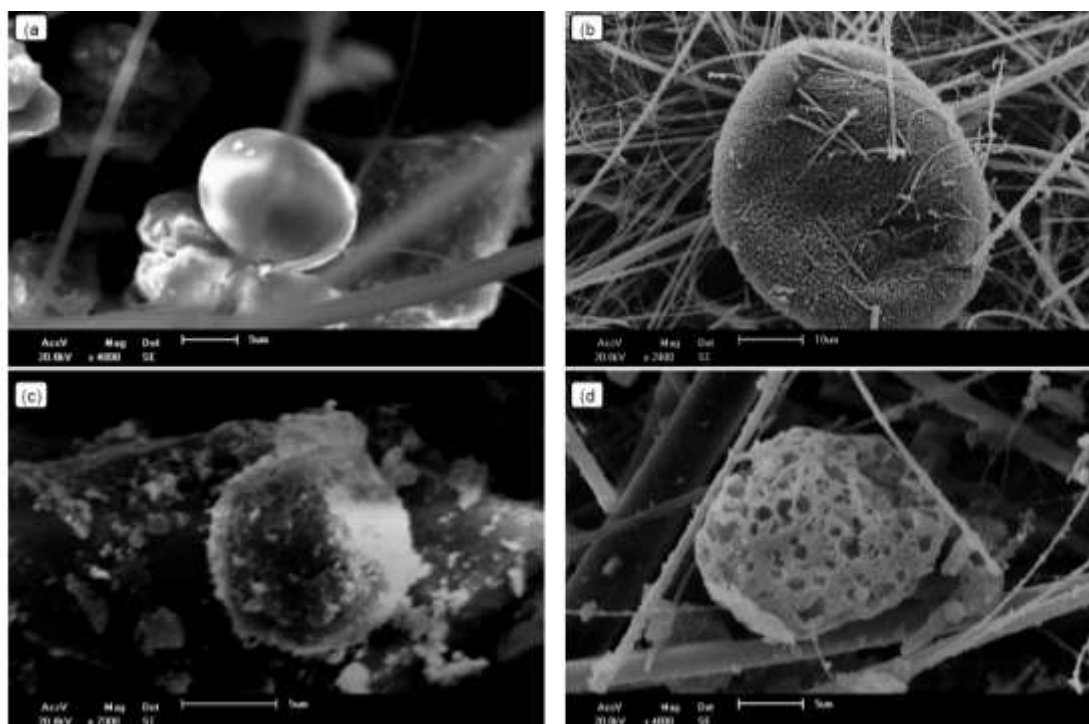


Figura 1 - Material Particulado Coletado em Cuiabá: (a) partículas de cinzas voláteis originadas de fontes industriais; (b) e (c) Partículas típicas de motores de combustão; (d) Partícula caracterizada de queima de biomassa.
Fonte: (SANTIAGO, 2015).

Com relação à origem dos aerossóis, Husar (2000) cita 6(seis) teorias, a saber:

- **Emissões gasosas da Terra:** Neblina atmosférica pode ser atribuída as rajadas de emissões gasosas durante terremotos.
- **Eletricidade:** Neblina atmosférica de descargas elétricas durante tempestades, era uma teoria significativa antes de 1850.
- **Poeiras de meteoritos:** A poeira meteórica também foi considerada como uma fonte significativa de aerossóis atmosféricos. Sabe-se que o pó meteórico se queima na atmosfera e que as partículas se depositam na terra. Alguns pesquisadores argumentam que os meteoros contribuem “não menos de 1 polegada por século de material sólido para o globo”. Portanto, o impacto global da poeira meteórica ou cósmica sobre a soma global de aerossóis atmosféricos é considerado insignificante.
- **Emissões vulcânicas:** Desde os tempos antigos, foi reconhecido que os gases e cinzas vulcânicas causa turbidez atmosférica local. No entanto,

apenas em 1700 foi descoberto que os aerossóis vulcânicos são transportados por grandes distâncias.

- **Poeiras transportadas pelo vento:** Ao longo da história, foi conhecido que a poeira trazida pelo vento provoca embasamento regional. Poeira atmosférica é a turbidez atmosférica associada, é um fenômeno meteorológico comum, que adquiriu nomes diferentes em várias partes do mundo.
- **Processos de combustão:** Existe turbidez atmosférica que é causada por produtos de combustão sólidos e líquidos. Em particular, a fumaça de incêndios florestais e de pastagens tem sido uma fonte conhecida de neblina atmosférica sobre muitas partes do mundo.

Os aerossóis atmosféricos possuem diâmetros que podem variar entre 0,002 μm e 100 μm . Algumas partículas são tão pequenas que são menores que o comprimento de onda da luz, possuindo tamanhos de 10 nm (0,01 μm) de diâmetro. Segundo Ouriques (2012), há centenas ou milhares de aerossóis em cada centímetro cúbico de ar, sendo naturais e outras são liberadas no ar por atividades humanas.

As partículas de aerossóis podem ser classificadas por sua faixa de tamanho. Aquelas com diâmetro menor que 2,5 μm são da chamada “moda fina” ou fração fina, enquanto aquelas entre 2,5 μm e 10 μm constituem a “moda grossa”.

Em altas concentrações, o aerossol é considerado um poluente da atmosfera, podendo causar problemas à saúde da população e diminuição da visibilidade, além de afetar às condições meteorológicas e o clima. Nesse sentido, o estudo do aquecimento global e das mudanças climáticas tem se tornado cada vez mais importante e imprescindível à população e às políticas mundiais (NATALI, 2008).

O aerossol atmosférico interage com a luz solar espalhando e absorvendo a radiação e tem um papel importante no balanço radiativo terrestre. As partículas de aerossol podem tanto ter um efeito de esfriamento como também de aquecimento do ar da camada atmosférica em que se encontra, dependendo das suas propriedades ópticas.

Os mecanismos de remoção dos aerossóis são relacionados à sua faixa de tamanho. No caso da moda grossa, a deposição gravitacional é muito importante. Já as partículas da moda fina, por terem velocidades terminais de deposição

gravitacional muito baixas, estão sujeitas ao transporte pelos ventos, podendo ser levadas à milhares de quilômetros de onde foram produzidas, como explica Artaxo(2013).

Os efeitos de aquecimento e esfriamento pelo aerossol mudam o perfil termodinâmico da atmosfera, favorecendo ou inibindo convecção, por exemplo, o que tem impacto direto na formação de nuvens (DIAS, 2002).

Outro fator conhecido, diz respeito ao funcionamento das partículas como núcleos de condensação de nuvens (NCN), isto é, são partículas microscópicas de aerossol, que têm propriedades de condensar água em sua superfície formando uma gota. Uma vez que a gota é formada, ela começa a crescer por meio de uma série de mecanismos físicos. Se o ambiente é relativamente limpo, não poluído, há poucos NCN. Assim, a disputa pelo vapor de água existente é relativamente menor, estes vão crescer rapidamente e cair como chuva. Entretanto, caso a atmosfera esteja poluída com um número muito elevado de NCN, comum em épocas de queimadas, a disputa pelo vapor de água disponível aumenta, as gotas crescem pouco. Muitas vezes essas nuvens nem chegam a precipitar, e são levadas pelos ventos a outros locais(ARTAXO et al., 2006).

O estudo das partículas de aerossol em si pode ser dividido em várias vertentes, entre elas, o da composição química e o das propriedades ópticas. A composição química do aerossol é especialmente importante quando se tem por objetivo avaliar os processos associados às fontes (naturais/antrópicas), a transformação do aerossol, e também a de transporte. Se a massa de ar estudada veio de uma cidade próxima é provável encontrar aerossóis ricos em sulfato, enquanto o aerossol vindo de regiões oceânicas é rico em sal marinho (KUHN et al., 2010).

Nesse contexto, a rede AERONET (*Aerosol Robotic Network*) veio com a finalidade de facilitar o desenvolvimento das pesquisas ambientais, em especial às ligadas aos estudos AOT (Espessura Óptica de Aerossóis).

2.2. REDE AERONET

A rede AERONET (*Aerosol Robotic Network*) é uma rede de monitoramento de aerossol por sensoriamento remoto, em solo, estabelecida no início dos anos 90 pela NASA. Possui mais de 400 fotômetros solares que fornecem medidas de profundidade ópticas, radiativas e microfísicas de aerossol integradas na coluna atmosférica. Os dados podem ser acessados facilmente através da página da AERONET <http://aeronet.gsfc.nasa.gov/> (FURTADO,2016).

Os fotômetros solares, modelo CIMEL Eletronic 318A, realizam medições tanto da radiação solar direta, quanto da radiação solar difusa. As medições da radiação solar direta são feitas em oito bandas espectrais centradas em 340, 380, 440, 500, 675, 870, 1020 e 1640 nm, com um campo de visão de 1,2° (KOGAN; POWELL; FEDOROV,2011).

Esse instrumento possui um colimador de 33 centímetros de comprimento que rejeitam a luz difusa refletida em suas paredes. O colimador do Sol e auréola solar são protegidos por uma janela de quartzo e possui um detector UV enriquecido com silício que permite observações da janela espectral (LOPES,2014).

Os sensores giram no sentido do ângulo zenital e azimutal com o auxílio de motores de passo com uma precisão de 0,05°. Um microprocessador calcula a 28ª posição do Sol baseado em informações de data, hora, latitude e longitude, direcionando os colimadores a menos de 1° do Sol. Um pequeno detector localiza precisamente o Sol para que se dê início a sequência de medidas (PROCÓPIO, 2005).

Os ângulos do fotômetro tanto para zenital, como para o azimutal são definidos sempre em relação a posição do Sol em um espalhamento de até 180° em sentido horário em que os ângulos são positivos e no sentido anti-horário em que os ângulos são negativos. Destas maneira, o ponto zero é definido como a direção do Sol, sendo negativo para baixo do Sol e positivo para cima (CASTANHO,2005), como indica a figura abaixo.

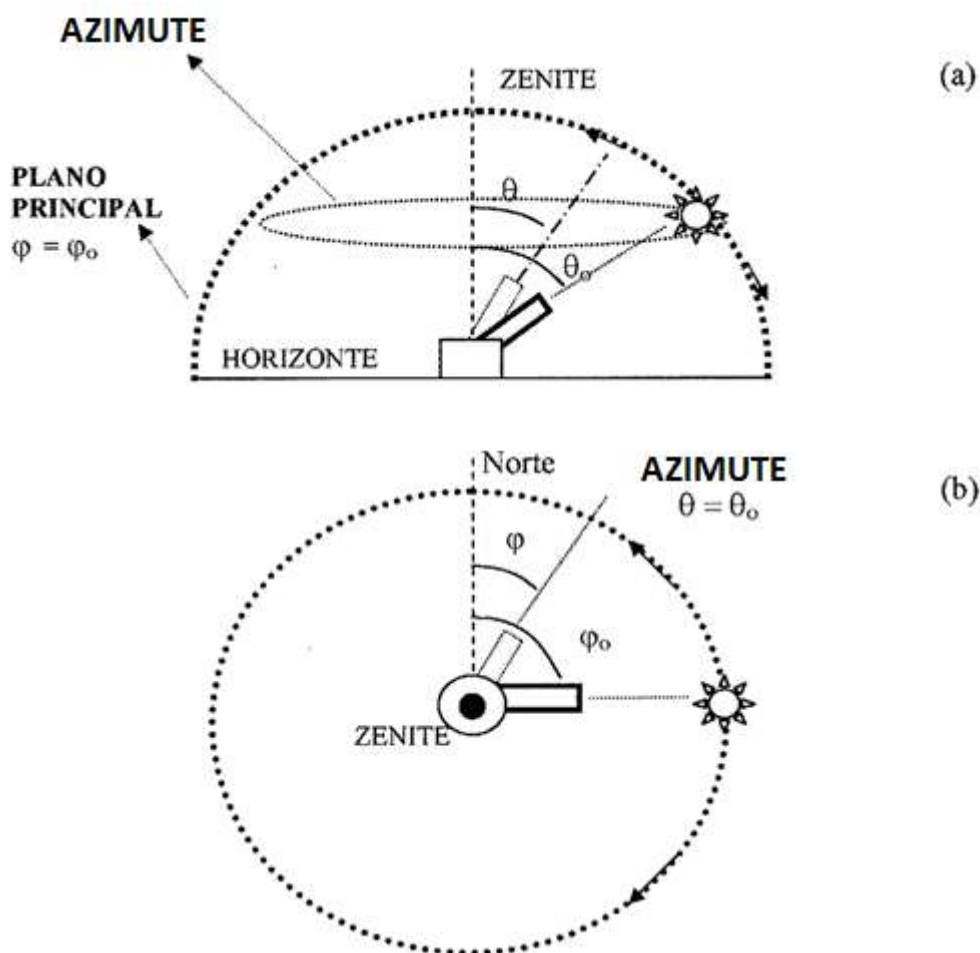


Figura 2 - Esquema do posicionamento do fotômetro para a realização das medidas no plano principal (a), que seria o movimento zenital, e no Azimute (b), sendo o plano azimutal. Onde φ_0 é o ângulo azimutal do Sol, e φ é o ângulo azimutal do sensor, θ_0 é o ângulo zenital do sol e θ é o ângulo zenital do sensor.

Fonte: Modificado de CASTANHO, 2005.

O site da AERONET fornece ao usuário o acesso aos dados preliminares, descreve os objetivos do programa, afiliações, descrição dos instrumentos, os produtos das observações, atividades de pesquisa e todos os pesquisadores envolvidos.

Os arquivos de dados da rede AERONET são divididos em três níveis de qualidade: nível 1.0 para os dados brutos, nível 1.5 para dados sem a presença de nuvens e nível 2.0 cuja qualidade é certificada pela rede (HOLBEN et al., 1998; SMIRNOV et al., 2000).

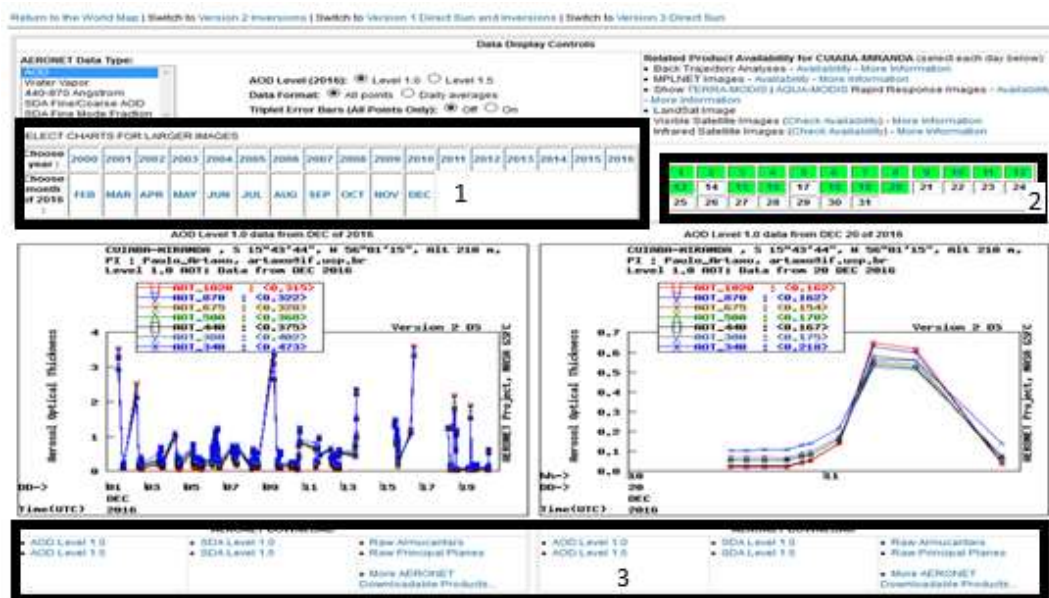


Figura 3 - Página de Download dos dados da Rede AERONET, item 1 representa o campo onde seleciona o ano ou o mês, item 2 onde seleciona o dia e o item 3 corresponde aos botões de redirecionamento para a página de download.

A Figura 3 representa a página de seleção dos dados para efetuar o download no site da AERONET. No item 1 dessa figura, seleciona-se o ano que precisamos dos dados ou se necessário, somente um mês do ano selecionado. No item 2 pode-se filtrar ainda mais, optando somente um dia do mês escolhido no item 1.

O item 3 possui os botões que direcionam para a página de download dos dados, permitindo escolher os níveis dos dados. Se selecionar as opções do lado direito, realizará download da seleção do item 2, já no lado esquerdo o download será dos dados que foram selecionados no item 1.

Ressalta-se que, para uma melhor compreensão dos dados da AERONET, é necessário uma linguagem de programação para se chegar ao seu processamento. Nesse sentido, o Python se coloca como uma excelente ferramenta.

2.3. PYTHON

Python é uma linguagem de programação de altíssimo nível, de tipagem dinâmica e forte, possuindo uma sintaxe clara e precisa que favorece a legibilidade do código fonte, tornando-a mais produtiva como afirma Borges(2010).

Essa linguagem inclui diversas estruturas de alto nível (listas, dicionários, entre outras) e uma vasta coleção de módulos prontos para uso, além de frameworks de terceiros que podem ser adicionados. Suporta ainda, uma programação modular e funcional, além da orientação a objetos. Mesmo os tipos básicos no Python são objetos. Essa linguagem é interpretada por meio de *bytecode* pela máquina virtual Python, tornando o código portátil. Com isso é possível compilar aplicações em uma plataforma e rodar em outros sistemas ou executar direto do código fonte (BORGES,2010).

Python é uma linguagem de programação desenvolvida por Guido van Rossum, por meio de uma sintaxe simples do Python e seu sentido geral são grandemente derivados do ABC, uma linguagem didática que foi desenvolvida nos anos 80. Entretanto, Python também foi criado para solucionar problemas reais e tomou emprestado uma grande quantidade de características de linguagens de programação como C++, Java, Modula-3 e Scheme. Por conseguinte, uma das mais notáveis características do Python é o grande uso por desenvolvedores profissionais de software, cientistas, pesquisadores, artistas e educadores (DOWNEY,2002).

Hoje, a linguagem é muito difundida, sendo utilizada por várias empresas tais como(BORGES,2010):

- Google (aplicações Web).
- Yahoo (aplicações Web).
- Microsoft (IronPython: Python para .NET).
- Nokia (disponível para as linhas recentes de celulares e PDAs).
- Disney (animações 3D).

Para a área científica o Python possui várias bibliotecas que auxiliam no estudo dos dados, como por exemplo:

- NumPy: que é um módulo que tem diversas funções para matemática;
- SciPy: é um modulo feita para matemáticos, cientistas e engenheiros, como uma melhoria da NumPy; e
- Matplotlib: um modulo extensão da NumPy que auxilia na criação de gráficos e auxilia na utilização das funções da Numpy.

Batista (2016) em sua tese utiliza o Python para estender o Método de Elementos Analíticos para a modelagem de escoamentos em Aquíferos Longos e descrever o escoamento subterrâneo da região do Sistema Lacustre Bonfim, fazendo simulações baseadas em Elementos Analíticos e, assim, introduzir novos subsídios a discussão sobre a hidrodinâmica da área de estudo.

Constata-se que Rocha (2015) buscou estender a análise por satélite de variáveis meteorológicas (aerossóis e precipitação), por meio de composições de canais. Utilizou o Python para gerar as imagens de composições coloridas(RGBs) a partir dos dados do sensor SEVIRI(*Spinning Enhanced Visible and Infrared Imager*).Essas imagens possibilitaram a extração de maior informação da atmosfera, ainda que esse potencial exija um observador treinado e experiente.

Rodrigues (2013) aplica o Python como scripts para auxiliar o processamento digital das imagens no software ArcGis 10.1,com o intuito de avaliar a cobertura vegetal na Sub-Bacia do Vale do Rio Itapeçerica, em Minas Gerais, Brasil, a partir da utilização de índices de vegetação aplicados a uma imagem TM (ThematicMapper)/Landsat 5, adquirida em 19 de julho de 2011.

Bortolotto (2014) desenvolveu um programa em Python que calcula azimute e altitude para as estrelas e os converte para coordenadas de pixel, auxiliando o estudo sobre o coeficiente de extinção atmosférica com o uso da SASCA (SOAR AllSkyCamera), uma câmera de todo céu localizada no Cerro Pachón.

Um exemplo de um código em Python, está representado na Figura 4.

```

159 def downloadArquivo(anoIni,mesIni,diaIni,anoFim,mesFim,diaFim,level): {...35 linhas }
160 def descArquivo(nomeArq): {...7 linhas }
161 def maniArq(nomeArq): {...19 linhas }
162 def histoGrama(nomeArq): {...90 linhas }
159 print "Inicio"
160 anoIni = raw_input('Digite o ano inicial(somente os 2 ultimos Digitos): ')
161 mesIni = raw_input('Digite o mes inicial(2 Digitos, Ex:01,02): ')
162 diaIni = raw_input('Digite o dia inicial(2 Digitos, Ex:01,02): ')
163
164 anoFim = raw_input('Digite o ano Final(somente os 2 ultimos Digitos): ')
165 mesFim = raw_input('Digite o mes Final(2 Digitos, Ex:01,02): ')
166 diaFim = raw_input('Digite o dia Final(2 Digitos, Ex:01,02): ')
167
168 auxlevel = int(raw_input('Digite o Level sendo 1 para 1, 2 para 1.5 e 3 para 2: '))
169 level = "10"
170 if auxlevel == 1:
171     level = "10"
172 elif auxlevel == 2:
173     level = "15"
174 elif auxlevel == 3:
175     level = "20"
176
177 nomeArq = downloadArquivo(anoIni,mesIni,diaIni,anoFim,mesFim,diaFim,level)
178
179 print"-----"
180 print nomeArq+" ->Arquivo Baixado"
181 print"-----"
182 nomeArq1 = descArquivo(nomeArq)
183 print nomeArq1+" ->Arquivo Descompactado"
184 print"-----"
185 nomeArq1 = maniArq(nomeArq1)
186 print nomeArq1+" ->Arquivo Criado"
187 print"-----"
188 histoGrama(nomeArq1)
189
190 print "Fim"

```

Figura 4 - Exemplo de Código em Python, que chama métodos para efetuar o download dos dados da rede AERONET, calcula e exibe os histogramas dos dados obtidos.

O exemplo acima mencionado expressa quatro métodos criados, que separam em módulos, o que facilita o entendimento do programa. O módulo “downloadArquivo” é responsável por efetuar o download do arquivo do site da AERONET. O módulo “descArquivo” é responsável por descompactar o arquivo que o módulo anterior efetua o download. No módulo “maniArq” é responsável por manipular os dados do arquivo descompactado, deixando o programa pronto para gerar os gráficos, que ocorre no módulo “histograma”.

Nas linhas 159 até a linha 175 são usadas para alimentar o programa com dados de entrada, como por exemplo, o ano inicial (linha 160).

Os dados de entradas são utilizados nas chamadas dos módulos, como ocorre na linha 177, e as respostas de cada módulo também são aproveitadas nas chamadas dos módulos seguintes, como ocorre nas linhas 179 a 188. Depois da execução de todos os módulos finaliza o programa escrevendo no prompt de comando o “fim”.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1. ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo localiza-se na Fazenda Miranda, no município de Cuiabá, situa-se aproximadamente 20 km a sudeste da região urbanizada da Capital, nas seguintes coordenadas latitude 15°40'35"S, longitude 56°35'39" W e, com altitude em torno de 210 m acima do nível do mar.

O sítio experimental na Fazenda Miranda encontra-se inserido na região denominada Baixada Cuiabana, caracterizada como uma área topograficamente baixa, com altitudes entre 150 e 650m acima do nível do mar. Apresenta uma vegetação de Cerrado típico, tendo a Savana Arbórea Aberta como dominante, apresenta solos pouco desenvolvidos, predominando os Cambissolos e os Litossolos (SEPLAN-MT, 2007).

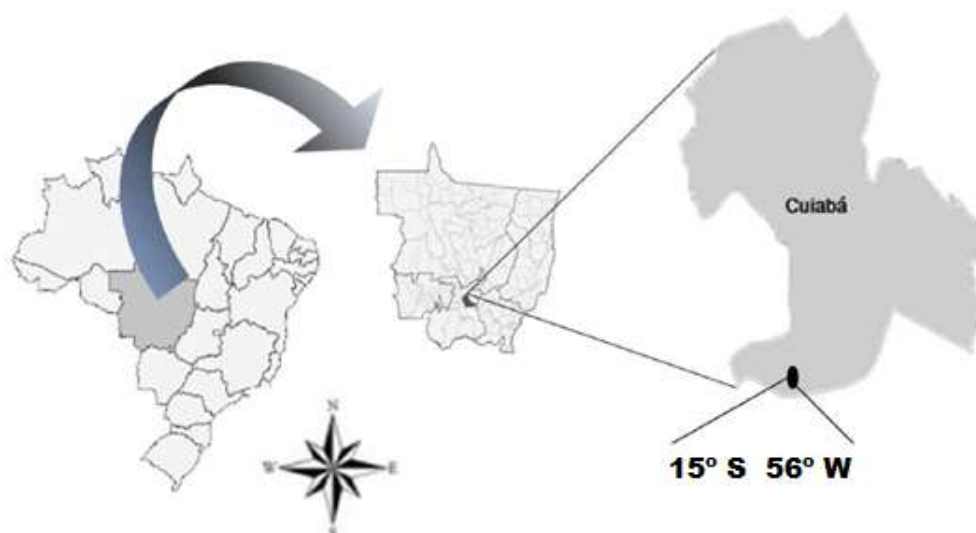


Figura 5 - Representação do município de Cuiabá, área de estudo.

Fonte: Modificado de PALÁCIOS, 2014

O clima nessa região é classificado como tropical semi-úmido (Aw), segundo a classificação de Koppen, com duas estações bem definidas: seca no outono-inverno e chuvoso na primavera-verão (ALVARES, 2013).

No período seco é marcante altas temperaturas (chegando a 40°C) e baixa umidade relativa do ar na maioria dos dias (abaixo de 30%). Nesse período observa-

se um elevado índice de ocorrência de queimadas (urbanas e rurais), que lançam grande quantidade de material particulado no ar.

No diagrama climatológico (Figura 6) que representa um período de 3 anos, percebe-se a sazonalidade característica da região de estudo. Segundo Arruda (2013), os períodos mais secos do ano são caracterizados entre os meses de maio a setembro (região em pontilhado vermelho) e a estação chuvosa entre os meses de outubro a abril (área de cor azul) como demonstra a Figura 6.

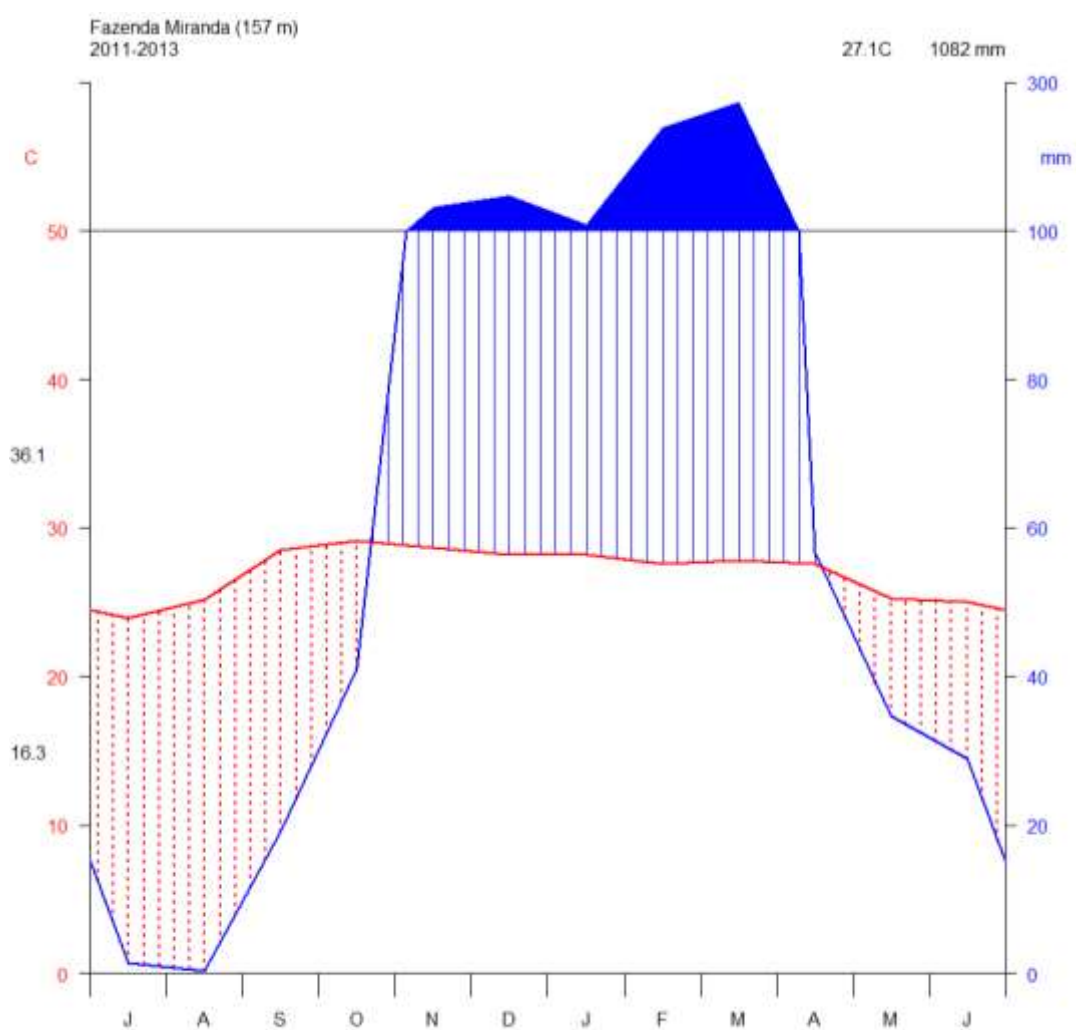


Figura 6 - Diagrama climático para a região de Cerrado da fazenda Miranda, na Baixada Cuiabana, 2011 à 2013.

Fonte: ARRUDA, 2013.

3.2.SÍTIO EXPERIMENTAL DA REDE AERONET

Foram utilizados dados do fotômetro da rede AERONET da estação instalada na Fazenda Miranda, utilizando o nível de qualidade 1.0, que representa os dados brutos sem nem um tratamento pela rede AERONET.



A



B

Figura 7 - Fotômetro CIMEL instalado na Fazenda Miranda. A – Central de Comunicação, Armazenamento de dados e controle dos sensores e B – Sensor.

3.3.REQUISITOS PARA A FERRAMENTA WEB

Para a elaboração do software do sistema foi realizado um levantamento de requisitos que são necessários para atender todas as necessidades desta pesquisa, os quais são apresentados no Quadro 1. Também foi elaborado um diagrama de caso de uso e um de atividade do sistema.

Quadro 1 - Requisitos Funcionais (RF)

[RF – 01]: Deve solicitar um cadastro do pesquisador.
O sistema deve pedir que o pesquisador efetue um cadastro para a utilização das funcionalidades do sistema.
[RF – 02]: Deve Possibilitar o download dos dados armazenados nele.
O sistema deve conter uma página que possibilite o download dos dados das estações cadastradas.
[RF – 03]: Deve Possuir uma área de cadastro das estações.
O sistema deve conter uma página que possibilite o cadastro de estações meteorológicas para o auxílio nos estudos dos dados da AERONET.
[RF – 05]: Deve armazenar os dados da rede de pesquisa AERONET.
O sistema deve conter um banco de dados para armazenar os dados coletados da rede AERONET.
[RF – 06]: Deve estar preparado para a comunicação com outras estações via web.
O sistema deve conter uma área onde possa receber dados de estações remotas via web.
[RF – 07]: Deve armazenar os dados de estações remotas.
O sistema deve conter uma área no banco de dados que possa armazenar corretamente todos os dados recebidos de estações cadastradas no sistema
[RF – 08]: Deve exibir gráficos demonstrativos dos dados armazenados no sistema.
O sistema deve conter uma área que exiba gráficos dos dados armazenados nele.
[RF – 09]: Deve conter separações por níveis de acesso em determinadas áreas.
O sistema deve conter restrições de acesso a áreas administrativas, como por exemplo, o cadastro de novas estações deve ser restrito a um nível que não seja global.

3.4.DIAGRAMA DE CASO DE USO

Com base na análise dos requisitos de Software descritos na Tabela 1, elaborou-se o diagrama de caso de uso, apresentado na Figura 8.

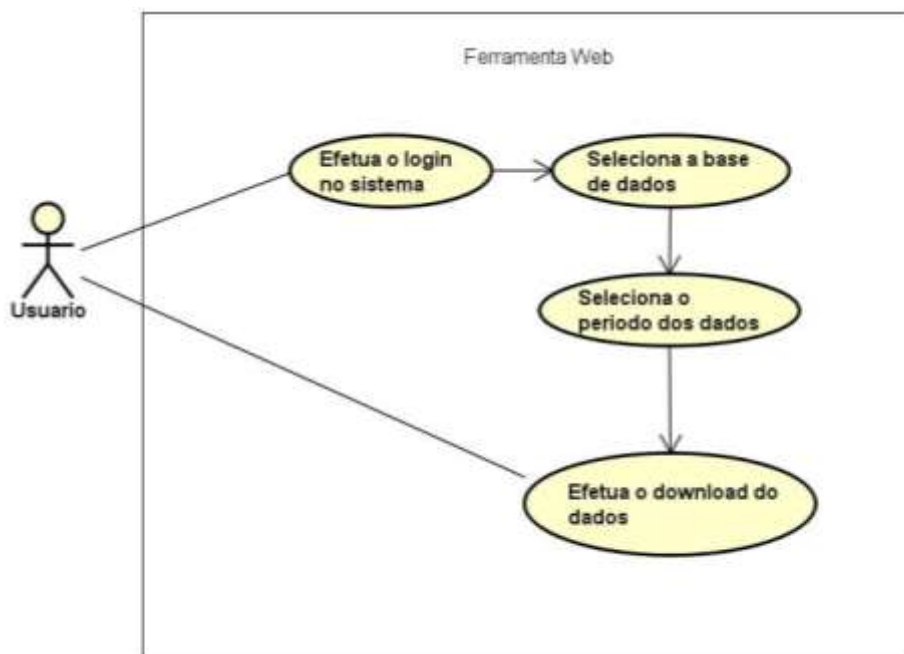


Figura 8 - Diagrama de Caso de Uso da Ferramenta Web.

Esse Diagrama de Caso de Uso representa a interação do usuário com a ferramenta criada. Primeiramente o usuário, já previamente cadastrado, efetua *login* no sistema, posteriormente seleciona a base de dados que ele necessita, depois seleciona o período e efetua o download dos dados (valores separados por vírgulas – CSV).

3.5.DIAGRAMA DE ATIVIDADE

De acordo com a tabela de requisitos funcionais (Quadro 1), foi elaborado um diagrama de atividade, que demonstra uma visão macro das atividades do servidor web junto com o algoritmo em Python (Figura 9).

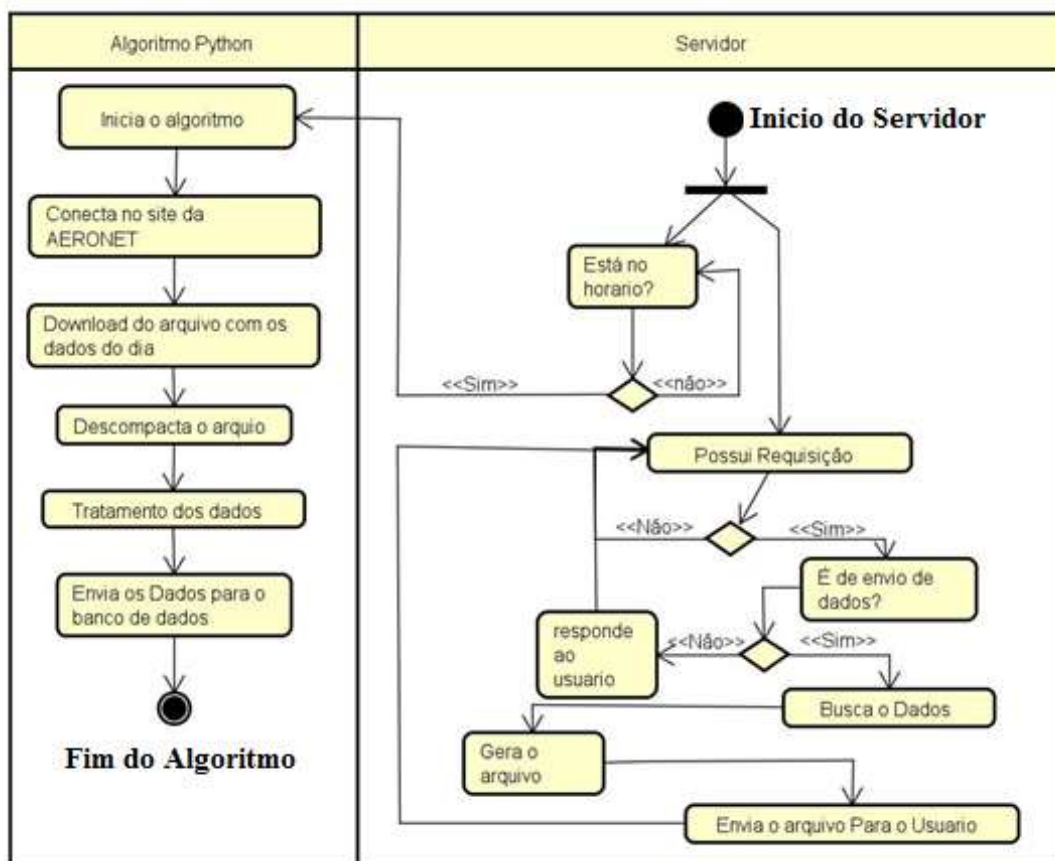


Figura 9 - Diagrama de Atividades.

No diagrama da Figura 9, observa-se que o servidor web terá duas atividades básicas, a primeira refere-se a verificação do horário correto de executar o algoritmo Python, e a segunda consiste em responder as requisições dos usuários web.

Na atividade de atender os clientes web, o servidor ficará num *loop* de requisição (pedidos de clientes web). Caso haja requisição, ele avalia se é para enviar os dados em forma de arquivo, se não for, ele envia as páginas que estão salvas no próprio servidor como resposta ao pedido. Se a resposta necessita de arquivos, o servidor busca os dados solicitados e gera o arquivo, depois envia para o usuário.

A atividade do algoritmo Python fica responsável em se conectar ao site da rede de pesquisa AERONET, manipular o arquivo com os dados fornecidos pelo mesmo e enviá-los ao banco de dados do servidor web criado.

3.6. DADOS PARA ANÁLISE QUANTITATIVA

Para efetuar a análise quantitativa dos dados relativos à profundidade óptica dos aerossóis da área de estudo, foi executado o download de dados da AERONET do período de 12/02/2014 a 12/12/2016, por meio da ferramenta criada. Posteriormente, foi criado um algoritmo em Python, para análises dos dados obtidos por meio de histogramas.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1.ALGORITMO DE AQUISIÇÃO DE DADOS

Com base no diagrama de atividades (Figura 9), criou-se um algoritmo em Python (Figura 10), que efetua o download dos dados por meio do site e os envia para o servidor web criado. Foi programado para ser executado todos os dias às 23h horas, horário de Cuiabá, com a data do dia atual. Ele armazena o arquivo com os dados em uma pasta com o intuito de *backup* dos dados.

```

1  import urllib2
2  import os
3  import re
4  import zipfile
5  import csv
6  import MySQLdb
7  from datetime import date
8
9  now = date.today()
10
11  # "http://aeronet.gsfc.nasa.gov/cgi-bin/print_warning_opera_v2_new?site=CUIABA-MIRANDA&year=1154
12  # "http://aeronet.gsfc.nasa.gov/cgi-bin/print_warning_opera_v2_new?site=CUIABA-MIRANDA&year=1154
13
14  def downloadArquivo(anoIni,mesIni,diaIni,anoFim,mesFim,diaFim,level): {...46 linhas }
15  def descArquivo(nomeArq): {...7 linhas }
16  def enviaServ(nomeArq,lev): {...43 linhas }
17  def maniArq(nomeArq): {...20 linhas }
18
19  print "Inicio"
20
21  anoIni = now.strftime("%Y")
22  mesIni = now.strftime("%m")
23  diaIni = now.strftime("%d")
24
25  anoFim = now.strftime("%Y")
26  mesFim = now.strftime("%m")
27  diaFim = now.strftime("%d")
28
29  level = "10"
30
31  nomeArq = downloadArquivo(anoIni,mesIni,diaIni,anoFim,mesFim,diaFim,level)
32
33  print "-----"
34  print nomeArq
35  print "-----"
36  nomeArq1 = descArquivo(nomeArq)
37  print nomeArq1
38  print "-----"
39  enviaServ(nomeArq1,level)
40  print "-----"
41  print maniArq(nomeArq1)+" ->Arquivo Criado"
42  print "-----"
43  print "Fim"
44
45
46
47
48
49
50
51

```

Figura 10 - Algoritmo em Python criado para fazer download dos dados e enviá-los para o banco de dados do Servidor web.

O algoritmo é subdividido em 4 módulos, “downloadArquivo”, “descArquivo”, “enviaServ” e “maniArq”, onde cada módulo é responsável por uma

tarefa, sendo executados no corpo principal do algoritmo que se inicia na linha 126 e se conclui na linha 150 (Figura 10).

O módulo “downloadArquivo” é responsável por efetuar a conexão com o site da AERONET e efetuar o download do arquivo com os dados, que salva o arquivo na pasta para backup. O “descArquivo” é responsável por descompactar o arquivo baixado pelo módulo “downloadArquivo” e apagar o arquivo compactado.

No “maniArq” o arquivo descompactado será modificado para o formato CSV com um padrão em que o sistema operacional Windows utiliza, separando cada coluna com “; ” em vez de “, ” para facilitar a sua leitura. Também retira o cabeçalho que vem no arquivo, deixando somente os nomes de cada coluna e apaga o arquivo gerado pelo módulo “descArquivo”.

O módulo “enviaServ” efetua a leitura do arquivo gerado pelo “maniArq”, conecta no servidor web criado e envia os dados para as suas respectivas colunas no banco de dados, também criado no servidor Web.

O corpo principal do algoritmo efetua a chamada de cada módulo, na sequência apresentada acima, passando para o primeiro módulo o ano, dia e o mês atual. Esse algoritmo, se necessário, pode ser usado somente para coletar os dados da rede AERONET, facilitando a utilização dos dados, caso algum pesquisador precise de algum dado que não esteja na ferramenta de dados criada.

4.2.DISPOSIÇÃO DA FERRAMENTA

Com base nos requisitos funcionais definidos (Quadro 1) e nos diagramas elaborados (Figuras 08 e 09) criou-se a ferramenta web proposta. Utilizando a linguagem de programação PHP (*Personal Home Page*) e o *framework Codeigniter*, que são ferramentas para a criação de um programa Web.

O código da ferramenta Web foi instalada no servidor do Programa de Pós Graduação em Física Ambiental (PGFA), que pode ser acessada por meio da url: <<http://geraldo.ic.ufmt.br/estacoes-ambiental/>>.

Considerando-se as suas funcionalidades, foi nomeada como Base Central de Dados, Equipamentos e Torres (BCDET), com a sua logo apresentada na página inicial (Figura 11).



Acesso

Login

Senha

Se você ainda não possui cadastro click [aqui](#)

Entrar

Figura 11 - Página login da Ferramenta BCDET, possui os campos “Login” que representa o e mail do usuário e o campo “Senha”.

Inicialmente, procurou-se aplicar os requisitos funcionais definidos (Quadro 01) que possibilitaram a criação de uma página de *login*, com os campos e senhas necessárias para os usuários se identificarem no sistema. Adicionou-se ainda, um campo para os que não possuem cadastro. Para isso, elaborou-se um formulário simples na página de cadastro (Figura 9), onde pede-se o nome, e-mail e a senha para acessar o sistema com uma validação somente no e-mail do novo usuário. Após efetuar o cadastro, o usuário é direcionado a página de *login*, para que possa entrar no sistema com o seu e-mail e senha cadastrada (Figura 12).



The logo is a green butterfly shape with a circuit board pattern. Below the wings, the text "Base Central de Dados, Equipamentos e Torres" is written in a stylized font.

Cadastro

Nome

Email

Senha

Confirmação de Senha

Cadastrar

Figura 12 - Página de Cadastro para acesso a ferramenta BCDET, com os campos “Nome”, “E-mail” e “Senha”.

Após ter efetuado o login, o usuário será redirecionado para a página principal da Ferramenta BCDET(Figura 11), onde terá acesso a um gráfico com os dados do dia anterior e uma tabela que permitirá visualizar todos os valores.

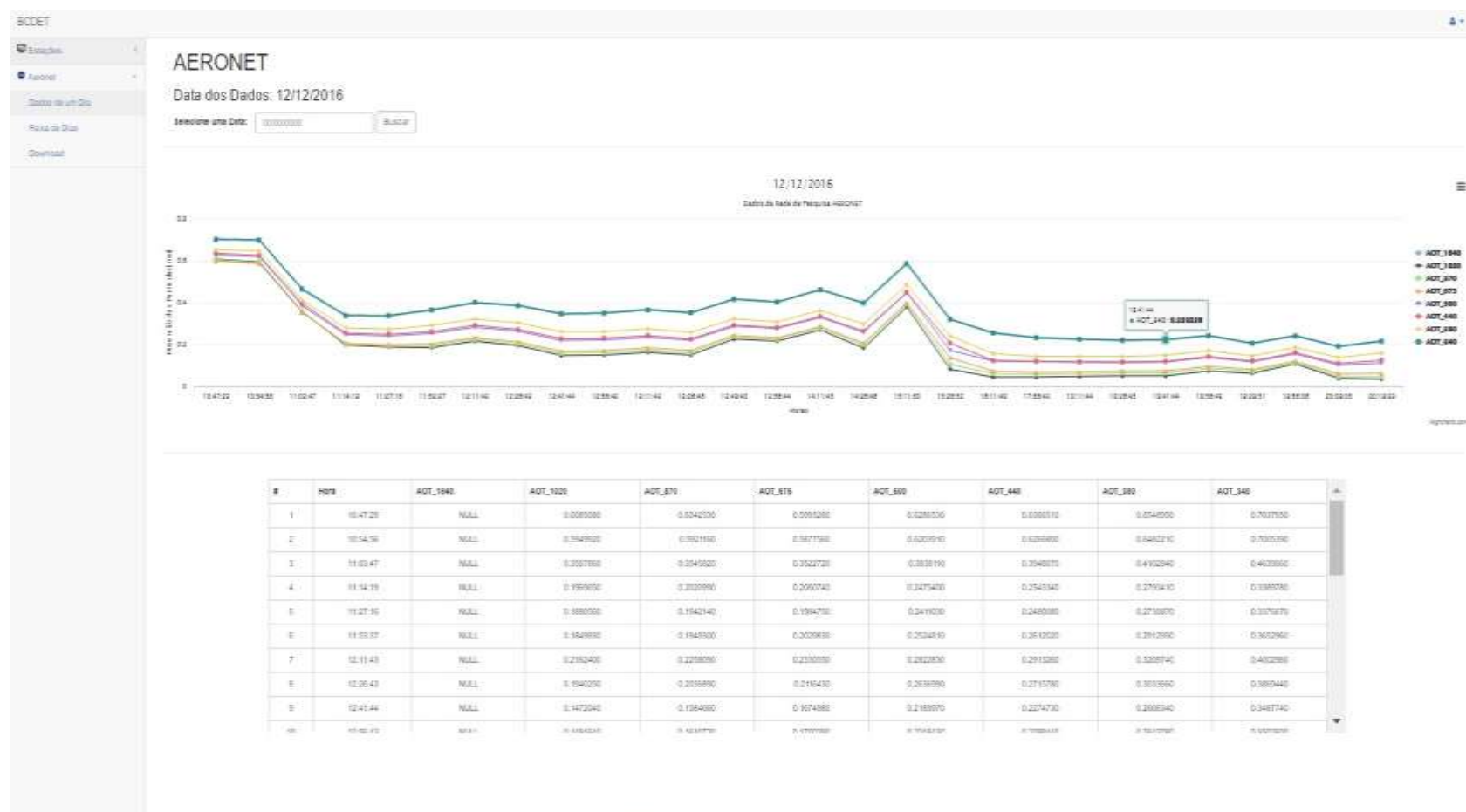


Figura 13- Página principal da Ferramenta BCDET, com o gráfico dos dados do dia anterior e a tabelas com os valores dos dados.

O usuário terá sempre ao lado esquerdo, após efetuado o login, um menu contendo opções de navegações na Ferramenta BCDET(Figura 13). Com esse campo, o usuário terá em todas as opções os botões de visualizar os dados por dia, por faixa de dias que terá as médias de cada dia, e uma para efetuar o download dos dados.

Na área “Estações” do menu, contém dados de estações cadastradas pelos usuários que possuem um nível de administrador. Na opção “Aeronet” apresenta todos os dados retirados da rede de pesquisa AERONET. O campo “Configuração” está disponível somente se o nível do usuário for de administrador, nele pode-se cadastrar novas Estações e Sensores.



Figura 14- Menu Lateral da Ferramenta BCDET, item 1 menu com as opções das Estações, item 2 com as opções da AERONET e o item 3 com as opções de Configuração (vista somente pelos administradores).

Nas páginas de download o usuário poderá fazer o download selecionando as variáveis que deseja (como os dados óticos – AOT_1640, AOT_1020, AOT_870, AOT_675, AOT_500, AOT_440, AOT_380, AOT_340), de uma seleção, que pode compreender uma faixa de dias, ou um dia apenas (Figura 15).

BCDET

Estações
Aeronet
Dados de um Dia
Faixa de Dias
Download
Configuração

Download dos Dados

Selecione os Dados que voce Deseja:

☒ AOT_1640	☒ AOT_1020	☒ AOT_870	☒ AOT_675	☒ AOT_667	☒ AOT_555	☒ AOT_551
☒ AOT_532	☒ AOT_531	☒ AOT_500	☒ AOT_490	☒ AOT_443	☒ AOT_440	☒ AOT_412
☒ AOT_380	☒ AOT_340	☒ Water(cm)	☒ %TripletVar_1640	☒ %TripletVar_1020	☒ %TripletVar_870	☒ %TripletVar_675
☒ %TripletVar_667	☒ %TripletVar_555	☒ %TripletVar_551	☒ %TripletVar_532	☒ %TripletVar_531	☒ %TripletVar_500	☒ %TripletVar_490
☒ %TripletVar_443	☒ %TripletVar_440	☒ %TripletVar_412	☒ %TripletVar_380	☒ %TripletVar_340	☒ %WaterError	☒ 440-870Angstrom
☒ 380-500Angstrom	☒ 440-675Angstrom	☒ 500-870Angstrom	☒ 340-440Angstrom	☒ 440-675Angstrom(Polar)	☒ Last_Processing_Date	☒ Solar_Zenith_Angle

Selecione o Tipo da Busca: Mais de Um dia

Selecione uma Data Inicial:

Selecione uma Data Final:

Selecione o tipo de dados: ☒ Media Diarias ☐ Dados Brutos

Download

Figura 15- Área de Download da AERONET, onde o usuário pode selecionar os elementos que ele deseja, a data ou a faixa de datas que ele deseja e se ele precisa dos dados brutos ou medias diárias.

4.3. ANALISE QUANTITATIVA DOS DADOS

A região estudada possui, especialmente, três fontes majoritárias de aerossóis: a cobertura vegetal, com emissão natural de aerossóis biogênicos primários; as queimadas e o solo, com partículas originárias da ressuspensão de poeira pela ação do vento ou da turbulência gerada pelas próprias queimadas (BARBOSA, 2007; WYREPKOWSKI et al., 2007).

A partir dos histogramas apresentados na Figura 16, observa-se uma grande concentração de partículas com diâmetros classificados como “moda fina” ($< 0,5$ nm), evidenciada pelas grandes concentrações de poluentes na atmosfera local de partículas inaláveis. Estudos como o de Dutra (2015) e palácios (2014), reportam esta mesma característica, admitindo-se que a concentração desse tipo de particulado é um atributo da região de estudo.

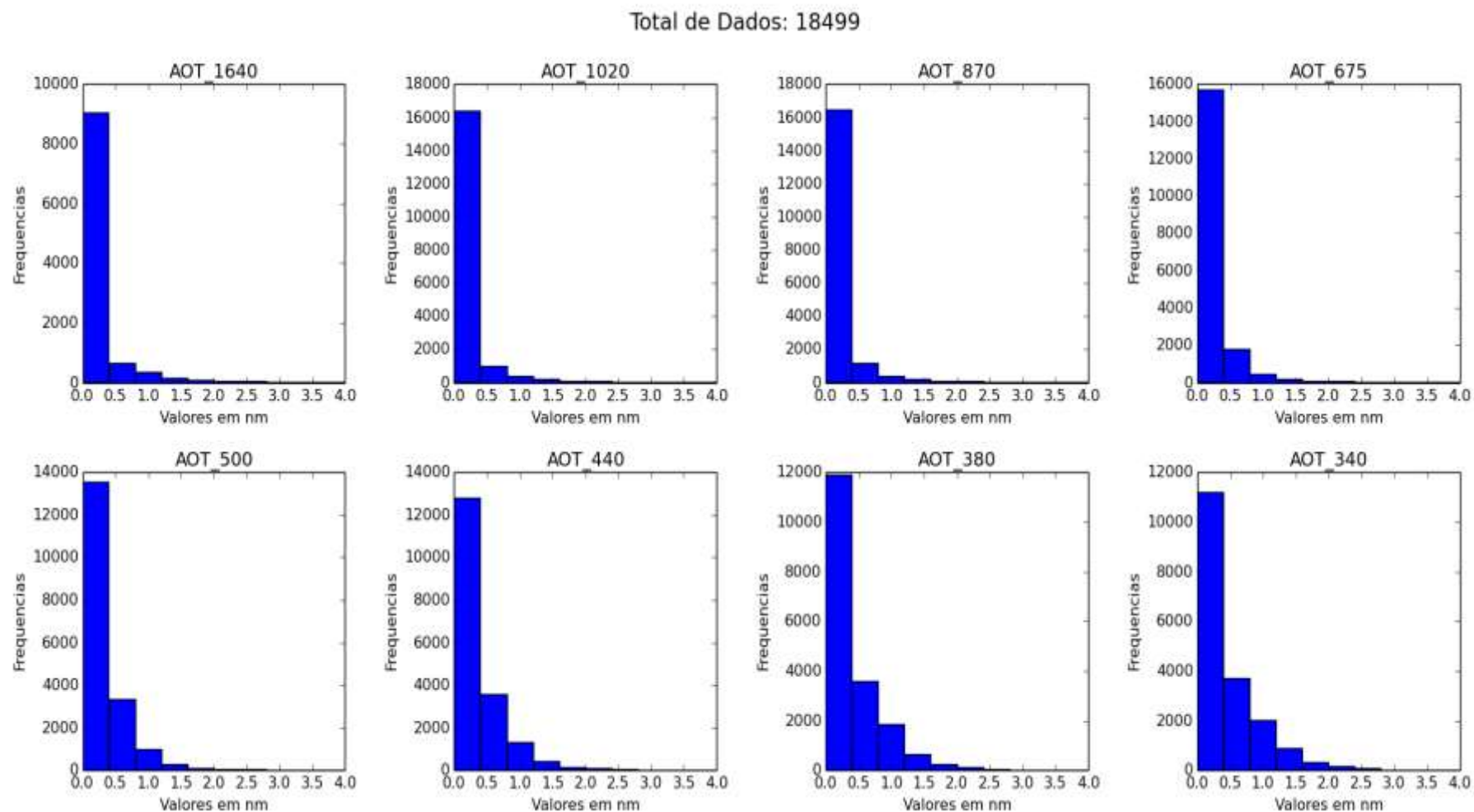


Figura 16– Histogramas dos dados categorizados das AOT'S no período de 12/02/2014 a 12/12/2016.

A Figura 17 representa as médias diárias de cada fração de OAT disponível na rede de pesquisa AERONET. Observa-se assim, que em todas as OAT expressam as mesmas características, com períodos maiores que 1 nm e, posteriormente, valores menores que 0,8 nm. Ao avaliar o eixo X dos gráficos dessa figura, percebe-se que a faixa de 0 a 50 apresenta valores elevados, já a faixa correspondente a 51 a 220 mostra valores mais baixos e assim sucessivamente. Infere-se que, essas particularidades revelam os dados relativos aos períodos secos e chuvosos da área de estudo.

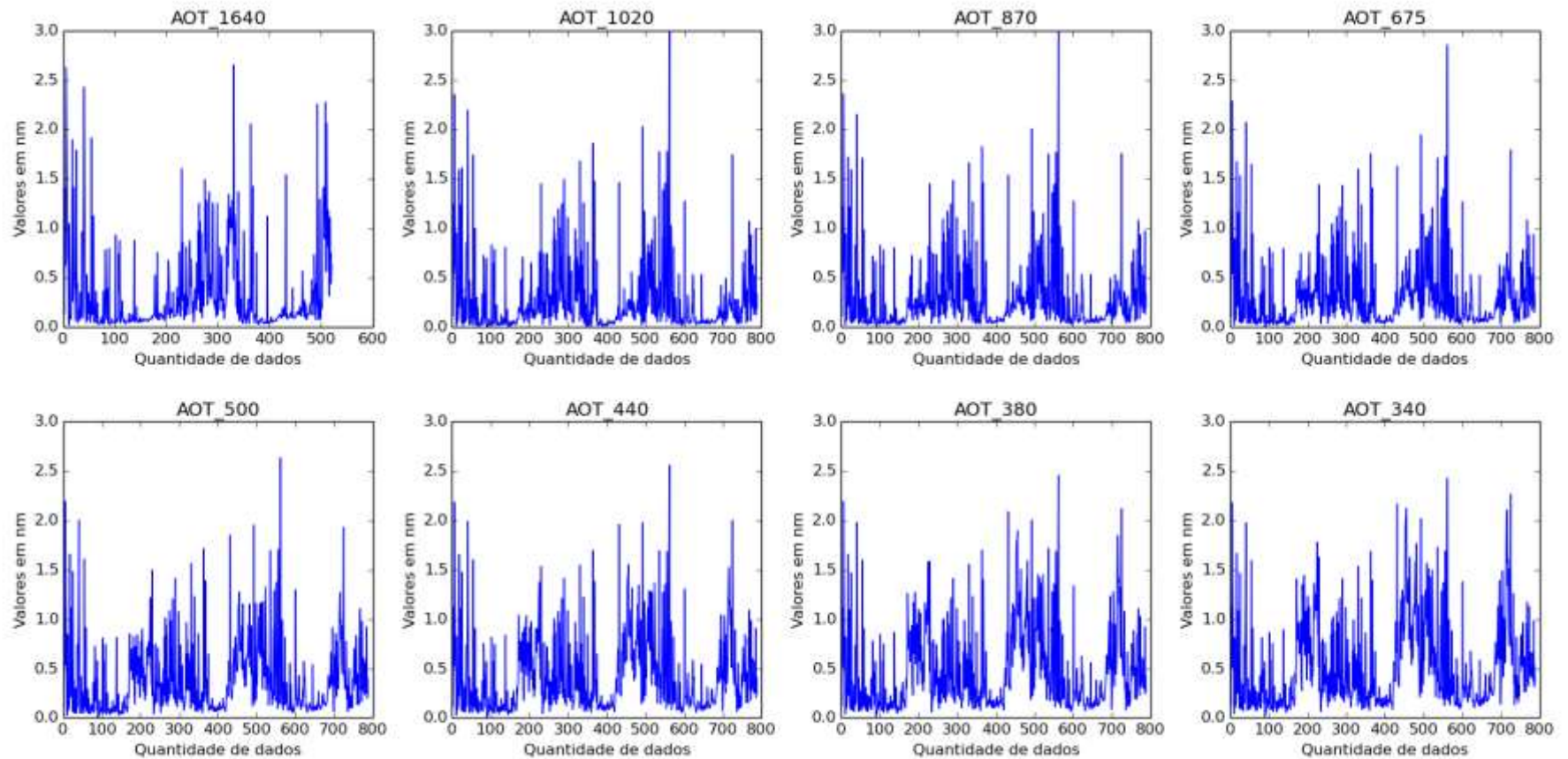


Figura 17 - Média diária dos dados de AOT's, que estão entre os dias 12/02/2014 a 12/12/2016, da Fazenda Miranda, com o nível 1.0 da rede AERONET.

As presenças de valores elevados nos períodos chuvosos, em sua maioria, são compostas por partículas biogênicas, classificadas como moda grossa, que não sofrem grandes alterações da estação chuvosa para a estação seca. No sítio de Cuiabá Miranda, esta moda é bastante acentuada, o que pode ser explicado pela cobertura do solo, pois quanto mais exposto, mais contribui para o aumento da quantidade de partículas de ressuspensão de solo na atmosfera (FURTADO, 2016).

Constata-se que, em Cuiabá, durante a estação chuvosa, os aerossóis biogênicos resultantes das emissões naturais de vegetação, contribuem de forma marcante na fração de aerossol. Porém, a quantidade de aerossol proveniente de ressuspensão de poeira do solo e poluição urbana é quantitativamente significativa, mas com menor contribuição de emissão para a época das queimadas (ALMEIDA FILHO, 2006).

Furtado (2016), utilizando dados da AERONET do nível 2.0, construiu uma série temporal, demonstrando os valores da profundidade ótica do aerossol disponível em 500nm, no período de 1999 a 2014. Desse modo, apresentou-se para a área de estudo uma grande carga de aerossol na estação seca, sendo influenciada tanto por queimadas locais, quanto pelo transporte de aerossol de queimadas, emitida da região do arco do desflorestamento.

Analisando-se a série temporal (Figura 18), que utiliza dados do nível 1.0, coletados por meio da ferramenta BCDET no período de 2014 a 2016, nota-se que os maiores índices dos valores das profundidades óticas encontram-se no período chuvoso da fazenda Miranda. Isso pode ser explicado pela maior atuação dos particulados que estão no AOT 500nm, na formação de núcleos de condensação. Trabalhos como os de Natali (2006) e Artaxo(et al. 2006) mostram resultados semelhantes.

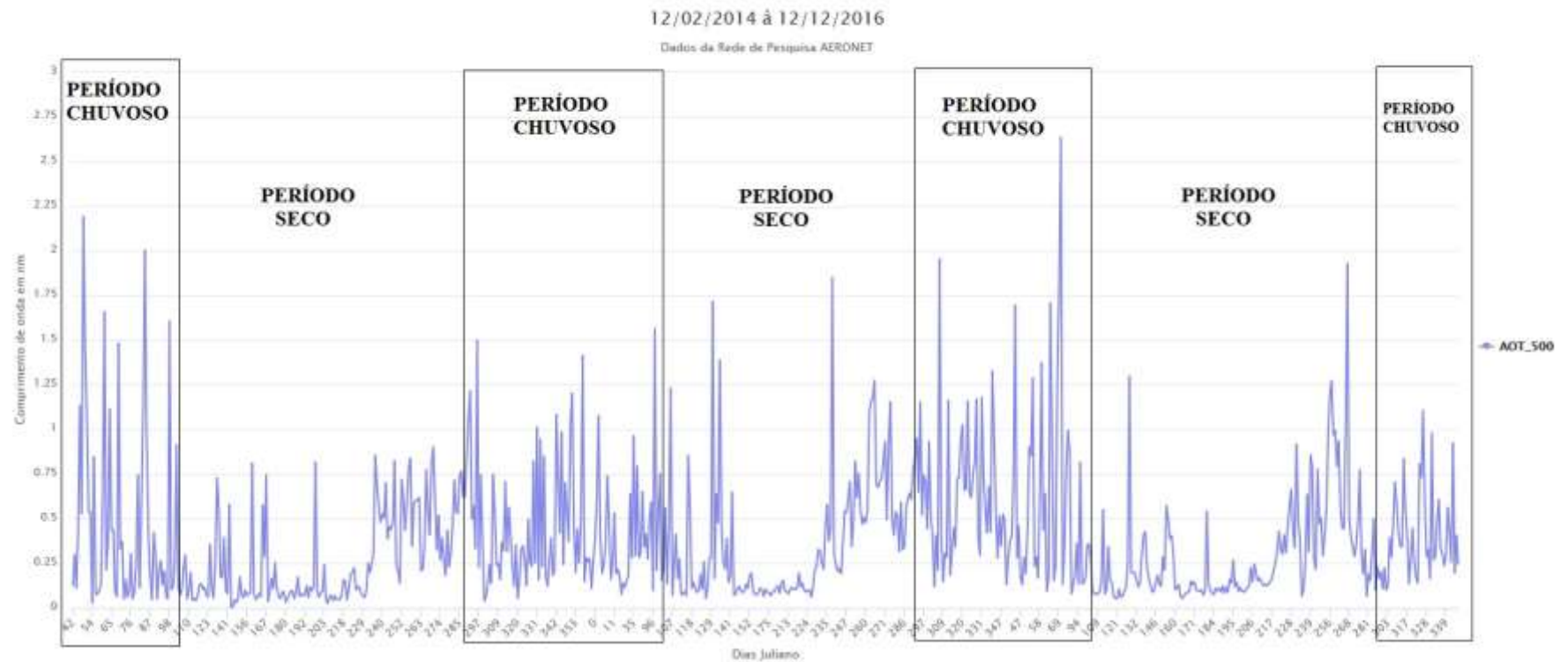


Figura 18- Série Temporal da fazenda Miranda, com valores médios por mês dos aerossóis disponíveis na faixa de 500nm, indicando os períodos Chuvoso e Seco, que estão entre os dias 12/02/2014 a 12/12/2016.

A comparação do comportamento dos AOT's, nos períodos chuvoso e seco, contribui para analisar a influência dos aerossóis na atmosfera, pois por meio deles pode-se averiguar as interações com a radiação solar e vapor de água no clima (DUTRA, 2015).

Na figura 18, percebe-se uma sazonalidade acentuada sempre no final do período chuvoso com picos de valores de profundidade ótica maiores que 1nm chegando a ter valores superiores a 2,5nm no ano de 2016. Dutra (2015), registra o maior valor para AOT 500nm de 3,8, no mês setembro em 2010, que corresponde à estação seca, favorecendo a ocorrência de queimadas.

Evidencia-se que, no período seco ocorrem os maiores índices de focos de queimada em Mato Grosso, que emitem grandes quantidades de partículas de aerossóis para a atmosfera. Observa-se essa ocorrência quando se avalia o Quadro 1, que mostra o total de focos de queimada, no estado de Mato Grosso, segundo o Instituto de Pesquisas Espaciais – INPE (2016).

Quadro 2- Total de focos ativos detectados pelo satélite de referência em cada mês no estado de Mato Grosso. Os itens em Vermelho representam valores máximos do mês em comparação de um período que vai desde 1998 até 19/12/2016.

Ano	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maio	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	Total
2014	315	199	655	859	933	1795	2255	7167	7081	5281	1018	466	28024
2015	960	542	705	947	541	1402	1533	5112	11068	6490	1930	1777	33007
2016	374	1050	1085	1770	1081	1417	3495	6228	8980	2749	918	310	29457

Fonte: INPE, 2016

Wyrepkowski (2008) elaborou uma série temporal das médias diárias da espessura ótica dos aerossóis (AOT), em 500 nm, do período de 2001 a 2006. A partir dessa série, caracterizou a sazonalidade dos valores máximos na estação seca e mínimos na estação chuvosa, demonstrando que esses valores são influenciados pelos fatores climáticos e econômicos. Os valores altos de AOT são registrados nos meses de julho, agosto e setembro, período que se verifica os maiores índices de focos de incêndio em Mato Grosso e na área de estudo.

Na série temporal elaborada da fazenda Miranda (Figura 18), verifica-se que no período seco possui picos de amplitude nos valores das profundidades óticas, ao longo dos anos (2014, 2015 e 2016) podendo ser causados por incêndios, característicos desse período do ano na Fazenda Miranda.

Os valores médios mensais da profundidade ótica com espessuras de 500 nm e seus respectivos desvios padrões, são mostrados na tabela 1. O período chuvoso constitui os meses de: janeiro, fevereiro, março, abril, outubro, novembro e dezembro. O período seco é composto pelos meses: maio, junho, julho, agosto, setembro (Figura 4).

Tabela 1 - Médias diárias, nos períodos seco e chuvoso e seus respectivos desvios padrões do OAT 500nm

Comprimentos de Ondas em nm do OAT 500nm		
Ano	Média	
	Chuvoso	Seca
2014	0,47±0,11	0,25±0,16
2015	0,51±0,12	0,32±0,21
2016	0,44±0,18	0,28±0,19

Como característica da estação chuvosa, os valores de AOT são maiores se comparados ao período seco. No período seco suas médias apresentam valores menores, porém próximos aos valores do período chuvoso. Corroborar-se o fato de que, quando avalia-se os índices de queimada, dos respectivos anos, denotam-se picos em seus valores médios de AOT.

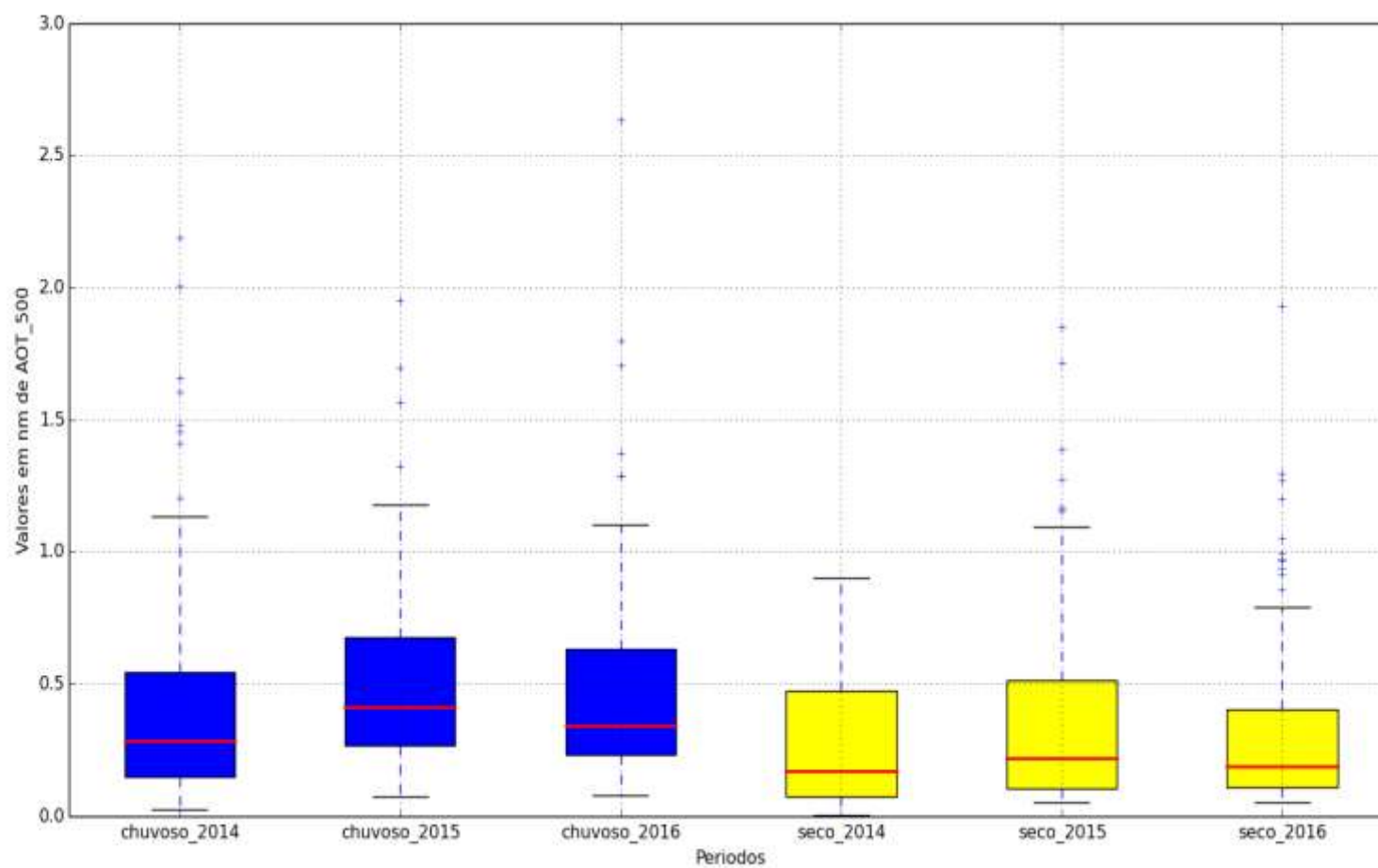


Figura 19- Boxplot das médias diárias da AOT 500nm, da Fazenda Miranda, separados pelos períodos chuvosos e secos de cada ano estudado.

A figura 19 apresenta uma assimetria em todos os períodos estudados, representando não haver, do ponto de vista da dispersão dos dados, diferenças entre os períodos.

Observa-se nos períodos chuvosos valores superiores (valores máximos) aos dos períodos secos, em todos os anos estudados. Acredita-se que sejam ocasionados pela melhor atuação da AOT 500nm, que possuem aerossóis com a função de auxiliar na formação de nuvens.

No ano de 2015, observa-se no período secos maiores valores em nm de AOT 500 entre os três anos estudados (Figura 19). Essa ocorrência pode ser elucidada pelos altos índices de queimadas que se teve nesse ano (Quadro 2).

Constata-se também na Figura 19 a proximidade do limite superior de todos os anos avaliados no período chuvoso, sendo evidenciado pela grande quantidade de chuva que ocorreram nesses três anos, observada nos gráficos do INMET apresentados no Apêndice.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A ferramenta Web, para aquisição de dados, mostrou-se eficiente em aspecto quantitativo.

O algoritmo Python de coletas diária dos dados da rede de pesquisa AERONET, ainda precisa ser dinamizado e customizado, a fim de atender qualquer usuário.

Após a criação da ferramenta BCDET obteve-se os dados de aerossóis no período estipulado no presente trabalho.

Observa-se a presença constante de altos níveis de aerossóis em todos os comprimentos de onda, sendo essas representantes de vários tipos de poluentes atmosféricos.

A análise dos histogramas criados, permitiu verificar os tipos de poluentes que podem ser encontrados na região estudada, averiguando principalmente, a alta concentração dos poluentes inaláveis.

O estudo dos gráficos de linha das AOT's fornecidos pela ferramenta BCDET, permitiu visualizar o comportamento de cada fração de AOT nos períodos secos e chuvosos da fazenda Miranda. Do mesmo modo, ela auxilia a avaliar as atuações dos aerossóis em cada período dos anos estudados.

O estudo permitiu ainda, compreender que as AOT 500nm predominam entre os meses da estação chuvosos, especialmente no mês de março, podendo ser explicado pela contribuição do aerossol na formação de núcleos de condensação.

6. TRABALHOS FUTUROS

Como perspectiva para futuros trabalhos que poderão complementar a ferramenta BCDET, estão:

-O término da implementação da área de recebimento de dados de outras estações micro meteorológicas, que já se encontra parcialmente implementada. Esses novos postos de coleta de dados contribuirão no desenvolvimento de pesquisas científicas, e proporcionará uma melhor contribuição nos estudos dos particulados no Brasil.

- A implementação de novos sítios da rede de pesquisa AERONET, bem como a implantação dos níveis 1,5 e 2 que a rede AERONET disponibiliza em sua página de pesquisa.

7. REFERÊNCIAS

- ALMEIDA FILHO, E. O. **Avaliação das Fontes de Emissão de Material Particulado na Atmosfera da Cidade de Cuiabá**. Cuiabá, 2006. 103 f. Dissertação (Mestrado em Física e Meio Ambiente) – Universidade Federal de Mato Grosso.
- ALVARES, C. A., Stape, J. L., Sentelhas, P. C., de Moraes, G., Leonardo, J., & Sparovek, G. (2013). **Köppen's climate classification map for Brazil**. *Meteorologische Zeitschrift*, 22(6), 711-728.
- ALVES, Célia. **Aerossóis atmosféricos: perspectiva histórica, fontes, processos químicos de formação e composição orgânica**. *Química nova*, v. 28, n. 5, p. 859, 2005.
- ANDREAE, M. O., Rosenfeld, D., Artaxo, P., Costa, A. A., Frank, G. P., Longo, K. M., & Silva-Dias, M. A. F. **Smoking rainclouds over the Amazon**. *Science*, 303(5662), 1337-1342. 2004
- ANDREAE, M. O.; Merlet, P. Emission of trace gases and aerosols from biomass burning. **Global biogeochemical cycles**, v. 15, n. 4, p. 955-966, 2001.
- ARTAXO, P., **Aerossóis atmosféricos e nuvens**, PBMC–Painel Brasileiro; Base Científica das Mudanças Climáticas. 1. Relatório de Avaliação Nacional, v. 1, 209p. 2013.
- ARTAXO, P., Oliveira, P. H., Lara, L. L., Pauliquevis, T. M., Rizzo, L. V., Junior, C. P., ... & Correia, A. L. (2006). **Efeitos climáticos de partículas de aerossóis biogênicos e emitidos em queimadas na Amazônia**. *Revista Brasileira de Meteorologia*, 21(3a), 168-22. 2006.
- BARBOSA, A. M.; **Caracterização Elementar Sazonal PM10 e a Influência das Condições Meteorológicas em Cuiabá-MT**. Cuiabá, 2007. 103 f. Dissertação (Mestrado em Física e Meio Ambiente) – Universidade Federal de Mato Grosso.
- BATISTA, José A. N.; **Modelagem de escoamento em aquíferos longos baseada no método de elementos analíticos**. 2006. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.
- BORGES, Luiz E. **Python para Desenvolvedores**. 2ª edição. 2010. Disponível em: <https://ark4n.files.wordpress.com/2010/01/python_para_desenvolvedores_2ed.pdf>. Acessado no dia 12 de dezembro de 2016.
- BORTOLOTTTO, Germano S. **Coeficiente de extinção atmosférica com uma câmera de todo-céu**. 2014. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal De Santa Catarina Departamento De Física.

CASTANHO, Andrea D. A. **Propriedades ópticas das partículas de aerossol e uma nova metodologia para a obtenção de espessura óptica via satélite sobre São Paulo**. 2005. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

COMMUNITY, A. **software Astah**. [S.l.], 2016. Disponível em:<<http://astah.net/download>>.

DIAS, M. D. S, Rutledge, S., Kabat, P., Silva Dias, P. D., Nobre, C., Fisch, G., ... & Fuentes, J. D. **Cloud and rain processes in a biosphere-atmosphere interaction context in the Amazon region**. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 107(D20). (2002)

DOWNEY, A; Elkner, J; Meyers, C. **Como pensar como um cientista da Computação usando Python**. [S.I]: Cyaneus.net, 2002. Disponível em:<<http://eltonminetto.net/docs/pythontut.pdf>>

DUTRA, Rosemary. **Relação Entre a Profundidade Ótica dos Aerossóis e a Radiação Solar Incidente em Área do Cerrado Mato-Grossense**. Cuiabá-MT, 2015. 49p. Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais da Universidade de Cuiabá – UNIC.

FREITAS, Saulo R. **Modelagem numérica do transporte e das emissões de gases traços e aerossóis de queimadas no Cerrado e Floresta Tropical da América do Sul**. 1999. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

FURTADO, Clarice M. F., **Análise quantitativa das propriedades ópticas de aerossol urbano e de queimadas na Amazônia**. São Paulo, 2016. Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo. Instituto de Física. Depto. de Física Aplicada.

HAYWOOD, James; Boucher, Olivier. **Estimates of the direct and indirect radiative forcing due to tropospheric aerosols: A review**. *Reviews of geophysics*, v. 38, n. 4, p. 513-543, 2000.

HOLBEN, B. N., Eck, T. F., Slutsker, I., Tanre, D., Buis, J. P., Setzer, A., & Lavenue, F. **AERONET—A federated instrument network and data archive for aerosol characterization**. *Remote sensing of environment*, 66(1), 1-16. 1998.

HUSAR, Rudolf B. **Atmospheric aerosol science before 1900**. na, 2000, Disponível em <<http://capita.wustl.edu/capita/capitareports/HistoryOfAerosolVienna/HistAtmAerRev032000.htm>> Acesso em 12 de dezembro de 2016.

INMET. **Instituto Nacional de Meteorologia**. 2016. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/html/observacoes.php>>. Acesso em 12 de dezembro de 2016.

INPE. **Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais**. 2016. Disponível em:<http://www.inpe.br/queimadas/estatistica_estados>. Acesso em 12 de dezembro de 2016.

KOGAN, F.; Powell, A.; Fedorov, O. **Use of Satellite and In-Situ Data to Improve Sustainability**. 1st ed. Dordrecht: Springer Netherlands, 2011.

KUHN, U., Ganzeveld, L., Thielmann, A., Dindorf, T., Schebeske, G., Welling, M. & Lelieveld, J. (2010). **Impact of Manaus City on the Amazon Green Ocean atmosphere: ozone production, precursor sensitivity and aerosol load**. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 10(19), 9251-9282.

NATALI, L. **Utilização dos produtos obtidos por sensoriamento remoto na caracterização da qualidade do ar na Região Metropolitana de São Paulo**, 2008, 122 f. Dissertação de Mestrado do Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas da Universidade de São Paulo, 2008.

NATALI, Luciene; Artaxo, Paulo; Freitas, Edmilson D. **Comparações entre a espessura óptica atmosférica obtida pelo sensor cimel e a concentração de material particulado medida próximo à superfície**. 2006. Disponível em: <<http://www.cbmet.com/cbm-files/14-4c7c2258bc1f4dcec0f45881ca3b90d1.pdf>>. Acessado no dia 12 de dezembro DE 2016.

OURIQUES, Rafael Z. **"Espessuras ópticas de aerossóis de uma região rural do rio grande do sul comparadas com uma região industrial do brasil."**. Santa Maria, 2012, 141p. Dissertação (mestrado do programa de pós-graduação em engenharia de processos) - Universidade Federal de Santa Maria.

PALÁCIOS, R.S. **Análise da profundidade ótica de aerossóis no Cerrado Mato-grossenses**. Cuiabá, 2014, 72p. Dissertação (Mestrado em Física Ambiental) – Instituto de Física, Universidade Federal de Mato Grosso.

PAULIQUEVIS, Theotonio; Artaxo, Paulo; Oliveira, Paulo Henrique and PAIXAO, Melina. **O papel das partículas de aerossol no funcionamento do ecossistema amazônico**. *Cienc. Cult.* [online]. 2007, vol.59, n.3, pp. 48-50. ISSN 2317-6660.

PROCÓPIO, A.S. **Forçante radiativa direta dos aerossóis na Região Amazônica devido à queima de biomassa**. 2005. 224 f. Tese (Doutorado) - Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005.

ROCHA, Raphael M., Coelho, Simone M. S. C. **Estudo da relação entre queimadas, aerossóis atmosféricos e precipitação**. 2015. **Relatório**. Disponível em <<http://mtc-m21b.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/mtc-m21b/2015/08.04.17.40/doc/Raphael%20Moura%20Rocha.pdf>>; Acessado no dia 20 de janeiro de 2017.

RODRIGUES, E. L., Fernandes, D. H. F., Elmiro, M. A. T., Faria, S. D., & Santa Mônica, A. (2013). Avaliação da cobertura vegetal por meio dos índices de vegetação SR, NDVI, SAVI e EVI na sub-bacia do Vale do Rio Itapequerica, Alto

São Francisco, em Minas Gerais. **Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, 16, 1472-1479.

SANTIAGO, Aline; Prado, Rogério J; Modesto Filho, Paulo andAlonso, Rafael V. **Caracterização do material particulado suspenso no ar de Cuiabá-MT no período de queimadas**. Matéria (Rio J.) [online]. 2015, vol.20, n.1, pp.273-283. ISSN 1517-7076. DOI:dx.doi.org/10.1590/S1517-707620150001.0027.

SEINFELD, John H.; Pandis, Spyros N. **Atmospheric chemistry and physics: from air pollution to climate change**. John Wiley& Sons, 2016.

SEPLAN-MT, Secretaria de Estado de Planejamento. **Mato Grosso: Solos e Paisagens**. Entrelinhas, Cuiabá 2007.

SMIRNOV, A., Holben, B. N., Eck, T. F., Dubovik, O., &Slutsker, I. Cloud-screening and quality control algorithms for the AERONET database. **Remote Sensing of Environment**, 73(3), 337-3. 2000

STEINFELD, Jeffrey I. **Atmospheric chemistry and physics: from air pollution to climate change**.Environment: Science and Policy for Sustainable Development, v. 40, n. 7, p. 26-26, 1998.

WYREPKOWSKI, C. C.; Almeida Filho, E. O.; Jorge, A.; De Musis, C. R.; Nogueira, J. N. **Composição multielementar e fontes de emissão de aerossóis atmosféricos em Cuiabá de 1992 à 1995**. *Ciência e Natura*. v. 29, n. 2, p. __, 2008.

APENDICE



Índices pluviométricos mensais de Cuiabá, e normais climatológicas (1961 a 1990)
Fonte: INMET,2016.