



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS - CTRN
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM RECURSOS NATURAIS - PPGRN
DOUTORADO EM RECURSOS NATURAIS**

JOACI DOS SANTOS CERQUEIRA

**CONSEQUÊNCIAS DO FUNCIONAMENTO DA USINA TERMELÉTRICA
BORBOREMA S.A. PARA A REGIÃO METROPOLITANA DE CAMPINA
GRANDE-PB**

CAMPINA GRANDE – PB

2018

JOACI DOS SANTOS CERQUEIRA

**CONSEQUÊNCIAS DO FUNCIONAMENTO DA USINA TERMELÉTRICA
BORBOREMA S.A. PARA A REGIÃO METROPOLITANA DE CAMPINA
GRANDE-PB**

Tese de Doutorado ao Programa de Pós-Graduação em Recursos Naturais da Universidade Federal de Campina Grande para obtenção do título de Doutor em Recursos Naturais.

Área de concentração: Sociedade e Recursos Naturais

Linha de pesquisa: Gestão de Recursos Naturais

Orientador: Prof. Dr. Francisco de Assis Salviano de Sousa

Co-Orientador: Prof. Dr. Helder Neves de Albuquerque

CAMPINA GRANDE – PB

2018

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL DA UFCG

C416c Cerqueira, Joaci dos Santos.
Consequências do funcionamento da usina termelétrica Borborema S.A. para a região metropolitana de Campina Grande - PB / Joaci dos Santos Cerqueira. – Campina Grande, 2018.
277 f. il. : color.

Tese (Doutorado em Recursos Naturais) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, 2018.
"Orientação: Prof. Dr. Francisco de Assis Salviano de Sousa, Prof. Dr. Helder Neves de Albuquerque".
Referências.

1. Poluentes Atmosféricos. 2. Sensores Ambientais. 3. Recursos Naturais. 4. Ornitofauna. 5. Levantamento Florístico. 6. Fisiologia Vegetal. 7. Aermod View. I. Sousa, Francisco de Assis Salviano de. II. Albuquerque, Helder Neves de. III. Título.

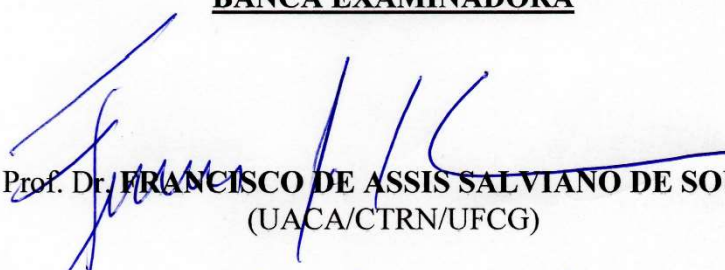
CDU 502.3:504.5(043)

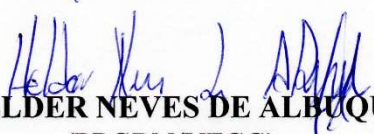
JOACI DOS SANTOS CERQUEIRA

**CONSEQUÊNCIAS DO FUNCIONAMENTO DA USINA TERMELÉTRICA
BORBOREMA S.A. PARA A REGIÃO METROPOLITANA DE CAMPINA GRANDE-
PB**

APROVADA EM: 23/02/2018

BANCA EXAMINADORA

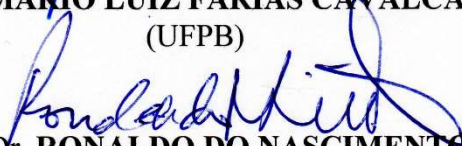

Prof. Dr. **FRANCISCO DE ASSIS SALVIANO DE SOUSA**
(UACA/CTRN/UFCG)


Prof. Dr. **HELDER NEVES DE ALBUQUERQUE**
(PPGRN/UFCG)


Prof. Dr. **ENIO PEREIRA DE SOUZA**
(UACA/CTRN/UFCG)


Prof. Dr. **CARLOS ANTÔNIO COSTA DOS SANTOS**
(UACA/CTRN/UFCG)


Prof. Dr. **MÁRIO LUIZ FARIAS CAVALCANTI**
(UFPB)


Prof. Dr. **RONALDO DO NASCIMENTO**
(UFCG)

Dedico este trabalho ao meu filho Gustavo Cerqueira e a minha esposa Luciana da Rocha e a todos os professores que fizeram parte minha formação, pois são como Grandes Mestres, com quem aprendemos muito sobre a vida, dentro ou fora da sala de aula.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a minha esposa Luciana da Rocha, por estar sempre ao meu lado me dando incentivo e também ao meu filho Gustavo Cerqueira por me inspirar constantemente e, ser minha razão de ser melhor a cada dia.

Ao professor Doutor (Orientador) Francisco de Assis Salviano de Sousa, pelo tempo dedicado, pelos posicionamentos sempre pertinentes à nossa pesquisa, além das sugestões que me fizeram refletir e realizar aprofundamentos no estudo.

Ao Professor Doutor (Co-orientador) Helder Neves de Albuquerque, por toda dedicação, paciência, abnegação e pelos seus ensinamentos e responsabilidade, que contribuiu significativamente para meu amadurecimento intelectual.

A banca examinadora, que desde do exame de qualificação foram sempre pertinentes nas colocações, me guiando para o engrandecimento de nossa Tese, além de me incentivar e, ao mesmo tempo alertando-me quanto as limitações e possibilidades para o desfecho final desta pesquisa.

Aos Professores, aos Técnicos e ao pessoal de apoio do Programa de Doutorado em Recursos Naturais. Assim sendo, observo que as vezes somos injustos quando citamos nomes e deixamos alguns deles de fora, não por ser menos importantes e, sim, por nossa limitação de lembrar o quão foram importantes neste momento. Portanto, peço desculpas por minha falha e agradeço a todos profissionais que fizeram parte da minha vida e, que de alguma maneira contribuíram para minha formação acadêmica e pessoal.

Ao Prof. Dr. Walter Esfrain Pereira; ao Prof. Dr. Francisco de Assis Santos e Silva; ao Prof. Dr. José da Silva Barbosa; a Bióloga Marília Gabrielle Lira Cavalcanti; ao Biólogo Antônio Lopes Gaião; ao Agrônomo André Japiassu; ao Engenheiro Agrícola José Alberto Ferreira Cardoso; ao Meteorologista Sílvio de Oliveira e ao Engenheiro Químico Fabiano Baroncelli, pela ajuda e apoio a esta pesquisa.

Aos colegas de turma do Doutorado pelo carinho, estímulo e por compartilhar suas experiências.

A Lakes Environmental por oportunizar minha capacitação em modelagem atmosférica, através de seus Cursos Aermod View e Calpuff View. Além do grande apoio prestado à esta pesquisa, nas pessoas do Dr. Jessé Thé e da Msc Cristiane Thé.

Ao Instituto Bioeducação (IBEA) pelo patrocínio, apoio e incentivo à esta pesquisa.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPQ), pelo apoio a minha formação em nível de pós-graduação, através de concessão da Bolsa, nível Doutorado.

A Universidade Federal de Campina Grande, por proporcionar-me condições para a minha formação, em nível de Doutorado, curso este muito importante para nossa sociedade.

Por fim, a cidade de Campina Grande-PB, por me acolher como um filho e por proporcionar-me mais esta etapa em minha vida.

“A menos que modifiquemos à nossa maneira de pensar, não seremos capazes de resolver os problemas causados pela forma como nos acostumamos a ver o mundo”.

(Albert Einstein)

CERQUEIRA, Joaci dos Santos. **Consequências do funcionamento da usina termelétrica Borborema S.A. para a região metropolitana de Campina Grande-PB.** 2018. 277 f. Tese (Doutorado em Recursos Naturais) - Universidade Federal de Campina Grande-PB (UFCG), Campina Grande, 2018.

RESUMO

Os poluentes atmosféricos das usinas termelétricas afetam negativamente a saúde humana, o solo, os corpos hídricos, as edificações, a flora e a fauna. Assim, essa forma de geração de energia elétrica, gera efluentes causadores de danos ao meio ambiente, trazendo impactos ambientais negativos. Neste sentido, o objetivo desse estudo foi avaliar os impactos ambientais causados pelo funcionamento de uma Usina Termelétrica localizada na região metropolitana de Campina Grande-PB. Através de um estudo de campo, de caráter exploratório foi empregado variadas metodologias para identificar as espécies da ornitofauna local, inventariar as espécies arbóreas e avaliar as trocas gasosas vegetais, além de utilizar de sensores ambientais para determinar os níveis instantâneos dos compostos químicos CO₂, CO, SO₂, ruídos, temperatura do ar, umidade relativa do ar, temperatura de ponto de orvalho, velocidade do vento e luminescência vegetais, do entorno da Usina Termelétrica Energética Borborema S.A e de uma área amostral; e, através do software Aermod View, simular as concentrações das dispersões das fontes emissoras da Usina Termelétrica. Com isso, registrou-se vinte e nove espécies de aves, pertencentes a 21 famílias; e, para no inventário arbóreo, as principais espécies encontradas foram *Combretum glaucocarpum*, *Croton sonderianus*, *Aspidosperma pyrifolium* e *Mimosa tenuiflora*; quanto as análises das trocas gasosas realizadas pelo LCpro+, verificou-se que os valores máximos de transpiração foi registrado no ponto (P600), sendo a espécie *Ziziphus joazeiro* responsável pelo maior valor registrado; em relação ao uso dos sensores ambientais para monitorar a qualidade do ar, atestou-se ser uma ferramenta fundamental para verificar alterações na ambiência do entorno da Termelétrica Borborema S.A.; na modelagem com *Aermod View*, verificou-se que nas concentrações de NO₂, os índices atingiram cerca de cinco vezes maior que o padrão primário estabelecido pelo CONAMA 03/90. Desta maneira, os resultados associados aos procedimentos metodológicos utilizados em conjunto, caracterizam-se como eficazes para avaliação e monitoramento de impactos ambientais para instalação e funcionamento de Termelétricas e demais indústrias poluidoras.

Palavras-chave: Sensores Ambientais. Poluentes Atmosféricos. Recursos Naturais. Ornitofauna. Levantamento Florístico. Fisiologia Vegetal. Aermod View

CERQUEIRA, Joaci dos Santos. **Consequências do funcionamento da usina termelétrica Borborema S.A. para a região metropolitana de Campina Grande-PB.** 2018. 277 f. Thesis (Doctorate in Natural Resources) - Universidade Federal de Campina Grande-PB (UFCG), Campina Grande, 2018.

ABSTRACT

The air pollutants of thermoelectric power plants negatively affect human health, soil, water bodies, buildings, flora and fauna. Thus, this form of electric energy generation, generates effluents that cause damages to the environment, bringing negative environmental impacts. In this sense, the objective of this study was to evaluate the environmental impacts caused by the operation of a Thermoelectric Plant located in the metropolitan region of Campina Grande-PB. Through an exploratory field study, a variety of methodologies were used to identify the species of the local ornitofauna, to inventory the tree species and to evaluate the vegetal gas exchanges, besides using environmental sensors to determine the instantaneous levels of the chemical compounds CO₂, CO, SO₂, noise, air temperature, relative air humidity, dew point temperature, wind speed and plant luminescence, in the surroundings of Usina Termelétrica Energética Borborema S.A. and a sample area; and, through the *Aermod View* software, to simulate the dispersion concentrations of the sources emitting the Thermoelectric Plant. Thus, twenty-nine bird species belonging to 21 families were recorded; and, for the tree inventory, the main species found were *Combretum glaucocarpum*, *Croton sonderianus*, *Aspidosperma pyrifolium* and *Mimosa tenuiflora*; as well as the analyzes of the gas exchanges performed by LCpro +, it was verified that the maximum values of transpiration were recorded at the point (P600), and the *Ziziphus joazeiro* species was responsible for the highest recorded value; in relation to the use of environmental sensors to monitor air quality, was proved to be a fundamental tool to verify changes in the environment of the Borborema thermoelectric plant S.A.; in the modeling with *Aermod View*, it was verified that in the concentrations of NO₂, the indexes reached about five times greater than the primary standard established by CONAMA 03/90. In this way, the results associated to the methodological procedures used together, are characterized as effective for evaluation and monitoring of environmental impacts for the installation and operation of Thermoelectric and other polluting industries.

Keywords: Environmental Sensors. Atmospheric Pollutants. Natural resources. Ornitofauna. Floristic Survey. Plant Physiology. Aermod View

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 -	Camadas da Atmosfera Terrestre.....	35
Figura 2 -	Evolução da Camada Limite Planetária, em latitudes médias em resposta ao aquecimento e resfriamento da Superfície Terrestre. Zeri (2003), adaptado de Stull (1988).....	38
Figura 3 -	Modelo de rota percorrida pelos observadores.....	58
Figura 4 -	Frequência de ocorrência com distribuição mensal, de janeiro a dezembro de 2016.....	64
Figura 5 -	Mapa de localização da área de estudo UTE Borborema S.A., 2016.....	69
Figura 6 -	Variação da abundância e frequência cumulativa das espécies de aves identificadas no entorno da UTE Borborema S.A., período de janeiro a dezembro de 2016.....	70
Figura 7 -	Localização da área do estudo florístico com pontos de elevação na UTE Borborema S.A.....	76
Figura 8 -	Transecto utilizado para inventariar as espécies arbóreas do entorno da UTE Borborema S.A.....	77
Figura 9 -	Utilização de canos de PVC, para mensurar as espécies vegetais.....	78
Figura 10 -	Diversidade Florística no entorno da UTE Borborema S.A. de acordo com o Índice de Shannon em relação a distribuição espacial.....	81
Figura 11 -	Perfil esquemático da vegetação amostrada em 20,1ha do entorno da UTE Boroborema S.A., de 6 parcelas (10×10m) em escala segundo as suas alturas.....	82
Figura 12 -	Dendrograma gerado a partir do índice de similaridade de Jaccard entre as espécies florísticas da área de estudo.....	85
Figura 13 -	Localização da área de estudo florístico com evidências de clareiras.....	87
Figura 14 -	Áreas pesquisadas com espécies botânicas da caatinga, 2016.....	95
Figura 15 -	Identificação das espécies florísticas.....	96
Figura 16 -	Analisador de trocas gasosas modelo LCpro +.....	97
Figura 17 -	Medidor portátil SPAD.....	98
Figura 18 -	Área do entorno da UTE, período da estação seca.....	99
Figura 19 -	Distribuição espacial das medidas SPAD, março e maio de 2016.....	101

Figura 20 -	Distribuição espacial das medidas da Concentração Interna de CO ₂ (Ci), março e maio de 2016.....	102
Figura 21 -	Distribuição espacial das medidas da Transpiração (E), março e maio de 2016.....	103
Figura 22 -	Intervalo de confiança (Transpiração) coletas a e b.....	103
Figura 23 -	Distribuição espacial das medidas da Condutância Estomática (GS), março e maio de 2016.....	104
Figura 24 -	Distribuição espacial das medidas da Fotossíntese (A), março e maio de 2016.....	105
Figura 25 -	Distribuição espacial das medidas da Eficiência do Uso de Água (EUA), março e maio de 2016.....	105
Figura 26 -	Distribuição espacial das medidas da RDS, março e maio de 2016.....	106
Figura 27 -	Identificação da área 1 Usina Termelétrica Borborema Energética S.A...	116
Figura 28 -	Mapa estrutural, com identificação da área 2.....	117
Figura 29 -	Gps Garmin Gpsmap 62sc Câmera 5mp.....	119
Figura 30 -	Medidor Portátil Multifuncional Modelo ITMCO2 – 600.....	120
Figura 31 -	Medidor Portátil Multifuncional modelo ITMP-600.....	121
Figura 32 -	Detector de Gás GasAlert Extreme SO ₂	121
Figura 33 -	Estação Meteorológica modelo ITWH - 1080, com Interface computadorizada.....	122
Figura 34 -	Recipiente com Óleo HFO, utilizado no experimento, 2017.....	124
Figura 35A -	Uso do Detector de SO ₂ , no experimento.....	125
Figura 35B -	Níveis de SO ₂ em ppm.....	125
Figura 36 -	Uso do Medidor Portátil Multifuncional Modelo ITMCO2 – 600, no experimento.....	125
Figura 37 -	Distribuição temporal das medidas instantâneas de CO ₂ nas Áreas 1 e 2	127
Figura 38 -	Distribuição temporal das medidas instantâneas de Temperatura Ambiente, nas Áreas 1 e 2.....	129
Figura 39 -	Distribuição temporal das medidas instantâneas de Decibéis, nas Áreas 1 e 2.....	131
Figura 40 -	Distribuição temporal das medidas instantâneas de Luminescência (Lux), nas Áreas 1 e 2.....	133
Figura 41 -	Velocidade e direção do vento área 1 do estudo, período (Tabela 1).....	134

Figura 42 -	Velocidade e direção do vento área 2 do estudo, período (Tabela 1).....	135
Figura 43 -	Distribuição temporal das medidas instantâneas da Pressão Atmosférica Relativa, nas Áreas 1 e 2.....	136
Figura 44 -	Mapa do círculo das correlações, com projeção das variáveis iniciais no espaço fatorial.....	149
Figura 45 -	Destaque em vermelho, localização de residências próximas a UTE Borborema S.A.....	152
Figura 46 -	Direção do vento no município de Campina Grande-PB, período de janeiro de 1977 a dezembro de 1981.....	153
Figura 47-	Usina Termelétrica Borborema S.A, localizada entre os municípios paraibanos de Queimadas e Campina Grande.....	158
Figura 48 -	Topografia da área de estudo, com curvas de nível a cada 5metros, ArcGIS, 2011.....	159
Figura 49 -	Modelo de Projeção do efeito Building Downwash nas fontes emissoras da UTE.....	163
Figura 50 -	Sistema de modelagem do software Aermod View.....	165
Figura 51 -	Rosa dos ventos referente aos dados meteorológicos da Estação do Aeroporto de Campina Grande-PB, período de 1º de janeiro a 31 de dezembro de 2016.....	169
Figura 52 -	Direção do vento em 120h de simulação de NOx, Modelo Calpuff View.	170
Figura 53 -	Classes de Estabilidade dos Ventos para os dados meteorológicos de 2016, da área de estudo.....	171
Figura 54 -	Projeção do efeito Building Downwash, na área de domínio da modelagem, 2016.....	173
Figura 55 -	Camada Limite Planetária da área de estudo, com média diurna e noturna para o mês de junho de 2016.....	175
Figura 56 -	Mapa de dispersão de MP 24h ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) nas fontes emissoras da UTE Borborema S/A, 2016.....	177
Figura 57 -	Mapa de dispersão de MP anual ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) nas fontes emissoras da UTE Borborema S/A, 2016.....	178
Figura 58 -	Mapa de dispersão de SO ₂ 24h ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) nas fontes emissoras da UTE Borborema S/A, 2016.....	181

Figura 59 -	Mapa de dispersão de SO ₂ anual (µg/m ³) nas fontes emissoras da UTE Borborema S/A, 2016.....	182
Figura 60 -	Mapa de dispersão de CO 1h (µg/m ³) nas fontes emissoras da UTE Borborema S/A, 2016.....	185
Figura 61 -	Mapa de dispersão de CO 8h (µg/m ³) nas fontes emissoras da UTE Borborema S/A, 2016.....	186
Figura 62 -	Mapa de dispersão de NO ₂ 1h (µg/m ³) nas fontes emissoras da UTE Borborema S/A, 2016.....	189
Figura 63 -	Mapa de dispersão de NO ₂ anual (µg/m ³) nas fontes emissoras da UTE Borborema S/A, 2016.....	190

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 -	Dados e descrições para registros e coleta da avifauna.....	61
Quadro 2 -	Legislações que estabelecem limites de emissões de poluentes atmosféricos e qualidade do ar.....	166

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 -	Registro das jornadas de observações nos transectos para o levantamento ornitológico.....	59
Tabela 2 -	Guia de registro de estimativa de abundância da avifauna.....	61
Tabela 3 -	Aves registradas no entorno da UTE Energética Borborema S.A., classificação por nome vulgar, espécie, ordem e família, 2016.....	62
Tabela 4 -	Registro de dados e Frequências de Ocorrência (FO) das espécies da avifauna do entorno da UTE Boroborema S.A., período de janeiro a dezembro de 2016.....	65
Tabela 5 -	Lista das espécies de aves observadas no entorno da UTE Energética Borborema S.A., classificação por espécie, hábito alimentar, padrão social, estratos ocupados e abundância, 2016.....	71
Tabela 6 -	Lista de famílias e espécies presentes na área de estudo.....	80
Tabela 7 -	Lista de espécies florísticas representadas por riqueza, percentual e distribuição nas parcelas.....	81
Tabela 8 -	Matriz de similaridade florística (Jaccard) das espécies presentes na área de estudo.....	84
Tabela 9 -	Parâmetros fitossociológicos dos resquícios florísticos no entorno da Usina Termelétrica Borborema Energética S.A.....	88
Tabela 10 -	Índices de diversidades arbóreo no entorno da UTE Borborema S.A. obtidos através do Software Mata Nativa 4.....	90
Tabela 11 -	Valores médios do SPAD, da Concentração Interna (CI) de CO ₂ , Transpiração (E), Condutância Estomática (GS), Fotossíntese (A), Eficiência do Uso de Água (EUA) e Eficiência de Carboxilação Rubisco (RDS), das espécies botânicas da caatinga.....	107
Tabela 12 -	Análise da variância, referente a troca gasosas em plantas.....	111
Tabela 13 -	Análise da Soma de Quadrados do tipo III (Coletas).....	111
Tabela 14 -	Dados ambientais, referente ao entorno da UTE, período de outubro 2015 a março de 2017.....	137
Tabela 15 -	Matriz de correlação (Pearson (n-1)), das variáveis ambientais.....	147
Tabela 16 -	Análise de Componentes Principais, classificação dos valores próprios e dos fatores correspondentes, em ordem decrescente.....	147

Tabela 17 -	Correlações entre as variáveis e fatores.....	148
Tabela 18 -	Nível de critério de avaliação de ruídos, para ambientes externos, em dB(A).....	152
Tabela 19 -	Dados técnicos das chaminés, Relatório Técnico da Ambimet para a Termelétrica Borborema S.A (2016).....	160
Tabela 20 -	Resultado das amostragens das chaminés dos geradores da Termelétrica Borborema S.A, quanto a concentração e ao fluxo gasoso (G1 a G20).....	161
Tabela 21 -	Categorias de velocidades do vento e classificação da atmosfera.....	163
Tabela 22 -	Padrões de Qualidade do AR, estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 03/90.....	168
Tabela 23 -	Concentrações máximas de MP e concentrações registradas nos principais receptores.....	179
Tabela 24 -	Concentrações máximas de SO ₂ e concentrações registradas nos principais receptores.....	184
Tabela 25 -	Concentrações máximas de CO e concentrações registradas nos principais receptores.....	187
Tabela 26 -	Concentrações máximas de NO ₂ e concentrações registradas nos principais receptores.....	192

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

A	Fotossíntese líquida
A1	Área 1
A2	Área 2
Ab	Abundância
AB	Área Basal
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ACP	Análise de Componentes Principais
Atm	Atmosférica
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
ANOVA	Análise de Variância
Aer	Aéreo
APG	<i>Angiosperm Phylogeny Group</i>
Arbust	Arbustivo
ARPA	Agência de Proteção Regional do Piemonte
AVAC	Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado
Bho	Bando Homogêneo
Bhe	Bando Heterogêneo
BM	Bando Misto
BR	Brasil
C	Casal
(C)	Índice de Dominância de Simpson
CAC	Complexo Aluizio Campos
CADIGEOS	Cartografia Digital, Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto
CAP	Circunferência à Altura do Peito
CAPE	Potencial de Energia Convectiva Disponível - J/kg
Car	Carnívoras
CBRO	Comitê Brasileiro de Registros Ornitológicos
CETESB	Companhia Ambiental do Estado de São Paulo
CGH	Central Geradora Hidrelétrica
CHESF	Companhia Hidrelétrica do São Francisco
Ci	Concentração Interna de CO ₂
CIPA	Coletor Isocinético de Poluentes Atmosféricos

CLP	Camada Limite Planetária
CM	Camada Limite
CONAMA	Conselho Nacional de Meio Ambiente
Conj. Resid.	Conjunto Residencial
COPC	Compostos Potencialmente Preocupante
COVs	Compostos Orgânicos Voláteis
CP	Componente Principal / Capacidade de Pote
DA	Densidade Absoluta (N/ha)
DoA	Dominância Absoluta (AB/ha)
DoR	Dominância Relativa
DR	Densidade Relativa
E	Transpiração
EA	Educação Ambiental
EAN	Herbário Jaime Coelho de Moraes
ECMWF	European Centre for Medium-Range Weather Forecasts
EIA/RIMA	Estudo de Impacto Ambiental / Relatório de Impacto Ambiental
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
EOL	Central Geradora Eolielétrica
Ep	Epigeu
EPA	Environmental Protection Agency
EPA/EUA	Environmental Protection Agency/Estados Unidos da América
ERM	Estuário do Rio Mamanguape
ERP	Estuário do Rio Paraíba
EUA	Eficiência do Uso de Água
FA	Frequência Absoluta
FAP	Fundação Assistencial da Paraíba
FEEMA	Fundação Estadual de Engenharia do Meio Ambiente
FO	Frequência de Ocorrência
FR	Frequência Relativa
Fru	Frugívoras
G	Grupo
GEE	Gases de Efeito Estufa
Gho	Grupo Homogêneo

Ghe	Grupo Heterogêneo
Gran	Granívoras
GS	Condutância Estomática
Ha	Hectare / Hipótese Alternativa
H0	Hipótese Nula
Herb	Herbáceo
HFO	Heavy Fuel Oil
HO	Horas de Observação
HT	Altura Total (m)
H'	Índices de diversidade de Shannon-Weaver
IBAMA	Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
IBEA	Instituto BIOEDUCAÇÃO
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
HC	Hidrocarbonetos Totais
HFO	Óleo Pesado
IEA	Agência Internacional de Energia
ICMBio	Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade
IFN	Inventário Florestal Nacional
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
Ins	Insetívoras
ln(S)	Diversidade máxima
IRGA	Infra Red Gas Analyser
ITMCO ₂ – 600	Medidor de CO ₂ e CO
ITMP-600	Medidor Multifuncional
J	Equabilidade de Pielou
JAC	Índice de Similaridade de Jaccard
LCpro+	Equipamento de análise de trocas gasosas em plantas
LSM	Baixa umidade do solo
Lux	Luminescência
LF	Levantamento Fitossociológico
MDE	Modelo Digital de Elevação
MP	Material Particulado
MSL	Massa seca do limbo foliar

NA	Não Aplicável
NBR	Norma Brasileira aprovada pela ABNT
Nec	Nectarívoras
Necro	Necrófago
NA	Não Aplicável
OCB1	Óleo combustível especial
OMS	Organização Mundial de Saúde
Oni	Onívoras
P	Par
PCH	Pequena Central Hidrelétrica
PÓS-UI	Pós-urbanização Intensa
PRÉ-UI	Pré-urbanização Intensa
PR	Pressão Relativa
PS	Padrão Social
PTS	Partículas Totais em Suspensão
PWAT	Água precipitável - mm
QAI	Qualidade do Ar Interno
QM	Coefficiente de mistura de Jentsch
R	Coefficiente de Correlação
Raj.	Rajada
RDS	Eficiência de Carboxilação Rubisco
RH	Umidade Relativa
R ²	Coefficiente de Determinação
S	Solitária
SEMA	Secretaria do Meio Ambiente e Recursos Hídricos - Estado do Paraná
SPAD	Soil Plant Analysis Development
SIG	Sistemas de Informação Geográfica
SISNAMA	Sistema Nacional do Meio Ambiente
SUDEMA	Superintendência de Administração do Meio Ambiente
TA	Temperatura Ambiente
TBU	Termômetro de Bulbo Umido
TPO	Temperatura de Ponto de Orvalho
TWh	TeraWats Hora

U	Número de unidades amostrais em que a espécie ocorre
UEPB	Universidade Estadual da Paraíba
UFPB	Universidade Federal Paraíba
UFCG	Universidade Federal de Campina Grande
UFV	Central Geradora Solar Fotovoltaica
UHE	Usina Hidrelétrica de Energia
UNID.	UNIDADE
UPGMA	Agrupamento Pelas Médias Aritméticas Não Ponderadas
UTC	Universal Coordinated Time
UTE	Usina Termelétrica
UTN	Usina Termonuclear
UR	Umidade Relativa
URA	Umidade Relativa do Ar
USGS	United States Geological Survey
UV	Ultravioletas
VC(%)	Porcentagem do Valor de Cobertura
Vel.	Velocidade
VI	Valor de Importância
VI(%)	Porcentagem do Valor de Importância
VPD	Déficit Hídrico Atmosférico
VTOT	Índice de totais verticais
ZCIT	Zona de Convergência Intertropical

LISTA DE SÍMBOLOS

C	Carbono
CO	Monóxido de Carbono
CO ₂	Dióxido de Carbono
°C	Graus Celsius
dB	Decibéis
E	Leste
GW	GigaWats
HNO ₃	Ácido Nítrico
Hz	Hertz
H ₂ O	Fórmula da Água
H ₂ SO ₄	Ácido Sulfúrico
kg	Quilogramas
KW-EPA	Autoridade Pública Ambiental do Kuwait
kV	Kilo Volts
ha	Hectare
hPa	Hectopascal
L	Leste
M	Metro
mm	Milímetros
mp	Megapixel
MHz	Mega Hetz
μmol	Micromol
mmol	Mili moles
MW	Mega Wats
M ³	Metro cúbico
N	Norte / Número
NE	Nordeste
nm	Nanômetro
NO	Óxido Nitroso / Noroeste
NO _x	Óxido de Nitrogênio
NO ₂	Dióxido de Nitrogênio

O	Oeste
O ₃	Ozônio
ppb	Parte por bilhão
ppm	Parte por milhão
pH	Potencial Hidrogeniônico
S	Sul
SE	Sudeste
SO	Sudoeste
SO ₄ ²⁻	Sulfato
SO ₂	Dióxido de Enxofre
SO ₃	Trióxido de Enxofre
T	Temperatura
TW	TeraWats
W	Oeste
µg/m ³	Microgramas por metros cúbicos

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	25
1.1	APRESENTAÇÃO.....	25
1.1.1	Justificativa.....	27
1.1.2	Objetivos.....	28
1.1.2.1	Objetivo Geral.....	28
1.1.2.2	Objetivos específicos.....	28
1.2	ESTRUTURA DO TRABALHO.....	28
	CAPÍTULO I	30
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	30
2.1	SOCIEDADE E RECURSOS NATURAIS.....	30
2.2	ALTERAÇÕES AMBIENTAIS.....	32
2.3	A ATMOSFERA TERRESTRE.....	34
2.3.1	As camadas da atmosfera terrestre.....	35
2.3.2	A troposfera e a Camada Limite Planetária - CLP.....	36
2.4	POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA.....	39
2.5	POLUENTES ATMOSFÉRICOS.....	40
2.6	TROCAS GASOSAS NAS PLANTAS.....	43
2.7	QUALIDADE DO AR.....	44
2.8	VARIÁVEIS AMBIENTAIS.....	46
2.9	TERMELÉTRICA NO MUNDO E NO BRASIL.....	48
2.10	BIODIVERSIDADE.....	51
2.11	LEVANTAMENTO DA FAUNA E FLORA.....	55
	CAPÍTULO II	56
3	ORNITOFAUNA.....	56
3.1	INTRODUÇÃO.....	56
3.2	MATERIAL E MÉTODOS.....	57
3.3	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	62
3.4	CONCLUSÕES.....	73
	CAPÍTULO III	74
4	FLORA.....	74
4.1	INTRODUÇÃO.....	74
4.2	MATERIAL E MÉTODOS.....	75
4.2.1	Caracterização da área de estudo.....	75
4.2.2	Levantamento da flora.....	77
4.2.3	Composição florística e estrutural.....	79
4.3	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	79
4.4	CONCLUSÕES.....	91

	CAPÍTULO IV	92
5	DETERMINAÇÃO E ANÁLISE DAS TROCAS GASOSAS.....	92
5.1	INTRODUÇÃO.....	92
5.2	MATERIAL E MÉTODOS.....	93
5.2.1	Caracterização da área de estudo.....	93
5.2.2	Identificação e avaliação de trocas gasosas da flora.....	96
5.2.3	Análises estatísticas.....	98
5.3	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	99
5.4	CONCLUSÕES.....	112
	CAPÍTULO V	114
6	SENSORES AMBIENTAIS.....	114
6.1	INTRODUÇÃO.....	114
6.2	MATERIAL E MÉTODOS.....	116
6.2.1	Caracterização da área de estudo.....	116
6.2.2	Procedimentos metodológicos.....	118
6.2.3	Instrumentos de coleta de dados.....	118
6.2.4	Dados Meteorológicos.....	122
6.2.5	Softwares utilizados.....	122
6.3	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	123
6.4	CONCLUSÕES.....	154
	CAPÍTULO VI	155
7	POLUENTES ATMOSFÉRICOS: modelagem com software Aermod.....	155
7.1	INTRODUÇÃO.....	155
7.2	MATERIAL E MÉTODOS.....	157
7.2.1	Descrição e local da área de estudo.....	157
7.2.2	Topografia do local de estudo.....	158
7.2.3	Coleta de dados.....	160
7.2.3.1	Parâmetros da fonte emissora.....	160
7.2.4	Instrumentos da pesquisa.....	162
7.2.5	Efeito Building Downwash.....	162
7.2.6	Dados meteorológicos.....	163
7.2.6.1	Avaliação do uso do solo.....	164
7.2.7	Análise dos dados.....	164
7.2.8	Principais legislações ambientais que tratam das emissões de poluentes atmosféricos em termelétricas e chaminés.....	166
7.3	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	167
7.3.1	Dados meteorológicos.....	168
7.3.2	Grade de receptores.....	172
7.3.3	Camada Limite Planetária da área de estudo.....	174

7.3.4	Simulações de dispersão.....	176
7.3.4.1	Material Particulado (MP).....	176
7.3.4.2	Dióxido de Enxofre (SO ₂).....	180
7.3.4.3	Monóxido de Carbono (CO).....	185
7.3.4.4	Dióxido de Nitrogênio (NO ₂).....	188
7.4	CONCLUSÕES.....	194
	CAPÍTULO VII	196
	CONCLUSÕES GERAIS.....	196
	REFERÊNCIAS.....	200
	APÊNDICES.....	239
	APÊNDICE A - Ficha de registro de jornadas para observação da avifauna	239
	APÊNDICE B - Projeção da direção dos ventos das áreas 1 e 2, no Google Earth, conforme simulação do software WRPLOT.....	240
	APÊNDICE C - Resumo dos resultados das Concentrações de MP, 2016.....	241
	APÊNDICE D - Resumo dos resultados das Concentrações de SO ₂ , 2016....	242
	APÊNDICE E - Resumo dos resultados das Concentrações de CO, 2016.....	243
	APÊNDICE F- Resumo dos resultados das Concentrações de NO _x , 2016....	244
	ANEXOS.....	245
	ANEXO A - Autorização para atividades com finalidade científica – SISBIO.....	245
	ANEXO B - Autorização para atividades com finalidade científica com espécies da Ornitofauna no entorno da Termelétrica Borborema S.A – SISBIO.....	246
	ANEXO C - Ofício de solicitação de cópia de relatório de amostragem isocinética da Termelétrica Borborema S.A, junto a SUDEMA.....	247
	ANEXO D - Ofício resposta da SUDEMA sobre o relatório de amostragem isocinética da Termelétrica Borborema S.A, informando a relação de Processos reativos a Termelétrica.....	248
	ANEXO E - Aviso dos Correios, do envio do Ofício de solicitação de cópia de relatório de amostragem isocinética da Termelétrica Borborema S.A, junto a SUDEMA.....	251
	ANEXO F - Requerimento para pedido de cópia de Processo da SUDEMA.	252
	ANEXO G - GRU para pagamento de Taxa Serviços (fotocópia), junto a SUDEMA.....	253
	ANEXO H - Relatório Técnico das Emissões Atmosféricas das Chaminés dos Geradores - AMBIMET.....	254

1 INTRODUÇÃO

1.1 APRESENTAÇÃO

De acordo com a Agência Internacional de Energia (IEA), aproximadamente 80% da energia utilizada pela humanidade é derivada a partir de combustíveis fósseis. Em 2013, as emissões globais de CO₂, provenientes dos combustíveis fósseis foram 36 Gigas toneladas, valor este superior em 61%, ao ano de 1990 e 2,3% superior ao de 2012, níveis referenciados pelo Protocolo de Quioto (YAN et al., 2015).

O setor de energia elétrica é considerado mundialmente como o principal contribuinte para a degradação da qualidade do ar local e impactos ambientais globais, tais como a chuva ácida e o fenômeno de efeito estufa. Várias tecnologias de mitigação estão disponíveis para reduzir as emissões de poluentes, principalmente de dióxido de enxofre, oriundos das usinas termelétricas. Os mais sugeridos estão o óleo combustível de baixo teor de enxofre, filtragem das emissões nas chaminés, sistemas de dessulfurização e, mudança para o gás natural como combustível alternativo nas usinas termelétricas (CHAABAN; MEZHER; OUWAYJAN, 2004).

Há muitas usinas de energia térmica no mundo e diferentes tipos de combustíveis fósseis são utilizados nas termelétricas, como o carvão, a lenhite, óleo pesado, diesel e gás natural (ALMASRI; HADDAD, 2012). Portanto, a geração de energia térmica está associada com a emissão de gases perigosos e partículas poluentes, que é um dos principais contribuintes para deteriorar a qualidade do ar e o meio ambiente (ALI et al., 2011).

A poluição do ar afeta negativamente solo, água, flora, construções, fauna, tempo, clima, e transporte, bem como, reduz os valores econômicos e o bem-estar social. Inserida nesta problemática, estão as usinas termelétricas que produzem tanto materiais poluentes gasosos (CO, CO₂, NO_x e SO₂) como sólidos (cinzas e metais pesados), que prejudicam a qualidade do ar (BALACEANU; CEPISCA, 2011).

O Brasil é um país onde o uso de hidrelétrica para a geração de energia atinge cerca de 70%, em termos de consumo de energia elétrica, enquanto a média mundial é de cerca de 16%. A capacidade atual no Brasil é cerca de 114 GW, com um potencial total estimado de 260 GW. As demais formas de geração de energia estão as usinas termelétricas (26,2%), energia nuclear (1,76%), eólica (0,88%) e outras fontes (1,25%) (SPERLING, 2012).

A quantidade de poluentes emitidos numa termelétrica a diesel em funcionamento, é cerca de 1.691.287 (ton/ano) de CO₂, correspondendo, aproximadamente, a 99% do total das

emissões, seguido do dióxido de enxofre SO₂, Óxido de nitrogênio (NO_x) e material particulado (MP). Portanto, com a utilização do diesel são emitidos muitos poluentes, que prejudicam o meio ambiente e a saúde humana (VILLELA; ANTUNES; SILVEIRA, 2007).

As usinas termelétricas geram energia, a partir da queima de combustíveis. O processo de geração de energia elétrica gera efluentes causadores de danos ao meio ambiente. Logo, o funcionamento das termelétricas traz impactos ambientais negativos, como poluição aérea e hídrica, chuva ácida. Sendo, os efluentes aéreos a principal ação impactante dessas centrais de energia, com riscos inclusive à saúde humana (CASTRO; ALMEIDA; RODRIGUES, 2012, 2013).

Em áreas urbanas com extenso tráfego rodoviário e dispersão limitada de poluição do ar, o padrão anual da qualidade do ar de NO₂ e SO₂, muitas vezes é excedido (KEUKEN; ROEMER; ELSHOUT, 2009). Daí a importância de monitorar áreas com potencial elevado de poluição.

Semelhante a outras cidades brasileiras, Campina Grande-PB foi contemplada com uma usina termelétrica, a qual foi instalada no bairro do Ligeiro, bairro este, pertencente aos municípios de Campina Grande-PB e Queimadas-PB.

De acordo com o EIA/RIMA (2008), a central geradora termelétrica de Campina Grande-PB, a (UTE) Usina Termelétrica Borborema Energética S.A possui potência instalada total bruta de 164 MW/dia, composta de 10 unidades motogeradoras do ciclo diesel, utilizando óleo combustível especial (OCB1) e, utiliza óleo diesel como combustível alternativo. O consumo do combustível principal é 828.456 kg/dia, com poder calorífico do combustível principal de 39.621 kJ/kg e a densidade do combustível principal é ≤ 1010 kg/m³. A conexão com a rede de alta tensão é feita no barramento de 230kV da Subestação da CHESF, por meio de linha de transmissão de aproximadamente 1.500 metros de comprimento (BRASIL, 2007; CONSULTORIA AMBIENTAL, 2008).

Acredita-se assim, que o funcionamento da termelétrica Borborema Energética S/A que atua no município de Campina Grande-PB potencializa a emissão de CO₂ e contribui com o aumento da poluição através das emissões de dióxido de enxofre com a queima de combustíveis fósseis através do óleo utilizado como combustível principal, que são poluentes e que possivelmente, causam danos ambientais à saúde da população do seu entorno, podendo esta ser potencializada com a ocorrência da mudança de ventos sazonais, onde a poluição poderá dispersar para outras áreas e povoadas de Campina Grande-PB. A quantificação e análise de variáveis meteorológicas associadas à bioindicadores e levantamentos florísticos e faunísticos poderão mensurar os possíveis impactos ambientais oriundos de sua operação em seu entorno.

Portanto, o uso dos sensores ambientais para monitorar a qualidade ar de uma determinada área é muito importante, pois desta maneira, possibilitará a verificação de alterações na ambiência do entorno da UTE, além de representar quali-quantitativamente, por intermédio de valores e escalas, as condições ambientais atuais e, servindo desta forma, como suporte comparativo a estudos futuros.

A finalidade desse estudo foi empregar sensores ambientais, tais como: ITMCO₂ – 600 (medidor de CO₂ e CO); detector de Gás GasAlert Extreme (medidor de SO₂); medidor Multifuncional ITMP-600, para medição de temperatura; umidade relativa do ar, e medição de nível de Som (dB), Luminescência (Lux), velocidade do vento; e analisador de trocas gasosas em plantas, LCpro+, para verificar condutância estomática, fotossíntese líquida, transpiração e concentração interna de CO₂, além do emprego de softwares para simular a dispersão das plumas que advém das chaminés da UTE Borborema S.A.. A escolha dos sensores em questão deu-se, por serem compactos, portáteis, fácil manipulação, apresentam resposta rápidas e precisas as variações ambientais.

1.1.1 Justificativa

A cidade de Campina Grande-PB, como em várias outras cidades dos países em desenvolvimento, teve seu crescimento econômico sem planejamento, particularmente em seus últimos 20 a 30 anos, o qual modificou a cidade pelo implemento de novas tecnologias, que também trouxeram degradações ao meio ambiente, além da depredação de recursos naturais de forma descontrolada e sem a execução de uma política reversa do desenvolvimento sustentável. Grande parte das empresas tiveram isenções fiscais e outras regalias dos poderes públicos para se instalarem na cidade, trazendo junto mais poluição, contaminação e degradação em todos seus níveis.

A presente pesquisa justifica-se, principalmente pela localização da UTE Borborema S.A, instalada próximo ao Complexo Aluizio Campos (CAC), que é uma área de extrema importância biológica reconhecida pelo Plano Diretor Municipal da cidade de Campina Grande-PB, como área de preservação (CAMPINA GRANDE, 2006) e, em seu entorno existe residências e uma população rural bastante povoada, além da proximidade do aeroporto de Campina Grande e da rodovia BR 104.

O funcionamento da termelétrica irá agravar os impactos ambientais negativos, através das emissões de poluentes atmosféricos, principalmente na área do entorno. Desta maneira, dá-se a importância desta pesquisa, para monitorar tais emissões. Logo, o presente estudo poderá

contribuir de forma direta no monitoramento das emissões de poluentes advindos da UTE e, possibilitando representar as condições ambientais atuais da área do entorno desta e se alinha no eixo temático do Programa de Pós-graduação de Recursos Naturais, possuindo patrocínio do Instituto Bioeducação de Campina Grande-PB.

1.1.2 Objetivos

1.1.2.1 Objetivo Geral

Avaliar os impactos ambientais causados pelo funcionamento de uma Usina Termelétrica localizada na região metropolitana de Campina Grande-PB.

1.1.2.2 Objetivos específicos

- Georreferenciar a área da termelétrica Borborema Energética S.A;
- Realizar o levantamento da fauna e flora, no entorno da termelétrica Borborema Energética S.A;
- Avaliar as trocas gasosas nas plantas, através das alterações na condutância estomática, fotossíntese líquida, transpiração e concentração de CO₂;
- Mensurar as emissões de gases de dióxido de Carbono (CO₂), monóxido de carbono (CO) e os níveis de decibéis, no entorno da termelétrica Borborema Energética S.A., comparando com área experimental (contraprova);
- Quantificar as medidas de Temperatura do ar, Umidade Relativa do Ar, Temperatura de ponto de orvalho, Velocidade do Vento, Dióxido de Enxofre e Luminescência na área da Termelétrica Borborema Energética S.A. em Campina Grande-PB; e
- Simular a dispersão dos poluentes atmosféricos, advindos das fontes emissoras, da Termelétrica Borborema S.A.

1.2 ESTRUTURA DO TRABALHO

Este trabalho está estruturado em sete capítulos e subdivididos em sessões, nas quais são abordadas, na sua trajetória, toda uma problemática explicitada sobre o tema em questão, numa perspectiva de discorrer e apresentar os resultados da referida proposta.

Inicialmente apresenta-se uma sessão de caráter introdutório, onde se destaca o tema, a

justificativa, os objetivos gerais e específicos e, a estrutura do trabalho.

O primeiro capítulo contempla a Fundamentação Teórica, abordando as seguintes questões: Sociedade e Recursos Naturais; Alterações Ambientais; Poluição Atmosférica; Poluentes Atmosféricos; Trocas Gasosas nas Plantas; Qualidade do Ar; Variáveis Ambientais; Termelétrica no Mundo e no Brasil; Biodiversidade; Educação Ambiental; Levantamento da Fauna e Flora.

No segundo capítulo são apresentados os aspectos relacionados a avaliação dos impactos ambientais na fauna e flora, além do uso de sensores ambientais; equipamento de troca gasosas e emprego de software de modelagem. Foram identificadas as espécies da ornitofauna do entorno da Usina Termelétrica Energética Borborema S.A.

No terceiro capítulo identificou-se as espécies florísticas, em uma área do entorno da Termelétrica Borborema Energética S.A, diagnosticando também, a integridade ecológica dos remanescentes arbóreos dessa área.

No quarto capítulo, avaliou-se a clorofila e as trocas gasosas dos vegetais do entorno da Usina Termelétrica Energética Borborema S.A, confrontando-se com os vegetais de uma área amostral.

No quinto capítulo, comparou-se os níveis instantâneos dos compostos químicos CO_2 , CO , SO_2 , ruídos, temperatura do ar, umidade relativa do ar, temperatura de ponto de orvalho, velocidade do vento e luminescência do entorno da Usina Termelétrica Energética Borborema S.A e de uma área amostral.

No sexto capítulo utilizou-se o modelo matemático Aermod View, como ferramenta para simular a dispersão da pluma, de origem na Termelétrica Borborema S.A, avaliando as concentrações resultantes da simulação e comparando com a legislação vigente.

E, findando este estudo, no sétimo capítulo apresenta-se as Conclusões Gerais.

CAPÍTULO I

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 SOCIEDADE E RECURSOS NATURAIS

Com o desenvolvimento da sociedade humana, produziram-se inúmeros avanços, porém alguns aspectos também se tornaram catastróficos. Essa contradição induz o ser humano a uma absolutização de posturas e uma busca permanente por resultados, eficiência e acúmulos. Com a formação histórica dos direitos humanos demonstra-se a necessidade de uma efetiva proteção do meio ambiente, identificando-se alguns pontos de tensão que aparecem quando são intensificadas as degradações humanas e as carências de recursos naturais (FALEIROS JÚNIOR; BORGES, 2012).

Portanto, os modelos das sociedades estão assentados sobre uma determinada base energética e estruturada em função de um determinado modelo econômico. Neste sentido, cada paradigma vai implicar na prioridade de uma modalidade de energéticos, nas suas interações, nas implicações sobre o meio ambiente e sobre sua transição (RODRIGUES; COSTA, 2012).

A reflexão sobre o meio ambiente perpassa pela necessidade de uma abordagem holística e a aplicação de um método interdisciplinar, possibilitando desta maneira a integração das ciências da natureza e da sociedade, concentrando suas atenções na conservação e utilização sustentável dos recursos naturais, preservando neste sentido a biodiversidade e, buscando um equilíbrio entre o material, econômico, tecnológico e cultural. Onde verifica-se, que a interface da responsabilidade social na gestão de recursos naturais está centrada no sistema de valores que norteia os indivíduos e as organizações (NASCIMENTO; CURI, 2013).

O uso eficiente dos recursos naturais e o equilíbrio entre as sustentabilidades ambiental, econômica e social, atualmente, é uma realidade de cunho mundial (LEFF, 2006). Desta maneira, as decisões tomadas sobre o melhor uso dos recursos naturais geralmente são, na maioria das vezes, decisões predominantemente econômicas; assim as estratégias de gestão se pautam, quase sempre, pelo cálculo econômico (AMARO, 2012).

Quando o uso de certos recursos naturais é discutido, envolve também os seus papéis dentro de um contexto social divergente, frequentemente influenciado por uma concepção econômica, política, sociocultural ou ambiental dominante. Portanto, as ferramentas intelectuais relevantes ou os modelos para entender os problemas associados com o gerenciamento de recursos naturais, são insuficientes e poucos efetivos para conciliação destes

interesses. Diante dessas questões e sobre as interações entre o homem e a natureza, incorpora-se a ideia do turismo e o desenvolvimento de suas atividades, os quais têm no ambiente seu elemento fundamental (HIRATA; QUEIROZ, 2012).

Para que a sociedade tenha uma garantia de boa qualidade de vida é importante, portanto, proteger tanto a natureza quanto a sua cultura (MARRA, 2011).

Na atualidade, dentro das variadas correntes teóricas da economia relacionada ao meio ambiente, é evidente a preocupação com o impacto do funcionamento do modelo de sistema econômico empregado sobre os sistemas naturais, em se sustentar perante as atividades humanas. Desta forma, observa-se que o capital natural do planeta, vem sendo degradado desenfreadamente, o que leva à necessidade de reavaliar e repensar o tratamento até então, dispensado pela humanidade ao seu “patrimônio” natural (ANDRADE; ROMEIRO, 2009).

A humanidade está enfrentando uma era de transformações relacionadas com o aumento das atividades industriais e do progresso acelerado da revolução técnico-científico, nas últimas décadas do século XX e início deste século, as mudanças aparentes na natureza pressagiam consequências negativas para o meio ambiente (FELIU et al., 2014).

Assim, o ato da humanidade em se aglomerar resultou no surgimento das cidades e estas possibilitaram aos seus habitantes grandes vantagens. Contudo, a par de tais facilidades, trouxe também problemas de toda ordem, como, a segregação social, a poluição do ambiente urbano, entre muitas outras. Desse rol de aspectos negativos do hábitat urbano, destaca-se neste texto a emissão de substâncias contaminantes no ar que recobre as cidades e que são responsáveis pelo agravamento das doenças respiratórias que acometem a população urbana das metrópoles e das cidades médias, em particular as crianças e os idosos (OLIVEIRA, 2008).

Verifica-se desta forma que, as emissões de poluentes ocorrem no planeta desde os tempos mais remotos, através dos processos naturais normais, tais como, as erupções vulcânicas. Estes poluentes eram diluídos mais rapidamente e transformados pelo poder de resiliência do ambiente natural. Entretanto, atribui-se a era industrial, a potencialização e a redução dessa capacidade de autodepuração do meio ambiente (SCHIRMER; RUDNIAK, 2009).

Alterações na abundância de dióxido de enxofre tem um impacto sobre a química atmosférica, no campo de radiação e sobre o clima. Consequentemente, observações globais de dióxido de enxofre são importantes para a pesquisa atmosférica e climática. Na cidade de Guangzhou-China, as usinas termelétricas a carvão e as indústrias estão localizados ao sul da cidade e, no verão o consumo de energia elétrica é maior que as outras estações, desta maneira a influência do dióxido de enxofre também é maior, causando assim mais poluição, esta situação

é potencializada pela influência da predominância dos ventos do Sul (ZHANG et al., 2012).

2.2 ALTERAÇÕES AMBIENTAIS

As mudanças ambientais estão ocorrendo de forma rápida, alterando os componentes abióticos dos ecossistemas, com isso, solos férteis, biótipos, ecossistemas raros e valiosos estão sendo perdidos. Nesse viés, o monitoramento torna-se um elemento central no processo de planejamento ambiental, pois prevê o cenário, antes, durante e depois do uso do recurso, tornando-se um elemento primordial no acompanhamento da dinâmica dos sistemas ambientais, natural ou antropizado, sendo necessário para sua execução, a seleção, bem como o uso de bons indicadores ambientais (GOIS et al., 2012).

As alterações ambientais ao longo do tempo, modificam as paisagens comprometendo, desta forma, os ecossistemas. Essas alterações ocorrem por diversas causas, algumas naturais e outras por conta das intervenções antrópicas, potencializada pelo desenvolvimento tecnológico contemporâneo que têm contribuído para que essas alterações ambientais se intensifiquem, especialmente no ambiente urbano (FERNANDEZ, 2004).

Dentre as modificações ambientais, estão as alterações climáticas, mudança no uso da terra, perda de biodiversidade, os ciclos de nutrientes modificados, e escassez de água. Essas questões ambientais de caráter global surgiram juntamente com a sociedade que têm aproveitado os recursos naturais para apoiar o seu desenvolvimento, a exemplo, para fornecer energia, alimentos, água e abrigo (STEHFEST et al., 2014).

A exemplo, cita-se a variação temporal e espacial da malária que ocorre na região norte, onde relaciona-se com a operação de reservatórios hidrelétricos, com o desmatamento, com a precipitação e com a dinâmica da população humana, representado pelos padrões de ocupação da terra, abertura de estradas e de migração (VASCONCELOS; NOVO; DONALISIO, 2006).

Destaca-se também, o processo de fragmentação ambiental que cria habitats precários para espécies na área fragmentada que reduz, a área de vida para plantas e animais. Onde a destruição direta dos habitats, vem ocorrendo em todas as partes do mundo, sendo a ameaça mais frequente a Lepidópteras e dentre outros insetos (PAZ; ROMANOWSKI; MORAIS, 2008).

Perdas históricas de solo atormentam as sociedades ao redor do mundo e continua até hoje num ritmo mundial muito acima das taxas de produção de solo. Em Taiwan as variações sistemáticas de erosão têm efeitos regionais na mudança de uso do solo, potencializada pelo aumento da população e, pela perda de solo em resposta ao aumento de tufões na região

(MONTGOMERY; HUANG; HUANG, 2014).

As atividades antrópicas podem causar profundas alterações nas características físicas e químicas dos ambientes aquáticos e, com a presença de poluentes na água, os seres aquáticos sofrem alteração em densidade e riqueza (MORMUL et al., 2009).

Nos córregos onde sofreram intervenções ambientais por ações humanas, existe uma diminuição dos táxons sensíveis e, um aumento significativo em táxons tolerantes, o que ocasiona a redução da diversidade (BISPO; OLIVEIRA, 2007). Nos ecossistemas aquáticos, uma das características mais importantes para determinar a composição de espécies está no tipo de ambiente, não somente pela intensidade do fluxo, mas também pelas características físicas e biológicas associadas a este sistema, desta maneira, a supressão das matas ciliares e o represamento dos córregos podem levar a perdas significativas na diversidade (RIBERA, 2008; SHIMANO et al., 2010).

Os incêndios florestais e o uso do fogo em sistemas agrícolas afetam também o equilíbrio dos ecossistemas e a saúde humana. A utilização do fogo expõe a cada ano, parcelas maiores da população, tornando-as vulneráveis aos seus efeitos (GONÇALVES; CASTRO, 2012).

Dentre as modificações físicas que ocorrem no solo, a compactação destaca-se por causar alteração diretamente nos indivíduos que habitam seus poros, reduzindo a capacidade desses seres em criar suas galerias. Em relação as alterações das propriedades químicas do solo que tem efeito sobre sua fauna, cita-se: a utilização de fertilizantes, químicos ou orgânicos. O manejo do solo também pode causar impacto na fauna edáfica, como a aração e a gradagem, que modificam a estrutura do solo e reduzem a cobertura do solo, intensificando desta maneira, o efeito da radiação solar direta, alterando o microclima local (BARETTA et al., 2011; SILVA; GRIEBELER; BORGES, 2007).

As ocorrências de poluição no ambiente natural, geralmente ocorrem pela disposição inadequada de resíduos sólidos, que provocam variados impactos ambientais negativos em diferentes ecossistemas, que modificam a paisagem, a exemplo, as margens e leito dos rios, margens de ruas e estradas, fundos de vales e lotes baldios. Assim, caracterizam as práticas locais e as formas de uso intensos do ambiente urbano, que são determinadas pelos valores culturais, crenças e hábitos instituídos (MUCELIN; BELLINI, 2008).

Em países desenvolvidos a geração de energia elétrica é uma das maiores consumidoras de água, utilizada principalmente nos processos de resfriamento de usinas térmicas. Desta maneira, a geração de eletricidade renovável está ganhando mais atenção em ambas as economias (altamente desenvolvidas ou em desenvolvimento). Contudo, muitos tipos de

geração de energia renovável, por exemplo, vento ou solar, não são ainda viáveis, devido à sua dependência das condições meteorológicas. É por isso, que a geração de eletricidade por usinas térmicas irá continuar a ser um componente substancial de todo o sistema de energia para as próximas décadas (KOCH et al., 2014).

Dada sua complexidade, a poluição atmosférica está relacionada assim, a três etapas, se iniciando com a emissão de poluentes por fontes antropogênicas ou naturais, uma vez que este poluente se encontra na atmosfera, inicia-se o processo de dispersão, no qual é transportado pelos movimentos do ar, precipitações, massas de ar, dentre outros. Então, a interação entre os gases poluentes e a atmosfera definirá o grau de qualidade do ar (AZUAGA, 2000).

Logo, conhecer os eventos que ocorrem na atmosfera terrestre é essencial para se traçar estratégias mais eficazes de controle e redução da poluição nesta.

2.3 A ATMOSFERA TERRESTRE

A atmosfera terrestre corresponde a uma camada de gases localizada em torno do planeta Terra ligada gravitacionalmente a ela. Dentre suas várias e importantes propriedades, destaca-se a forma como ela protege o planeta das radiações nocivas dos raios solares, absorve e detém parte do calor irradiado pelo Sol evitando variações extremas de temperatura entre o dia e a noite e redistribui o vapor d'água e gases de forma constante ao redor do globo (OLIVEIRA; SILVEIRA, 2017).

Segundo Varejão (2006), sob o ponto de vista termodinâmico, a atmosfera é um sistema aberto com intercâmbio de calor e massa entre a superfície terrestre e o espaço, possuindo uma mistura homogênea de nitrogênio (N_2), oxigênio (O_2), argônio (Ar), dióxido de carbono (CO_2) e outros gases em menores proporções, chamados constituintes minoritários, juntamente com o vapor d'água, presos por força da ação gravitacional.

A atmosfera é mais densa nas proximidades da superfície terrestre e se torna mais rarefeita com a altitude. Sob o ponto de vista da Meteorologia, a parte mais importante da atmosfera situa-se, no máximo, dentro dos primeiros 20 km de altitude, onde se concentram cerca de 95% de sua massa total (POTGIETER, 2008; STULL, 1988).

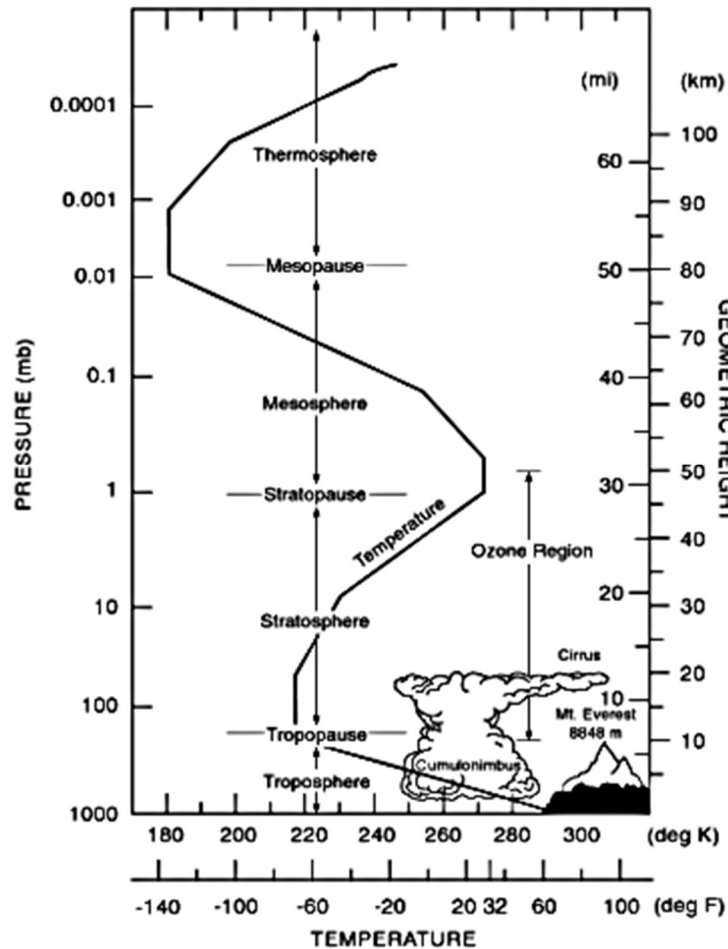
Quanto a concentração de vapor d'água na atmosfera, dificilmente ultrapassa os 4% em volume, sendo bastante variável e, em geral, diminuindo com a altitude (MILLER, 1971; VAREJÃO-SILVA, 2006). Apesar de sua baixa concentração, o vapor d'água é um constituinte atmosférico importantíssimo, por interferir na distribuição da temperatura e por ser o único constituinte da atmosfera que muda de fase em condições naturais, sendo o responsável pela

origem das nuvens e por uma extensa série de fenômenos atmosféricos importantes como chuva, neve, orvalho, dentre outras (ALMEIDA, 2016).

2.3.1 As camadas da atmosfera terrestre

A atmosfera terrestre é constituída de cinco camadas: troposfera, estratosfera, mesosfera, termosfera e exosfera (Figura 1). A temperatura da atmosfera terrestre varia bastante com a altitude e essa diferença em seu comportamento tem origem na forma com que cada uma de suas camadas é aquecida. A troposfera é a única camada em que os seres vivos podem respirar normalmente (SEINFELD; PANDIS, 2016).

Figura 1 – Camadas da Atmosfera Terrestre



Fonte: Brasseur; Solomon, 2006.

Desta maneira, observa-se que as tendências nas camadas atmosféricas da Terra são definidas pelo perfil de temperatura (BRASSEUR; SOLOMON, 2006):

- Troposfera - As condições climáticas acontecem na camada inferior da atmosfera, chamada troposfera. Essa camada se estende até 20 km do solo, no equador, e a aproximadamente 10 km nos polos. A maioria das nuvens aparece nessa parte mais baixa da camada, principalmente porque 99% do vapor de água na atmosfera é encontrado na troposfera. A pressão do ar cai, e as temperaturas ficam mais frias, na parte superior da troposfera.

- Estratosfera - se estende desde o topo da troposfera até cerca de 50 km acima do solo. A temperatura vai de 60°C negativos na base ao ponto de congelamento, na parte de cima. A estratosfera contém ozônio, as moléculas de ozônio nesta camada absorvem a luz ultravioleta (UV) de alta energia do Sol, convertendo a energia UV em calor.

- Mesosfera - O topo da mesosfera fica a cerca de 85 km do solo. É muito fria, com temperaturas abaixo de 100°C negativos. A parte inferior é mais quente porque absorve calor da estratosfera. A pressão do ar no fundo da camada está bem abaixo de 1% da pressão no nível do mar e continua a cair à medida que você vai mais alto.

- Termosfera - O topo da termosfera fica a cerca de 450 km acima da Terra. É a camada mais quente, uma vez que as raras moléculas de ar absorvem a radiação do Sol. As temperaturas no topo chegam a 2.000°C. As temperaturas na temperatura térmica superior podem variar de cerca de 500 °C a 2.000 °C ou superior. A aurora boreal, ocorrem na termosfera.

- Exosfera - A camada superior da atmosfera fica a mais ou menos 900 km acima da Terra. O ar é muito rarefeito e as moléculas de gás "escapam" constantemente para o espaço. Por isso é chamada de exosfera (parte externa da atmosfera). Não existe um limite superior claro, onde a exosfera finalmente desaparece no espaço. Assim, diferentes definições colocam o topo da exosfera em algum lugar entre 100.000 km e 190.000 km, acima da superfície da Terra.

2.3.2 A troposfera e a Camada Limite Planetária - CLP

A troposfera como um todo possui a temperatura média de 15°C na superfície e chega perto dos 60°C negativos em seu topo nas médias latitudes. Nessa região, concentram-se 80% da massa atmosférica. A temperatura do ar tende a diminuir com o aumento da altitude, uma vez que o ar é aquecido pela irradiação da superfície terrestre. A taxa média de diminuição da temperatura com a altitude, em condições neutras, é chamada *adiabatic lapse rate* ou razão adiabática, pois não há troca de calor entre a parcela de ar e o ambiente ao seu redor. Seu valor

fica em torno de $-9,8^{\circ}\text{C km}^{-1}$ para o ar seco, o que é coerente com o fato de que o aquecimento do ar é feito por condução a partir da superfície aquecida pelo Sol. Entretanto, essa distribuição pode ser afetada localmente, por exemplo, na presença de inversões térmicas ou camadas isotérmicas, medidas através de sondagens atmosféricas (STULL, 1988).

A camada limite superficial é a parte baixa da camada limite atmosférica onde existe a troca de energia, de vapor d'água e de momentum, entre a superfície terrestre e a atmosfera, sendo esta troca a responsável pelas características dinâmicas e termodinâmicas do escoamento. O mais importante efeito desta interação é a geração de movimentos turbulentos, desenvolvidos em várias escalas no tempo e no espaço (NIEUWTADT; VAN DOP, 1981). Desta maneira, a camada limite atmosférica afeta fortemente o desempenho do modelo para a temperatura e vento, porém situações estáveis, como em condições claras e tranquilas à noite ou sobre gelo (GARRATT, 1992; HOLTSLAG, 2013).

Formada pelos processos turbulentos associados a trocas de energia, momento e massa na superfície, os fatores que alteram a CLP incluem radiação solar, irradiação da superfície, vegetação, ventos locais, entre outros. Esses fatores e fluxos turbulentos contribuem para a dinâmica da camada e acabam por determinar sua estrutura vertical, juntamente com a influência do relevo (TURNER, 1970).

Dentre estes, destacam-se as correntes ascendentes que ajudam na condensação e formam nuvens convectivas, *i.e. cumulus*, importantes na formação de sistemas de nuvens como as da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT). Justamente, por ser influenciada pela radiação solar, uma de suas características mais importantes é a variação diária da temperatura próxima à superfície. O aquecimento e resfriamento subsequentes, que também dependem da cobertura de nuvens e das condições da superfície, ocasionam mudanças em sua estrutura dinâmica, sendo sua fonte primária de energia (VAREJÃO, 2000).

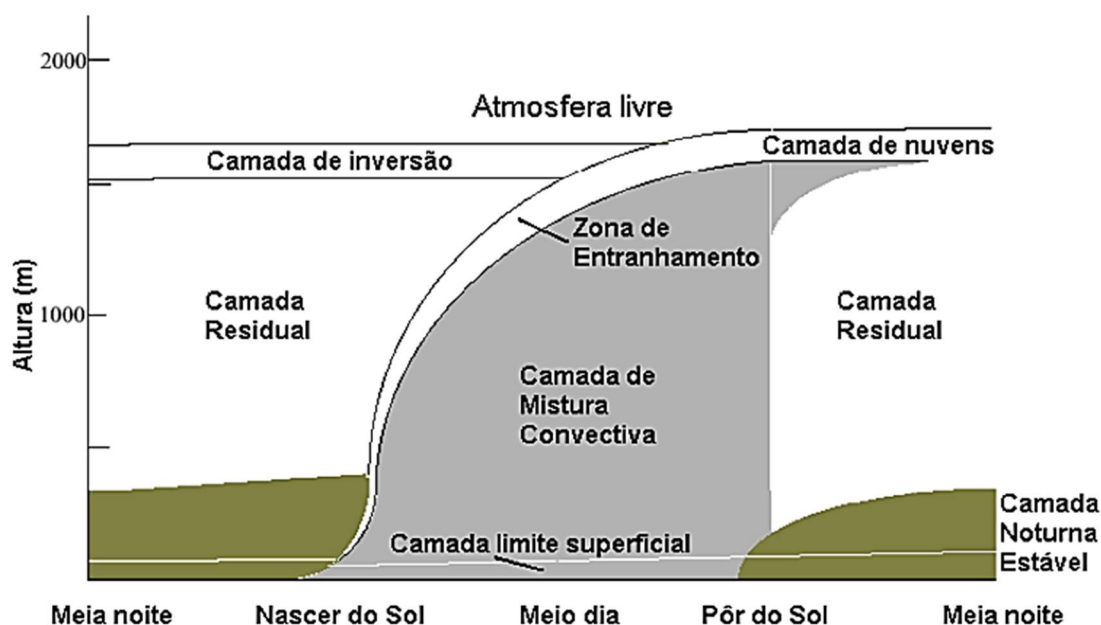
Assim, o estudo da CLP compreende a análise da Camada Limite Convectiva (CLC) e da Camada Limite Noturna (CLN), que correspondem, respectivamente, aos seus ciclos que ocorrem durante o dia e a noite. Portanto, quando o Sol nasce, a superfície terrestre começa a se aquecer, o calor é transferido para o ar que está rente à superfície e dessa forma, começa a mistura turbulenta causada pelos efeitos termodinâmicos. Esse transporte turbulento depende da diferença entre a densidade das parcelas de ar presentes na região naquele dado instante, resultando em movimentos convectivos (YUAN; LUO, 2005).

Ao longo do dia, a tendência é que essas estruturas convectivas se intensifiquem provocando o crescimento da CLP. Como existe essa intensa mistura, a CLP também é conhecida como Camada de Mistura (CM), durante o ciclo diurno. Essa variação diurna é uma

das características principais da camada limite sobre a superfície. Como a Atmosfera Livre (AL) sofre variações muito pequenas, a região com maior turbulência costuma ser também usada para definir a CLP (SANTOS, 2005).

Como a CLC é a mais influenciada pela turbulência térmica, é mais alta do que a camada noturna e, em geral, atinge seu valor máximo à tarde (SHAW, 1977), como mostrado na Figura 2. Essa camada apresenta perfis verticais aproximadamente constantes de algumas variáveis, como temperatura potencial e umidade específica, por conta da turbulência, sendo também classificada como estável, neutra ou instável de acordo com a taxa dessas variações com a altura (STULL, 1988).

Figura 2 - Evolução da Camada Limite Planetária, em latitudes médias em resposta ao aquecimento e resfriamento da Superfície Terrestre. Zeri (2003), adaptado de Stull (1988)



Fonte: Zeri, 2003.

Stull (1988) cita ainda que, a influência do aquecimento terrestre causa essa variação em sua espessura ao longo do dia, onde quanto maior a energia disponível maior será o fluxo de energia, logo, mais alta será a camada. Com o aumento desses movimentos convectivos, ocorre uma distribuição uniforme dos diferentes contribuintes ao longo da camada, o motivo pelo qual o gradiente de certas propriedades tende a se manter constante em sua extensão.

Quando a energia começa a diminuir à tarde, junto com o decréscimo da radiação solar, a CLC também para de crescer até que a superfície não tenha mais energia disponível. Esse padrão é um modelo idealizado para o estudo da camada limite em um estado estável.

Obviamente, é modificado dependendo das forçantes que estiverem situadas na região de estudo. Sendo que, grande parte da turbulência da CLP é gerada pelas forçantes de superfície por conta dos obstáculos do relevo, como árvores, prédios ou elevações, que causam interferência no fluxo atmosférico (BROWNING, 2006; NEVES, 2015).

Em relação ao vapor d'água, destaca-se que possui uma densidade menor que o ar seco, logo, o ar úmido é mais leve do que o ar seco quando ambos estão sob a mesma temperatura. Entretanto, como a água líquida é mais densa que ar seco, a atmosfera com nuvens, é mais densa do que a atmosfera livre de nuvens (MENDONÇA; DANNI-OLIVEIRA, 2015).

Sendo desta forma, o empuxo líquido, uma das forças que impulsionam a CLP, por conta do ar quente que, por ser menos denso, flutua até as camadas mais altas, causando os processos convectivos (STANGROOM, 2004; VAREJÃO-SILVA, 2006).

Assim, salienta-se que, quase todos os poluentes emitidos próximos à superfície terrestre são transportados, dispersos, transformados e removidos dentro da Troposfera. Esses poluentes lançados, sofrem as primeiras transformações químicas ao serem transportados pelo vento e pela turbulência (TISSOT, 2010).

2.4 POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA

A partir da Revolução Industrial, a poluição atmosférica de causa antrópica tem se tornado um fator de risco considerável para a saúde humana, particularmente nos centros urbanos industrializados. Em meados do século XX, medidas de controle foram implementadas em diferentes países, para controle das emissões de poluentes atmosféricos, objetivando, inicialmente, a redução de episódios com excessiva concentração de poluentes (JASINSKI; PEREIRA; BRAGA, 2011).

Existem causas naturais de poluição do ar, como, as tempestades de areia nos desertos, além das atividades vulcânicas, dentre outras. Já nos centros urbanos as causas da poluição atmosférica estão representadas em sua maioria pelos gases emitidos pelos escapamentos de carros, caminhões e ônibus ou as chaminés das fábricas por ocasião da queima de óleo cru nas indústrias. Ademais, existem as fontes fugitivas, representada pela queima de gás natural nas tochas, das unidades (produção e refino de óleo e gás), perdas na distribuição de gás natural, dentre outros (MATTOS, 2001).

Dentre as fontes naturais de poluição do ar está a queima acidental de biomassa e erupções vulcânicas, as quais podem ser consideradas as mais antigas fontes de contaminação do ar. A queima de biomassa, em ambientes externos e internos, utilizada desde a pré-história

para produção de energia, tem sido uma das importantes fontes antropogênicas de poluição atmosférica (CANÇADO et al., 2006).

A poluição do ar representa hoje um dos maiores problemas de Saúde Pública, afetando a saúde dos seres humanos, animais e das plantas. O rápido avanço tecnológico do mundo contemporâneo potencializou a variedade de poluentes eliminados na atmosfera, prejudicando desta forma a qualidade de vida. Neste contexto, identifica-se que as maiores concentrações de poluentes atmosféricos produzem efeitos adversos à saúde, como o aumento no número de internações hospitalares, o aumento da mortalidade e a diminuição da expectativa de vida (SANTOS et al., 2014).

Observa-se que a ventilação é dos principais fatores que interferem na qualidade do ar de áreas fechadas. Nos edifícios os próprios ocupantes contribuem substancialmente com a poluição destes ambientes através de suas atividades. A má qualidade do ar interno, geralmente está associada a doenças (como tosse, rinite, alergia, etc.) e à Síndrome dos Edifícios Doentes (SCHIRMER et al., 2011).

Praticamente todos os elementos climáticos são afetados pela poluição, a radiação, a nebulosidade, a visibilidade e o campo elétrico atmosférico. Em outro momento, a temperatura, a precipitação e a umidade também são influenciadas. Observa-se que o clima poluído é o problema básico da climatologia das modernas cidades industrializadas e aquelas adjacentes por influência. Sendo a topografia, na qual as cidades estão localizadas, o motivo das condições macro e microclimáticas, que contribuem para a acumulação de poluentes e fumaça nos baixos níveis da atmosfera. Verifica-se ainda que, os ventos fracos e as inversões de temperatura são usualmente coadjuvantes meteorológicos dos controles topográficos (LANDSBERG, 2006).

A implementação de projetos de caráter elétricos e os quais envolvem certos tipos de fontes energéticas, como, carvão, hidroeletricidade, termelétrica e gás natural pode causar sérios problemas socioambientais, como perdas de biodiversidade, deslocamento de populações, chuva ácida, poluição do ar, ilhas de calor, dentre outros (PAZ et al., 2007).

2.5 POLUENTES ATMOSFÉRICOS

A atmosfera possui capacidade limitada de assimilação e autodepuração de poluentes atmosféricos, desta forma, na atual conjuntura, estima-se que esta capacidade foi ultrapassada, tendo em vista, o aumento da concentração de diversos gases, como dióxido de carbono, metano, óxido nitroso e os clorofluorcarbonos. Neste sentido, faz-se necessário reduzir a quantidade de resíduos gerados e material particulados (PHILIPPI JR et al., 2004).

O aumento da concentração de gás carbônico na atmosfera é vinculado a revolução industrial, que demandou a utilização de grandes quantidades de carvão mineral e petróleo como fontes de energia. Alta concentração de dióxido de carbono (CO_2) leva à poluição do ar, chuva ácida, possível desequilíbrio do efeito estufa, resultando em uma grande degradação ambiental de ecossistemas e paisagens. O aumento da concentração atmosférica de CO_2 , é resultado principalmente da queima de combustíveis, mas também resulta de processos de desflorestamento e das contínuas trocas de carbono efetuadas entre a atmosfera, os oceanos e a biosfera continental (MARTINS et al., 2003).

O Monóxido de Carbono (CO) é um gás inodoro e incolor, formado no processo de queima de combustíveis, principalmente fósseis (PERES, 2005). Sua emissão dá-se nos processos de combustão que ocorrem em condições não ideais, em que não há oxigênio suficiente para realizar a queima completa do combustível. A maior parte das emissões em áreas urbanas são decorrentes dos veículos automotores. Os efeitos deste gás, tem alta afinidade com a hemoglobina no sangue, substituindo o oxigênio e reduzindo a alimentação deste ao cérebro, coração e para o resto do corpo, durante o processo de respiração. Em baixa concentração causa fadiga e dor no peito, em alta concentração pode levar a asfixia e morte (BRASIL, 2014).

A poluição atmosférica pode ser caracterizada também por elevadas concentrações de compostos de enxofre (SO_2 e sulfatos) e partículas, associadas com a exploração e utilização de combustíveis fósseis para geração de energia. A remoção de poluentes por gases, pode ser dada pela capacidade de absorção por gotas de chuva e gotículas de nuvem, que dependem da composição química da atmosfera. Observa-se que alguns gases presentes na atmosfera são mais solúveis em água que outros, a exemplo, o ácido nítrico HNO_3 é altamente solúvel em água (MIGLIAVACCA, 2009).

O Dióxido de Enxofre (SO_2) é um gás tóxico e incolor, podendo ser emitido por fontes naturais ou por fontes antropogênicas, ainda, pode reagir com outros compostos na atmosfera, formando material particulado de diâmetro reduzido. Pode ser oriundo de fontes naturais, como vulcões, contribuem para o aumento das concentrações de SO_2 no ambiente, porém na maior parte das áreas urbanas as atividades humanas são as principais fontes emissoras. A emissão antropogênica é causada pela queima de combustíveis fósseis que contenham enxofre em sua composição. As atividades de geração de energia, uso veicular e aquecimento doméstico são as que apresentam emissões mais significativas. Dentre os efeitos a saúde, podem ser citados o agravamento dos sintomas da asma e aumento de internações hospitalares, decorrentes de problemas respiratórios. No ambiente, podem reagir com a água na atmosfera formando chuva ácida (BRASIL, 2014).

Devido à ação do homem no meio ambiente, o ciclo de enxofre sofre interferência, através de grande quantidade de enxofre liberado nos processos de queima de carvão e óleo combustível em indústrias e usinas termelétricas. O dióxido de enxofre tem potenciais efeitos danosos aos organismos, além de ser um potencial provocador da chuva ácida (BRAGA et al., 2005).

Os óxidos de nitrogênio (NO_x) são encontrados, principalmente, sob duas formas: óxido nítrico (NO) e dióxido de nitrogênio (NO₂). O primeiro é um importante poluente primário, emitido tanto por fontes móveis quanto por fontes estacionárias. Observa-se quantidades menores de NO₂ emitidas juntamente com NO, sendo que este último pode ser convertido a NO₂, no ar atmosférico. Dessa maneira, NO₂ é tanto poluente primário quanto poluente secundário (MARTINS; ANDRADE, 2002).

O Ozônio (O₃) é um poluente secundário, não é emitido diretamente, porém quando formado a partir de outros poluentes atmosféricos, e altamente oxidante na troposfera, na estratosfera tem a função positiva de absorver radiação solar, impedindo que grande parte dos raios ultravioletas cheguem a superfície terrestre. A formação do ozônio troposférico ocorre através de reações químicas complexas que acontecem entre o dióxido de nitrogênio e compostos orgânicos voláteis, na presença de radiação solar. Estes poluentes são emitidos principalmente na queima de combustíveis fósseis, volatilização de combustíveis, criação de animais e na agricultura. Quanto os efeitos nocivos à saúde estão, o agravamento dos sintomas de asma, de deficiência respiratória, bem como de outras doenças pulmonares e cardiovasculares (BRASIL, 2014).

Os materiais particulados e o ozônio são fatores de risco atuais para a morte prematura em todo planeta. Estima-se que nas próximas décadas, melhorias substanciais na saúde pública podem ser alcançadas, pela redução da poluição do ar. Neste contexto, para entender melhor o potencial das políticas de emissões, são necessários estudos que avaliam os possíveis impactos de saúde futuras, sob alternativas suposições sobre futuras emissões e clima em várias escalas espaciais (LIKHVAR et al., 2015).

Dentre os principais poluentes primários monitorados pelas agências ambientais no Brasil e na maioria dos outros países, estão os óxidos de nitrogênio (NO₂ ou NO_x), os compostos orgânicos voláteis (COVs), o CO e SO₂, além do O₃, que é um poluente secundário, formado a partir da reação química induzida pela oxidação fotoquímica dos COVs e do NO₂ na presença de raios ultravioleta provenientes da luz solar (KÜNZLI; PEREZ; RAPP, 2010; WHO, 2005).

2.6 TROCAS GASOSAS NAS PLANTAS

As arquiteturas das plantas determinam a quantidade de luz que será interceptada por unidade de área foliar, resultando desta maneira em baixos índices fotossintéticos em condições de sombreamento. Assim, a arquitetura da planta somada a menor irradiância recebida pelas folhas internas da copa promovem reduções nas taxas fotossintéticas em folhas que localizam a sombra (HABERMANN et al., 2003).

A fotossíntese é um processo sensível à poluição aérea e sua redução tem sido constatada frequentemente em plantas ocorrentes ou introduzidas em locais poluídos (MORAES et al., 2011). Portanto, é bastante sensível a condições ambientais adversas. Verifica-se que a fotossíntese é um dos primeiros processos que sofre alteração por ação de poluentes, ocorrendo sua redução, via de regra, antes que a planta apresente sintomas visíveis (MOONEY; WINNER, 1988; TRESHOW; ANDERSON, 1991; PINZON-TORRES, 2008).

A queda na taxa de fotossíntese afeta o crescimento das plantas, pois o carbono fixado na fase bioquímica é proveniente desse processo. A luz absorvida pelas moléculas do Completo Antena é utilizada nas reações fotoquímicas, dando prosseguimento à fotossíntese, podendo o excesso de energia ser dissipado como calor, ou reemitido como luz, num comprimento de onda maior pela fluorescência da clorofila. Os três processos são competitivos e, o aumento da eficiência de um acarreta a diminuição dos outros dois (MACHADO et al., 2006).

Dentre os fatores que afetam a atividade fotossintética dos vegetais, estão, a intensidade luminosa, a temperatura, a concentração de dióxido de carbono e o teor de nitrogênio da folha e a umidade do solo (MARENCO; LOPES, 2005). O processo de abertura e fechamento dos estômatos está relacionado principalmente com a intensidade de luz e o estado de hidratação da folha. O funcionamento dos estômatos e da área foliar influenciam diretamente na produtividade do vegetal. Pois, os estômatos controlam a absorção de CO₂ e a área foliar determina a interceptação de luz (COSTA; MARENCO, 2007).

A poluição atmosférica possui extrema complexidade, geralmente está relacionada ao crescimento humano e vem aumentando devido aos processos de industrialização. A má qualidade do ar tem causado sérios problemas à saúde da população e, ao meio ambiente (SALLES; PIUZANA, 2006).

Geralmente as plantas são mais sensíveis à poluição que os animais, incluindo a espécie humana e, portanto, estudos sobre os efeitos dos poluentes na vegetação fornecem subsídios importantes para os programas de controle da poluição do ar (ALVES et al., 2001).

Nas plantas a transpiração é o principal mecanismo envolvido na regulação da

temperatura foliar, onde existe menores aberturas estomáticas, ocorre também a redução da transpiração e a aumenta a temperatura do tecido foliar (MACHADO et al., 2005).

As folhas de plantas superiores evoluíram como órgãos de trocas de gasosas, em sua posição relativamente exposta, ao combinarem com os poluentes são muito eficazes na morte celular de microrganismos tais como bactérias e fungos (SILVA et al., 2014).

Em um estudo realizado por Alves et al. (2001) na capital Paulista, sobre efeitos da poluição na *Tradescantia* clone 4430, evidenciou que o vegetal sofreu os efeitos da poluição aérea, havendo redução nas dimensões dos estômatos, no metaxilema e na espessura da folha. Sugerindo desta forma, que o vegetal estudado pode ser usado como bioindicador do efeito da poluição aérea urbana nessa planta, em virtude da poluição urbana ter efeito indireto no crescimento da planta.

Em outro estudo, realizado por Flues, Hama e Fornaro (2003) sobre vulnerabilidade do solo pela ação do funcionamento de uma usina termelétrica no município de Figueira-PR, foi identificado neste estudo que as águas de chuva coletadas apresentaram altas concentrações de sulfato (SO_4^{2-}) em todos os eventos das amostras, onde os valores de *pH* foram inferiores a 5,6, presentes em 70% das amostras caracterizaram a chuva da região como levemente ácida devido à influência das atividades da Termelétrica na região (fonte de SO_2 , o qual é oxidado no ar formando ácido sulfúrico (H_2SO_4), componente importante da chuva ácida).

Uma das primeiras reações das plantas quanto à deficiência hídrica é o fechamento dos estômatos, e como consequência, ocorre a diminuição da difusão de CO_2 para o mesófilo foliar, o que causa a queda na fotossíntese (SOUZA; SOARES; REGINA, 2001).

2.7 QUALIDADE DO AR

Potencializado pelo início do período industrial, cujo o ser humano interviu diretamente, de forma negativa na qualidade do ar e através do crescimento da industrialização por todo o globo terrestre, não demorou muito e os efeitos negativos foram evidenciados na saúde humana, atrelados aos problemas respiratórios dentre outros efeitos nocivos à saúde. Com isso, houve uma necessidade de controle e monitoramento dessa qualidade do ar, a fim de garantir melhores condições de convivência do homem e a atividade industrial (STEFFENS; STEFFENS, 2013).

Os processos industriais e de geração de energia, os veículos automotores e as queimadas são, dentre as atividades antrópicas, as maiores causas da introdução e dispersão de substâncias poluentes na atmosfera, sendo em sua maioria tóxicas para o ser humano (SILVA et al., 2014).

A Qualidade do Ar Interno (QAI) surgiu como ciência a partir de meados do século XX, e a consequente construção dos edifícios desprovidos de ventilação natural, e se destacou após a descoberta de que a diminuição das taxas de troca de ar nesses ambientes era a grande responsável pelo aumento da concentração de poluentes no ar interno. Assim, verifica-se que, nos edifícios, os sistemas de ventilação quando precários, sem manutenção adequada, tornam-se fontes potenciais de poluentes, principalmente de materiais particulados e microrganismos, prejudicando diretamente a qualidade desse ar (SCHIRMER et al., 2011).

Devido à grande área de contato entre a superfície do sistema respiratório e o meio ambiente, a qualidade do ar interfere diretamente na saúde respiratória particularmente, humana. Portanto, a exposição aos poluentes presentes no ar atmosférico é um fator de risco para os seres humanos desde a gestação, assim, o profissional da saúde deve reconhecer a importância dos efeitos dos poluentes na prática clínica e avaliar adequadamente o perfil de exposição dos pacientes em suas residências, locais de trabalho e regiões onde mora (ARBEX et al., 2012).

Portanto, entende-se como padrões de qualidade do ar, as concentrações de poluentes atmosféricos que, ultrapassadas os limites tomados como padrão, poderão afetar a saúde, a segurança e o bem-estar da população, bem como ocasionar danos à flora e à fauna, aos materiais e ao meio ambiente em geral. Sendo que, define-se como poluente atmosférico qualquer forma de matéria ou energia com intensidade e em quantidade, concentração, tempo ou características em desacordo com os níveis estabelecidos, e que tornem ou possam tornar o ar impróprio, nocivo ou ofensivo à saúde; inconveniente ao bem-estar público; danoso aos materiais, à fauna e flora; e prejudicial à segurança, ao uso e gozo da propriedade e às atividades normais da comunidade (BRASIL, 1990).

Além do Brasil, outros países convivem com o mesmo problema de má qualidade do ar, a exemplo a China, onde os aglomerados urbanos constituídos por grupos de grandes cidades vêm crescendo e mais de três quartos da população urbana estão expostas a má qualidade do ar, uma vez que as normas de qualidade do ar ambiente não são cumpridas. Em relação a poluição das águas, observa-se também mudanças substanciais na biodiversidade aquática, resultado dos impactos de atividades induzidas pelo homem, como, a degradação de lago pela perda de zonas úmidas, a poluição da água e eutrofização, sobre a pesca, a irrigação para produção de alimentos; e a construção de grandes hidrelétricas (TANG; ZHANG; LI, 2006).

A poluição atmosférica constitui uma das principais fontes de perda no PIB de muitos países árabes, devido às fracas capacidades institucionais para gerir e controlar a poluição atmosférica. Dentre os principais tipos de fontes de poluição do ar, estão as emissões de gases

de efeito de estufa e outros gases provenientes das indústrias. As fontes locais de poluição do ar foram potencializadas, devido ao crescimento urbano, sistemas de transporte, industrialização e pela falta de intervenção institucional eficiente (ELNOUR; LAZ, 2015).

As condições de qualidade do ar na região árabe diferem amplamente, devido à variação das fontes de poluição em escalas globais e locais. Geralmente, existem duas principais fontes de poluição do ar, os naturais, como tempestades de areia e poeira (local ou importada); e as atividades humanas, tais como, geração de energia térmica, termelétricas, refinarias e parques industriais. Além de fontes móveis, representados pelos veículos. O aumento contínuo da população, acompanhada por migração urbano, conduziu a um aumento na severidade de cenários de qualidade do ar nas cidades da região (Al-AJMI; RAMADAN, 2010).

2.8 VARIÁVEIS AMBIENTAIS

Na Meteorologia, a velocidade e a direção do vento, juntamente com outras variáveis ambientais, como, a temperatura, a umidade e a pressão do ar atmosférico, são variáveis mais utilizadas para descrever as condições meteorológicas de um dado momento. Assim, o vento, como agente meteorológico, atua nas modificações das condições do tempo, sendo responsável pelo transporte de umidade e de energia na atmosfera terrestre (MARTIN; GUARNIERI; PEREIRA, 2008).

O vento é um fenômeno ocasionado sobretudo pelas diferenças de pressão, onde pode-se mensurar grandezas dentre elas, temperatura, umidade, aerossóis, direção e velocidade; que propiciam variações no ambiente, em um determinado local, caracterizando desta forma, como fenômeno local ou pode ser componente de grande circulação de ar (MARQUES et al., 2004).

Desta forma, a quantidade de ar em movimento pode ser transferida aos obstáculos que se interpõem em sua trajetória, causando danos de intensidades proporcionais ao instante da transferência. A exemplo, em uma cultura vegetal os danos são desde um estímulo excessivo, a evapotranspiração e até mesmo efeitos mecânicos (OMETTO, 1981).

Em relação as alterações na temperatura e na umidade além da frequência de chuvas, podem influenciar os efeitos das doenças respiratórias, assim como modificar as condições de exposição aos poluentes atmosféricos. Nas áreas urbanas os efeitos da exposição aos poluentes atmosféricos são potencializados quando ocorrem alterações climáticas, principalmente as inversões térmicas. Os grupos mais suscetíveis, as essas alterações, incluem as crianças menores de 5 anos e indivíduos com mais de 65 anos de idade (BARCELLOS et al., 2009).

Sobre radiação visível que chega ao planeta, a luminescência é a unidade de medição

utilizada como referência, representada pelo lux, sendo os lumens medido por m². O luxímetro e o medidor de ultravioletas (UV), são os equipamentos necessários para análise das condições de radiação e luminescência de um ambiente (SOUZA, 2008).

A radiação solar é a principal fonte de energia natural para o nosso planeta. Sua distribuição sobre a superfície da Terra varia de acordo com a latitude geográfica e sazonalmente com as estações do ano. Sendo que a cobertura de nuvens, a concentração de aerossóis e partículas na atmosfera, também têm influência no fluxo de energia solar que chega à superfície terrestre e dos oceanos (ALCÂNTARA, 2004).

O crescimento dos vegetais pode refletir diretamente na habilidade de adaptação das espécies, às condições de radiação do ambiente onde se desenvolvem (ALMEIDA et al., 2004). Verifica-se desta maneira, que a incidência de radiação solar tem influência direta no crescimento, no desenvolvimento e na produção das culturas (REBOUÇAS et al., 2015).

Os seres que habitam o continente, próximo à linha do equador estão mais sujeitos a exposição à radiação solar (AYOADE, 1996). Então, no Nordeste Brasileiro a disponibilidade de radiação solar é elevada, que associada à irregularidade do regime pluviométrico da região, contribui para o aumento das taxas de evaporação, as quais variam de 1000 a 2000 mm ano; e podem chegar a 3000 mm ano em algumas regiões. Sendo que, as taxas mais elevadas de evaporação, ocorrem no Semiárido, tanto nos barreiros e açudes, como no solo, representando desta forma, perdas significativas na disponibilidade hídrica (MOURA, 2007).

Quanto as perturbações sonoras, observa-se que a sociedade moderna tem multiplicado as fontes de ruído e aumentado o seu nível sonoro, sendo uma das formas de poluição encontradas com mais frequência no meio industrial. Em termos fisiológicos, todos os órgãos, desde o tímpano até ao cérebro, são afetados a partir dos 70dB. Desta forma, verifica-se que elevados níveis de ruído dificultam a audição e a comunicação dos trabalhadores entre si. Este problema pode ser agravado devido ao stress relacionado com o trabalho, no qual o ruído pode ser um fator contributivo (COSTA, 2009).

Então, observa-se que no Brasil, o desenvolvimento tecnológico ainda não caminha nos mesmos passos do controle e a prevenção das poluições, especialmente as causadas pelo ruído. Ao contrário, muita gente chega a relacionar barulho com progresso, consumismo, hábito, moda e até mesmo diversão. Neste contexto, afirma-se que as fontes poluidoras móveis provenientes de veículos são as que mais incomodam e provocam na população, principalmente no que se refere à poluição sonora (SOUZA; PASQUALETTO, 2005).

Apesar do ruído ter sido considerado como um fator de grande importância na degradação da qualidade ambiental ao longo dos tempos, somente, a partir da década de noventa

do século passado, que foi encarado como um problema de saúde pública (CARBALLO-CRUZ, 2008).

Os principais efeitos do ruído sobre a saúde humana estão, a diminuição auditiva, as alterações no sono, os problemas cardiovasculares e psiquiátricos e, inclusivamente, as alterações no desenvolvimento dos fetos, além da qualidade de vida (STANSFELD; HAINES; BROWN, 2000).

Quanto os ruídos gerados pelos equipamentos de uma usina termelétrica, estes podem afetar a vida das comunidades próximas, caso esteja além dos padrões legais estipulados. Desta maneira, o monitoramento do nível de ruído e a manutenção dentro dos padrões legais é um ponto importante a ser realizado (KONDO, 2007).

2.9 TERMELÉTRICA NO MUNDO E NO BRASIL

Da energia elétrica gerada no mundo quase (81,7%) é advinda de usinas termelétricas, incluindo as usinas nucleares (BRASIL, 2007). Então, enfoca-se que a composição da matriz elétrica mundial passou por significativas alterações no período de 1973 a 2006, com fortes reduções de participação da geração por derivados de petróleo (de 24,7% para 5,8%) e da geração hidráulica (de 21% para 16%). Estas reduções foram compensadas por acréscimos nas participações do gás natural e do urânio.

A capacidade total atual de geração de energia instalada na Índia é cerca de 228,72 GW, sendo que mais da metade, 134,39 GW é proveniente das usinas termelétricas (CEA, 2013). Desta forma, a emissão de CO₂ na geração de energia elétrica pelas termelétricas chega a 13 milhões de ton/h e, a energia auxiliar usada nas centrais a carvão, varia para diferentes tamanhos de plantas, que vai de 30MW até 500MW. Ao reduzir a quantidade de energia auxiliar utilizada nas usinas, possibilitará economizar, cerca de 1350MW de potência, que poderá ser bombeado para dentro da grade de fornecimento, reduzindo assim, a emissão de CO₂ em 10 milhões de t/ano (MANDI; YARAGATTI, 2013).

O carvão mineral responde pela maior parte da produção da eletricidade em vários países, como na China e Estados Unidos. Em 2006 produziram mais da metade dos 7.775 terawatts-hora (TWh¹) gerados no mundo. Além disso, países como Alemanha, Polônia, Austrália e África do Sul usam o carvão como base da geração de energia elétrica, devido à segurança de suprimento e ao menor custo na comparação com outros combustíveis (BRASIL, 2008).

O emprego de óleo para geração de energia elétrica no mundo representa atualmente

apenas 4,6% do total, todavia no Brasil existem 33 usinas termelétricas que utilizam como combustível. Assim, a matriz energética brasileira é desde o princípio baseada na hidroeletricidade, porém, a termoeletricidade sempre esteve presente, com objetivo de complementar a demanda não cumprida pela geração hidroelétrica, fato que pode ser notado mais intensamente a partir da crise energética em 2001. Assim, as termelétricas são hoje responsáveis por quase 30% da potência gerada no país (COLOSSI, 2012).

Indo na contramão, o Brasil que se rejubila de ter uma matriz energética limpa, passa da hidroeletricidade para termelétricas de baixa eficiência. E, consecutivamente, passará do gás natural e do bagaço de cana, para óleo, diesel e carvão, que são mais caros e mais poluentes (ROSA, 2007).

Nas últimas décadas as centrais termelétricas tiveram importância na geração de energia elétrica em todo mundo. O surgimento de empresas e produtos destinados especificamente aos testes de desempenho e aos sistemas de monitoramento em tempo real em centrais são evidências claras de uma nova visão estratégica voltada para o desenvolvimento do setor energético.

As usinas termelétricas se tornaram uma das principais fontes das emissões de poluentes do ar na China. Desta maneira, a política para o controle a poluição proveniente de usinas de energia térmica é vital para a melhoria da qualidade do ar nesse País. O governo chinês lançou em 2011, as Normas para Emissão de Poluentes Atmosféricos oriundos de Termelétricas (GB 13223-2011), em substituição as normas 2003, onde a nova norma estabeleceu limites menores de emissão de poluentes atmosféricos decorrentes das termelétricas, a fim de reduzir a emissão de poluentes atmosféricos (WANG et al., 2015).

Na china, um dos países com maior volume de poluição do planeta, as emissões de óxidos de azoto (NO_x) tem aumentado, exigindo assim, grande preocupação de todos, devido a seus impactos negativos sobre os ecossistemas, qualidade do ar regional e sobre a saúde pública (TIAN et al., 2013). A partir de 2005, a fim de cumprir a crescente demanda de energia elétrica dos consumidores industriais e residenciais, centenas de termelétricas foram construídas em toda a China. Como resultado, o carvão utilizado para geração de energia elétrica elevou-se o consumo, cerca de 50% do total nacional, resultando numa grande quantidade de emissões de SO₂ e NO_x (NBSC, 2011).

As usinas termelétricas, foram introduzidas, para garantir maior demanda energética, principalmente nas épocas sem chuvas, tornou-se dessa maneira, relevante para garantir que novos apagões não ocorressem (MUSSI; CANUTO, 2012).

Servindo como válvula de escape pela ineficiência energética, no Brasil, as termelétricas assumem um papel importante na geração de energia quando as hidrelétricas estão comprometidas. Todavia, as termelétricas utilizam combustíveis fósseis, tais como carvão mineral, derivados do petróleo e gás natural que contribuem para potencializar a poluição atmosférica, pois depois de serem queimados, liberam dióxido de carbono para a atmosfera, além de particulados (LIMA; SOUZA, 2014).

No Brasil, o minério representa cerca de 1,5% da matriz da energia elétrica. Em 2007, ano em que 435,68 TWh foram produzidos no País, o carvão mineral foi responsável pela geração de 7,9 TWh, a partir da operação de usinas termelétricas que estão localizadas na região Sul, nas proximidades das áreas de mineração. Já as termelétricas movidas a derivados de petróleo têm função semelhante. Por isso, sua participação na matriz da energia elétrica é pequena. Em novembro de 2008, o país contava com um total de 626 unidades em operação, abastecidas por óleo diesel, óleo combustível ou gás natural. Essas unidades responderam, em 2007, pela geração de 13,4 TWh ou 2,8% do total de energia elétrica produzida no país (BRASIL, 2008).

Na atualidade as questões ambientais estão sendo consideradas um problema de saúde, pois o conceito de desenvolvimento social também abrange a preocupação com o meio ambiente. Desta forma, a promoção da saúde identifica-se com um estilo de vida mais saudável, por meio de ações que contemplem alimentação de qualidade, acesso à moradia e a educação, bem como a interação do homem com o meio onde vive, sendo o ambiente saudável um dos fatores que colaboram com o seu desenvolvimento com vistas à saúde (SILVA et al., 2009; BESERRA et al., 2010).

Primack e Rodrigues (2013), atribuem as indústrias metalúrgicas e as usinas termelétricas, principalmente as movidas a óleo e carvão mineral, pela liberação de grandes quantidades de nitratos e sulfatos no ar, quando combinados com a umidade da atmosfera, produzem ácidos nítricos e sulfúricos, ainda, por ação do vento esses ácidos são transportados para outras áreas. Portanto, a acidez causa danos à fauna e flora, contaminando os corpos hídricos que irão abrigar variadas espécies e, que sofrem a ação direta dos ácidos, os peixes e anfíbios juntamente com outras espécies sensíveis, sofrem mais mortalidade e, conseqüentemente redução da capacidade de reprodução.

Alguns impactos ambientais são identificados na implantação e operação de Usinas Térmicas, como, alteração dos níveis de ruído e vibrações, assoreamento e alteração da qualidade da água dos corpos hídricos, alteração do lençol freático, alterações das características físicas e químicas do solo. Em relação aos ruídos advindos dos equipamentos,

estes são atenuados pela utilização de invólucros dotados de proteção acústica por meio de fibra de vidro e silenciadores nas entradas de ar (CANELA, 2012).

Sobre a queima do carvão mineral, observa-se que além de impactos ambientais causados na mineração, sua queima nas indústrias e, termelétricas causa graves impactos socioambientais, devido a emissão de material particulado e de gases poluentes, dentre os quais se destacam o dióxido de enxofre (SO₂) e os óxidos de nitrogênio (NO_x). Gases estes que prejudicam à saúde humana, sendo os principais responsáveis pela formação da chuva ácida, que provoca a acidificação do solo e da água (BRASIL, 2005).

Então, nos tempos modernos, é altamente improvável encontrar qualquer processo ou produto que não deixa uma pegada de carbono. Verifica-se desta forma que a produção de eletricidade, se tornou uma necessidade básica para as pessoas de todo do mundo, caracterizando-se como um dos maiores contribuintes para as emissões de carbono no ambiente. A exemplo, na Índia a energia elétrica gerada, 53% é obtida a partir de usinas termelétricas movidas a carvão, que emitem cerca de 500 milhões de toneladas de CO₂ anualmente, demonstrando assim, grande dependência do setor de energia indiana ao carvão (BARAL; SINGH; SHARMA, 2015).

2.10 BIODIVERSIDADE

O ser humano é o principal agente modificador e interventor do meio ambiente e responsável direto pela perda da biodiversidade no planeta. Segundo Wilson (1997), o ritmo de extinção das espécies está muito mais rápido do que antes de 1800, sendo que as principais causas estão relacionadas à perda de habitat pela expansão das populações humanas e de suas atividades; redução da variabilidade genética, pelo monopólio de espécies de interesse comercial e nos vegetais pela prática da monocultura.

Também atribui-se ao processo de urbanização alterações no ambiente das cidades, alterações estas que ocorrem no microclima e atmosfera das cidades, no ciclo hidrológico, no relevo, na vegetação e na fauna. Onde a atmosfera se torna mais poluída e aquecida, pela presença de material particulado (poeira, fuligem), liberação de gases (CO₂, CO, dentre outros), provenientes de veículos, indústrias e, construções, umidade relativa menor do que no meio natural e agrário além de temperaturas mais altas, pelo aquecimento de grandes áreas concretadas e escassez de vegetação e corpos hídricos (GUZZO, 2004; ATENA, 2009).

Quanto o número de espécies ameaçadas de extinções no Brasil, destaca-se os anfíbios e, a principal causa de seu declínio está a destruição de habitats. A perda de habitat altera

padrões de abundância e diversidade de taxocenoses de anfíbios nas áreas diretamente afetadas, pois resulta na perda de ambientes de reprodução e locais de abrigo e alimentação (LIPS et al., 2005).

No Brasil, o progresso na conservação da biodiversidade a respeito à sua flora, depende principalmente de um maior número de taxonomistas com experiência de campo e de laboratório, que se especializem em algumas das famílias e que façam coleções e levantamentos florísticos frequentemente, em nível nacional. Várias áreas servem de abrigo e ponto de repouso para espécies migratórias. Desta forma, inventários conduzidos em apenas uma época do ano, podem deixar de fora essas espécies, que dependem dessas áreas de repouso para sobrevivência e para acumular gordura para enfrentarem o caminho de volta aos seus locais de reprodução (SILVEIRA et al., 2010).

Desta maneira, a manutenção da vegetação de uma área, além de assegurar hábitat e proteção e sobrevivência da fauna, é um elemento importante no equilíbrio dos ecossistemas naturais e modificados pela ação humana (SOUZA, 2011).

Em relação às intervenções humanas, destaca-se a fragmentação de habitat que pode limitar o potencial de uma espécie para dispersão e colonização, a exemplo cita-se os pássaros, mamíferos e insetos que não o atravessaram nem mesmo faixas estreitas de ambientes abertos, por ficarem expostos sujeitos à predação. Portanto, a perda de habitats e a modificação da paisagem são fatores que contribuem para a perda da biodiversidade do planeta (PRIMACK; RODRIGUES, 2013).

A maior limitação para a sobrevivência da fauna do solo, refere-se à disponibilidade de alimento e, mostra-se sensível as modificações ambientais, tanto as biológicas, físicas e químicas, como resultantes das práticas de manejo do solo e de cultivo de culturas, que podem ter efeitos diretos sobre determinadas populações, podem aumentar, diminuir ou não influir na diversidade desses organismos edáficos (BARETTA et al., 2011).

Para que seja possível compreender os impactos pela supressão de uma lagoa, onde diversas espécies de anuros se reproduzem, é necessário saber se existem outras populações dessas mesmas espécies que se reproduzam em sítios próximos e que não serão afetados (SILVEIRA et al., 2010).

Nesta senda, verifica-se que a supressão e a fragmentação florestal causam prejuízos enormes à fauna e várias formas, provocando, déficit alimentar e de locais para reprodução e abrigo, que restringem ou aumentam os deslocamentos das espécies atingidas, expondo-as aos predadores, à caça e ao isolamento populacional, o que acarreta menor troca genética entre os indivíduos. Como resultado, há uma redução populacional da fauna local e até mesmo a

extinção de espécies da região (BRASIL, 2008).

Em atenção ao Bioma Caatinga, destaca-se a vegetação tem como característica não apresentar a exuberância verde das florestas tropicais úmidas, aparentemente apresenta um aspecto seco das fisionomias dominadas por cactáceas e arbustos, sugerindo uma baixa diversificação da fauna e flora. Para desvendar sua riqueza, é necessário um olhar mais atento, mais aberto. Desta maneira, ela revela sua grande biodiversidade, sua relevância biológica e sua beleza peculiar (LEAL; TABARELLI; SILVA, 2003).

A Caatinga tem o menor número e a menor extensão protegida dentre todos os biomas brasileiros. Contudo, as unidades de conservação falham em proteger toda a biodiversidade desse bioma. Verifica-se desta maneira, que a pobreza da população é considerada o principal desafio na Caatinga e a conservação da biodiversidade está entre as menores prioridades de investimento pelas organizações não-governamentais (LEAL et al., 2005).

Nessa mesma Caatinga, um grande número de espécies de plantas depende exclusivamente da ação das formigas para dispersar seus diásporos. As plantas mirmecocóricas possuem em suas sementes estruturas especializadas para a atração das formigas. Configurando desta maneira, mutualismo entre formigas e plantas (LEAL; TABARELLI; SILVA, 2003).

Quanto à fauna do répteis e anfíbios da Caatinga semiárida, já foram catalogados, 44 espécies de lagartos, 9 espécies de anfíbenídeos, 47 de serpentes, quatro de quelônios, três de Crocodylia, 47 de anfíbios anuros e duas de Gymnophiona. Dessas espécies, aproximadamente 15% são endêmicas e apenas uma é considerada oficialmente como ameaçada de extinção, que é jacaré do papo-amarelo, *Caiman latirostris* (BRASIL, 2002).

Assim como os animais, as plantas também evoluíram em relação aos seus agentes dispersores, estes sistemas coevoluiram, existindo muitas modificações em relação aos diferentes agentes dispersores dentro de uma mesma família e, uma grande convergência evolutiva em direção as estruturas semelhantes para mesmas funções. Alguns frutos e sementes se adaptaram e podem ser dispersos pelo vento, por serem leves e frequentemente alados ou possuem pelos que auxiliam sua dispersão. Verifica-se também, que aves e morcegos podem contribuir diretamente na dispersão de sementes ao consumir frutos e dispersar posteriormente suas sementes (RAVEN; EICHHORN; EVERT, 2014).

No processo de dispersão, a disseminação das sementes e fruto são lançamento e transportados dos diásporos a uma maior ou menor distância da planta que os originou. Esta dispersão pode ocorrer por ação do homem, animais e pelos fatores naturais, a exemplo, o vento (VIDAL; VIDAL, 2006).

Entre as plantas, o grupo das Angiospermas são as mais numerosas, mais conhecidas e

economicamente mais importantes. Elas dominam praticamente todos os ecossistemas terrestres e, com raras exceções, formam a maior parte da biomassa destes sistemas. Os outros três grupos de plantas são bem menores, menos abundantes e geralmente economicamente menos importantes. Grande parte das vegetações que fazem parte dos biomas brasileiros possuem predominância das angiospermas, além de outros grupos de plantas terrestres, formando um componente relativamente reduzido do ecossistema (SHEPHERD, 2003).

Para Forattini (2004), a fauna e a flora inter-relacionam, com as condições ambientais de clima, resultando no estabelecimento de feições e pelo aspecto. Portanto, as condições exclusivas e/ou particular de um determinado bioma que irá caracteriza-lo e abrigar determinada espécie.

Normalmente nas comunidades, existem os grupos que são os produtores, macroconsumidores e microconsumidores. Desta forma, destes grupos as espécies ou os grupos de espécies que controlam em maior grau, a corrente de energia, são designados como dominantes ecológicos. Sendo o nível em que o domínio está concentrado em uma, várias, ou muitas espécies, pode expressar um índice de dominância apropriado, que soma a importância de cada espécie em relação à comunidade tomada como um todo (ODUM; BARRET, 2007).

A fauna e a flora evoluíram numa dependência mútua, sendo que cada um é fator de formação do outro, onde, a ausência de um inviabiliza a existência dos demais. Nesta teia, os animais primários dependem diretamente dos vegetais e estes são a base da cadeia alimentar dos secundários e terciários sucessivamente. Os vegetais por produzirem sua própria energia, neste meio se apresenta como mais importante, para a manutenção da vida dos animais. Desta maneira, a intervenções na vegetação produzem efeitos diretos na fauna, pela redução, aumento ou alteração de dois atributos chaves, que são o alimento e o abrigo (VALERI; SENÔ, 2004).

Todos os níveis de diversidade biológica são necessários para a sobrevivência e continua das espécies e das comunidades naturais no planeta e todos são importantes principalmente para a espécie humana. A diversidade das espécies representa o alcance das adaptações evolucionárias e ecológicas das espécies em determinado ambiente (PRIMACK; RODRIGUES, 2013).

Por ocasião da instalação de um empreendimento (no caso a Termétrica) podem ocasionar variadas alterações nos habitats, que são impactos diretos e decorrentes, principalmente, das ações de desmatamento, circulação de pessoal e equipamentos, geração de ruídos e poeiras e outras intervenções, nos ambientes naturais. Onde tais impactos podem afugentar a fauna, por ação de ruído além da degradação do ar nas diversas fases do projeto e implantação (CPAEIV, 2011).

Assim, a perda de biodiversidade constitui um problema crítico para a existência humana, pois a extinção de uma espécie é irreversível e representa a perda de um genoma único, resultado de um processo evolutivo (JOLY, 2011).

2.11 LEVANTAMENTO DA FAUNA E FLORA

Com o desenvolvimento industrial e tecnológico mundial, a paisagística tem sido constantemente transformada e essa modificação vem gerando destruição de florestas. Muitas espécies, face à sua iminente extinção, não chegam nem ao menos a serem descritas (WILSON, 1997; GANEM, 2010).

Assim, destaca-se que o Brasil possui cerca de 20% da biodiversidade de todo o globo terrestre, apresentando grande variedade de espécies da fauna e da flora. Dada essa importância, a redução da biodiversidade ocasionará perdas ambientais imensuráveis, pois as espécies compõem uma cadeia interligada por mecanismos naturais com importantes funções, como a regulação do clima, purificação do ar, proteção dos solos e das bacias hidrográficas contra a erosão, controle de pragas, dentre outros (ANDREOLI et al., 2014).

Em relação as áreas florestadas por exemplo, em condições naturais, normalmente as espécies vegetais mais jovens não completam seu ciclo de vida, devido aos processos de sucessão natural. Assim sendo, o simples fato da redução da superfície de uma área florestada, poderá acarretar uma diminuição exponencial do número de espécies, como também alterar a dinâmica das populações de plantas, de modo a comprometer o processo de regeneração natural e, com isso, a sustentabilidade dos sistemas (SANTANA, 2009).

Então, a análise da composição florística de remanescentes de arbóreos é importante para a caracterização das diferentes fisionomias, constituindo-se desta forma, como uma ferramenta para o entendimento de aspectos da ecologia regional (MARANGON et al., 2007).

CAPÍTULO II

3 ORNITOFAUNA

3.1 INTRODUÇÃO

A América do Sul possui a avifauna mais rica do planeta, com mais de 2.920 espécies, entre residentes e migratórias e, no Brasil, já foram registradas mais de 1.822 espécies de aves pelo Comitê Brasileiro de Registros Ornitológicos, representando cerca de 62% de todas as aves existentes no continente sul americano (CBRO, 2008; SICK, 2001).

Na região Nordeste do Brasil, estão presentes em torno de 695 espécies catalogadas, distribuídas em 20 ordens e 63 famílias (SICK, 2001). Sendo, 4,3% endêmicas da Caatinga (LEAL et al., 2003). Já, no Estado da Paraíba, Mariano (2014), compilou uma lista com 395 espécies.

A Caatinga tem sido apontada como uma importante área de endemismo para as aves sul-americanas, contudo, a distribuição, evolução e ecologia da avifauna do bioma Caatinga continua pouco investigada, refletindo, conseqüentemente, na política e nas ações de conservação. Para o ICMBio (2011), cerca de 510 espécies habitam o Bioma, sendo que 23 são caracterizadas como endêmicas e, 33 espécies estão ameaçadas de extinção.

O desmatamento, proporciona impacto negativo significativo, reduzindo as coberturas vegetais, que serve de abrigo e local de reprodução, principalmente para a avifauna (D'ÂNGELO-NETO *et al.*, 1998). Dentre outros fatores negativos, destacam-se, a poluição e a degradação ambiental, que são problemas vinculados à saúde pública, devido aos seus efeitos adversos sobre os ecossistemas e os organismos que os habitam, tanto fauna, flora e o ser humano (OCHOA, 2014).

O uso de aves no monitoramento de poluição ambiental por metais pesados aumentou na atualidade, pois as aves ocupam diversos níveis tróficos na cadeia alimentar e com a sua ampla distribuição geográfica e sensibilidade às alterações ambientais atuam como bioindicadores por excelência (HOFER; GALLAGHER; HOLZAPFEL, 2010; MALIK; ZEB, 2009; NACCARI et al., 2009).

Morfologicamente, as aves se caracterizam por serem animais vertebrados, com membros anteriores modificados para voo, corpo revestido de penas e um bico córneo, desprovido de dentes. Habitam todos os ecossistemas, podendo ser encontradas diferentes espécies de aves, desde o clima mais quente até o mais frio (DESCOURTILZ, 1983). São uma

classe que produzem sons, principalmente pela siringe e têm limites de audição bem semelhantes ao ser humano, com frequência entre 20 Hz e 20.000 Hz, podem inclusive, produzir sons muito graves, na faixa da frequência de 80 Hz e também sons muito agudos, na faixa de 12.000 Hz, chegando seus ultrassons até 18.000 Hz (SICK, 2001). A faixa de frequência da vocalização das aves é intrínseca ao ambiente em que vive (DIAS, 2009; KRAUSE, 1993).

Portanto, a perda e a fragmentação de habitats, são as principais ameaças, a sobrevivência das aves brasileiras. Além da captura excessiva, invasão de espécies exóticas, a poluição, a perturbação antrópica, desastres naturais. Com isso, muitas espécies de aves estão ameaçadas de extinção. Neste sentido, a distribuição das espécies de aves ameaçadas e endêmicas de um determinado bioma, pode representar um padrão similar ao de todas as outras espécies ameaçadas (MARINI; GARCIA, 2005).

No Brasil, o comércio de aves silvestres é reconhecidamente na atualidade, como uma atividade ilegal e prejudicial ao meio ambiente, principalmente, pela alta importância ecológica desses animais (BARBOSA; NOBREGA; ALVES, 2010).

No semiárido brasileiro, a captura e o tráfico de aves silvestres são bastante difundidos e, atrelado a outras ameaças, tem contribuído para o declínio da avifauna local. Possivelmente, a persistência das atividades de caça certamente está interligada ao contexto cultural e socioeconômico (ALVES et al., 2010).

De acordo com, Garcia e Marini (2006) as espécies de aves, *Herpsilochmus sellowi* (chorozinho-da-caatinga), *Megaxenops parnaguae* (bico-virado-da-caatinga) e *Picumnus limae* (pica-pau-anão-da-caatinga), estão na lista das espécies ameaçadas e quase ameaçadas no Brasil.

A avifauna é um dos grupos animais mais estudados no Brasil, por ser espécies bio-indicadoras. O conhecimento de sua exigência ecológica, como, dieta, comportamento de forrageamento ou dinâmica da população, indica condições ambientais, às quais são sensíveis (SABINO; DUCA, 2011). Partindo dessa premissa, o objetivo deste trabalho foi identificar as espécies da ornitofauna presentes no entorno da Usina Termelétrica Energética Borborema S.A.

3.2 MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi desenvolvido, no entorno da Usina Termelétrica (UTE) Borborema Energética S.A, num raio de 1000 metros. A UTE localiza-se no município de Queimadas-PB, fronteira com o município de Campina Grande-PB, na região do agreste da Borborema, faixa de transição entre o clima tropical úmido e o clima semiárido, possui vegetação intermediária

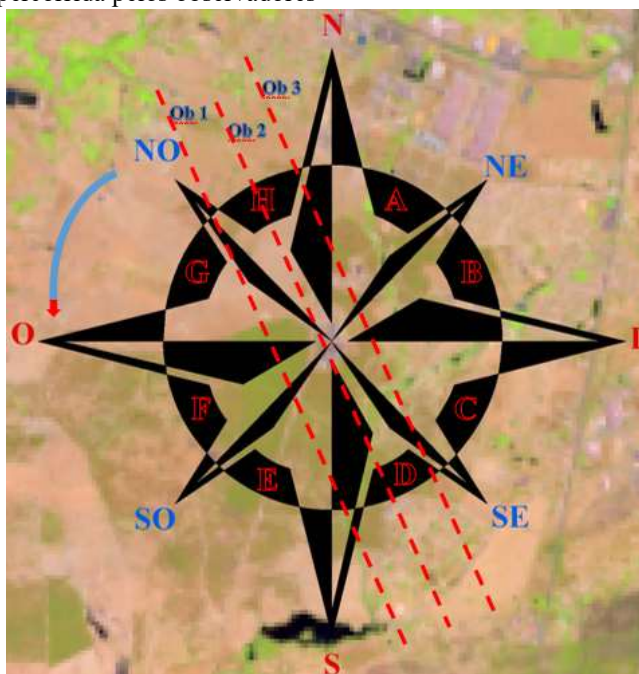
entre a caatinga e a floresta, formada por xerófilas, cactáceas, caducifólias e aciculifoliadas, podendo ser dividida em hiperxerófila com espécies das duas formações (FRANCISCO *et al.*, 2010; IBGE, 2012; RIBEIRO; TEOTIA, 2005).

Pela classificação de Köppen o clima é do tipo As' (quente e úmido) com temperaturas médias anuais entre 22 a 26 °C. A precipitação média de 700mm anuais, com chuvas de abril a setembro. A umidade média relativa do ar fica entre 60 a 80% (EMBRAPA, 1972; FRANCISCO *et al.*, 2010; SOUZA; OLIVEIRA, 2006).

Os procedimentos metodológicos têm como base os trabalhos de: Aleixo e Vielliard (1995); Matarazzo-Neuberger (1995); D'angelo Neto *et al.* (1998); Alves (2000); Antas e Cavalcante (1998); Hofling e Camargo (2002); Neves, Telino Júnior e Nascimento (1999) e, Telino-Júnior, Lyra-Neves e Nascimento (2005).

As observações foram desenvolvidas através da utilização de transectos (com liberdade de deslocamento de 10m para ambos os lados) com pontos de observação com raio de 10m e, percorridos por três pesquisadores/observadores simultâneos, o percurso de cada rota de 2000m, conforme figura 3, sendo a área total do estudo da avifauna de 454.8 hectares.

Figura 3 – Modelo de rota percorrida pelos observadores



Fonte: CERQUEIRA (2018)

As observações foram realizadas, majoritariamente, no horário matutino, por ser o período de maior atividade da maioria das aves, com frequência de uma vez semanal, sendo o início do percurso (entre 6:00 e 10:00h) e uma vez por mês no período noturno (entre as 18 e

22h) para que fosse possível registrar as aves noturnas.

A direção do percurso a ser seguida para a primeira observação, foi escolhida aleatoriamente através de sorteio para evitar tendenciosidades, as demais rotas, seguiu o sentido anti-horário, sequencialmente, ao longo dos 12 meses da pesquisa. Durante a execução do percurso, a velocidade percorrida foi a mesma, com paradas de 10 minutos nos pontos de observação ao longo do transecto para que a varredura observacional evitasse a duplicação na visualização e contagem de cada espécime, tendo-se o cuidado de não identificar a mesma ave duas vezes. O curto tempo de parada nos pontos de observação pode ser justificado pelo fato da vegetação ser esparsa, o que facilita as observações; além disso, um maior tempo aumenta os riscos de duplo registro de um mesmo espécime.

A pesquisa foi realizada no período de janeiro a dezembro de 2016, totalizando 48 jornadas e um esforço amostral acumulado de 192 horas (Tabela 1), sempre com a participação de 3 observadores, conforme Apêndice A.

Os dias que tiveram ventos e chuvas muito fortes, não foram realizadas observações em campo, tendo em vista as intempéries prejudicar significativamente a detecção de aves (O'CONNOR; HICKS, 1980; ROBBINS, 1981; SHIELDS, 1977).

Tabela 1 – Registro das jornadas de observações nos transectos para o levantamento ornitológico

Jornada	Data	Horário	Acumulo de horas	Observadores
1	05/01/2016	06:00h – 10:00 h	04:00h	JSC, HNA, MGLC
2	12/01/2016	06:00h – 10:00 h	08:00h	JSC, HNA, MGLC
3	19/01/2016	06:00h – 10:00 h	12:00h	JSC, HNA, MGLC
4	26/01/2016	18:00h – 22:00 h	16:00h	JSC, HNA, MGLC
5	02/02/2016	18:00h – 22:00 h	20:00h	JSC, HNA, MGLC
6	09/02/2016	06:00h – 10:00 h	24:00h	JSC, HNA, MGLC
7	16/02/2016	06:00h – 10:00 h	28:00h	JSC, HNA, MGLC
8	23/02/2016	06:00h – 10:00 h	32:00h	JSC, HNA, MGLC
9	08/03/2016	06:00h – 10:00 h	36:00h	JSC, HNA, MGLC
10	15/03/2016	18:00h – 22:00 h	40:00h	JSC, HNA, MGLC
11	22/03/2016	06:00h – 10:00 h	44:00h	JSC, HNA, MGLC
12	29/03/2016	06:00h – 10:00 h	48:00h	JSC, HNA, MGLC
13	05/04/2016	06:00h – 10:00 h	52:00h	JSC, HNA, MGLC
14	12/04/2016	06:00h – 10:00 h	56:00h	JSC, HNA, MGLC
15	19/04/2016	18:00h – 22:00 h	60:00h	JSC, HNA, MGLC
16	26/04/2016	06:00h – 10:00 h	64:00h	JSC, HNA, MGLC
17	03/05/2016	06:00h – 10:00 h	68:00h	JSC, HNA, MGLC
18	10/05/2016	06:00h – 10:00 h	72:00h	JSC, HNA, MGLC
19	17/05/2016	06:00h – 10:00 h	76:00h	JSC, HNA, MGLC
20	24/05/2016	18:00h – 22:00 h	80:00h	JSC, HNA, MGLC
21	07/06/2016	18:00h – 22:00 h	84:00h	JSC, HNA, MGLC
22	14/06/2016	06:00h – 10:00 h	88:00h	JSC, HNA, MGLC
23	21/06/2016	06:00h – 10:00 h	92:00h	JSC, HNA, MGLC
24	28/06/2016	06:00h – 10:00 h	96:00h	JSC, HNA, MGLC
25	05/07/2016	06:00h – 10:00 h	100:00h	JSC, HNA, MGLC
26	12/07/2016	18:00h – 22:00 h	104:00h	JSC, HNA, MGLC
27	19/07/2016	06:00h – 10:00 h	108:00h	JSC, HNA, MGLC

Continua...

Tabela 1 – Continuação

Jornada	Data	Horário	Acumulo de horas	Observadores
28	26/07/2016	06:00h – 10:00 h	112:00h	JSC, HNA, MGLC
29	02/08/2016	06:00h – 10:00 h	116:00h	JSC, HNA, MGLC
30	09/08/2016	06:00h – 10:00 h	120:00h	JSC, HNA, MGLC
31	23/08/2016	18:00h – 22:00 h	124:00h	JSC, HNA, MGLC
32	30/08/2016	06:00h – 10:00 h	128:00h	JSC, HNA, MGLC
33	06/09/2016	06:00h – 10:00 h	132:00h	JSC, HNA, MGLC
34	13/09/2016	06:00h – 10:00 h	136:00h	JSC, HNA, MGLC
35	20/09/2016	06:00h – 10:00 h	140:00h	JSC, HNA, MGLC
36	27/09/2016	18:00h – 22:00 h	144:00h	JSC, HNA, MGLC
37	04/10/2016	18:00h – 22:00 h	148:00h	JSC, HNA, MGLC
38	11/10/2016	06:00h – 10:00 h	152:00h	JSC, HNA, MGLC
39	18/10/2016	06:00h – 10:00 h	156:00h	JSC, HNA, MGLC
40	25/10/2016	06:00h – 10:00 h	160:00h	JSC, HNA, MGLC
41	01/11/2016	06:00h – 10:00 h	164:00h	JSC, HNA, MGLC
42	08/11/2016	18:00h – 22:00 h	168:00h	JSC, HNA, MGLC
43	22/11/2016	06:00h – 10:00 h	172:00h	JSC, HNA, MGLC
44	29/11/2016	06:00h – 10:00 h	176:00h	JSC, HNA, MGLC
45	06/12/2016	06:00h – 10:00 h	180:00h	JSC, HNA, MGLC
46	13/12/2016	06:00h – 10:00 h	184:00h	JSC, HNA, MGLC
47	20/12/2016	18:00h – 22:00 h	188:00h	JSC, HNA, MGLC
48	27/12/2016	06:00h – 10:00 h	192:00h	JSC, HNA, MGLC

Fonte: CERQUEIRA (2018)

Nota: JSC = Joaci dos Santos Cerqueira; HNA = Helder Neves de Albuquerque; MGLC = Marília Gabrielle Lira Cavalcanti.

Nas coletas noturnas, empregou-se redes de neblina, que foram dispostas no início do horário noturno e recolhidas ao amanhecer, sendo monitoradas a cada hora. Empregou-se essa técnica para a captura de imagens da ornitofauna do entorno da UTE, as quais fornecem uma estimativa da avifauna local, bem como da densidade populacional das suas espécies. Embora seja mais direcionada para aquelas espécies que ocorrem nos estratos inferiores de ambientes florestais, o método de captura com redes de neblina pode ser executado por observadores com pouco treinamento, uma vez que, a identificação dos indivíduos capturados é bastante facilitada pela manipulação dos mesmos (PIZO; GALETTI, 2010).

Como unidade amostral foi disponibilizada uma linha de 2 (duas) redes, na área de estudo. Como desenho amostral empregou uma linha com 4 (quatro) redes de neblina de 12x2m, demarcadas pelo período de 1 (um) dia na semana e, a operação de coleta contou com 3 observadores.

Para a execução do estudo da avifauna no entorno da Usina Termelétrica (UTE) Borborema S.A, foram utilizados binóculo 12x25, câmera digital semiprofissional Canon Powershot SX60HS 16.1MP LCD 3.0, zoom óptico de 65x, bloco de anotação, GPS, microcomputador e periféricos, softwares (Windows e Excel da Microsoft - versão 2016, Erdas 2010 e ArcMap 10.1, ambos licenciados para o Laboratório de Cartografia Digital, Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto (CADIGEOS) dos cursos de Pós-Graduação do

Centro de Humanidades da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), rede mundial de computadores, rede de neblina e, para a identificação dos indivíduos, adotou-se as metodologias de Sick (2001) e o guia de identificação de Souza (1999).

Ainda, no presente estudo foram levados em consideração os seguintes procedimentos e dados: informações sobre a biologia das espécies; hábito alimentar; ocorrência temporal; padrão social, ocupação dos estratos verticais do espaço; frequência de ocorrência e a abundância de cada espécie, os quais foram registradas conforme o quadro 1, a seguir:

Quadro 1 - Dados e descrições para registros e coleta da avifauna

ITEM	DESCRIÇÃO
Hábito alimentar	Categoria alimentar referente a cada espécie, definida de acordo com o alimento consumido com maior frequência.
Padrão social	Classificação das aves em solitárias (S), par (P), grupo homogêneo (Gho) e grupo heterogêneo (Ghe) até dez indivíduos, bando homogêneo (Bho) e bando heterogêneo (Bhe) com mais de dez indivíduos.
Estratos ocupados	Epigeu (ep) (sobre o terreno nu, gramado ou pavimentado), herbáceo (herb) (até 0,5m de altura), arbustivo (arbust) (de 0,5m a 2m de altura), arbóreo I (arb I) (de 2m a 10m de altura) arbóreo II (arb II) (mais de 10m de altura) e aéreo (aer) (acima da vegetação).
Frequência de Ocorrência (FO)	Número de dias em que determinada espécie foi observada em relação ao número total de dias de observação: $FO = \frac{No \times 100}{Nt}$ Sendo - No = número de dias em que a espécie foi observada - Nt = número total de dias de observação.
Abundância (Ab)	Número total de indivíduos, de cada espécie, registrados por hora de observação: $Ab = \frac{n \times 100}{Ho}$ Sendo - n = número de indivíduo de cada espécie - Ho = número de horas de observação.

Fonte: Menezes, 2004.

Além de registrar a presença da espécie durante a observação, foram registrados os dados referentes a estimativa de abundância à cada observação, conforme Tabela 2.

Tabela 2 – Guia de registro de estimativa de abundância da avifauna

Nº de indivíduos observados na jornada	Notação
1	a
2	b
2 (casal)	c
3 a 5	d
6 a 10	e
11 a 20	f
21 a mais	g
não determinado	x
apenas em sobrevoo	z

Fonte: Menezes, 2004.

Quanto à análise, interpretação e representação dos dados, empregou-se a codificação e tabulação simples, apresentados através de representações gráficas com análise e interpretação para apresentação dos dados.

Este estudo foi submetido ao Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade – ICMBio (Anexo B), com atividade e finalidade científica, sob o número 57794-1, sob o código de autenticação nº 85284466, com vigência até dezembro de 2017, podendo ser revalidado junto ao ICMBio após o findar do período de vigência.

3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

No entorno da UTE Energética Borborema S.A, registrou-se 29 espécies de aves, pertencentes a 10 ordens e 21 famílias com base na lista do Comitê Brasileiro de Registros Ornitológicos (2006). A ordem com mais representantes foi a Passeriformes (n = 17) e as famílias, foram Tyrannidae (n = 5), seguida de Furnariidae (n = 3), conforme tabela 3.

Tabela 3 – Aves registradas no entorno da UTE Energética Borborema S.A., classificação por nome vulgar, espécie, ordem e família, 2016

Nome Vulgar	Espécie	Ordem	Família
Caminheiro-zumbidor	<i>Anthus lutescens</i>	Passeriformes	Motacillidae
Garça branca	<i>Ardea alba</i>	Ciconiiformes	Ardeidae
Risadinha	<i>Camptostoma obsoletum</i>	Passeriformes	Tyrannidae
Carcará	<i>Caracara plancos</i>	Falconiformes	Falconidae
Papa-lagarta	<i>Coccyzus melacoryphus</i>	Cuculiformes	Cuculidae
Sibite	<i>Coereba flaveola</i>	Passeriformes	Coerebidae
Rolinha vermelha	<i>Columbina talpacoti</i>	Columbiformes	Columbidae
Urubu	<i>Coragyps atratus</i>	Cathartiformes	Cathartidae
João-de-cabeça-cinza	<i>Cranioleuca semicinerea</i>	Passeriformes	Furnariidae
Anu preto	<i>Crotophaga ani</i>	Cuculiformes	Crotophagidae
Azulão	<i>Cyanoloxia brissonii</i>	Passeriformes	Fringillidae
Guaracava-de-barriga-amarela	<i>Elaenia flavogaster</i>	Passeriformes	Tyrannidae
Bico-de-lacre	<i>Estrilda astrild</i>	Passeriformes	Estrildidae
Beija-flor	<i>Eupetomena macroura</i>	Apodiformes	Trochilidae
Lavandeira	<i>Fluvicola nengeta</i>	Passeriformes	Tyrannidae
Anu branco	<i>Guira guira</i>	Cuculiformes	Crotophagidae
Bacurau	<i>Nyctidromus albicollis</i>	Caprimulgiformes	Caprimulgidae
Galo-de-campina	<i>Paroaria dominicana</i>	Passeriformes	Fringillidae
Pardal	<i>Passer domesticus</i>	Passeriformes	Passeridae
João graveto	<i>Phacellodomus rufifrons</i>	Passeriformes	Furnariidae
Bem-te-vi	<i>Pitangus sulphuratus</i>	Passeriformes	Tyrannidae
Andorinha	<i>Progne chalybea</i>	Passeriformes	Hirudinidae
Casaca-de-couro	<i>Pseudoseisura cristata</i>	Passeriformes	Furnariidae
Coruja buraqueira	<i>Speotyto cunicularia</i>	Strigiformes	Strigidae
			Conitnua...

Tabela 3 - Continuação

Nome Vulgar	Espécie	Ordem	Família
Saí-canário	<i>Thlypopsis sordida</i>	Passeriformes	Thraupidae
Rouxinol	<i>Troglodytes musculus</i>	Passeriformes	Troglodytidae
Siriri	<i>Tyrannus melancholicus</i>	Passeriformes	Tyrannidae
Rasga Mortalha	<i>Tyto Furcata</i>	Strigiformes	Tytonidae
Tetéu	<i>Vanellus chilensis</i>	Charadriiformes	Charadriidae

Fonte: CERQUEIRA (2018)

Quanto a representatividade de famílias, este estudo se assemelha com a composição da avifauna realizada por Araújo, Rodrigues e Nishida (2006), em um estudo sobre diversidade da avifauna em estuários paraibanos, que registraram durante um período de 12 meses, 101 espécies de aves distribuídas em 38 famílias, com 77 espécies registradas no Estuário do Rio Mamanguape (ERM) e 89 no Estuário do Rio Paraíba (ERP), sendo, as famílias que apresentaram maior número de espécies foram: Tyrannidae (13 espécies), Ardeidae e Scolopacidae (8 cada), Columbidae (6) e Thraupidae (5). Os dois estuários mostraram-se muito similares, quanto à composição específica da avifauna registrada.

Nossos dados se assemelham com os estudos de Sousa, Lima e Albuquerque (2011) que inventariaram a avifauna do entorno do aeroporto de Campina Grande-PB, área proximal a UTE Borborema, registrando 28 espécies de aves, pertencentes a 12 ordens e 21 famílias, com ênfase para as famílias mais representantes Ardeidae (n = 3) e Falconidae (n = 3).

Porém, diferiu do estudo de Menezes, Albuquerque e Cavalcanti (2004) no Campus I da UEPB em Campina Grande, onde foram registradas 64 espécies. Essa diferença na abundância de espécies da avifauna em Campina Grande, reforça o estado precário de conservação do entorno da cidade pesquisada, bem como, o impacto que as indústrias e a termelétrica desencadeiam na ornitofauna local.

Em outro estudo, na região do Seridó ocidental, no Rio Grande do Norte, vizinho ao Estado da Paraíba, cuja vegetação predominante é do tipo caatinga, que apresenta um elevado de estado de degradação ambiental, Bezerra, Araújo e Alves (2013), observaram que das 52 famílias registradas, a Tyrannidae foi a mais representativa, com 23 espécies.

O estudo foi realizado em 48 jornadas, no período de janeiro a dezembro de 2016, no horário de 06:00 às 10:00h e das 18:00 às 22:00h, acumulando um total de 192 horas de observação (Tabela 4).

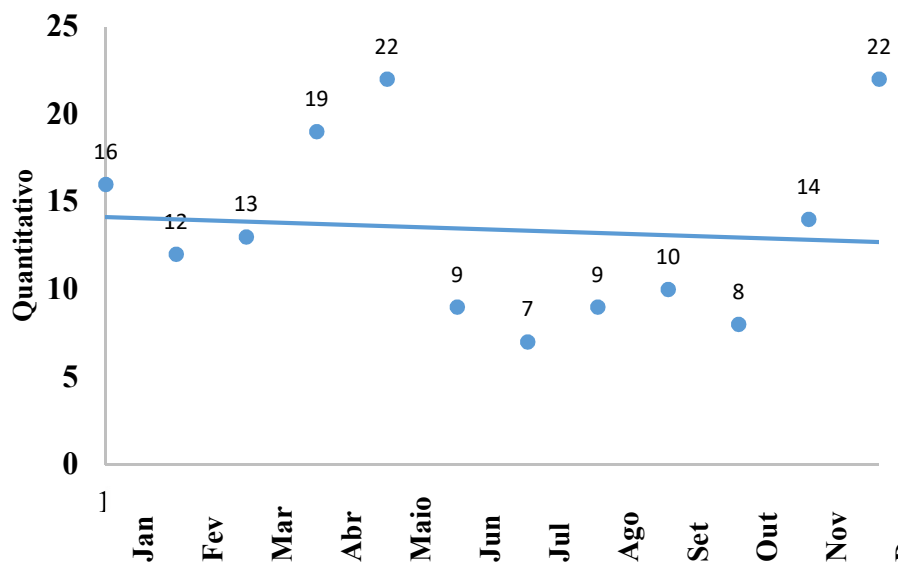
Do total das jornadas realizadas no período de estudo, no horário diurno, as espécies que tiveram maior Frequência de Observação (FO) foram as espécies *Crotophaga ani* (FO = 54,17);

Caracara plancos (FO = 27,08); *Guira guira* (FO = 27,08) e *Thlypopsis sordida* (FO = 27,08) e, menor FO registrou-se para a espécie *Cranioleuca semicinerea* (FO = 2,08).

Desta forma, a FO foi significativa entre as espécies ($F = 10.71$, $gl = 1$, $p < 0.05$), o valor F crítico foi 4.019, a variância foi > 104 para FO e > 22 para o número de observações ao longo do período (Figura 4).

Nas jornadas noturnas, foram registradas as espécies *Nyctidromus albicollis* (FO = 27,08) e *Tyto Furcata*, ambas com (FO = 4,17).

Figura 4 - Frequência de ocorrência da ornitofauna com distribuição mensal entre janeiro e dezembro de 2016



F Valor = 10.710; P Valor = 0.0018; F Crítico = 4.019

Fonte: CERQUEIRA (2018)

Tabela 4 – Registro de dados e Frequências de Ocorrência (FO) das espécies da avifauna do entorno da UTE Boroborema S.A., período de janeiro a dezembro de 2016

Espécies	Janeiro				Fevereiro				Março				Abr				Maio				Junho				Julho				
	5	12	19	26	2	9	16	23	8	15	22	29	5	12	19	26	3	12	10	24	7	14	21	28	5	12	19	26	
<i>Anthus lutescens</i>						1 a			1 a										1 b										
<i>Ardea alba</i>																2 b							1 a						
<i>Camptostoma obsoletum</i>						1 a				1 a		1 b																	
<i>Caracara plancos</i>	1 b				1 a			1 a			2 a								1 d								1 a		
<i>Coccyzus melacoryphus</i>			1 b	1 a		1 d				1 a				1 a	1 a				1 a	1 b									
<i>Coereba flaveola</i>					1 a					1 a										1 b									1 a
<i>Columbina talpacoti</i>			2 d											1 c		1 d	1 c												
<i>Coragyps atratus</i>		1 d	1 z																1 d				1 d						
<i>Cranioleuca semicinerea</i>																						1 a							
<i>Crotophaga ani</i>	1 d	1 b	1 b		1 b	1 d	1 b			1 a	1 a			1 d	2 b	1 a	1 d		1 b	1 c			1 d				1 d		1 d
<i>Cyanoloxia brissonii</i>										1 b				1 b			1 b												
<i>Elaenia flavogaster</i>			1 a												1 a					1 b									
<i>Estrilda astrild</i>					1 d						1 d				1 d														
<i>Eupetomena macroura</i>	1 a																		1 a										
<i>Fluvicola nengeta</i>	1 a				1 a									1 a	1 a				1 a				1 a				2 a		
<i>Guira guira</i>		1 b	1 a			1 b				1 a									1 a				2 a						1 a
<i>Nyctidromus albicollis</i>										1 a				1 a															
<i>Paroaria dominicana</i>										1 b				1 b			1 b												
<i>Passer domesticus</i>		2 d			1 d														1 d										
<i>Phacellodomus rufifrons</i>			1 c								1 a											1 a	1 b						
<i>Pitangus sulphuratus</i>	1 a					2 c	1 a							1 a		1 a				1 a									
<i>Progne chalybea</i>																													

Continua...

Tabela 4 – Continuação.

Espécies	Agosto				Setembro				Outubro				Novembro				Dezembro			FO		
	2	9	23	30	6	13	20	27	4	11	18	25	1	8	22	29	6	13	20		27	
<i>Anthus lutescens</i>																					6,25	
<i>Ardea alba</i>								1 b							2 b						12,50	
<i>Campostoma obsoletum</i>																					6,25	
<i>Caracara plancos</i>		1 a				1 a				1 a				2 b						1 a	27,08	
<i>Coccyzus melacoryphus</i>																					16,67	
<i>Coereba flaveola</i>																					8,33	
<i>Columbina talpacoti</i>																			1 e	1 c	14,58	
<i>Coragyps atratus</i>		2 b				1 d		1 b				1 d	1 b	1 d						1 d	25	
<i>Cranioleuca semicinerea</i>																					2,08	
<i>Crotophaga ani</i>		1 b				2 a									1 b				1 a	2 d	1 d	54,17
<i>Cyanoloxia brissonii</i>			1 d																		12,50	
<i>Elaenia flavogaster</i>																					6,25	
<i>Estrilda astrild</i>																					6,25	
<i>Eupetomena macroura</i>			1 a							1 a					1 a					1 a	12,5	
<i>Fluvicola nengeta</i>		1 a																			18,75	
<i>Guira guira</i>										1 a									1 a		20,83	
<i>Nyctidromus albicollis</i>																					4,17	
<i>Paroaria dominicana</i>			1 d																		12,50	
<i>Passer domesticus</i>														1 d					1 d	1 d	14,58	
<i>Phacellodomus rufifrons</i>																					8,33	
<i>Pitangus sulphuratus</i>															1 a						16,67	
<i>Progne chalybea</i>												1 d	1 e	1 e	1 d						8,33	

Continua...

Tabela 4 – Continuação.

Espécies	Janeiro				Fevereiro				Março			Abril		Maio			Junho			Julho					
	5	12	19	26	2	9	16	23	8	15	22	29	12	26	10	24	7	14	21	28	5	12	19	26	
<i>Pseudoseisura cristata</i>	1 b																								
<i>Thlypopsis sordida</i>		1 c																							
<i>Troglodytes musculus</i>																									
<i>Tyrannus melancholicus</i>																									
<i>Tyto Furcata</i>					1 a																				
<i>Vanellus chilensis</i>																									

Espécies	Agosto				Setembro			Outubro			Novembro			Dezembro			FO								
	2	9	23	30	6	13	20	27	4	11	18	25	1	8	22	29		6	13	20	27				
<i>Pseudoseisura cristata</i>															1 c				1 b		1 a				8,33
<i>Thlypopsis sordida</i>			1 d		1 d			1 c	1 c			1 c					2 d	1 d	1 d						20,83
<i>Troglodytes musculus</i>						1 a				1 c	1 a														6,25
<i>Tyrannus melancholicus</i>	1 a			1 a													1 a	1 a							8,33
<i>Tyto Furcata</i>																				1 a					4,17
<i>Vanellus chilensis</i>		1 d				1 d				1 d				1 c						1 c					10,42

Fonte: CERQUEIRA (2018)

Nota: Número de indivíduos observados na jornada. 1= a; 2 = b; 2 (casal) = c; 3 a 5 = d; 6 a 10 = e; 11 a 20 =f; 21 a 40 = g; 41 a 100 = h; 101 a mais = i; não determinado = x; apenas em sobrevoos = z.

No Complexo Aluizio Campos (CAC), no município de Campina Grande-PB, próximo ao nosso local de estudo, Ferreira (2011), verificou, que as espécies de *Passer domesticus* e *Pseudoseisura cristata* foram que obtiveram 100% de frequência de ocorrência, possivelmente, devido ao fato de serem espécies introduzidas no Brasil e, que se adaptaram muito bem, levando vantagens sobre as diversificadas espécies silvestres.

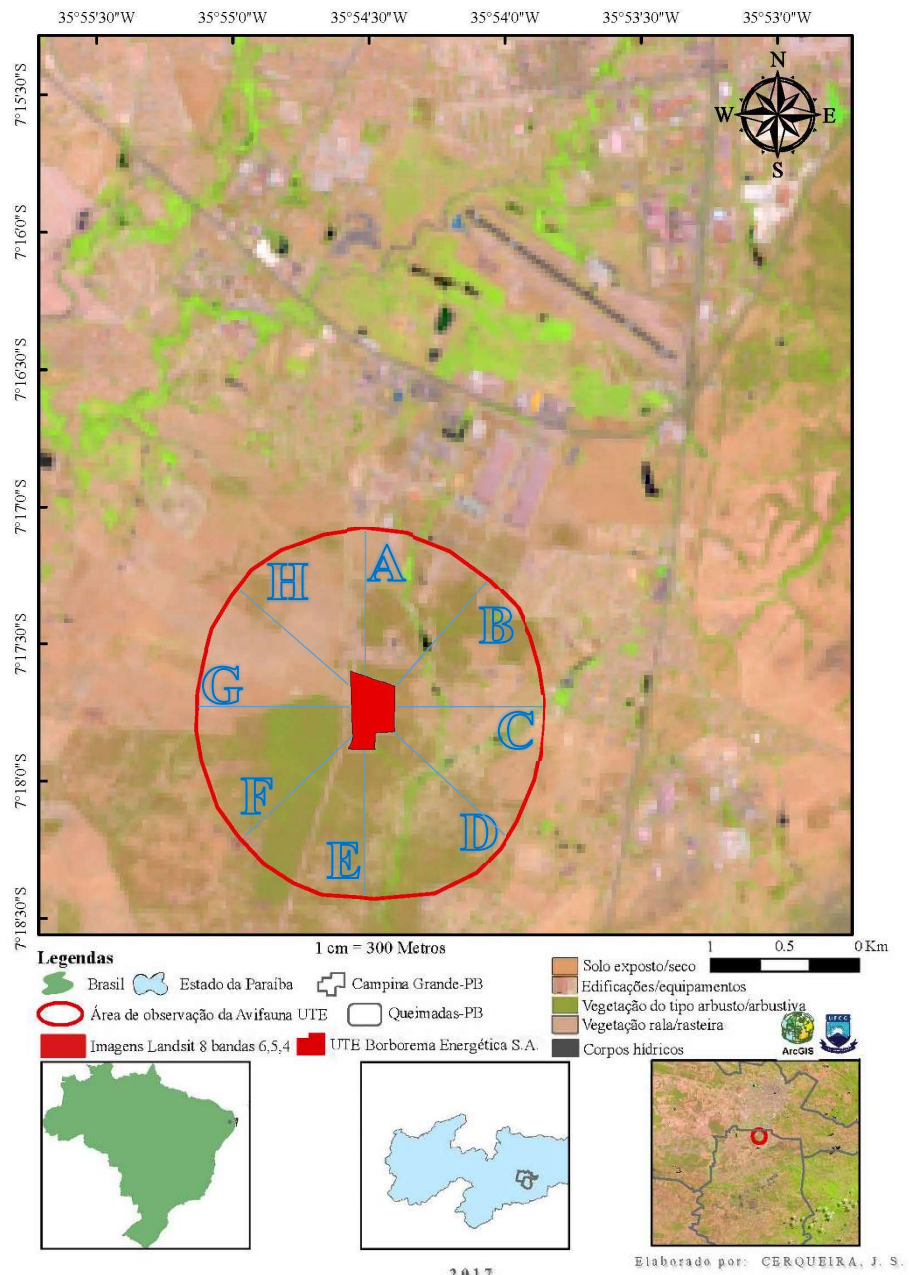
Segundo (2014) em um estudo com aves, na Fazenda Caiçara dos Quirinos, no Cariri Paraibano, observou que a frequência de ocorrência das espécies de aves observadas na área de estudo, ocorreu uma maior representatividade de espécies extremamente raras, além de uma menor representatividade de espécies raras, representados com índices acima de 30%, dados estes que diferem do nosso estudo.

Sobre o registro da FO da avifauna observada no entorno da UTE, os meses que tiveram maior registro de aves, também foram os meses que tiveram maior precipitação na área.

Na figura 5, visualiza-se a área onde foi realizada a observação da avifauna, no entorno da UTE, num percurso de 2000 metros. Por ordem de sorteio, iniciou-se a observação a partir do eixo “B – F”, seguindo as demais observações para o período considerado do estudo, sempre no sentido anti-horário.

A maioria das aves foram observadas próximas, aos corpos hídricos, que se estende de Nordeste para Sul do mapa (sentido “A – E”), fato este justificável, pois nas áreas alagadas a tendência de alimentos como insetos, é maior. Destacou-se também, nas áreas de vegetações de arbustos e arbustivas, que se localizam na parte Sudeste e Sul, com destaque, para as áreas Sudoeste e Oeste do mapa, onde a vegetação é mais evidente, possuindo inclusive, grande número de espécies de plantas frutíferas, tais como, *Spondias tuberosa* (Umbu), *Spondias mombin* (cajá), *Talisia esculenta* (pitomba), *Psidium cattleianum* (araçá) e *Ziziphus joazeiro* (juazeiro). Na região Noroeste do mapa visualiza-se pastagens cercadas, próximas a pequenos trechos de culturas de milho. Ao centro da área de estudo localiza-se a UTE, que possui vias de acesso pavimentadas e não pavimentadas, existe ainda presença de rede de alta tensão localização localizada na zona rural de Queimadas-PB, próximo ao bairro do Ligeiro, localizado entre os municípios de Campina Grande-PB e Queimadas-PB. Na parte Norte, encontra-se o bairro do Velame, em Campina Grande-PB, onde localiza o aeroporto de Campina Grande, região esta muito povoada, com crescimento acentuado nos últimos anos; a sul, encontra-se residências isoladas da zona rural de Queimadas-PB.

Figura 5 - Mapa de localização da área de estudo UTE Borborema S.A., 2016



Fonte: CERQUEIRA (2018)

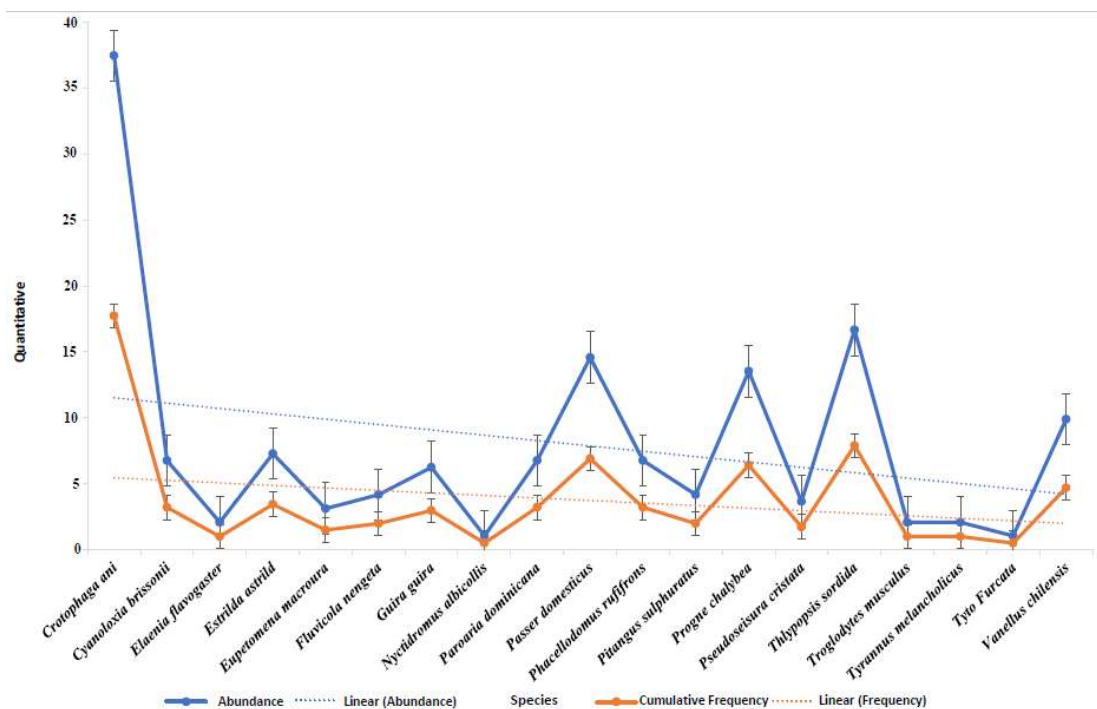
Sobre o hábito alimentar, tabela 5, as espécies com maior número de representantes foram os insetívoros ($n = 11$) e, os que tiveram menos representantes foram os necrófagos ($n = 1$) e os nectarívoros ($n = 1$). Quanto os estratos ocupados, identificou-se que não houve grande variação dessa distribuição. Já o padrão social, as categorias S/ P/ Gho ($n=11$) e S/ P, tiveram maiores registros.

Estes dados podem estar relacionados a baixa diversidade da fauna e flora no entorno da UTE. Com isso, a prevalência de aves insetívoras são as mais encontradas.

Em relação a abundância das aves, as espécies que apresentaram maior abundância foram: *Crotophaga ani* (72 indivíduos); *Coragyps atratus* (40 indivíduos) e *Thlypopsis sordida* (40 indivíduos).

A abundância (Figura 6) mostrou uma diferença significativa entre os grupos ($F = 5,91$, $gl = 1$, $p = 0,0018$), com uma variância de 62,03, onde o valor F crítico foi 4,019 e o valor de $P < 0,05$.

Figura 6 - Variação da abundância e frequência cumulativa das espécies de aves identificadas no entorno da UTE Borborema S.A., período de janeiro a dezembro de 2016



F Valor = 5.91; P Valor = 0.018; F crítico = 4.019

Fonte: CERQUEIRA (2018)

As espécies *Nyctidromus albicollis* e *Tyto Furcata*, somente foram observadas durante o horário noturno, com dois indivíduos cada, acredita-se que a carência de alimentos no local

do estudo, seja um fator preponderante para o registro de apenas dois indivíduos da espécie *Tyto Furcata*. Todas as espécies registradas, constam segundo a avaliação do estado de conservação das aves brasileiras, ciclo 2010-2014, como espécies (Menos Preocupante - LC), duas espécies foram classificadas como (Não Aplicável – NA), por serem espécies exóticas, *Estrilda astrild* e *Passer domesticus*.

A segunda maior abundância (*Coragyps atratus*) se deu por conta da área ser utilizada para descarte de bovinos, equinos e muares mortos.

Tabela 5 – Lista das espécies de aves observadas no entorno da UTE Energética Borborema S.A., classificação por espécie, hábito alimentar, padrão social, estratos ocupados e abundância, 2016

Espécie	Hábito alimentar	Padrão social	Estratos ocupados	Total Obs	Abundância
<i>Anthus lutescens</i>	Ins	S/ P	Ep/ Aer	4	2,08
<i>Ardea alba</i>	Car/Ins	S/ P/ Gho	Ep	6	3,12
<i>Camptostoma obsoletum</i>	Ins	S	Arbust/ Arb I	4	2,08
<i>Caracara plancos</i>	Oni	Gho	Arbust	18	9,37
<i>Coccyzus melacoryphus</i>	Car/Ins	S/ P	Ep	14	7,29
<i>Coereba flaveola</i>	Oni	S/ p/ Gho	Ep/ Aer	5	2,60
<i>Columbina talpacoti</i>	Car	S/ P/ Gho	Ep/ Arbust/ Arb I/ Aer	27	14,06
<i>Coragyps atratus</i>	Necro	Gho	Ep/ Arbust/ Arb I/ Aer	40	20,83
<i>Cranioleuca semicinerea</i>	Ins	S/ P/ Gho	Ep/Arbust/ Arb I	1	0,52
<i>Crotophaga ani</i>	Ins	S/ P/ Gho	Arb I/ Aer	72	37,50
<i>Cyanoloxia brissonii</i>	Ins/ Fru	S/ P/ Gho	Arb I/ Aer	13	6,77
<i>Elaenia flavogaster</i>	Ins/ Fru	S/ P/ Gho	Ep/ Arbust	4	2,08
<i>Estrilda astrild</i>	Gran	S/ P/ Gho/Bho	Ep/ Arbust/ Arb I/ Aer	14	7,29
<i>Eupetomena macroura</i>	Nec	S	Arbust/ Arb I/ Aer	6	3,12
<i>Fluvicola nengeta</i>	Ins	S/ P	Ep/ Arbust/ Arb I	8	4,17
<i>Guira guira</i>	Ins	S/ P/ Gho/ Bho	Ep/ Arbust/ Arb I/ Arb II/ Aer	12	6,25
<i>Nyctidromus albicollis</i>	Ins	S/ P	Ep	2	1,04
<i>Paroaria dominicana</i>	Ins/ Fru	S/ P/ Gho	Arb I/ Aer	13	6,77
<i>Passer domesticus</i>	Oni	S/ P/ Gho	Ep/ Arbust/ Arb I/ Arb II/ Aer	28	14,58
<i>Phacellodomus rufifrons</i>	Ins	S/ P/ Gho	Ep/ Arbust/ Arb I	13	6,77
<i>Pitangus sulphuratus</i>	Oni	S/ P	Ep/ Arbust/ Arb I/ Arb II/ Aer	8	4,17
<i>Progne chalybea</i>	Ins	Gho/ Bho	Aer	26	13,54
<i>Pseudoseisura cristata</i>	Car	S/ P	Arb II/ Aer	7	3,65
<i>Thlypopsis sordida</i>	Oni	S/ P/ Gho/ Bhe	Arb I/ Arb II/ Aer	32	16,67
<i>Troglodytes musculus</i>	Ins	S/ P	Ep/ Arbust/ Arb I	4	2,08
<i>Tyrannus melancholicus</i>	Ins	S/ P/ Gho	Arbust/ Arb I/ Arb II/ Aer	4	2,08
<i>Tyto Furcata</i>	Car	S/ P	Aer	2	1,04
<i>Vanellus chilensis</i>	Gran	S/ P/ Gho/ Bho	Ep/ Arbust/ Arb I/ Aer	19	9,90

Fonte: CERQUEIRA (2018)

Nota: Hábito alimentar = Ins – insetívoras, Fru – frugívoras, Nec – nectarívoras, Necro – Necrófago, Gran – granívoras, Car – carnívoras, Oni – onívoras. Padrão social = S – solitário, C – casal, G – grupo, Bho – bando homogêneo, Bm – bando misto. Estratos ocupados = Ep – Epigeu, Herb – herbáceo, Arbust – arbustivo, Arb I - arbóreo I, Arb II - arbóreo II, Era - aéreo. Abundância = expressa em número total de indivíduos, de cada espécie, registrada por hora de observação.

Nas áreas desprovidas de vegetação/desnudas foram registrados espécimes de *Caracara plancos* e *Coragyps atratus* justificável pela disposição nestas áreas de resíduos sólidos orgânicos, tais como carcaças bovinas, equinas e animais domésticos.

Contudo, as aves frugívoras e nectarívoras dependem de estratos arbustivos para servir de abrigo, alimentação e reprodução, são prejudicadas diretamente pela perturbação desse habitat.

Mesmo assim, algumas espécies de aves convivem muito bem com o ser humano, é o caso das espécies de *Tyto furcata*, *Passer domesticus*, *Columbina talpacoti*, *Coragyps atratus*, *Caracara plancos* e *Ardea alba* devido a oportunidade e disponibilidade de alimento.

Corroborando com nossos resultados, em atenção à diversidade da família Tyrannidae, em um estudo realizado por Mendes e Sousa (2016), na Serra do Comissário, Sertão Paraibano foi registrado 140 espécies de aves, distribuídas em 45 famílias, sendo as três famílias mais representativas Tyrannidae (14,2%), Thraupidae (9,2%) e Columbidae (5,7%).

As espécies da família Tyrannidae são geralmente insetívoros e utilizam estratégias durante o forrageamento gerando consequências de interações de morfologia, preferência alimentar, comportamento, seleção de habitat, disponibilidade de presas e, as relações entre predadores e concorrentes. Portanto, conseguem coexistir no mesmo ambiente partilhando recursos alimentares (BISSOLI; SOUZA; ROPER, 2014).

Divergindo de nossos resultados, Olmos, Silva e Albano (2005), em estudo realizado em áreas de Caatinga, nos Estados de Ceará e Pernambuco, registraram que a espécie de aves mais abundante foi a *Paroaria dominicana*, acredita-se que este fato se deu, por estar mais adaptada à vegetação de caatinga baixa e alterada.

Além da intensiva caça predatória e diminuição das vegetações nativas, para conversão de áreas de pastagem, a avifauna têm enfrentado uma grande problemática que afeta a abundância de populações, em algumas áreas da Paraíba, pela prática ilegal da domesticação, que se tornou uma prática cultural. Comumente são encontradas aves engaioladas em residências, bares e feiras livres (DANTAS, 2015). Sendo incomum a fiscalização pelos órgãos ambientais.

Destaca-se as espécies *Thlypopsis sordida*, *Cyanoloxia brissonii* e *Paroaria dominicana*, que são constantemente comercializadas ilegalmente, nas feiras de Campina Grande-PB e dentre outras. De acordo com Silva et al. (2015), em Arapiraca-AL, grande quantidade de aves silvestres são comercializadas ilegalmente e abertamente na feira livre do município, sendo as espécies mais encontradas pertencentes as famílias Emberezidae e Thraupidae, e as ordens Passeriformes e Columbiformes.

Outra ameaça, está na modificação do ruído ambiente, que pode alterar consideravelmente a comunicação acústica dos animais, interferindo diretamente na detecção, discriminação e reconhecimento da vocalização entre as espécies de aves Brumm e Slabbekoorn (2005), que utilizam o sinal acústico da vocalização para anunciar potenciais predadores e atrair parceiros para cópulas ou defender território (COLLINS, 2004; POESEL et al., 2006).

As principais fontes antropogênicas de ruídos são as indústrias e os meios de transporte, sendo considerados os de maior relevância para a vida selvagem por sua ampla distribuição global. Esses ruídos causam impactos negativos sobre populações de aves, podendo acarretar, inclusive, redução na densidade populacional e sucesso reprodutivo por estresse ou mascaramento. As espécies de aves possuem faixas de sensibilidade auditiva condizentes com seus hábitos, portanto, ainda não é possível prever o nível de interferência que os ruídos causarão sobre cada espécie (LANZER, 2007).

3.4 CONCLUSÕES

Com o levantamento ornitofaunístico foi possível identificar 29 espécies de aves, sendo a maioria errante, diagnosticando uma baixa abundância e baixa diversidade de espécies na área estudada, demonstram assim, o estado precário de conservação e integridade ecológica nessa área.

A ordem com mais representantes foi Passeriformes representada pelas espécies *Crotophaga ani*, *Caracara plancos*, *Guira guira* e *Thlypopsis sórdida*.

A maioria das espécies da avifauna foram encontradas nas áreas arbustivas, posterior a 300 metros do entorno da termelétrica, acredita-se que o ruído gerado pelo funcionamento da termelétrica afugenta as aves, modificando desta forma, seu habitat, além de interferir diretamente em seu comportamento e reprodução. Sendo assim, a degradação ambiental reduz a probabilidade de sucesso da maioria das espécies.

Assim sendo, outros estudos devem ser realizados na área, a fim de monitorar e acompanhar o estado de conservação ambiental, bem como, a integridade ecológica, avaliando melhor a distribuição espacial da avifauna e os comportamentos da avifauna nesta região.

CAPÍTULO III

4 FLORA

4.1 INTRODUÇÃO

A região Nordeste do Brasil abrange uma área equivalente a 18% do território nacional, desde o início de colonização que a sua ocupação foi submetida ao desmatamento descontrolado e inconsequente, inicialmente, suprimiu-se a Mata Atlântica para a implantação de canaviais, no litoral. Com a implantação da pecuária extensiva e ampliação da agricultura, buscou-se novas áreas no interior, onde foi destruído grande parte do bioma Caatinga (BESSA; MEDEIROS, 2011).

A Caatinga pode ser caracterizada como um dos tipos de vegetação xerófila do semiárido brasileiro, especificamente, aquele encontrado sobre os solos rasos e pouco permeáveis dos afloramentos cristalinos, amplamente distribuídos na região. Desta maneira, o agreste deve ser considerado como parte das caatingas, como uma variante hipoxerófila das comunidades são encontradas a oeste desta (OLIVEIRA; GONÇALVES; BONVICINO, 2003).

O desmatamento elevado no Bioma Caatinga vem gerando processos de desertificação em diversas áreas, alterando conseqüentemente, a biota, o microclima e os solos, sendo fundamental o desenvolvimento de técnicas de pesquisas capazes de incorporar informações que identifiquem o estado dos recursos naturais, apontando os seus relacionamentos e algumas ações a serem tomadas para uma intervenção eficiente que gere a recuperação e o aproveitamento sustentável dos solos nesse ambiente (SOUZA; ARTIGAS; LIMA, 2015).

Outras adversidades afetam significativamente a flora do semiárido, tais como, os danos causados pela poluição atmosférica. Os vegetais são seres que apresentam respostas mais rápidas a esse tipo de poluição, que são úteis para estabelecer os primeiros contaminantes atmosféricos, determinando a distribuição geográfica dos poluentes, estimando a concentração de poluentes e possibilitando obter a identificação dos diferentes poluentes atmosféricos, conforme a variedade das plantas afetadas, tornando assim, um excelente bioindicador (SIKORA; CHAPPELKA, 2004).

As condições edafoclimáticas, desempenham papel importante no desenvolvimento vegetal que contribui, conseqüentemente, para a diversidade biológica, de um determinado local. A estrutura fisiológica dos vegetais indica grandes variações em resposta ao meio ambiente. Observa-se ainda, que as formações de clareiras e anéis em plantas, compõem um

padrão específico como resposta ambiental (luz, temperatura, seca, propriedades do solo, direção do vento e/ou causas antropogênicas) (TSHERING, 2016).

Portanto, os vegetais possuem grande importância ambiental, pois controlam a poluição do ar e a erosão, além de proteger as encostas de deslizamentos de terra são essenciais para a alimentação, o abrigo, a nidificação e reprodução dos animais. Dentre os fatores responsáveis pela degradação das áreas florestais, destacam-se, a exploração de produtos florestais insustentáveis, sobrepastoreio, incêndios e poluição. Destaca-se também que, a cobertura florestal na maioria dos países tropicais diminuiu em uma taxa alarmante nas últimas décadas (PATRA; DEY; DAS, 2015).

A necessidade de conservação da biodiversidade conseguiu ampla aceitação, em grande parte do planeta, devido a superação do conflito entre preservação e uso da natureza, que defende a importância da proteção em nome do benefício ambiental potencial. Essa aceitação ganha mais força, à medida em que a ciência descobre novos princípios ativos e/ou importância das plantas e animais até então sem interesse, bem como a distribuição dessas espécies e ação dos seres humanos em seus habitats (GIULIETTI et al., 2003).

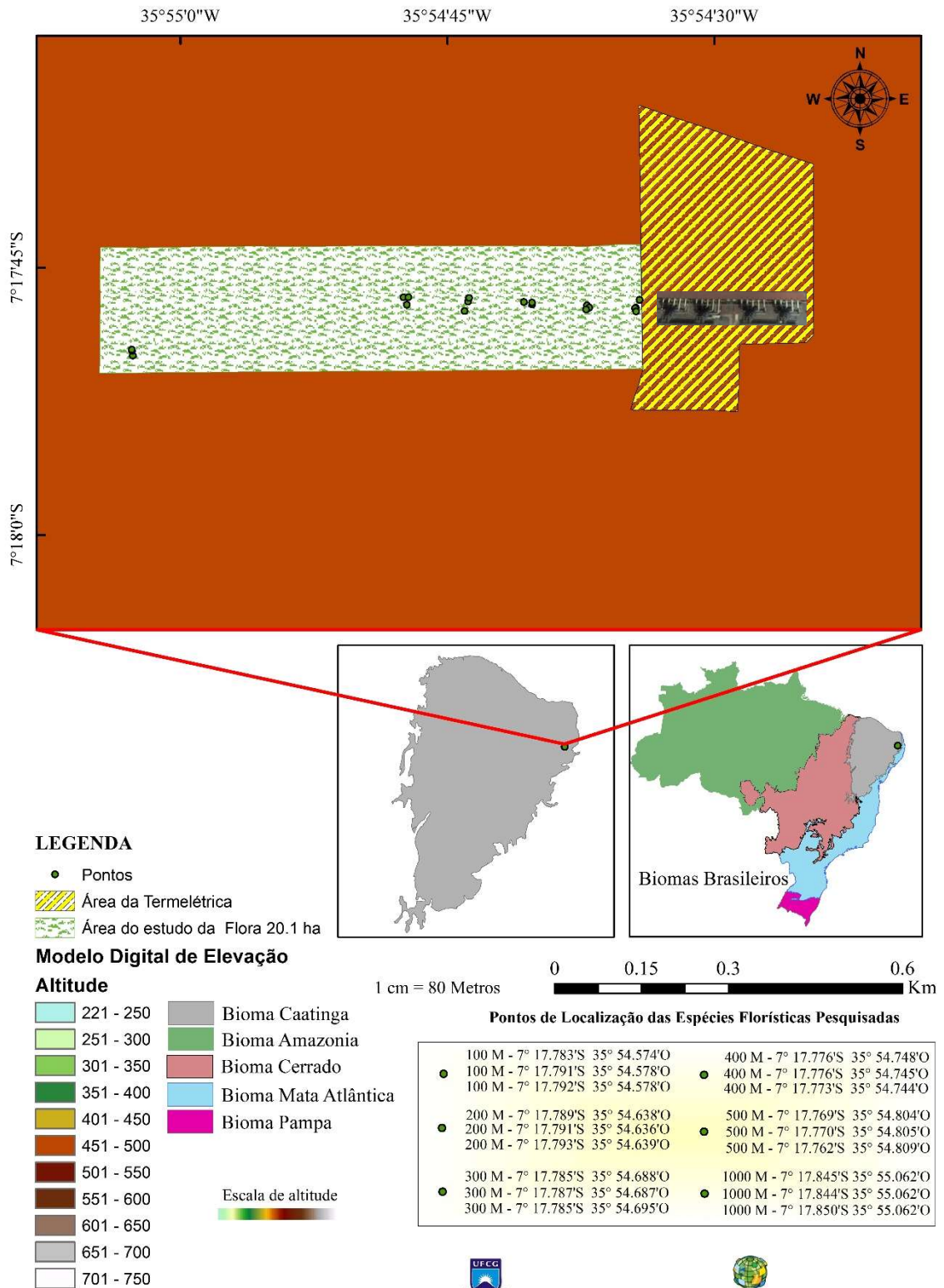
Neste contexto, este estudo objetivou identificar as espécies arbóreas em uma área do entorno da Termelétrica Borborema Energética S.A., diagnosticando assim, a integridade ecológica dos remanescentes arbóreos dessa área.

4.2 MATERIAL E MÉTODOS

4.2.1 Caracterização da área de estudo

O estudo foi realizado em uma área que possui fisionomia arbórea/arbustiva, situado no entorno da Usina Termelétrica Borborema Energética S.A., em uma área com 20,1ha, sendo as parcelas selecionadas aleatoriamente, a 100, 200, 300, 400, 500 e 1000m de distância das chaminés da Usina Termelétrica. (Figura 7). Possui relevo plano e, altitude média de 487m. Os solos são rasos e pedregosos, predominantemente dos tipos Planossolos e Vertissolos. Portanto, a vegetação caracteriza-se como caatinga hipoxerófila, típica do semiárido brasileiro, que apresenta vestígios de vegetação do ecótono Caatinga/Mata Atlântica (EMBRAPA, 2006; FRANCISCO, 2010). Chama-se a atenção, que na Paraíba, Brasil, há uma abundância de afloramentos rochosos, que são elementos típicos da região semiárida (SILVA; GERMANO, 2013).

Figura 7 – Localização da área do estudo florístico com pontos de elevação na UTE Borborema S.A.



2017



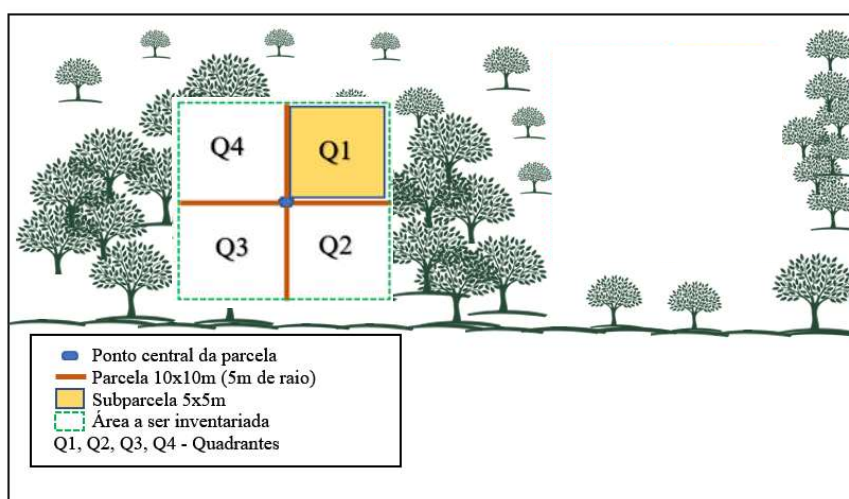
Elaborado por: CERQUEIRA, J. S.

Fonte: CERQUEIRA (2018)

4.2.2 Levantamento da flora

A pesquisa foi realizada no período de janeiro a dezembro de 2016 e, para o Levantamento Florístico (LF), a amostragem do componente arbustivo-arbóreo foi realizada de acordo com o método adotado por Muller-Dombois e Elleberg (1974) e Rodal (2006). Através das ferramentas de geoprocessamento ArcMap 10.1 (2011) e GPS, os pontos de amostragem foram pré-definidos, onde buscou-se inventariar os locais que pudessem apresentar maior representatividade arbórea, evitando assim, clareiras e as bordas da área de estudo, por intermédio de locação de 6 parcelas contíguas, de 10m x 10m (Figura 8), em cada área.

Figura 8 – Transecto utilizado para inventariar as espécies arbóreas do entorno da UTE Borborema S.A.



Fonte: CERQUEIRA (2018)

A técnica de medição de árvores individualmente é denominada de dendrometria, que se refere ao estudo das dimensões das árvores, objetivando determinar o volume florestal prognosticando assim, com confiança, o estoque e o incremento florestal (SILVA, 2004). Para identificar a altura das plantas empregou-se o PVC, utilizando varas de 2m de altura, encaixados e colocados próximos da planta a ser mensurada (Figura 9). Os canos de PVC, também receberam uma marcação a cada 10, 25 ou 50cm para detalhar a altura das plantas, adaptado de Moro e Martins (2011).

Figura 9 – Utilização de canos de PVC, para mensurar as espécies vegetais



Fonte: CERQUEIRA (2018)

Confeccionou-se também, exsicatas dos exemplares de cada espécie presente nas áreas amostradas e o material vegetativo-reprodutivo coletado, identificou-se através de comparação com bibliografia especializada e exsicatas existentes no Herbário Jaime Coelho de Moraes do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal Paraíba e, posteriormente, incorporado a ele. A lista florística foi organizada de acordo com o Sistema APG IV (2016) e a lista dos autores das espécies, segundo Brummitt e Powell (1992).

O processamento dos dados fitossociológicos, para obtenção dos valores de estrutura horizontal, foi realizado por meio do software Mata Nativa 4.0 (CIENTEC, 2016). O material botânico coletado constitui-se dos ramos, que continham estruturas reprodutivas, como flores, frutos e sementes, o que facilitou a identificação das espécies não identificadas em campo ou com identificação duvidosa.

Como material de pesquisa empregou-se, paquímetro, trena, cano de PVC, bloco de anotação, GPS Garmin Gpsmap 62sc câmera 5mp, câmera digital semiprofissional Canon powershot SX60HS 16.1MP LCD 3.0, zoom óptico de 65x, microcomputador, rede mundial de computadores e periféricos e, softwares (Excel 2016, ArcMap 2011, licenciado para o Laboratório de Cartografia Digital, Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto – CADIGEOS, dos cursos de Pós-Graduação do Centro de Humanidades da Universidade Federal de Campina Grande - UFCG).

Ademais, para as análises estruturais da flora e estatística, utilizou o software Mata Nativa 4.0 © (CIENTEC, 2016).

Comparou-se também à similaridade entre as espécies pelo índice de Jaccard, que

expressa a semelhança entre ambientes, baseando-se no número de espécies comuns. A matriz de similaridade florística resultante foi utilizada para a análise de agrupamentos, pelo método de médias aritméticas não ponderadas (UPGMA) e pela geração de um dendrograma (SNEATH; SOKAL, 1973).

4.2.3 Composição florística e estrutural

A identificação das espécies florísticas constantes da área de estudo foram padronizadas de acordo com a circunferência de 3cm à altura do peito (CAP), altura e o número de perfilhos. A estrutura da vegetação foi avaliada através da área basal, densidade, frequência, dominância, valor de cobertura e valor de importância (BROWN-BLANQUET, 1950; MÜLLER-DOMBOIS; ELLEMBERG, 1974; KENT; COKER, 1999).

4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As espécies florísticas totalizaram 280 indivíduos, distribuídas em 17 famílias. A família que teve maior representante foi a Euphorbiaceae ($n = 4$) e, as espécies que tiveram apenas um representante foram, *Jatropha curcas*, *Tabebuia aurea*, *Clitoria ternatea*, *Capparis flexuosa* L., *Libidibia férrea*, *Pisonia tomentosa*, *Schinopsis brasiliensis* e *Ceiba glaziovii* (Tabela 6). Desta forma, evidencia-se que a área pesquisada apresentou um número diversificado de famílias e um reduzido número de indivíduos por parcela.

Tabela 6 - Lista de famílias e espécies presentes na área de estudo

Código	Nome Científico	Nome Comum	Família	n°
1	<i>Combretum glaucocarpum</i>	Sipaúba	Combretaceae	61
2	<i>Croton sonderianus</i>	Marmeleiro	Euphorbiaceae	50
3	<i>Aspidosperma pyriformis</i>	Pereiro	Apocynaceae	44
4	<i>Mimosa tenuiflora</i> Wild	Jurema Preta	Fabaceae	32
5	<i>Bauhinia forficata</i> Linn	Mororó	Leguminosae	25
6	<i>Piptdenia stipulacea</i> Benth	Jurema Branca	Mimosaceae	23
7	<i>Poincianella pyramidalis</i> Tul.	Catingueira	Leguminosae caesalpinoideae	12
8	<i>Uncaria tomentosa</i>	Jurema Unha de Gato	Rubiaceae	5
9	<i>Manihot pseudoglaziovii</i>	Maniçoba	Euphorbiaceae	4
10	<i>Croton heliotropiifolius</i>	Velame	Euphorbiaceae	3
11	<i>Capparis yco</i>	Icó	Capparaceae	3
12	<i>Commiphora leptophloeos</i>	Umburana	Burseraceae	3
13	<i>Ziziphus joazeiro</i>	Juazeiro	Rhamnaceae	3
14	<i>Acacia glomerosa</i> Benth	Jurema Amorosa	Leguminosae Mimosoideae	2
15	<i>Eugenia pyriformis</i> var. <i>uvulha</i>	Uvaia	Myrtaceae	2
16	<i>Jatropha curcas</i>	Pinhão Branco	Euphorbiaceae	1
17	<i>Tabebuia aurea</i>	Ipê Amarelo	Bignoniaceae	1
18	<i>Clitorea ternatea</i>	Cunhã	Fabaceae	1
19	<i>Capparis flexuosa</i> L.	Feijão Bravo	Capparaceae	1
20	<i>Libidibia ferrea</i>	Jucá	Fabaceae	1
21	<i>Pisonia tomentosa</i>	João Mole	Nyctaginaceae	1
22	<i>Schinopsis brasiliensis</i>	Baraúna	Anacardiaceae	1
23	<i>Ceiba glaziovii</i>	Barriguda	Malvaceae	1
	*** Total			280

Fonte: CERQUEIRA (2018)

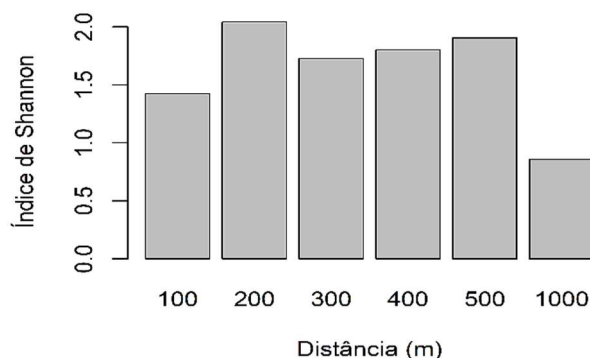
Legenda: n°=número de indivíduos encontrados.

Estes dados se assemelham com os de Pereira Júnior et al. (2014), quanto ao número de famílias registradas, pois no levantamento florístico do componente arbustivo-arbóreo na Fazenda Mocó, município de Monteiro-PB, numa área de 30 hectares identificou-se 16 famílias, sendo as mais representativas, Fabaceae (n = 12) e, Anacardiaceae e Euphorbiaceae, ambas com 4 representantes.

Contudo, nossos resultados divergem de Sabino, Cunha e Santana (2016), que realizaram um estudo em fragmentos de caatinga, na Fazenda Nupeárido, município de Patos-PB, em duas áreas, totalizando 80 hectares, com 25 parcelas, onde identificou-se na área “A” 2.226 indivíduos, pertencentes 11 famílias botânicas, enquanto que na área “B” foram levantados 1.930 indivíduos, pertencentes a 9 famílias botânicas. Em ambas as áreas, as famílias Fabaceae e Euphorbiaceae foram as mais ricas, com 7 e 4 espécies, respectivamente. Tal divergência dá-se em relação ao número de indivíduos catalogados nas duas áreas, bem como, o número de parcelas foi inferior.

A figura 10, representa a Diversidade Florística de acordo com o Índice de Shannon para as 6 parcelas inventariadas, cujas distâncias foram 100, 200, 300, 400, 500 e 1.000 metros das chaminés da Termoelétrica, ponto de referência para determinar tais distâncias.

Figura 10 – Diversidade Florística no entorno da UTE Borborema S.A. de acordo com o Índice de Shanon em relação a distribuição espacial



Fonte: CERQUEIRA (2018)

Na análise florística realizada na área de estudo (Tabela 7), destaca-se a que obteve a maior riqueza foi a *Combretum glaucocarpum* (N=61). Já, a espécie que teve a maior diversidade foi a *Croton sonderianus*, com espécimes em todas as parcelas. Seguida consecutivamente das espécies *Aspidosperma pyriformis*, *Mimosa tenuiflora* e *Piptdenia stipulacea*, todas encontradas em 5 parcelas, destacam-se também, que as espécies *Jatropha curcas*; *Tabebuia aurea*; *Clitorea ternatea*; *Capparis flexuosa* L.; *Libidibia férrea*; *Pisonia tomentosa*; *Schinopsis brasiliensis*; *Ceiba glaziovii*, com incidência somente em uma das parcelas e tiveram um único representante (N=1).

Tabela 7 - Lista de espécies florísticas no entorno da UTE Borborema S.A. representadas por riqueza, percentual e distribuição nas parcelas

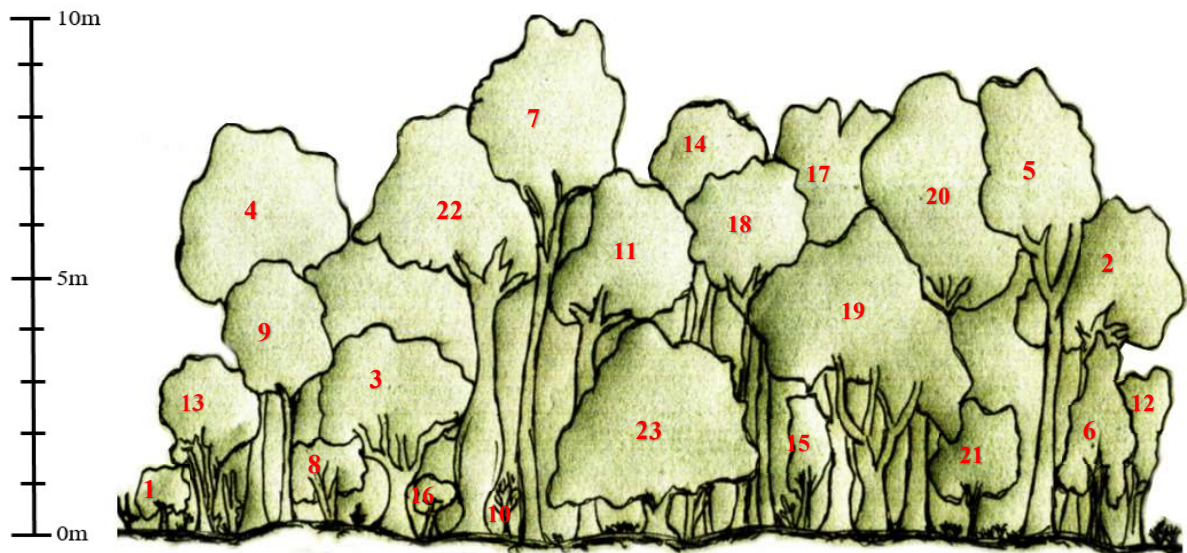
Código	Nome Científico	Nome Comum	N	%	Parcelas
1	<i>Croton sonderianus</i>	Marmeleiro	50	17.86	1, 2, 3, 4, 5, 6
2	<i>Aspidosperma pyriformis</i>	Pereiro	44	15.71	1, 2, 3, 4, 5
3	<i>Mimosa tenuiflora</i> Wild	Jurema Preta	32	11.43	1, 2, 4, 5, 6
4	<i>Piptdenia stipulacea</i> Benth	Jurema Branca	23	7.5	1, 2, 3, 4, 5
5	<i>Poincianella pyramidalis</i> Tul.	Catingueira	12	4.29	2, 3, 4, 5
6	<i>Uncaria tomentosa</i>	Jurema Unha de Gato	5	1.79	1, 2, 3
7	<i>Combretum glaucocarpum</i>	Sipaúba	61	21.78	2, 3, 4
8	<i>Bauhinia forficata</i> Linn	Mororó	25	8.93	2, 4, 5
9	<i>Acacia glomerosa</i> Benth	Jurema Amorosa	2	0.71	2, 3
10	<i>Capparis yco</i>	Icó	3	1.07	2, 4
11	<i>Manihot pseudoglaziovii</i>	Maniçoba	4	1.43	4, 5
12	<i>Jatropha curcas</i>	Pinhão Branco	1	1.07	1
13	<i>Croton heliotropifolius</i>	Velame	3	1.07	1
14	<i>Tabebuia aurea</i>	Ipê Amarelo	1	0.36	2
15	<i>Clitorea ternatea</i>	Cunhã	1	0.36	2
16	<i>Capparis flexuosa</i> L.	Feijão Bravo	1	0.36	2
17	<i>Libidibia ferrea</i>	Jucá	1	0.36	2
18	<i>Pisonia tomentosa</i>	João Mole	1	0.36	3
19	<i>Commiphora leptophloeos</i>	Umburana	3	1.07	3
20	<i>Schinopsis brasiliensis</i>	Baraúna	1	0.36	4
21	<i>Eugenia pyriformis</i> var. <i>uvalha</i>	Uvaia	2	0.71	5
22	<i>Ceiba glaziovii</i>	Barriguda	1	0.36	5
23	<i>Ziziphus joazeiro</i>	Juazeiro	3	1.07	6

Fonte: CERQUEIRA (2018)

Nota: N = Riqueza; % = percentual da riqueza; Parcelas = Diversidade.

O maior número de indivíduos da espécie *Combretum glaucocarpum* registrados nas parcelas 2, 3, 4 é justificável, por estas parcelas se localizar no interior dos resquícios vegetacionais que compõe a área de estudo. A ocorrência desta vegetação é comum nos domínios do semiárido do nordeste brasileiro, pois caracteriza-se como caatinga arbórea e, quando adulta pode chegar até cerca de 12 metros. Atribui-se ainda, a maior diversidade do *Croton sonderianus* (marmeleiro), por ser uma área modificada por ações antrópicas, apresentando-se assim estágios iniciais ou intermediários de sucessão ecológica e regeneração natural. Um perfil esquemático da vegetação catalogada nas áreas amostrais é apresentado na figura 11.

Figura 11 - Perfil esquemático da vegetação amostrada em 20,1ha do entorno da UTE Boroboema S.A., de 6 parcelas (10×10m) em escala segundo as suas alturas



Legenda:

- | | | |
|--|------------------------------------|---|
| 1 <i>Croton sonderianus</i> | 9 <i>Acacia glomerosa</i> Benth | 17 <i>Libidibia férrea</i> |
| 2 <i>Aspidosperma pyrifolium</i> | 10 <i>Capparis yco</i> | 18 <i>Pisonia tomentosa</i> |
| 3 <i>Mimosa tenuiflora</i> Wild. | 11 <i>Manihot pseudoglaziovii</i> | 19 <i>Commiphora leptophloeos</i> |
| 4 <i>Piptdenia stipulacea</i> Benth | 12 <i>Jatropha curcas</i> | 20 <i>Schinopsis brasiliensis</i> |
| 5 <i>Poincianella pyramidalis</i> Tul. | 13 <i>Croton heliotropiifolius</i> | 21 <i>Eugenia pyriformis</i> var. <i>uvalha</i> |
| 6 <i>Uncaria tomentosa</i> | 14 <i>Tabebuia aurea</i> | 22 <i>Ceiba glaziovii</i> |
| 7 <i>Combretum glaucocarpum</i> | 15 <i>Clitorea ternatea</i> | 23 <i>Ziziphus joazeiro</i> |
| 8 <i>Bauhinia forficata</i> Linn | 16 <i>Capparis flexuosa</i> L. | |

Fonte: CERQUEIRA (2018)

Destaca-se também, que a baixa diversidade da área pesquisada é uma característica marcante do bioma caatinga, quando comparada a outros biomas e, que quando estes resquícios vegetacionais estão mais expostos as perturbações antrópicas, esta situação é potencializada. Prejudicando assim, a integridade ecológica da região, que afeta principalmente, a fauna e a qualidade de vida das pessoas.

Em inventários florísticos na Caatinga Cearense, também foi encontrada a espécie *Combretum glaucocarpum* em remanescentes vegetacionais de carrasco, na caatinga arbórea, mata seca e complexo litorâneo em mata de tabuleiro. É típica na espécie o aparecimento de flores nos meses de fevereiro a abril, junho e dezembro e, frutos de maio a setembro. Popularmente também é conhecida como cipaúba, cipaúba-de-boi e sipaúba (SOARES NETO; CORDEIRO; LOIOLA, 2014). Apesar de sua importância ecológica é uma planta nefrotóxica para ruminantes (TOKARNIA et al., 2012).

A sipaúba é muito abundante na região do semiárido, no Inventário Florestal Nacional realizada no Ceará (IFN-CE), pode-se observar que dentre as dez espécies de maior valor de importância, de acordo com a amostragem realizada no Corredor Ecológico do Rio Pacoti e na APA da Serra da Aratanha, a espécie *Combretum glaucocarpum* estava listada nas duas amostragens (BRASIL, 2016).

Por ser uma espécie abundante e importante nos processos de sucessão natural, o *Croton sonderianus* é referenciado como elemento biodiagnóstico de regiões antropizadas e em processo de regeneração (ARAÚJO et al., 2012).

De acordo com Andrade et al. (2005), no levantamento realizado em duas fitofisionomias de caatinga em São João do Cariri-PB, as cinco espécies que apresentaram maior riqueza na Área I de estudo foram, em ordem decrescente, *Croton sonderianus* (marmeleiro), *Caesalpinia pyramidalis* (catingueira), *Aspidosperma pyriformis* (pereiro), *Jatropha mollissima* (pinhão) e *Mimosa stipulacea* (jurema-branca), constando desta forma, alto grau de perturbação ecológica nesta área.

Quanto o número de famílias representadas por parcela, os nossos resultados seguem a mesma tendência de Santana et al. (2016), que das 10 famílias detectadas no inventário, localizado na Estação Ecológica do Seridó-RN, sete foram representadas por uma única espécie. A família Fabaceae se apresentou com nove espécies, Euphorbiaceae com quatro e Bignoniaceae com duas. Normalmente são as mais frequentes nos estudos de levantamento florístico em vegetação de Caatinga.

Em relação aos índices de similaridade de Jaccard (Tabela 8) variaram de 0,17 (*Jatropha curcas*, *Croton heliotropiifolius*, *Tabebuia aurea*, *Clitoria ternatea*, *Capparis flexuosa* L., *Libidibia ferrea*, *Pisonia tomentosa*, *Commiphora leptophloeos*, *Schinopsis brasiliensis*, *Eugenia pyriformis* var. *uvalha*, *Ceiba glaziovii*, *Ziziphus joazeiro*) a 0,83 (*Mimosa tenuiflora* Wild).

Tabela 8 - Matriz de similaridade florística (Jaccard) das espécies presentes na área de estudo

Esp.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
1	-	0.67	0.67	0.83	0.67	0.50	0.50	0.50	0.33	0.33	0.33	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17
2	-	-	0.60	0.80	0.60	0.75	0.40	0.40	0.50	0.20	0.20	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.00	0.33	0.33	0.00
3	-	-	-	0.80	0.75	0.40	0.40	0.75	0.20	0.40	0.50	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.00	0.00	0.25	0.25	0.25	0.00
4	-	-	-	-	0.80	0.60	0.60	0.60	0.40	0.40	0.40	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.00
5	-	-	-	-	-	0.40	0.75	0.75	0.50	0.50	0.50	0.00	0.00	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.00
6	-	-	-	-	-	-	0.50	0.20	0.67	0.25	0.00	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.00	0.00	0.00	0.00
7	-	-	-	-	-	-	-	0.50	0.67	0.67	0.25	0.00	0.00	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.00	0.00	0.00
8	-	-	-	-	-	-	-	-	0.25	0.67	0.67	0.00	0.00	0.33	0.33	0.33	0.33	0.00	0.00	0.33	0.33	0.33	0.00
9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.33	0.00	0.00	0.00	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.00	0.00	0.00	0.00
10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.33	0.00	0.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00
11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	1.00	0.00
12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.00	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
16	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
17	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
18	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00
19	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.00	0.00	0.00	0.00
20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.00	0.00	0.00
21	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.00	0.00
22	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.00
23	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Fonte: CERQUEIRA (2018)

Nota: As espécies florísticas estão representadas por números arábicos. 1 = *Croton sonderianus*; 2 = *Aspidosperma pyrifolium*; 3 = *Mimosa tenuiflora* Wild; 4 = *Piptadenia stipulacea* Benth; 5 = *Poincianella pyramidalis* Tul.; 6 = *Uncaria tomentosa*; 7 = *Combretum glaucocarpum*; 8 = *Bauhinia forficata* Linn; 9 = *Acacia glomerosa* Benth; 10 = *Capparis yco*; 11 = *Manihot pseudoglaziovii*; 12 = *Jatropha curcas*; 13 = *Croton heliotropiifolius*; 14 = *Tabebuia aurea*; 15 = *Clitorea ternatea*; 16 = *Capparis flexuosa* L.; 17 = *Libidibia férrea*; 18 = *Pisonia tomentosa*; 19 = *Commiphora leptophloeos*; 20 = *Schinopsis brasiliensis*; 21 = *Eugenia pyriformis* var. *uvalha*; 22 = *Ceiba glaziovii*; 23 = *Ziziphus joazeiro*.

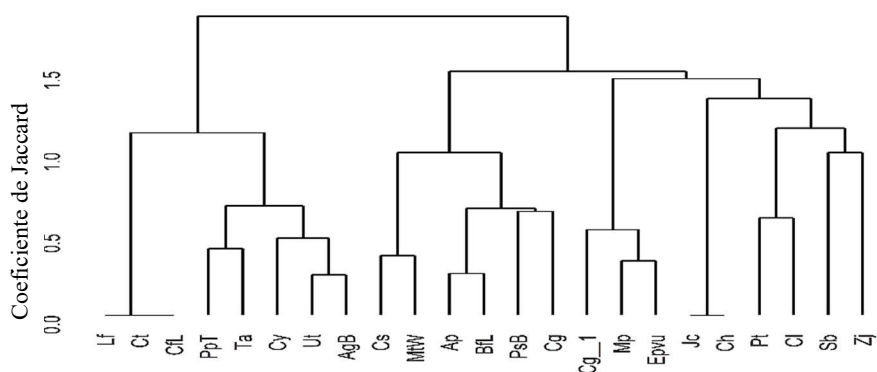
De acordo com Melo (2004), o índice de Jaccard é utilizado tanto para comparar espécies florísticas em geral em grandes áreas, como também para determinar similaridade de parcelas em termos de composição de espécies. Assim, à similaridade é máxima, quando o valor é igual a 1 e inexistente quando for 0. Normalmente, o índice de Jaccard acima de 0,5 indica alta similaridade.

Neste sentido, à similaridade analisada entre as espécies da área de estudo, pode ser considerada como baixa, exceto as espécies 4 e 1, com similaridade (Jac = 83%), seguida pelas espécies 4 e 2, 4 e 3, 5 e 4 (Jac = 80%); 5 e 3, 6 e 2, 7 e 5, 8 e 5 (Jac = 75%); 2 e 1, 3 e 1, 5 e 1, 9 e 6, 9 e 7, 10 e 7, 10 e 8, 11 e 8 (Jac = 67%); e 3 e 2, 5 e 2, 7 e 4, 8 e 4 (Jac = 60%).

O dendrograma obtido para as espécies amostrais registradas na área de estudo, utilizando-se o índice de similaridade de Jaccard (Jac), está apresentado na Figura 12. O

dendrograma mostra a formação de dois grupos distintos com corte de similaridade em torno de 0,5 da escala de Jaccard. Esse valor de similaridade é considerado muito baixo, uma vez que a escala de Jaccard varia entre a total dissimilaridade “0” zero e a máxima similaridade “1” um.

Figura 12 – Dendrograma gerado a partir do índice de similaridade de Jaccard entre as espécies florísticas da área de estudo



Fonte: CERQUEIRA (2018)

Nota: As espécies florísticas estão representadas pelas iniciais. Lf = *Libidibia férrea*; Ct = *Clitorea ternatea*; Cfl = *Capparis flexuosa* L.; PpT = *Piptdenia stipulacea* Benth; Ta = *Tabebuia aurea*; Cy = *Capparis yco*; Ut = *Uncaria tomentosa*; AgB = *Acacia glomerosa* Benth; Cs = *Croton sonderianus*; MtW = *Mimosa tenuiflora* Wild; Ap = *Aspidosperma pyriformis*; Bfl = *Bauhinia forficata* Linn; PsB = *Poincianella pyramidalis* Tul.; Cg = *Ceiba glaziovii*; Cg_1 = *Combretum glaucocarpum*; Mp = *Manihot pseudoglaziovii*; Epvu = *Eugenia pyriformis* var. *uvalha*; Jc = *Jatropha curcas*; Ch = *Croton heliotropiifolius*; Pt = *Pisonia tomentosa*; Cl = *Commiphora leptophloeos*; Sb = *Schinopsis brasiliensis*; Zj = *Ziziphus joazeiro*.

Nossos dados divergem de Rabbani, Silva-Mann e Ferreira (2012), onde utilizaram o mesmo procedimento metodológico em 18 variedades de *Genipa americana* L, em trecho de mata ciliar no Baixo Curso do Rio São Francisco Sergipano, onde verificou uma similaridade média de 61,13%, sendo sete pares de indivíduos (G11 e G12; G1 e G2; G8 e G5; G7 e G5; G7 e G8; G9 e G8; e G11 e G10).

Contudo, os dados de Silva (2016) se assemelham a este estudo, pois na região de Caatinga do município de Pedro Avelino-RN, identificou dois grupos principais distintos, com corte de similaridade Jaccard (Jac=0,8), composto por oito espécies vegetais. Sendo, o grupo 1 formado por seis espécies vegetais mais similares *Mesosphaeru suaveolens* (alfazema), *Tribulus terrestris* L. (cabeça de touro), *Borreria verticillata* (cabeça de velho), *Mimosa hostilis* Benth (jurema-preta), *Sida* sp (malva) e *Aristida adscensionis* L. (capim panasco), por sua vez apresentou maior frequência dentro da área estudada, evidenciando desta forma, que essas são as espécies predominantes e que se mantem durante o ano todo na área, independentemente da época chuvosa ou época da seca no bioma da Caatinga. E o grupo 2 foi formado por duas espécies vegetais mais dissimilares *Jatropha mollissima* (Pohl) Baill (pinhão) e *Boerhavia*

diffusa Linn (pega pinto).

Em relação aos parâmetros fitossociológicos dos resquícios arbóreos, na área pesquisada (Tabela 9), observou-se que as espécies *Aspidosperma pyriforme*, *Combretum glaucocarpum* e *Piptadenia stipulacea* Benth, respectivamente, responderam pela maior área basal (AB), com 67,02% do total da área basal amostrada. Em relação a maior densidade absoluta (DA) e densidade relativa (DR), destaca-se as espécies *Combretum glaucocarpum* (1066,66 indivíduos/ha e 21,78%), *Croton sonderianus* (833,33 indivíduos/ha e 17,86%) e *Aspidosperma pyriforme* (733,33 indivíduos/ha e 15,71%).

Para os valores de frequência absoluta e relativa, as espécies que tiveram maior percentual foram *Croton sonderianus* (100% e 10,91%), *Mimosa tenuiflora* Wild (100% e 10,91%), *Piptadenia stipulacea* Benth (83,33% e 9,09%) e *Aspidosperma pyriforme* (83,33% e 9,09%). Na análise de dominância absoluta (DoA) e dominância relativa (DoR), *Aspidosperma pyriforme* foi a espécie mais expressiva (0,578 AB/ha e 36,82%). A percentagem do valor de cobertura (VC %) e da percentagem do valor de importância (VI %) seguiu a mesma ordem, *Aspidosperma pyriforme* e *Combretum glaucocarpum*. A espécie *Combretum glaucocarpum*, apesar de ter sido a primeira em densidade, ficou em segundo lugar em valor de importância.

Destaca-se que, uma mesma espécie (*Mimosa tenuiflora* Wild) que teve o valor mais elevado: média da altura total (HT), sendo a altura média = 4,32m; desvio padrão da altura total (8,04) e, maior média da circunferência à altura do peito (CAP). Já os valores da variância da altura total (HT) foi mais expressivo para a espécie *Piptadenia stipulacea* Benth (3,48 m) e a variância da circunferência à altura do peito (CAP) foi maior na espécie *Poincianella pyramidalis* Tul. (37,74 cm). Esta discrepância na circunferência é justificável, pelo fato de existir espécies de diferentes senescências na área de estudo, pois a catingueira é uma espécie que na fase adulta pode chegar a mais de 10m de altura e diâmetro de até 50 cm.

A área estudada encontra-se em processo de sucessão ecológica, devido a pressões físicas dos residentes do entorno, que exploram os recursos naturais da área de forma descontrolada ocasionando, assim, desmatamento, queimadas, presença de clareiras, e a consequente perda da biodiversidade local (Figura 13).

Figura 13 – Localização da área de estudo florístico com evidências de clareiras



Fonte: Google Earth, 2017.

Comparado com outros estudos realizados em área de caatinga, observou-se que os valores da área basal foram baixos, fato este que pode ser atribuído a idade da vegetação, que aparenta ser relativamente jovem. Na caatinga cearense Costa e Araújo (2012) registraram mais de 50% de toda a área basal para uma espécie, no caso, *Cordia oncocalyx* Allemão, espécie esta que possui grande (CAP) quando adulta.

Tabela 9 - Parâmetros fitossociológicos dos resquícios florísticos no entorno da Usina Termelétrica Borborema Energética S.A.

Código	Nome Científico	N	U	AB	DA	DR	FA	FR	DoA	DoR	VC (%)	VI (%)	Média HT	Variância HT	Desv. Pad HT	Média CAP	Variância CAP
1	<i>Croton sonderianus</i>	50	6	0.005	833.33	17.86	100	10.91	0.089	5.67	11.76	11.48	3.56	1.44	1.2	3.52	1.12
2	<i>Mimosa tenuiflora Wild</i>	32	5	0.005	533.33	11.43	100	10.91	0.085	5.43	8.43	9.26	10.67	1.78	8.04	14.95	1.39
3	<i>Piptdenia stipulacea Benth</i>	23	5	0.01	350	7.5	83.33	9.09	0.165	10.53	9.01	9.04	4.43	3.48	1.87	5.87	26.14
4	<i>Jatropha curcas</i>	3	1	0	16.66	0.36	16.67	1.82	0.001	0.08	0.22	0.75	1.8	0	1.8	3.1	0
5	<i>Aspidosperma pyriformis</i>	44	5	0.035	733.33	15.71	83.33	9.09	0.578	36.82	26.27	20.54	4.83	1.31	1.14	7.63	41.9
6	<i>Uncaria tomentosa</i>	5	3	0.002	83.33	1.79	50	5.45	0.029	1.84	1.81	3.03	5.16	2.6	1.61	6.22	6.04
7	<i>Croton heliotropiifolius</i>	3	1	0	50	1.07	16.67	1.82	0.004	0.23	0.65	1.04	2.4	0	0	3	0
8	<i>Tabebuia aurea</i>	1	1	0	16.66	0.36	16.67	1.82	0.002	0.13	0.25	0.77	4	0	4	4	0
9	<i>Capparis yco</i>	3	2	0	50	1.07	33.33	3.64	0.001	0.09	0.58	1.6	1.33	1.61	1.27	1.67	1.33
10	<i>Bauhinia forficata Linn</i>	25	3	0.005	416.66	8.93	50	5.45	0.082	5.22	7.07	6.53	4.42	0.26	0.51	4.6	3.77
11	<i>Combretum glaucocarpum</i>	61	3	0.018	1016.66	21.78	66.67	7.27	0.3	19.09	20.44	16.05	6.24	0.81	0.9	8.63	9.45
12	<i>Clitorea ternatea</i>	1	1	0	16.66	0.36	16.67	1.82	0.001	0.08	0.22	0.75	4.5	0	4.5	3	0
13	<i>Poincianella pyramidalis Tul.</i>	12	4	0.008	200	4.29	66.67	7.27	0.141	9.01	6.65	6.86	5.04	0.48	0.69	7.37	37.74
14	<i>Capparis flexuosa L</i>	1	1	0	16.66	0.36	16.67	1.82	0.001	0.03	0.2	0.74	3.5	0	3.5	2	0
15	<i>Acacia glomerosa Benth</i>	2	2	0	33.33	0.71	33.33	3.64	0.006	0.41	0.56	1.59	5	2	1.41	4.75	3.13
16	<i>Libidibia ferrea</i>	1	1	0	16.66	0.36	16.67	1.82	0.002	0.13	0.25	0.77	5.5	0	5.5	4	0
17	<i>Pisonia tomentosa</i>	1	1	0	16.66	0.36	16.67	1.82	0.006	0.36	0.36	0.84	5.5	0	5.5	6.5	0
18	<i>Commiphora leptophloeos</i>	3	1	0.002	50	1.07	16.67	1.82	0.026	1.63	1.35	1.51	5	3	1.73	7.2	18.72
19	<i>Manihot pseudoglaziovii</i>	4	2	0.001	66.66	1.43	33.33	3.64	0.014	0.88	1.15	1.98	4.88	0.73	0.85	5	1.33
20	<i>Schinopsis brasiliensis</i>	1	1	0	16.66	0.36	16.67	1.82	0.007	0.41	0.39	0.86	8	0	8	7	0
21	<i>Eugenia pyriformis var. uvalha</i>	2	1	0	33.33	0.71	16.67	1.82	0.006	0.38	0.55	0.97	4.25	0.13	0.35	4.5	4.5
22	<i>Ceiba glaziovii</i>	1	1	0	16.66	0.36	16.67	1.82	0.001	0.08	0.22	0.75	4	0	4	3	0
23	<i>Ziziphus joazeiro</i>	3	1	0.001	50	1.07	16.67	1.82	0.01	0.63	0.85	1.17	4	0	0	5	0
*** Total		280	6	0.094	4666.66	100	916.67	100	1.571	100	100	100	4.32	1.11	2.21	4.98	137.1

Fonte: CERQUEIRA (2018)

Nota: N = Número de árvores; U = Número de unidades amostrais em que a espécie ocorre; AB = Área Basal; DA = Densidade Absoluta (N/ha); DR = Densidade Relativa; FA = Frequência Absoluta; FR = Frequência Relativa; DoA = Dominância Absoluta (AB/ha); DoR = Dominância Relativa; VC(%) = Percentagem do Valor de Cobertura; VI = Valor de Importância; VI(%) = Percentagem do Valor de Importância; HT = Altura Total (m); CAP = Circunferência à Altura do Peito (cm).

Em outro estudo na caatinga paraibana, município de Santa Luzia, Araújo et al. (2012), registraram para os valores de densidade, alta expressividade para as espécies *Mimosa hostilis* com 79,18% e, *Cnidoscolus phyllacanthus* com 14,52%, totalizando 93,70% do valor total de densidade relativa, constatando assim, alto grau de degradação naquela área, pois geralmente estas espécies destacam-se na ocupação inicial e secundária de áreas degradadas.

Seguiu tendência semelhante aos nossos resultados, os registros fitossociológicos realizados por Marangon et al. (2013), em uma área do Cariri paraibano, onde as espécies com maior densidade relativa foram, *Croton rhamnifolius* (27,12%), *Poincianella bracteosa* (24,06%), *Mimosa opthalmocentra* (11,11%) e *Manihot cartaginenses subsp. glaziovii* (9,58%), que contribuíram com mais de 70% em relação a esse parâmetro na área em estudo. Diante disso, percebe-se poucas espécies, como em outros estudos de diferentes fisionomias vegetal na caatinga, demonstram mais da metade da importância relacionada à área de estudo, tais como, Bessa; Medeiros (2011), Calixto Júnior; Drumond (2014), Guedes et al. (2012), Leitão et al. (2014).

Ainda, quanto à altura média total da comunidade pesquisada, Alves et al. (2013), apresentou resultados semelhantes, em área de caatinga, com média de 3,44m.

Sobre os índices de diversidade (Tabela 10), as parcelas 2, 4 e 5 foram mais representativas em número de indivíduos ($n = 167$) e, quanto ao número de espécies, o maior valor apresentado foi na parcela 2, nesta mesma parcela, também registrou-se a maior diversidade máxima, $\ln(S) = 2.773$.

O índice de Diversidade de Shannon-Weaver variou nas parcelas, entre 0,9 a 2,31, com maior diversidade na parcela 2, apontando então, para uma diversidade baixa.

Com a finalidade de aumentar a precisão dos resultados, foi também calculado o intervalo de confiança do índice de Shannon-Weaver pelo método de Jackknife, que variou de 2.25 a 3.18.

O índice de dominância de Simpson (C) calculado neste estudo apresentou-se baixo também (0,57), valor muito abaixo de 1, demonstrando assim, uma baixa diversidade na parcela 6.

Quanto ao valor da equabilidade de Pielou (J), foi de 0,76, indicando que 76% da diversidade máxima teórica foram obtidas por meio da amostragem realizada.

Para o Coeficiente de mistura de Jentsch (QM), foi encontrada a relação 1:12.1, indicando uma média de 12 indivíduos para cada espécie amostrada. Portanto, e ratificado a baixa diversidade para a população apresentada, pois o valor de QM ficou muito distante do valor 1.

Tabela 10 – Índices de diversidades arbóreo no entorno da UTE Borborema S.A. obtidos através do Software Mata Nativa 4.0

Parcela	N	S	ln(S)	H'	C	J	QM
1	36	6	1.946	1.42	0.67	0.73	01:05.1
2	64	15	2.773	2.31	0.87	0.83	01:04.0
3	38	9	2.197	1.6	0.72	0.73	01:04.2
4	62	10	2.303	1.79	0.8	0.78	01:06.2
5	41	9	2.197	1.97	0.84	0.86	01:04.1
6	39	3	1.099	0.9	0.57	0.82	01:13.0
Geral	280	23	3.258	2.47	0.89	0.76	01:12.1
*** Jackknife T (95%) = 2.57			2.25 a 3.18				

Fonte: CERQUEIRA (2018)

Nota: Em que N = número de árvores, S = número de espécies, ln(S) = Diversidade máxima, H' = Índices de diversidade de Shannon-Weaver, C = índice de dominância de Simpson, J = Equabilidade de Pielou e QM = Coeficiente de mistura de Jentsch.

Confrontando os resultados desta pesquisa, verifica-se a semelhança com os dados de Guedes et al. (2012), quanto aos índices de riqueza e diversidade estimada pelo índice de Shannon (H') para a área de estudo, cujo valor foi de 2,54, e o índice de dominância de Simpson (C) e a equitabilidade de Pielou (J) foram 0,96 e 0,82, respectivamente.

Os resultados de Alves Junior et al. (2013), também apontam semelhança com os nossos, onde realizaram um inventário florestal em vegetação de caatinga, na fazenda Itapemirim, município de Floresta-PE, catalogando 15 espécies botânicas, totalizando 208 indivíduos, sendo apresentado índice de diversidade de Shannon-Weaver (H') com valor de 1,91, índice de uniformidade de Pielou 0,705, índice de dominância de Simpson foi 0,771 e, Coeficiente de Mistura de Jentsch (QM) igual a 0,072.

Outros estudos confirmam a baixa diversidade na caatinga, como, Fabricante e Andrade (2007), em um estudo com remanescente de caatinga no Seridó paraibano apresentaram valores também baixos, nos índices de diversidade de Shannon-Weaver (H') e na equabilidade de Pielou (J), com os valores 1,962 e 0,635, respectivamente.

Geralmente, a baixa diversidade florística da caatinga está vinculada as limitações naturais da região, como solos rasos, semiaridez e antropização acentuada, o que culmina na predominância de poucos táxons generalistas e na distribuição heterogênea da abundância dos indivíduos, com presença marcante de plantas de sucessão primárias e secundárias.

4.4 CONCLUSÕES

Observou-se que as famílias Euphorbiaceae e Fabaceae foram que tiveram maior representação de espécies arbustivo arbóreas, o que confirma a tendência de outros estudos relacionados ao semiárido brasileiro.

As espécies que apresentaram maiores indivíduos foram consecutivamente *Combretum glaucocarpum*, *Croton sonderianus*, *Aspidosperma pyriforme* e *Mimosa tenuiflora*.

As espécies *Croton sonderianus* e *Mimosa tenuiflora* Wild foram registradas na maioria das parcelas e apresentaram elevados números de indivíduos, em relação às demais espécies catalogadas. Foram registradas principalmente, nas bordas dos resquícios vegetacionais inventariados. Aponta-se também, que todos os índices de verificação de diversidade apresentaram índices baixos, além das espécies que tiveram também baixa riqueza.

Quanto à integridade ecológica dos remanescentes arbóreos do entorno da Termelétrica Borborema Energética S.A, aponta-se, indícios de degradação, antropização e/ou processo de recuperação desta área, que já foi alterada e encontra-se em processo de recuperação da estrutura original. E ainda, pelo fato da composição florística pesquisada apresentar valores baixos quanto à altura e circunferência, pode-se atribuir, baixa idade das espécies arbustivo arbóreas.

Portanto, os inventários florísticos são de grande importância, para monitorar a biodiversidade, bem como traçar metas de gestão ambiental eficiente, servir de ferramenta voltada a conservação das espécies da caatinga e, ser um marco referencial e comparativo para os inventários futuros.

CAPÍTULO IV

5 DETERMINAÇÃO E ANÁLISE DAS TROCAS GASOSAS

5.1 INTRODUÇÃO

Inserida no semiárido tropical, a região nordestina brasileira se caracteriza pelos solos arenosos rasos, alta temperatura média anual e elevadas perdas de água no solo pelo processo de evaporação, somando a essas características fisiográficas, um regime pluviométrico concentrado durante um período curto de meses, com elevada variabilidade interanual e com presença de plantas de pequeno porte e espaçadas, adaptadas às condições do clima semiárido (NOBRE et al., 2011).

As espécies caducifólias dessa região, nos períodos de escassez hídrica, reduzem a área de transpiração através da perda das folhas e, mantêm altas taxas fotossintéticas durante o período chuvoso. Dessa maneira, as estruturas anatômicas que auxiliem na eficiência hídrica destas plantas são muito importantes para a sua sobrevivência (BARROS; SOARES, 2013).

O ciclo hidrológico em ambientes florestais é dependente de fatores como a precipitação, a interceptação da água pelo dossel, do escoamento lateral, da drenagem profunda e da transpiração (QUEIROZ; OLIVEIRA, 2013). Com exceção da precipitação, os demais processos são influenciados pela densidade, pelo tipo de solo, pelo comportamento fisiológico das espécies botânicas (OLIVEIRA et al., 2008). Portanto, as florestas dentre outras funções, são de grande importância para melhorar a paisagem e abrigar espécies da fauna, prevenir processos erosivos e manter os lençóis freáticos para a realização do ciclo hidrológico (BALBINOT et al., 2008).

Desse modo, nas plantas, os fluxos característicos de crescimento vegetativo ocorrem em função das estações do ano e, que possivelmente, estão relacionados com variações na taxa de fotossíntese e até mesmo do curso diário das flutuações ambientais (luz, temperatura, entre outros) em torno do vegetal (ANTUNES JÚNIOR et al., 2011).

No processo de fotossíntese e transpiração vegetal, as folhas são fundamentais, pois estes processos demandam grande quantidade de água. Sendo que, no período da estiagem as plantas da caatinga perdem suas folhas, como mecanismo adaptativo ao estresse hídrico, peculiar a região (COSTA et al., 2010).

De acordo com o seu metabolismo fotossintético as plantas podem ser divididas em 3 grandes grupos, plantas C3, plantas C4 e plantas CAM. Sendo o grupo C3, aquelas que tem

como primeiro produto ácido fosfoglicérico ou glucenato um composto com 3 carbonos, sendo consideradas aquelas plantas que possuem somente a enzima Rubisco, pertencente ao Ciclo de Calvin, como alternativa para a fixação do carbono. Este grupo ocorre em aproximadamente 85% das espécies de plantas dominantes em dos ecossistemas terrestres, sendo as vegetações naturais de florestas tropicais, de regiões temperadas e de alta altitude quase exclusivamente C3 (MENDONÇA et al., 2010; PINTO; CAVALCANTE; ANDRADE, 2006).

Sobre o funcionamento dos estômatos e a área foliar, observa-se que influenciam diretamente na produtividade do vegetal, sendo os estômatos controlando a absorção de dióxido de Carbono (CO₂) e área foliar determina a interceptação da luz (COSTA; MARENCO, 2007).

As temperaturas altas, inerentes ao semiárido brasileiro, aliadas ao alto índice de radiação solar e às variações na concentração de CO₂ incidente sobre as plantas, podem influenciar na conformação física dos vegetais, refletindo desta maneira, em seu crescimento (BELTRÃO; OLIVEIRA, 2008).

Desse modo, o aumento da concentração de CO₂ atmosférico, aumenta também a taxa fotossintética nas plantas, ficando esse processo imediatamente limitado, em função do maior consumo de Rubisco e energia, que não são supridas na mesma velocidade. Quanto a aclimatação as elevadas concentrações de CO₂ na atmosfera, consistem em uma série de alterações em seu metabolismo vegetal, em diferentes níveis de organização, que vão desde alterações molecular e bioquímico até anatômico e morfológico (WALTER; ROSA; TRECK, 2015).

Destaca-se ainda, que dentre as intervenções antrópicas, verifica-se que as espécies florísticas são mais sensíveis à poluição que os animais, incluindo o ser humano. Tem sido observado em plantas expostas à poluentes atmosféricos, a diminuição dos espaços intercelulares das folhas, que dificulta o deslocamento de compostos fitotóxicos nos tecidos vegetais (ALVES et al., 2001).

Com base no exposto, objetivou-se com este trabalho, avaliar o teor de clorofila e as trocas gasosas (Concentração Interna de CO₂, Transpiração, Condutância Estomática, Fotossíntese líquida, Eficiência do Uso de Água; e Eficiência de Carboxilação rubisco), em plantas típicas da Caatinga.

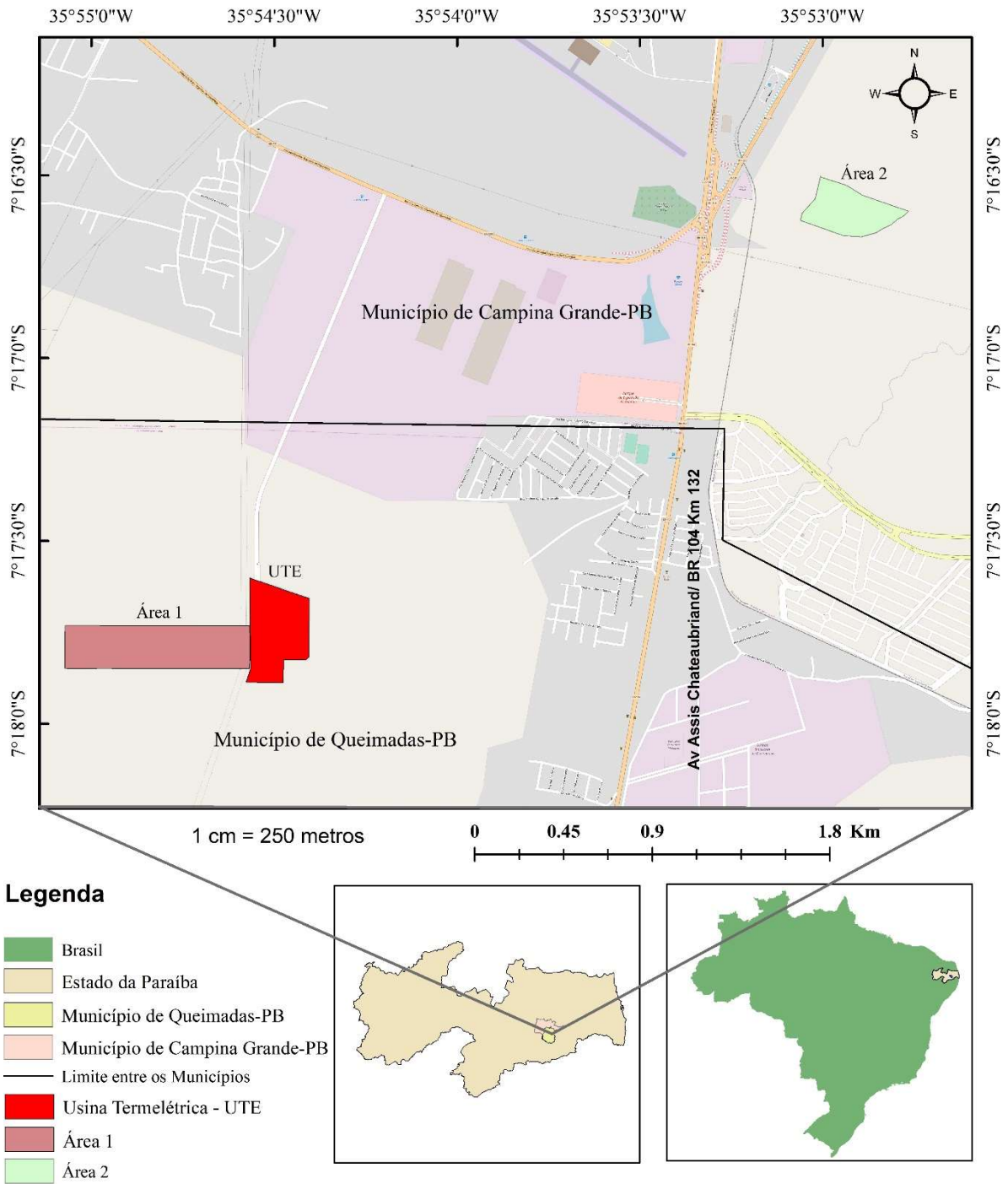
5.2 MATERIAL E MÉTODOS

5.2.1 Caracterização da área de estudo

A pesquisa foi realizada com espécies botânicas da caatinga em duas áreas, conforme Figura 14. A área 1, entorno da Usina Termelétrica Borborema Energética S.A, localiza-se nas coordenadas $7^{\circ}17'47.49''\text{S}$ e $35^{\circ}54'34.41''\text{O}$, e a área 2, localiza-se nas coordenadas $7^{\circ}16'36.25''\text{S}$ e $35^{\circ}52'54.23''\text{O}$, situada à 2200m, Leste da Usina Termelétrica (UTE), sentido este contrário aos ventos predominantes do município de Campina Grande-PB. O estudo na área 2 configurou-se, como área experimental (contraprova). Foram aplicados os mesmos procedimentos metodológicos nas duas áreas de estudo. Para fins didáticos e estatísticos, adotou para a Area 1 os pontos (P100 a P500) e para a Area 2, o ponto P600.

Aborda-se também, que nas áreas de estudo, registram-se temperaturas médias anuais, entre 22 a 26°C, com precipitação média de 700mm anuais e, período chuvoso de abril a setembro, já a umidade média relativa do ar, fica entre 60 a 80% (AZEVEDO et al., 2015; MACEDO; GUEDES; SOUSA, 2011; SOUZA; OLIVEIRA, 2006). Em relação a pressão atmosférica média, gira em torno de 950hPa, com pequena amplitude anual devido a pequenas variações da temperatura (BRASIL, 2010). Sabe-se também, que quanto maior for elevação topográfica, tende a ocasionar diminuição da temperatura, isso ocorre em consequência da rarefação do ar e da diminuição da pressão atmosférica (ALMEIDA, 2016).

Figura 14 - Áreas pesquisadas com espécies botânicas da caatinga, 2016



5.2.2 Identificação e avaliação de trocas gasosas da flora

Para a delimitação da área amostral, utilizou-se, GPS Garmin Gpsmap 62sc câmera 5mp, imagens de satélite, trenas, estacas e fita zebraada, além de outros materiais necessários ao estudo, tais como: bloco de anotação, câmera digital semiprofissional Canon powershot SX60HS 16.1MP LCD 3.0, zoom óptico de 65x, microcomputador, rede mundial de computadores e periféricos e, software de geoprocessamento digital (ArcMap 2011, licenciado para o Laboratório de Cartografia Digital, Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto – CADIGEOS, dos cursos de Pós-Graduação do Centro de Humanidades da Universidade Federal de Campina Grande - UFCG). Ademais, todas as espécies botânicas foram identificadas e numeradas individualmente em ordem crescente, através de uma etiqueta de alumínio com um número de identificação (Figura 15), além do uso de uma fita vermelha, para que o mesmo vegetal fosse utilizado nas coletas posteriores.

Figura 15 - Identificação das espécies florísticas



Fonte: CERQUEIRA (2018)

As variáveis de trocas gasosas das plantas que envolvem os processos de fotossíntese, transpiração e condutância estomática, foram mensuradas com uso do equipamento portátil de análises de trocas gasosas, por meio de infravermelho, Infra Red Gas Analyser (IRGA), denominado LCpro+ (da ADC BioScientific Ltda.) (Figura 16). As avaliações foram realizadas nas plantas no horário entre 8 e 10 h da manhã, na área do entorno da Termelétrica Borborema Energética S.A e na área de estudo comparativo do Complexo Aluizio Campos (CAC). Ao equipamento foi acoplado a uma fonte de luz artificial de modo a se obter uma constância da densidade de fluxo de fótons fotossintéticos de $1200\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$.

Visando avaliar as mudanças na estrutura e composição das espécies botânicas típicas

de caatinga, das áreas de estudo, foram propostas quatro coletas durante o ano de 2016.

O LCpro+ apresenta limitação na análise de plantas com tamanho de folha muito pequena. Desta forma, as leituras foram realizadas nos vegetais que atenderam as especificações do equipamento em cada ponto de coleta amostral.

Para a execução das leituras, as folhas dos vegetais estavam completamente expandidas e não sombreadas, onde foram obtidas as seguintes variáveis: condutância estomática (GS) ($\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$), fotossíntese líquida (A) ($\mu\text{molm}^{-2}.\text{s}^{-1}$), transpiração (E) ($\text{mmolm}^{-2}.\text{s}^{-1}$) e concentração interna de CO_2 (Ci) ($\mu\text{mol.mol}^{-1}$). Por meio da correlação entre a fotossíntese líquida (A) e a transpiração (E), foi obtido a eficiência instantânea no uso da água (EiUA) e a eficiência instantânea da carboxilação (EiC) foi obtida pela correlação A/Ci (MACHADO et al. 2005; MELO et al., 2009).

Figura 16 - Analisador de trocas gasosas modelo LCpro+



Fonte: ALBUQUERQUE (2018)

O Analisador de trocas gasosas modelo LCpro+ é um equipamento utilizado amplamente em estudos que envolvem trocas gasosas em plantas (fotossíntese, transpiração e concentração interna de CO_2). Neste contexto, elenca-se alguns estudos relevantes envolvendo a temática: (GERON et al., 2006; FLECK; EMBREE; NICHOLS, 2011; ZHENG et al., 2011; BRACHO-NUNEZ et al., 2013; DALKE; GRIGORAY; GOLOVKO, 2014).

Empregou-se também nesse estudo, o SPAD-502 (Figura 17), que é um medidor portátil da Minolta, para estimar o teor de clorofila total, através de índices SPAD, que mede a

transmissão de luz vermelha a 650nm, quando ocorre absorção de luz pela molécula de clorofila e, de luz infravermelha, a 940nm, sem absorção (MINOLTA, 1989). Com base nesses valores, o instrumento calcula o valor ou índice SPAD (Soil Plant Analysis Development), o qual é altamente correlacionado com o teor de clorofila.

Figura 17 - Medidor portátil SPAD



Fonte: CERQUEIRA (2018)

Para efeito de registro da Concentração Interna de CO₂, Transpiração, Condutância Estomática, Fotossíntese, Eficiência do Uso de Água, Eficiência de Carboxilação Rubisco, no equipamento LCpro+, levou-se em consideração os valores médios de três folhas arbóreas selecionadas, por espécie amostral e para a estimativa dos pigmentos no SPAD, em três folhas arbóreas distintas, realizou-se as avaliações das leituras através de três repetições, sendo o valor médio registrado para cada espécie.

O grau de esverdeamento da planta é medido em unidades SPAD e pode ser utilizado em plantas intactas em qualquer momento do processo de crescimento das folhas, de forma não destrutiva, rápida e simples. Portanto, os valores de SPAD refletem os teores relativos de clorofila e são calculados a partir de certa quantidade de luz emitida pelo instrumento e refletida pela folha (SALLA et al., 2007).

5.2.3 Análises estatísticas

Os dados foram submetidos à análise da variância (ANOVA) e quando se constatou

efeito significativo compararam-se as médias obtidas entre as variáveis registradas nos equipamentos (SPAD e LCpro+) pelo teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade e ainda, ao modelo de regressão linear com Análise da Soma de Quadrados do tipo I e III, realizado a partir do software para análises estatísticas XLStat (Freeware - com funcionalidade no Office Excel da Microsoft). Além, das análises de correlação e determinação que foram feitas, com o software Actionstat (Versão Pro – com funcionalidade no Office Excel da Microsoft).

5.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Tendo em vista a peculiaridade da vegetação da caatinga, no segundo semestre de 2016, não foram realizadas as coletas referentes aos meses de agosto e novembro nas duas áreas de estudo, pois na estação seca as plantas perderam suas folhas. Essa queda foi determinada *in loco* (Figura 18), com base em galhos desfolhados e nas folhas caídas sobre o solo. Portanto, a maioria das espécies estava sem folhas ou se encontravam em fase final de senescência. O contrário ocorreu nas duas primeiras coletas, onde todas as espécies tiveram folhagem completa.

Figura 18 – Área do entorno da UTE, período da estação seca



Fonte: CERQUEIRA (2018)

As análises das trocas gasosas e verificação da clorofila com espécies botânicas das áreas foram realizadas em dois períodos (março e maio de 2016). Desta maneira, enfatiza-se que normalmente, os índices pluviométricos para esse período são caracterizados como, de médios a elevados para essa região, possibilitando desta forma, plena atividade metabólica das plantas.

Durante a coleta de dados selecionou-se as folhas das espécies botânicas, morfológicamente em bom estado, que pudessem fornecer dados mais reais e expressivos, para se traçar um perfil mais representativo das espécies amostradas.

A primeira coleta foi realizada nos dias 3 e 8 de março de 2016, e a segunda, em 19 e 20 de maio de 2016, entre 08h e 10h. A umidade relativa do ar variou em torno de 65% a 70% para as duas áreas e coletas, já a pressão atmosférica da primeira coleta foi de 961hPa (área 1 e 2) e na segunda coleta foi em torno de 964hPa (área 1 e 2).

Na tabela 1, estão dispostos os registros realizados pelo SPAD e pelo equipamento LCpro+. A fim de facilitar a disposição dos dados, as árvores pesquisadas foram representadas por código numérico. A área 1 foi representada pelos pontos (P100 a P500) e a área 2, representada pelo ponto (P600), sendo constituída das seguintes espécies: **Planta 1** P100 = *Aspidosperma pyrifolium* Mart.; **Planta 2** P100 = *Aspidosperma pyrifolium* Mart.; **Planta 3** P100 = *Croton sonderianus*; **Planta 1** P200 = *Aspidosperma pyrifolium* Mart.; **Planta 2** P200 = *Aspidosperma pyrifolium* Mart.; **Planta 3** P200 = *Aspidosperma pyrifolium* Mart.; **Planta 1** P300 = *Aspidosperma pyrifolium* Mart.; **Planta 2** P300 = *Aspidosperma pyrifolium* Mart.; **Planta 3** P300 = *Aspidosperma pyrifolium* Mart.; **Planta 1** P400 = *Aspidosperma pyrifolium* Mart.; **Planta 2** P400 = *Aspidosperma pyrifolium* Mart.; **Planta 3** P400 = *Aspidosperma pyrifolium* Mart.; **Planta 1** P500 = *Aspidosperma pyrifolium* Mart.; **Planta 2** P500 = *Aspidosperma pyrifolium* Mart.; **Planta 3** P500 = *Aspidosperma pyrifolium* Mart.; **Planta 1** P600 = *Aspidosperma pyrifolium* Mart.; **Planta 2** P600 = *Croton sonderianus*; **Planta 3** P600 = *Croton sonderianus*; **Planta 4** P600 = *Croton sonderianus*; **Planta 5** P600 = *Croton sonderianus*; **Planta 6** P600 = *Croton sonderianus*; **Planta 7** P600 = *Croton sonderianus*; **Planta 8** P600 = *Aspidosperma pyrifolium* Mart.; **Planta 9** P600 = *Ziziphus joazeiro*.

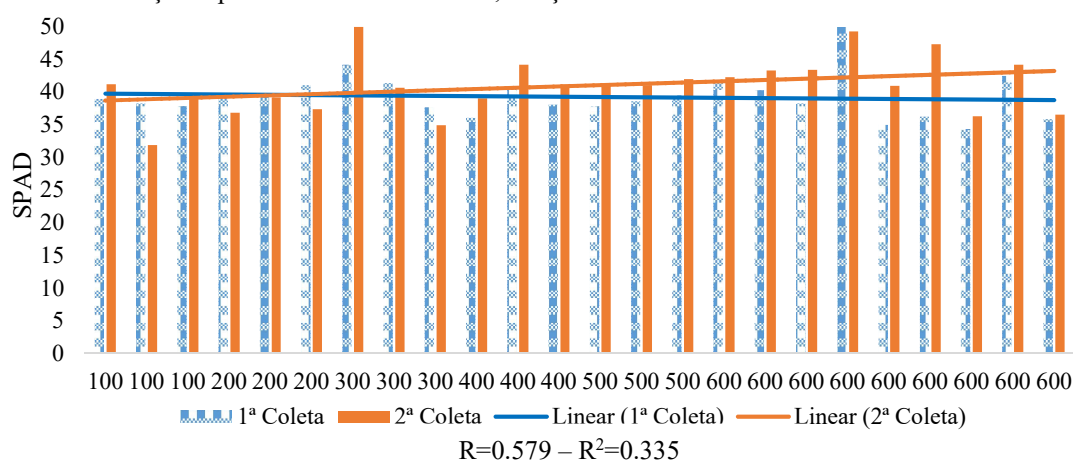
Destaca-se, que no ponto (P100), existem poucas espécies arbóreas, aparentemente jovens e que estão mais expostas à radiação solar. Também, estima-se, que por este ponto ficar mais próximo da Termelétrica, as plantas podem estar diretamente mais expostas aos poluentes atmosféricos advindos de seu funcionamento, pela queima de combustíveis fósseis (óleo pesado HFO). Ainda, do ponto (P200 ao P500) observa-se, que a fisionomia é arbustivo-arbórea e possui características semelhantes, para cobertura e densidade. Quanto o ponto P600, apresenta uma fisionomia arbóreo-arbustiva menos densa.

No uso do equipamento SPAD, verificou-se que as espécies que apresentaram maior valor SPAD foram *Aspidosperma pyrifolium* Mart., (SPAD=50) P300 e, *Croton sonderianuse* (SPAD=49.20) P600, ambas por ocasião da segunda coleta. O maior registro SPAD na primeira coleta foi para a espécie *Croton sonderianuse* (SPAD=49.80) P600. Observa-se ainda, que a

maioria das espécies (60%), apresentou valores SPAD mais elevados na segunda coleta. Os valores SPAD que foram menores na segunda coleta em relação a primeira, ocorreram com as seguintes plantas e pontos: Planta 2 (P100); Planta 1 (P200); Planta 2 (P200); Planta 3 (P200); Planta 2 (P300); Planta 4 (P600).

Foi observado uma moderada correlação positiva entre as duas variáveis (Figura 19). O coeficiente de correlação foi $R=0.579$ e o coeficiente de determinação ($R^2=0.335$), evidenciando que somente 33% das variações das medidas SPAD na 2ª coleta, são explicadas pelas variações SPAD da 1ª coleta.

Figura 19 – Distribuição espacial das medidas SPAD, março e maio de 2016

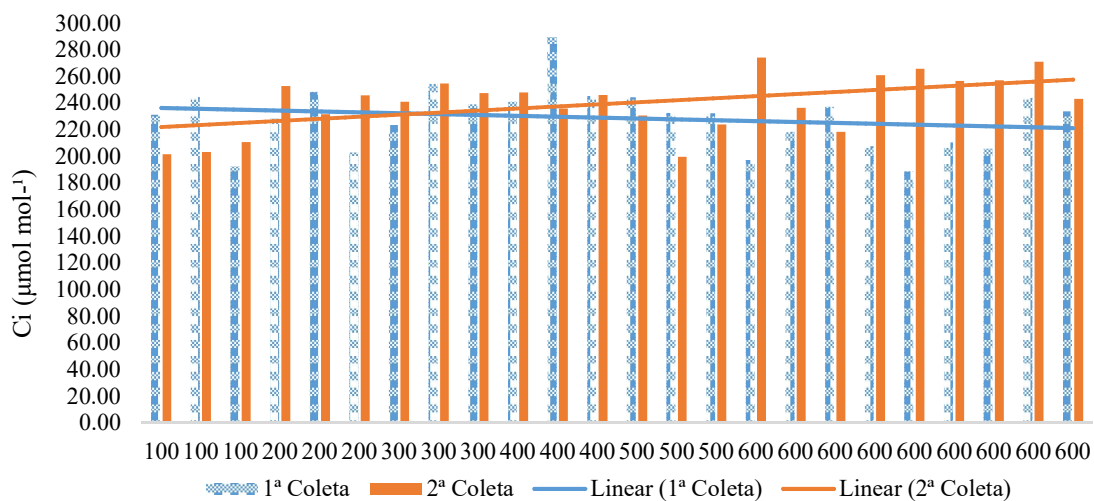


Fonte: CERQUEIRA (2018)

Nota: R =Coeficiente de Correlação entre SPAD (1ª Coleta) e (2ª Coleta) – R^2 =Coeficiente de Determinação entre SPAD (1ª Coleta) e (2ª Coleta).

Quanto as análises das trocas gasosas realizadas pelo LCpro+, verifica-se que a Concentração Interna de CO_2 (C_i) que obteve maior registro, foi na planta *Aspidosperma pyriforme Mart.*, no ponto (P400), com $289 \mu mol mol^{-1}$, por ocasião da primeira coleta e, a *Aspidosperma pyriforme Mart.*, no ponto (P600) ($C_i=274 \mu mol mol^{-1}$), na segunda coleta. O menor valor registrado, foi no ponto P600 (primeira coleta) na espécie *Croton sonderianus* e, cerca de 66,7% das espécies tiveram maior C_i na segunda coleta.

Na (Figura 20) não houve correlação das medidas da Concentração Interna de CO_2 (C_i) entre as coletas.

Figura 20 – Distribuição espacial das medidas da Concentração Interna de CO₂ (Ci), março e maio de 2016

Fonte: CERQUEIRA (2018)

Nota: R=Coefficiente de Correlação entre Ci (1ª Coleta) e (2ª Coleta) – R²=Coefficiente de Determinação entre Ci (1ª Coleta) e (2ª Coleta).

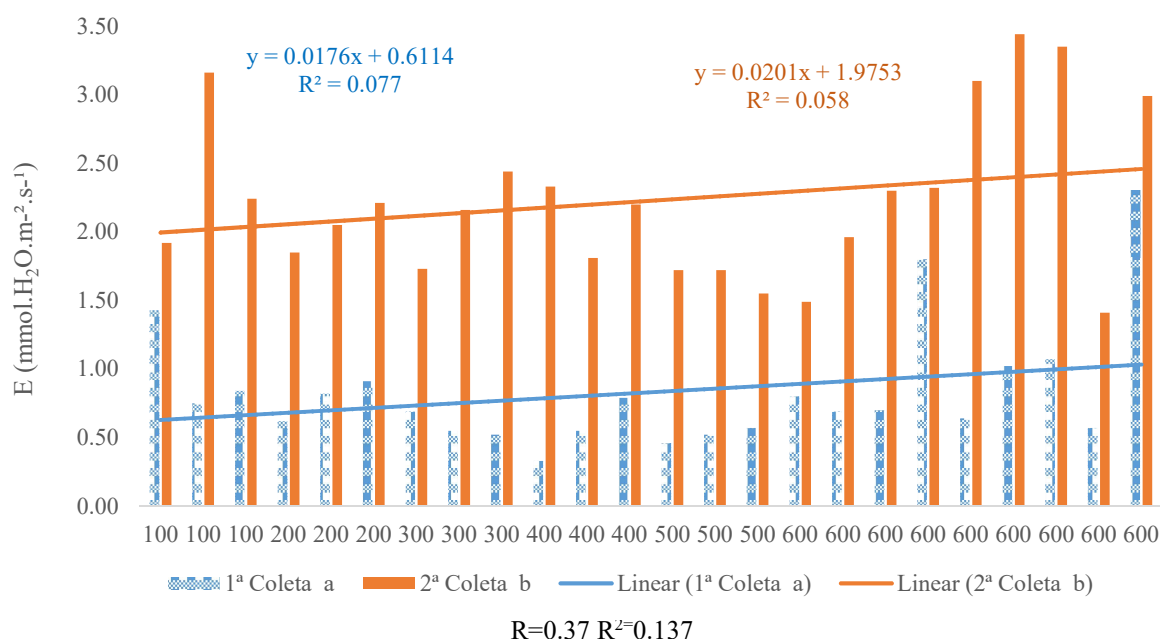
Os valores máximos de transpiração (E) foram registrados nos pontos (P600) ($E=3.44 > 335 \text{ mmol.H}_2\text{O.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$) e (P100) ($E=3.16 \text{ mmol.H}_2\text{O.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$), ambos segunda coleta. Na primeira coleta, o maior valor registrado foi $E=2.30 \text{ mmol.H}_2\text{O.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ (P600), espécie *Ziziphus joazeiro*.

Nesta senda, verificou-se que em todas as espécies, os valores de transpiração (E) da segunda coleta foram muito maiores, que na primeira. Destaque, para a espécie arbórea do ponto P400 (*Aspidosperma pyriforme Mart.*), que apresentou menor índice de transpiração, $E=0.33 \text{ mmol.H}_2\text{O.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ (primeira coleta), sendo sete vezes maior este valor, do que na segunda coleta ($E=2.33 \text{ mmol.H}_2\text{O.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$).

Quanto a distribuição espacial das medidas da transpiração, nas áreas pesquisadas (Figura 21), pode-se verificar, que ocorreu uma fraca correlação positiva entre as duas variáveis ($R=0.370693$), e coeficiente de determinação ($R^2=0.13741330024$), havendo desta maneira, baixa interferência (13%), da 2ª coleta sobre a 1ª coleta.

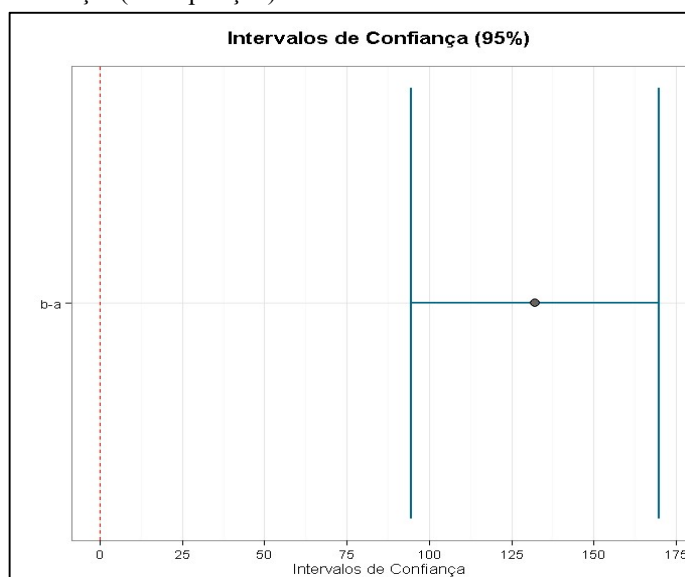
Em relação ao teste de Tukey (Figura 22), nota-se que o valor 0 (zero) não está contido nos intervalos de confiança. A partir disso, conclui-se também que a Transpiração das espécies arbóreas foram maiores na segunda coleta, desta maneira (*a,b*) são significativamente diferentes. O valor de p ($7.13\text{E}-09$), demonstrou que há apenas uma probabilidade de 0.00000073% de se observar uma diferença de 132.125, na média entre os grupos, sob a hipótese nula.

Figura 21 – Distribuição espacial das medidas da Transpiração (E), março e maio de 2016



Fonte: CERQUEIRA (2018)

Nota: R=Coefficiente de Correlação entre E (1ª Coleta) e (2ª Coleta); R^2 =Coeficiente de Determinação entre E (1ª Coleta) e (2ª Coleta); $p = 7.13E-09$.

Figura 22 – Intervalo de confiança¹ (Transpiração) entre as coletas a e b

Fonte: CERQUEIRA (2018)

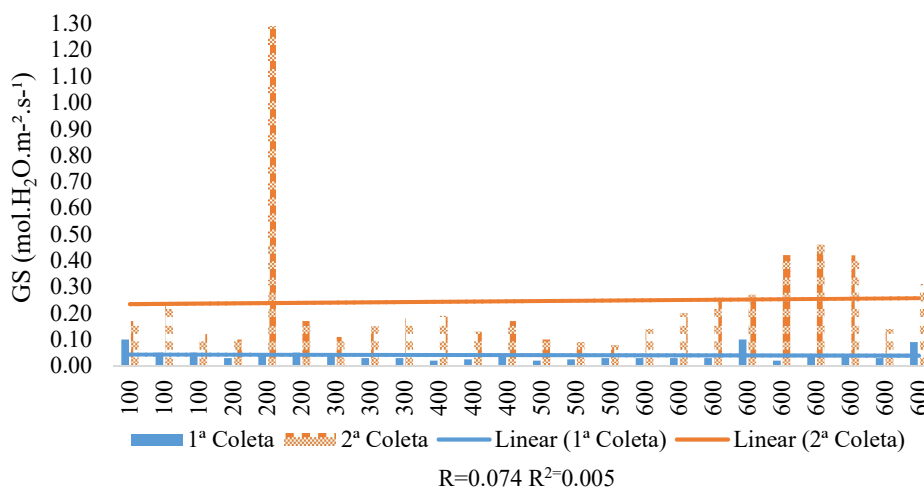
A Condutância Estomática (GS) é um parâmetro fisiológico onde as plantas controlam as trocas gasosas, incluindo assim, o fator transpiração. Portanto, a transpiração e condutância estomática estão ambos correlacionados com o potencial hídrico foliar. Em relação aos dados apresentados na Tabela 11, verificou-se que no ponto P200, espécie *Aspidosperma pyrifolium*

¹ Como o Intervalo de Confiança a probabilidade foi insignificante, para todos os parâmetros referente a trocas gasosas, optou-se por apresentar apenas o Intervalo de Confiança para a Transpiração, no intuito de reduzir a quantidade de gráficos nesse estudo.

Mart., foi registrado o maior índice ($GS=1.29 \text{ mol.H}_2\text{O.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$), sendo os demais índices da condutância estomática ficou abaixo de $1 \text{ mol.H}_2\text{O.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$, com oscilação de 0.02 a $0.24 \text{ mol.H}_2\text{O.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ e, todos os índices na segunda coleta foram maiores. Havendo desta maneira, correlação direta entre a transpiração e a condutância estomática, quanto aos valores apresentados.

Em relação aos parâmetros de correlação e determinação (Figura 23), verificou-se não existir uma correlação entre as duas variáveis ($R=0.074$). Sendo, o coeficiente de determinação ($R^2=0.005$), representando 0,55% de interferência de uma variável sobre a outra.

Figura 23 – Distribuição espacial das medidas da Condutância Estomática (GS), março e maio de 2016



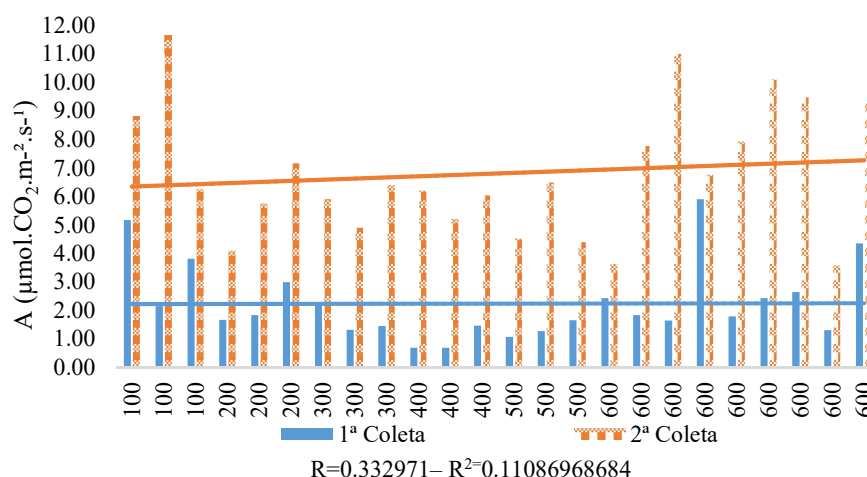
Fonte: CERQUEIRA (2018)

Nota: R=Coefficiente de Correlação entre GS (1ª Coleta) e (2ª Coleta) – R²=Coeficiente de Determinação entre GS (1ª Coleta) e (2ª Coleta).

De acordo com a Figura 24, pode-se observar que os valores da Fotossíntese (A) variaram entre $0.69 < 6.76 \mu\text{mol.CO}_2.\text{m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ (1ª coleta) e $3.58 < 11.62 \mu\text{mol.CO}_2.\text{m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ (2ª coleta). Diante disso, verificou-se que os índices da segunda coleta foram maiores que os da primeira. Sendo que, os maiores valores registrados foram ($A=10.10$, 11.00 e $11.62 \mu\text{mol.CO}_2.\text{m}^{-2}.\text{s}^{-1}$), nos pontos P600 e P100, representando sucessivamente, as espécies (*Croton sonderianus*; *Croton sonderianus*; *Aspidosperma pyrifolium Mart*).

Verificou-se uma correlação desprezível entre as duas variáveis, sendo a correlação $R=0.332$ e a determinação $R^2=0.110$, evidenciando assim, que 11% das variações das medidas de fotossíntese na segunda coleta, são explicadas pelas variações da primeira.

Figura 24 – Distribuição espacial das medidas da Fotossíntese (A), março e maio de 2016



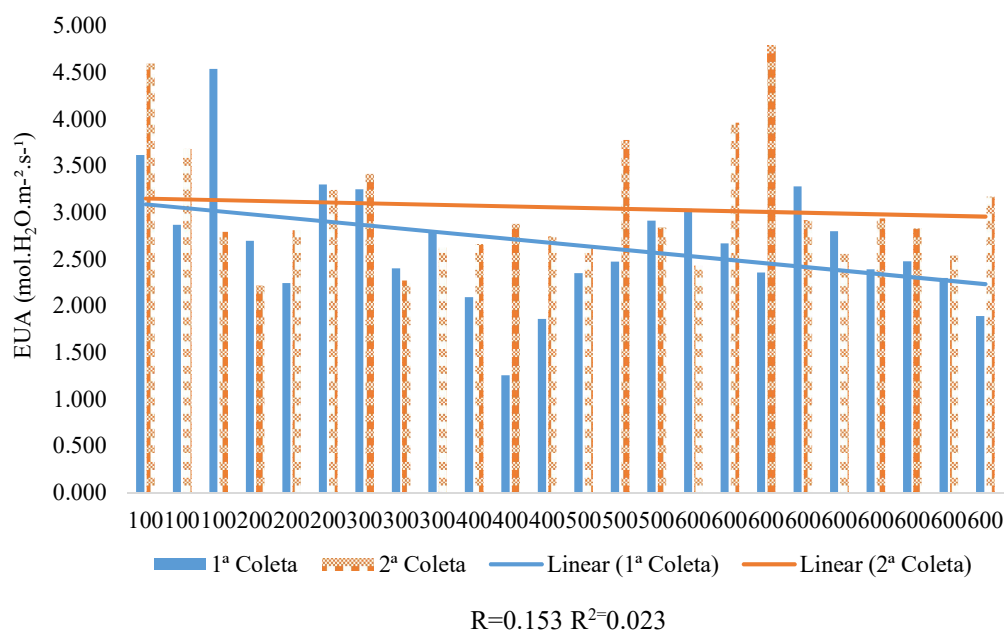
Fonte: CERQUEIRA (2018)

Nota: R=Coefficiente de Correlação entre A (1ª Coleta) e (2ª Coleta) – R²=Coefficiente de Determinação entre A (1ª Coleta) e (2ª Coleta).

Quanto a Eficiência do Uso de Água (EUA), os maiores valores registrados foram nos pontos P600 e P100 ($4.783 > 4.594 \text{ mol.H}_2\text{O.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$), por ocasião da segunda coleta e, no ponto P100 ($4.536 \text{ mol.H}_2\text{O.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$), a espécie arbórea *Croton sonderianus* (primeira coleta).

Na análise da correlação e da determinação (Figura 25), pode-se visualizar que o R Pearson apresentou uma correlação desprezível entre as duas variáveis ($R=0.153$) e $R^2=0.023$. Interferindo desta forma, com somente 2,3% de uma variável sobre a outra.

Figura 25 – Distribuição espacial das medidas da Eficiência do Uso de Água (EUA), março e maio de 2016



Fonte: CERQUEIRA (2018)

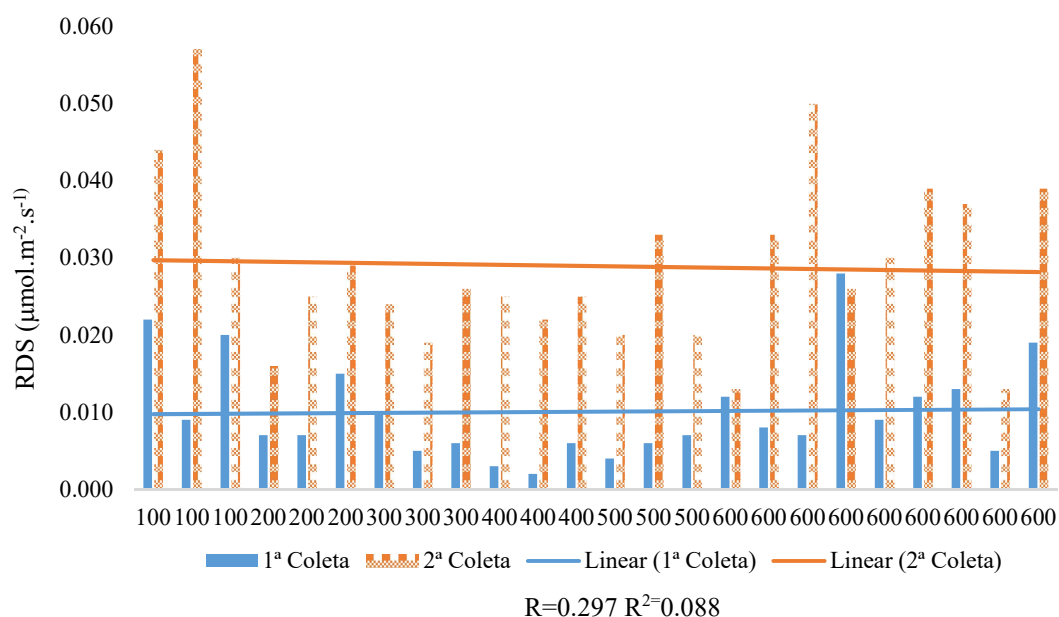
Nota: R=Coefficiente de Correlação entre EUA (1ª Coleta) e (2ª Coleta) – R²=Coefficiente de Determinação entre EUA (1ª Coleta) e (2ª Coleta).

Para a Eficiência de Carboxilação Rubisco (RDS), verificou-se que espécie arbórea, *Aspidosperma pyrifolium* Mart., no ponto P100, obteve o maior valor ($RDS=0.057\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$), seguido do Planta 3, *Croton sonderianus*, no ponto P600 ($RDS=0.050\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$), ambos da segunda coleta. O maior índice na primeira coleta, foi no ponto P600 ($RDS=0.028\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$), representado pela Planta 4, *Croton sonderianus*. Salienta-se também, que todos os índices na segunda coleta foram maiores que os da primeira.

Foi observado, conforme a figura 26, uma correlação desprezível entre as duas variáveis, onde $R=0.297$ e $R^2=0.088$, configurando assim, um percentual de 8,87 das variações das medidas da Eficiência de Carboxilação Rubisco na 2ª coleta, explicadas pelas variações Eficiência de Carboxilação Rubisco da 1ª coleta.

Observou-se também, que os coeficientes de determinação das linhas de tendência dos gráficos sobre a distribuição espacial das medidas SPAD e das trocas gasosas, referentes as figuras (6, 7, 8, 9, 10, 11 e 12), apresentaram significância ainda menor, quando comparadas a determinação entre as variáveis (1ª e 2ª coleta).

Figura 26 – Distribuição espacial das medidas da RDS, março e maio de 2016



Fonte: CERQUEIRA (2018)

Nota: R =Coeficiente de Correlação entre RDS (1ª Coleta) e (2ª Coleta) – R^2 =Coeficiente de Determinação entre RDS (1ª Coleta) e (2ª Coleta).

Tabela 11 - Valores médios do SPAD, da Concentração Interna (CI) de CO₂, Transpiração (E), Condutância Estomática (GS), Fotossíntese (A), Eficiência do Uso de Água (EUA) e Eficiência de Carboxilação Rubisco (RDS), das espécies botânicas da caatinga

Pontos/ Distância (m)	Coletas	Plantas	SPAD	CI ($\mu\text{mol mol}^{-1}$)	E ($\text{mmol.H}_2\text{O. m}^{-2}.\text{s}^{-1}$)	GS ($\text{mol.H}_2\text{O. m}^{-2}.\text{s}^{-1}$)	A ($\mu\text{mol.CO}_2.\text{m}^{-2}.\text{s}^{-1}$)	EUA ($\text{mol. H}_2\text{O. m}^{-2}.\text{s}^{-1}$)	RDS ($\text{mmol m}^{-2}.\text{s}^{-1}$)	Hora
100	1	1	39	231.00	1.43	0.10	5.17	3.615	0.022	08:25
100	2	1	41	201.67	1.92	0.17	8.82	4.594	0.044	08:02
100	1	2	38	244.67	0.75	0.05	2.15	2.867	0.009	08:35
100	2	2	32	203.33	3.16	0.24	11.62	3.677	0.057	08:14
100	1	3	38	192.33	0.84	0.05	3.81	4.536	0.020	08:42
100	2	3	40	210.67	2.24	0.12	6.25	2.790	0.030	08:23
200	1	1	39	228.33	0.62	0.03	1.67	2.694	0.007	08:53
200	2	1	37	252.67	1.85	0.10	4.10	2.216	0.016	08:34
200	1	2	40	248.33	0.82	0.04	1.84	2.244	0.007	08:56
200	2	2	39	231.67	2.05	1.29	5.76	2.810	0.025	08:39
200	1	3	41	202.67	0.91	0.05	3.00	3.297	0.015	09:03
200	2	3	37	245.67	2.21	0.17	7.16	3.240	0.029	08:45
300	1	1	44	223.33	0.69	0.04	2.24	3.246	0.010	09:11
300	2	1	50	241.00	1.73	0.11	5.90	3.410	0.024	08:57
300	1	2	41	254.33	0.55	0.03	1.32	2.400	0.005	09:15
300	2	2	41	254.67	2.16	0.15	4.90	2.269	0.019	09:04
300	1	3	38	239.00	0.52	0.03	1.46	2.808	0.006	09:26
300	2	3	35	247.33	2.44	0.18	6.40	2.623	0.026	09:06
400	1	1	36	241.00	0.33	0.02	0.69	2.091	0.003	09:31
400	2	1	39	248.00	2.33	0.19	6.20	2.661	0.025	09:23
400	1	2	41	289.00	0.55	0.03	0.69	1.255	0.002	09:40
400	2	2	44	236.00	1.81	0.13	5.21	2.878	0.022	09:28
400	1	3	38	245.33	0.79	0.04	1.47	1.861	0.006	09:45
400	2	3	41	246.00	2.20	0.17	6.04	2.745	0.025	09:33
500	1	1	38	244.33	0.46	0.02	1.08	2.348	0.004	08:00
500	2	1	41	230.67	1.72	0.10	4.52	2.628	0.020	09:43
500	1	2	39	232.50	0.52	0.03	1.28	2.471	0.006	08:15
500	2	2	41	199.67	1.72	0.09	6.49	3.773	0.033	09:52
500	1	3	39	232.33	0.57	0.03	1.66	2.912	0.007	08:25
500	2	3	42	224.00	1.55	0.08	4.40	2.839	0.020	09:59
600	1	1	41.30	197.33	0.80	0.03	2.43	3.037	0.012	08:25
600	2	1	42.20	274.00	1.49	0.14	3.62	2.430	0.013	08:22
600	1	2	40.20	218.33	0.69	0.03	1.84	2.667	0.008	08:32
600	2	2	43.23	236.33	1.96	0.20	7.76	3.960	0.033	08:31
600	1	3	38.20	237.00	0.70	0.03	1.65	2.357	0.007	08:38
600	2	3	43.36	218.33	2.30	0.26	11.00	4.783	0.050	08:38
600	1	4	49.80	207.67	1.80	0.10	5.90	3.278	0.028	08:45
600	2	4	49.20	261.00	2.32	0.27	6.76	2.914	0.026	08:45
600	1	5	34.90	188.67	0.64	0.02	1.79	2.797	0.009	08:53
600	2	5	40.90	265.67	3.10	0.42	7.92	2.555	0.030	08:53
600	1	6	36.20	210.33	1.02	0.04	2.44	2.392	0.012	08:58
600	2	6	47.23	256.67	3.44	0.46	10.10	2.936	0.039	08:58
600	1	7	34.30	205.67	1.07	0.04	2.65	2.477	0.013	09:04
600	2	7	36.23	257.00	3.35	0.42	9.47	2.827	0.037	09:10
600	1	8	42.40	243.75	0.57	0.03	1.31	2.298	0.005	09:08
600	2	8	44.10	271.00	1.41	0.14	3.58	2.539	0.013	09:19
600	1	9	35.80	233.67	2.30	0.09	4.35	1.891	0.019	09:20
600	2	9	36.50	243.00	2.99	0.31	9.47	3.167	0.039	09:23

Fonte: CERQUEIRA (2018)

Nota: **Planta 1** P100 = *Aspidosperma pyrifolium* Mart.; **Planta 2** P100 = *Aspidosperma pyrifolium* Mart.; **Planta 3** P100 = *Croton sonderianus*; **Planta 1** P200 = *Aspidosperma pyrifolium* Mart.; **Planta 2** P200 = *Aspidosperma pyrifolium* Mart.; **Planta 3** P200 = *Aspidosperma pyrifolium* Mart.; **Planta 1** P300 = *Aspidosperma pyrifolium* Mart.; **Planta 2** P300 = *Aspidosperma pyrifolium* Mart.; **Planta 3** P300 = *Aspidosperma pyrifolium* Mart.; **Planta 1** P400 = *Aspidosperma pyrifolium* Mart.; **Planta 2** P400 = *Aspidosperma pyrifolium* Mart.; **Planta 3** P400 = *Aspidosperma pyrifolium* Mart.; **Planta 1** P500 = *Aspidosperma pyrifolium* Mart.; **Planta 2** P500 = *Aspidosperma pyrifolium* Mart.; **Planta 3** P500 = *Aspidosperma pyrifolium* Mart.; **Planta 1** P600 = *Aspidosperma pyrifolium* Mart.; **Planta 2** P600 = *Croton sonderianus*; **Planta 3** P600 = *Croton sonderianus*; **Planta 4** P600 = *Croton sonderianus*; **Planta 5** P600 = *Croton sonderianus*; **Planta 6** P600 = *Croton sonderianus*; **Planta 7** P600 = *Croton sonderianus*; **Planta 8** P600 = *Aspidosperma pyrifolium* Mart.; **Planta 9** P600 = *Zizinus ioazeiro*.

O uso do SPAD é um método cada vez mais popular na mensuração da concentração de clorofila em plantas (LING; HUANG; JARVIS, 2011). Além de ser de fácil operação fornece um índice instantâneo da capacidade fotossintetizadora das folhas vegetais (CAUDLE et al., 2014).

Com relação aos teores de clorofila estimados pelo índice SPAD, em espécies de *Jatropha curcas L.* (pinhão manso), Moura et al. (2016), observaram que no período de 90 dias, as plantas submetidas ao déficit hídrico apresentaram aumento significativo na concentração de pigmentos fotossintéticos, com tratamento de 60% da capacidade de pote (CP) e, em 120 dias, esse índice foi de 40%. Verificou-se desse modo, que as concentrações de pigmentos fotossintéticos na espécie pinhão manso apresentou resistência ao déficit hídrico.

Com a finalidade de escolher espécies arbóreas mais adequadas as condições ambientais da Ilha de Kish no Irã, Haghghi e Salehi (2013), utilizando um medidor de clorofila SPAD-502 da Minolta, em sete espécies de plantas, pode-se observar nesse estudo, que não houve diferença significativa entre as espécies, quanto ao teor de clorofila foliar.

Analisando a taxa de assimilação em relação à concentração de CO₂ dentro das folhas (C_i), tem sido uma abordagem útil para investigar as respostas das plantas a vários ambientes. No entanto, há incertezas no cálculo de C_i, quando os estômatos se fecham (TOMINAGA; KAWAMITSU, 2015).

Divergindo do nosso estudo, quanto a redução da concentração interna de CO₂ (C_i) em plantas da caatinga em períodos distintos, Campelo et al. (2015), analisando seis espécies arbóreas em condições irrigadas e sequeiro, na região do Baixo Acaraú-CE, diagnosticaram que ocorreu uma redução na concentração interna de CO₂ das espécies *Swietenia macrophylla King.* e *Handroanthus impetiginosa Mart.*, somente no mês de novembro, enquanto para as espécies *Calophyllum brasiliense Cambess* observou-se uma redução nos meses de novembro e fevereiro e, nas demais espécies pesquisadas não observou influência do regime hídrico sobre a concentração interna de CO₂.

Em outro estudo, sobre as variações fisiológicas do dossel da floresta Amazônia, no município de em Santarém-PA, Felseburgh (2009), verificou que a partir de 30°C, a concentração interna de CO₂ (C_i) na câmara subestomática decresceu consideravelmente, com redução de até 26% na temperatura de 36°C e em 32% aos 42°C. Esse fato pode estar relacionado a diminuição da condutância estomática em altas temperaturas, que aumenta a resistência à entrada de CO₂ e conseqüentemente ocasionado uma menor difusão deste, para o mesófilo foliar.

Desse modo, a diminuição da taxa transpiratória nem sempre representa o estresse hídrico, o fechamento dos estômatos nas folhas é a estratégia que plantas utilizam para manter a turgescência durante o período em que ocorre maior demanda de vapor de água pela atmosfera (CARON et al, 2014). Geralmente, com o fechamento dos estomáticos foliares, ocorre a redução da condutância estomática, a concentração interna de CO₂ e a redução da taxa de assimilação de CO₂ (HASEGWA et al., 2000; MUSYIMI et al., 2007).

Nesse sentido, em um experimento com espécimes de *C. blanchetianus*, na Fazenda Riacho do Papagaio, Garanhuns-PE, mensurando parâmetros de trocas gasosas entre 20 indivíduos de *C. blanchetianus*, sendo 10 em ambientes totalmente expostos à luz solar (a pleno sol) e 10 em ambiente com menor incidência luminosa (sombreamento natural), Granja (2013), observou que as plantas expostas a pleno sol apresentaram valores de transpiração (E≈40%) maiores do que as plantas sob sombreamento natural.

Quanto a transpiração em árvores adultas, Mengistu et al. (2011), em um estudo na Etiópia, com espécimes de *Boswellia papyrifera*, em duas áreas: Metema (uma área de altitude relativamente baixa, 810-990 m), e em Abergelle (uma área com altitude entre 1400-1650m), verificaram que por ocasião das trocas gasosas na *Boswellia papyrifera*, a transpiração (E) havia aumentado no início da manhã até o meio-dia, principalmente em resposta a um crescente déficit hídrico atmosférico (VPD) e ao fechamento estomático gradual. Com o Déficit hídrico atmosférico maior, resultou em uma maior transpiração e numa menor eficiência no uso da água. Observaram ainda, que a taxa de transpiração diferiu fortemente entre as duas áreas pesquisadas (P<0,001).

Outra variável importante por ocasião das trocas gasosas nos vegetais é a condutância estomática, um parâmetro fisiológico onde as plantas controlam as trocas gasosas, incluindo, o fator transpiração (SILVA et al., 2015).

Quando se compara a condutância estomática, entre plantas adultas da caatinga, pode-se verificar divergências entre espécies de plantas. Figueiredo et al. (2015), utilizando dez indivíduos adultos de *Jatropha curcas* L. e *Jatropha mollissima* (Pohl) Baill., em uma pesquisa em Serra Talhada-PE, região semiárida do Nordeste brasileiro, observaram que em relação a condutância estomática (GS), sob baixa umidade do solo (LSM) e altas condições de déficit hídrico atmosférico (VPD), as espécimes de *Jatropha mollissima* apresentaram redução da GS em 98%, promovendo dessa maneira, uma diminuição na assimilação e transpiração em torno de 96%, enquanto a espécie *J. Curcas* promoveu a redução de 66%, levando assim, a maiores reduções na transpiração (75%), do que na assimilação (41%).

Daí verifica-se que a sazonalidade dos elementos climáticos inerentes a um determinada

região, tais como, temperatura do ar, umidade relativa do ar e radiação solar podem alterar o comportamento fisiológico dos vegetais e, conseqüentemente intervêm diretamente no crescimento e em seu desenvolvimento, sendo que, cerca de 90% da produção biológica destas ocorrem mediante resposta à atividade fotossintética e o aumento na resistência difusiva estomática, podendo assim ocasionar diminuição na fotossíntese líquida (FLOSS, 2004; AMARAL et al., 2006).

De acordo com Otto et al. (2013), com as medições de fotossíntese e condutância estomática, é possível entender o efeito da disponibilidade hídrica no crescimento dos plantios de eucalipto. Assim, realizando dois experimentos em duas áreas comerciais (uma úmida a outra seca) voltadas a exploração de celulose, no município de Eunápolis-BA, pode-se verificar que na área seca, o déficit hídrico foi um fator limitante para a abertura estomática e contribuiu para a queda na assimilação de carbono pela fotossíntese ($A=1,2 < 3,4 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$). O contrário ocorreu na área úmida, que apresentou maior controle estomático em função do déficit de pressão de vapor e, maiores valores das taxas fotossintéticas ($A=12,5 < 16,4 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) e produtividade.

Estômatos numerosos, permitindo uma maior taxa de trocas gasosas durante os períodos relativamente curtos de suprimento hídrico e, estômatos em depressões, auxiliando a diminuição da perda de água, são caracteres frequentes da epiderme das folhas de espécies das regiões áridas e semiáridas (RAVEN; EVERT; EICHHORN, 2007).

Assim, para Medeiros et al. (2017), as ceras epicuticulares presentes nas folhas são a interface entre as folhas e a atmosfera, atuando na redução de perda d'água. Investigando folhas da espécie *Aspidosperma pyriformium*, uma das mais abundantes da caatinga e da região semiárida do Nordeste brasileiro, observou-se uma diferença acentuada na eficiência de uso da água (EUA), quando comparados os tratamentos das folhas intactas (controle) e, as folhas que tiveram o epicuticular foliar removido mecanicamente (folhas sem cera) entre os anos 2013 e 2014, sendo, a redução mais alta observada, em 2013 ($P < 0,05$). Quanto a eficiência de uso da água, foi calculada como a relação entre a taxa fotossintética líquida e a transpiração.

Em relação a eficiência de carboxilação rubisco (RDS), em outro estudo realizado por Costa et al. (2015), no município de Patos-PB, com espécimes de aroeira (*Myracrodruon urundeuva Allemão*), observaram que a eficiência de carboxilação nessas plantas, reduziu acentuada e progressivamente, sob déficit hídrico, à medida que o período sem irrigação avançava. Sendo que, ocorreu redução na eficiência de carboxilação das plantas irrigadas no último dia de déficit hídrico, tanto em relação ao início dos tratamentos, como em relação às

plantas irrigadas. Observou-se ainda, que a recuperação na eficiência de carboxilação foi obtida apenas seis dias após a reidratação.

Os dados obtidos nas avaliações das duas áreas (A1 e A2) foram submetidos a uma análise de regressão, onde verificou-se que o coeficiente de determinação foi de 29% da variabilidade, da variável dependente (Pontos), que foi explicada pelas outras 6 variáveis. Portanto, o R_2 e o R^2 ajustado, foram baixos.

Quanto o valor p da estatística F calculado na tabela ANOVA, levando em consideração o nível de significância de 5%, a informação trazida pelas variáveis explicativas foi significativamente melhor do que uma média básica traria (Tabela 12).

Tabela 12 - Análise da variância, referente a troca gasosas em plantas

Fonte	GL	Soma dos quadrados	Média dos quadrados	F	Pr > F
Modelo	6	471641.131	78606.855	2.825	0.021
Erro	41	1140858.869	27825.826		
Total corrigido	47	1612500.000			

Fonte: CERQUEIRA (2018)

Nota: Calculado contra o modelo $Y=Média(Y)$

Baseado na soma de quadrados do Tipo III (Tabela 13), a variável Ci traz informação significativa para explicar a variabilidade da variável dependente, Coletas. Em relação as variáveis E; GS; A; EUA e RDS, não trazem informações significantes para explicar a variabilidade da variável dependente, Coletas. Assim, as variáveis explicativas, baseado na soma de quadrados do Tipo III, a variável Ci foi a mais influente.

Tabela 13 - Análise da Soma de Quadrados do tipo III (Coletas)

Fonte	GL	Soma dos quadrados	Média dos quadrados	F	Pr > F
CI	1	0.512	0.512	6.117	0.018
E	1	0.283	0.283	3.381	0.073
GS	1	0.041	0.041	0.492	0.487
A	1	0.110	0.110	1.313	0.258
EUA	1	0.161	0.161	1.918	0.174
RDS	1	0.145	0.145	1.728	0.196

Fonte: CERQUEIRA (2018)

Divergindo desse estudo, Freitas et al. (2011), em uma pesquisa sobre os efeitos de níveis de irrigação, por gotejamento em três cultivares de mamoneira, verificaram que houve efeito significativo (teste F, 1% de probabilidade), das lâminas de irrigação sobre as variáveis massa seca do pecíolo (MSP), condutância estomática (CES), fotossíntese (FOT) e efeito significativo das cultivares sobre todas as variáveis estudadas, exceto para MSP. Portanto, houve interação entre os dois fatores estudados, com significância para todas as variáveis,

exceto para a variável massa seca do limbo foliar (MSL).

Em outro estudo, sobre trocas gasosas e eficiência fotoquímica de cultivares de algodoeiro herbáceo, realizado na Embrapa Campina Grande, Ferraz et al. (2014), a fim de estabelecer confiabilidade no estudo, empregaram à análise de variância pelo teste F, até 5% de probabilidade de erro. Além do modelo de regressão, para cada variável, baseando-se na significância do coeficiente de regressão (teste t-Student) e na proporção da variância explicada pelas equações dos modelos, dada pelo coeficiente de determinação (R^2). Verificaram que houve diferenças significativas entre as variáveis estudadas: taxa de assimilação de CO_2 (A), condutância estomática (GS) ($p < 0,05$) e concentração interna de CO_2 (C_i).

Quanto o modelo misto ou do tipo III, observa-se que apresenta tanto fatores de efeitos fixos como aleatórios, além do erro experimental (efeito aleatório) e da média da população (efeito fixo). Deste modo, é prudente avaliar e identificar rapidamente e de maneira eficiente qual a melhor soma de quadrados a ser usada para testar as hipóteses de interesse, principalmente em modelos mistos, onde as dificuldades geralmente, são maiores (COIMBRA et al., 2006).

Portanto, verificou-se que não foi possível vincular interferência da Usina Termelétrica Borborema S.A, nas espécies arbóreas do entorno, quanto às trocas gasosas. A causa disso pode estar atrelada, a incidência dos poluentes advindos da Termelétrica Borborema S.A, em outro local diferente de onde realizou este estudo e/ou os índices de poluentes emitidos pela UTE, podem estar abaixo do limite permitido pelas legislações reguladoras sobre poluentes atmosféricos. Fato este a confirmar, após uso da modelagem com o software Aermid View.

Observou-se ainda, que a Usina Termelétrica Borborema S.A, funciona desde 2011 com diversas interrupções, conforme decisão da Agência Nacional de Energia Elétrica. Por ocasião deste estudo, verificou-se que a UTE funcionou poucas vezes, podendo assim, não ter interferido o suficiente para apresentar alterações na vegetação pesquisada, conforme análise das trocas gasosas e estimativa da clorofila pelos índices SPAD apresentados.

Desta forma, há a necessidade de se realizar outros estudos pontuais, incluindo a utilização de outras metodologias, a fim de detalhar melhor tais resultados.

5.4 CONCLUSÕES

Na análise conjunta dos dados referentes ao teor de clorofila e as trocas gasosas com espécies botânicas típicas da caatinga, nas duas áreas pesquisadas, nos permitiu inferir que:

- Devido à perda das folhagens, típico ao período de estiagem da região do semiárido

paraibano, não foi possível realizar análise de troca gasosas e estimar a clorofila através dos índices SPAD, das plantas selecionadas nas duas áreas pesquisadas;

- Os índices SPAD, foram maiores por ocasião da 2ª coleta. Contudo, não houve índices de clorofila significativos entre as coletas e áreas pesquisadas;

- A Concentração Interna de CO₂ (Ci) apresentou baixa variação entre os dois períodos de coleta. Evidenciou-se assim, uma não correlação entre as coletas e áreas pesquisadas. Contudo, mesmo os índices de Ci em sua maioria, ter sido maiores na segunda coleta, o maior registro foi na primeira coleta no ponto P400 com a espécie *Aspidosperma pyrifolium* Mart.; e

- Para as demais variáveis verificadas, nas trocas gasosas, entre as plantas selecionadas neste estudo, a Transpiração, a Condutância Estomática, a Fotossíntese líquida, a Eficiência do Uso de Água; e a Eficiência de Carboxilação Rubisco, verificou-se que não houve correlação e interferência significativa entre as espécies das duas áreas e entre as coletas. Estatisticamente, estas variáveis não trouxeram informações significantes, principalmente, para explicar a variabilidade quanto o período de coleta.

CAPÍTULO V

6 SENSORES AMBIENTAIS

6.1 INTRODUÇÃO

A falta de planejamento de longo prazo na política energética do Brasil e, com a crise hídrica atual, refletiu diretamente na geração de energia elétrica pelas hidrelétricas, havendo assim, a necessidade de acionamento de um número maior de usinas termelétricas no país, para garantir a demanda energética (GALVÃO; BERMANN, 2015).

Atualmente, a matriz energética brasileira é composta por 4.048 empresas geradoras, sendo 201 Usina Hidrelétrica de Energia (UHE), 476 Pequena Central Hidrelétrica (PCH), 496 Central Geradora Hidrelétrica (CGH), 2.291 Usina Termelétrica de Energia (UTE), 2 Usina Termonuclear (UTN), 265 Central Geradora Eolielétrica (EOL) e 317 Central Geradora Solar Fotovoltaica (UFV). Sendo, do total das termelétricas, 1.602 são movidas a óleo combustível e diesel (ANEEL, 2015).

A geração de energia pelas termelétricas, além de mais onerosa, proporciona maior contaminação atmosférica e geram efluentes líquidos em larga escala. Chama-se atenção que, na geração de 1MWh de eletricidade em uma UTE, que utiliza óleo pesado HFO (Heavy Fuel Oil), cuja composição contém hidrocarbonetos com 50 átomos de carbono e 2,5% de enxofre, são emitidos 4,373kg material particulado, 29,401kg CO₂, 1,133kg CO, 10,631kg SO₂, 45,178kg NO e 29,401kg NO₂ (COLOSSI, 2012).

Neste contexto, para controle e monitoramento da qualidade ar, foi estabelecido pelo Conselho Nacional de Meio Ambiente, padrões de concentrações de poluentes atmosféricos, através da Resolução CONAMA nº 003/1990, quando estes forem ultrapassados, podendo afetar a saúde, a segurança e o bem-estar da população, além de ocasionar danos à flora e à fauna, aos materiais e ao meio ambiente em geral. Contudo, as partículas respiráveis não constam nessa resolução, as quais são responsáveis por causar doenças em curto tempo de exposição (KAMPA; CASTANAS, 2007).

Sendo assim, por estarem ligados frequentemente à ocorrência e aos efeitos adversos que prejudicam ao meio ambiente, os gases SO₂, O₃, CO, NO₂, as Partículas Totais em Suspensão (PTS) e os Hidrocarbonetos Totais (HC), são tidos como indicadores da qualidade do ar (SOUSA, 2016).

Dentre os poluentes nocivos, salienta-se o dióxido de enxofre (SO₂), que é um poluente de origem principalmente industrial e, que é gerado através dos processos de combustão (óleo pesado, carvão, gasolina, dentre outros). No ser humano, pode causar irritações nas membranas, mucosas e vias respiratórias, com aparecimento de edema pulmonar e bronquite (DRUMM et al. 2014; SINGH; AGRAWAL, 2008).

Nos vegetais, a severidade dos danos causados pelo SO₂ depende da maturidade das folhas, sendo as jovens, mais sensíveis ao SO₂ do que as folhas mais velhas. Nas dicotiledôneas, os danos provocados pelo SO₂, usualmente se manifestam como necrose das folhas. Já nas monocotiledôneas, em concentrações baixas e moderadas, o SO₂ pode causar danos no topo das folhas. Assim sendo, a sensibilidade entre a espécies vegetais depende da sensibilidade e do grau de exposição ao SO₂ (MARIANO, 2001).

Quanto ao ozônio troposférico, as plantas quando expostas, sofrem sérios danos, conseqüentemente, traz perdas agrícolas significativas. Em algumas regiões metropolitanas do Brasil, as concentrações médias anuais atingem 45ppb, o que já é considerado suficiente para causar severos efeitos tóxicos aos vegetais (PEDROSO, 2007).

Nos humanos, a intoxicação aguda por monóxido de carbono, proporciona a mortalidade e a morbidade, não intencional e não relacionada ao fogo, causando assim, um problema de saúde pública substancial, mas muitas vezes são desconhecidos (GRABER et al., 2007). Nas Usinas Termelétricas, o monóxido de carbono geralmente, ocorre quando a queima do combustível nas caldeiras energéticas é incompleta, devido a erros de combustão (ATÂNÁSIOAE, 2009).

Já o gás dióxido de carbono, caracteriza-se por ser não tóxico e não inflamável, como não possui odor e cor, os vazamentos são impossíveis de se detectar. A exposição de concentrações elevadas de CO₂ pode gerar riscos à saúde humana, quando inalado em grande quantidade, pode provocar irritações nas vias aéreas, vômitos, náuseas e até mesmo a morte por asfixia, fato este que ocorre frequentemente nos incêndios. Sendo que, na atmosfera, a concentração típica é 350 a 450ppm (SERAFIM, 2008; VAISALA, 2012).

Nesse sentido, observa-se que na atmosfera a concentração de gases poluentes vem aumentando consideravelmente, a partir do século XVIII, potencializando assim, a chuva ácida, a elevação da temperatura local, a degradação dos ecossistemas e paisagens, com prejuízos à produção de alimentos (LE QUÉRÉ et al., 2009; SILVA; MENEZES, 2007; SOUZA et al., 2008).

Desta maneira, mensurar os níveis de gases com sensores ambientais no entorno da Termelétrica Borborema Energética S.A neste estudo, é de suma importância, tendo em vista

permitir gerar um banco de dados dos valores colhidos e possibilitar realizar comparações desses níveis, durante o período de funcionamento e de não funcionamento da termelétrica. Ressalta-se também, que o funcionamento da termelétrica está condicionado a política energética da atual conjuntura governamental brasileira.

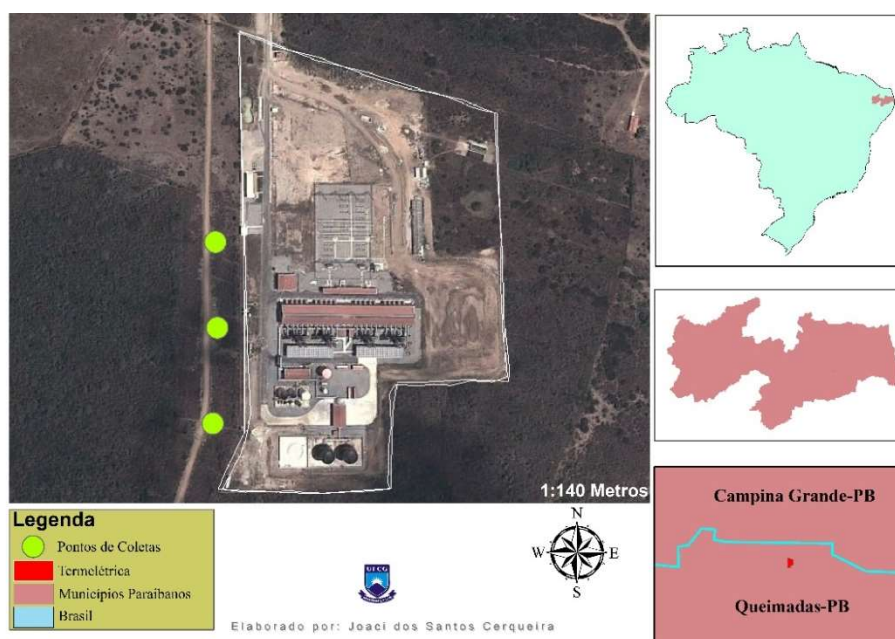
Para tanto, esta pesquisa teve como objetivo comparar os níveis instantâneos dos compostos químicos CO₂, CO, SO₂, ruídos, temperatura do ar, umidade relativa do ar, temperatura de ponto de orvalho, velocidade do vento e luminescência em duas áreas periurbanas do agreste paraibano.

6.2 MATERIAL E MÉTODOS

6.2.1 Caracterização da área de estudo

A pesquisa foi realizada em duas áreas de estudo, a área 1 (Figura 27), compreende o entorno da Usina Termelétrica Borborema Energética S.A., que situa-se no município de Queimadas-PB; a Norte, compreende uma distância de 2.900 metros do aeroporto de Campina Grande; a Sul, a cidade de Queimadas-PB; a Oeste, localiza uma vegetação típica da caatinga, compreendendo a zona de transição da urbana para rural de Campina Grande e a Leste, limita-se com a BR 104/sul, a 1.735 metros desta.

Figura 27 – Identificação da área 1 Usina Termelétrica Borborema Energética S.A.

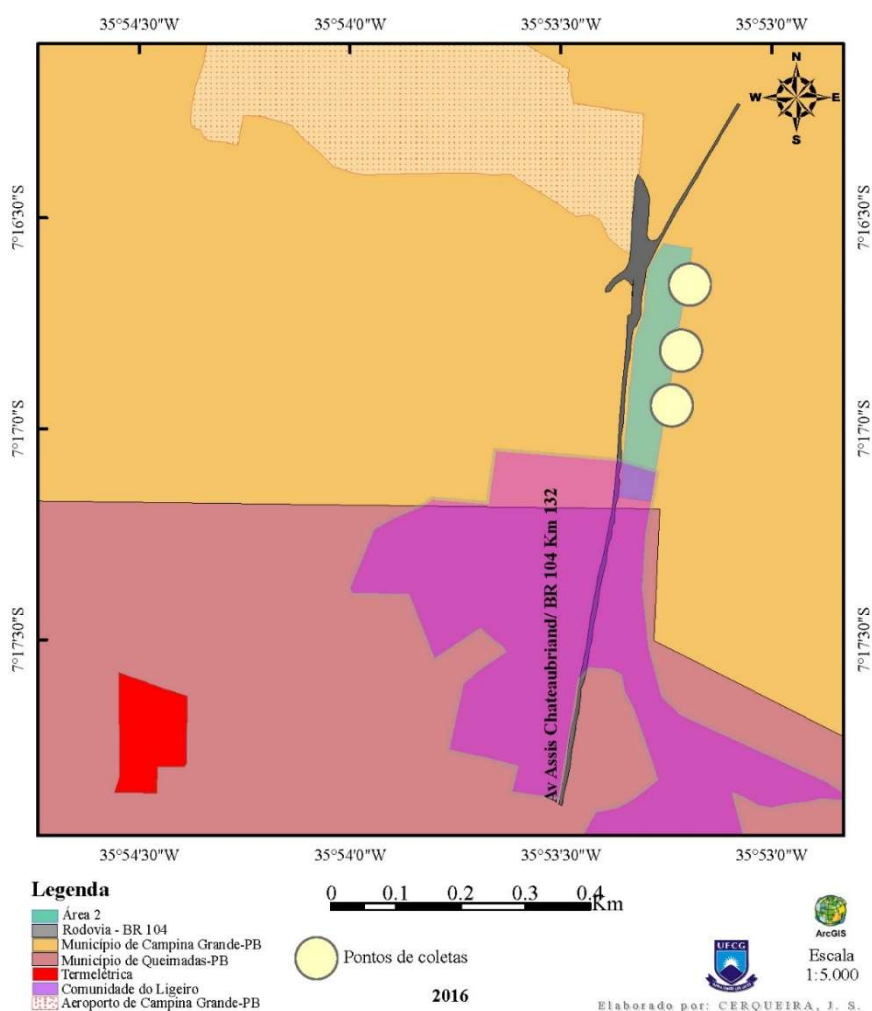


Fonte: ArcMap 10.1, CERQUEIRA (2018)

A área 2 (Figura 28), localiza-se no Complexo Aluizio Campos (CAC), que foi nominada como área experimental, ficando a uma distância de 2200 metros da Termelétrica Borborema Energética S.A. Nessa área, empregou-se também os mesmos procedimentos metodológicos da área 1, sendo sua escolha ocorrendo de forma intencional, por se localizar na parte Leste da UTE, sentido este contrário aos ventos predominantes do município de Campina Grande-PB.

Desta forma, enfatiza-se que a direção do vento é de fundamental relevância aos procedimentos realizados na coleta de dados atmosféricos.

Figura 28 - Mapa estrutural, com identificação da área 2



Fonte: ArcMap 10.1, CERQUEIRA (2018)

A Usina Termelétrica Borborema Energética S.A, é especializada em geração de energia elétrica pela combustão, sendo empregado nesse processo, o óleo pesado (HFO), que necessita ser mantido aquecido constante na temperatura de operação, para o uso imediato. A UTE possui 20 chaminés, em 4 torres com 5 dutos cada e, sua a capacidade de produção energética chega a

169 MW, o que garante energia para abastecer uma população de mais de quinhentos mil habitantes (CONSULTORIA AMBIENTE, 2008, BORBOREMA ENERGÉTICA, 2016).

As instalações da UTE, ocupa uma área física de 12,50 hectares, localizada nas coordenadas geográficas 7°17'47.44"S 35°54'30.29"O, cuja altitude é de 483 metros (GOOGLE EARTH, 2014). Desta forma, a UTE localiza-se próxima ao bairro do Ligeiro, no município de Queimadas-PB, porém, para efeitos administrativos a termelétrica é considerada como empreendimento constante do município de Campina Grande-PB.

O bairro do Ligeiro localiza-se entre os limites urbanos da cidade de Campina Grande - PB e da cidade de Queimadas – PB. O bairro é administrado politicamente pelo município de Queimadas, possui uma população em torno de 3.692 habitantes, área mais povoada do município. Contudo, o Ligeiro não é uma área contígua à sede do município de Queimadas. Sendo assim, sua localização como área residencial está numa área limítrofe, entre o Norte de Queimadas e o Sul de Campina Grande (IBGE, 2010; SILVA; FIGUEIREDO, 2010).

6.2.2 Procedimentos metodológicos

A coleta dos dados utilizando os sensores ambientais, deu-se no período de outubro de 2015 a março de 2017, em horários diurnos, entre 07:00h a 09:00h, com frequência semanal, sendo coletado medições amostrais instantâneas, nos pontos de coletas, próximo a UTE (área 1) e próximo à rodovia BR/104 (área 2). Em relação as condições de coleta das informações, foi em temperatura e ambiente natural. As coletas foram realizadas com os instrumentos (sensores ambientais), a uma altura de dois metros do nível do solo.

6.2.3 Instrumentos de coleta de dados

Como instrumento de coleta de dados, utilizou-se os equipamentos/sensores ambientais, disponibilizados pelo Instituto Bioeducação, sendo um GPS Garmin Gpsmap 62sc câmera 5mp (Figura 29); uma câmera digital semiprofissional Canon powershot SX60HS 16.1MP LCD 3.0, zoom óptico de 65x; um medidor ITMCO₂ - 600, para medição de CO₂ e CO; um medidor multifuncional ITMP-600, para medição de AVG/MAX/MIN/DIF, medição de temperatura; medição de umidade, medição de nível de som (dB), medição de luminescência (Lux) e medição de velocidade do vento; um detector de Gás GasAlert Extreme SO₂, para mensurar concentrações de enxofre no ambiente; além das observações *in loco*, e levantamento bibliográfico específico.

Figura 29 - Gps Garmin Gpsmap 62sc Câmera 5mp



Fonte: CERQUEIRA (2018)

O Medidor Multifuncional ITMCO₂ – 600 (Figura 30) possui uma porta USB para interface com PC, mede até 6 variáveis em um só equipamento (CO₂, CO, temperatura, umidade relativa do ar e ponto de orvalho). Possui as seguintes especificações: faixa de medição de CO₂ (0~9999ppm); faixa de medição de CO (0~1000ppm); temperatura (-20°C~60°C); umidade relativa (0,1%~99%UR); temperatura de ponto de orvalho (-20°C~59.9°C); resolução (1ppm 0.1°C, 0.1UR); precisão de medição de CO₂ ($\pm 30\text{ppm} \pm 5\%$ da leitura (0-5000ppm, outras faixas não são especificadas); precisão de medição de CO (+/-10ppm para menos de 100ppm; +/- 10% da leitura para 101~500ppm; +/- 20% da leitura para 501ppm ou acima); precisão de medição de temperatura ($\pm 0.6^\circ\text{C}$); e precisão de medição de umidade relativa do ar ($\pm 3\%$ de UR a 25°C e 10~90%UR).

O ITMCO₂ – 600 é um instrumento ideal para o diagnóstico da qualidade do ar interior (QAI), especialmente dos níveis de CO₂ e da ventilação do ar. Portanto, é amplamente empregado em áreas públicas como escritórios, salas de aula, fábricas, hospitais e hotéis. Seu uso também é sugerido na regulação da higiene industrial em alguns países, além de ser usado, para verificar o desempenho do sistema de aquecimento, ventilação e ar-condicionado AVAC e o nível de CO₂ e CO em áreas abertas (INSTRUTEMP, 2014).

Figura 30 - Medidor Portátil Multifuncional Modelo ITMCO₂ - 600

Fonte: CERQUEIRA (2018)

O medidor multifuncional modelo ITMP-600 (Figura 31) da Instrutemp, é capaz de medir temperatura, umidade, intensidade sonora, intensidade de luz e velocidade do vento. Possui as seguintes especificações: temperatura (faixa = -10°C a 60°), (resolução = 0.1°C), (precisão = ±1.5°C); umidade relativa (faixa = 20~80%RH), (resolução = 0.1%RH), (precisão = ±3%RH a 25°C); nível de som (faixa = 30 a 130dB), (resolução = 0.1dB), (precisão = ±1.5dB); iluminação (faixa = 0 a 2000Lux), (resolução = 1Lux); velocidade do vento (faixa = 0.5~20m/s), (resolução = 0.1m/s), (precisão = ±3%rdg+10 dígitos); fluxo de ar (faixa = 0 a 999900CMM), (resolução = 0~999.9m²), (precisão = ± 3%rdg+10 dígitos). O instrumento possui unidades de medidas em Celsius e Fahrenheit.

Salienta-se também, que é um instrumento amplamente utilizado na segurança do trabalho, que dispõe de variadas funções, possibilitando desta forma, diagnosticar as variáveis ambientais, num dado momento, de forma rápida e precisa.

Figura 31 - Medidor Portátil Multifuncional modelo ITMP-600



Fonte: CERQUEIRA (2018)

O detector de Gás GasAlert Extreme SO₂ (Figura 32) é um equipamento que possibilita mensurar concentrações de enxofre no ambiente (INSTRUTEMP, 2014). Possui as seguintes especificações: temperatura operacional, (-40° C a +50° C); umidade operacional, (- 15% a 90% de umidade relativa, sem condensação); intervalos do detector, GasAlert Extreme SO₂, (0-100,0ppm, incrementos de 0,1ppm). Possui alarme sonoros de 95dB e alarme visual com emissão de luz vermelha.

Enfatiza-se que o detector GasAlert é o instrumento muito sensível as mudanças da qualidade do ar, o qual e frequentemente é empregado no monitoramento da qualidade do ar no interior e exterior de construções (prédios, casas, escolas) (INSTRUTEMP, 2014; NAGENDRA; HARIKA, 2010).

Figura 32 - Detector de Gás GasAlert Extreme SO₂

Fonte: CERQUEIRA (2018)

Em relação a calibração dos instrumentos, são realizadas a cada dois anos, ou quando o instrumento apresentar necessidade de calibração a qualquer tempo, pela empresa de Instrumentos de medição, INSTRUTEMP, sediada em São Paulo.

6.2.4 Dados Meteorológicos

No estudo foi empregado uma Estação Meteorológica, com Interface computadorizada, Modelo No: ITWH - 1080, com frequência: 868MHz (Figura 33), para aferir dados mais pontuais, na área de estudo tais como, temperatura de entrada e saída/umidade; medição de vento e chuva; pressão do ar; tempo e data. Essa estação meteorológica foi instalada a 2550m da UTE, numa área pertencente ao CAC.

Figura 33 - Estação Meteorológica modelo ITWH - 1080, com Interface computadorizada



Fonte: Instrutemp, 2014.

Assim, observa-se que existe uma grande complexidade nas variações atmosféricas uma determinada região, que pode inclusive, apresentar discrepâncias acentuadas entre bairros de uma mesma cidade. Nesse sentido, para descrever as condições atmosféricas, a meteorologia se apropria de variáveis, que caracterizam um estado atmosférico, tais como, radiação solar, temperatura, umidade relativa, pressão, velocidade e direção do vento e precipitação. Esse conjunto de variáveis, descrevem as condições atmosféricas num dado local e instante (PEREIRA; ANGELOCCI; SENTELHAS, 2007).

6.2.5 Softwares utilizados

Para a transferência dos dados de CO₂ e CO registrados no ITMCO2 – 600, empregou-

se o software Log Express (INSTRUTEMP, 2014). Quanto a confecção da rosa dos ventos, utilizou-se o software WRPLOT View TM 8.0.0 – Freeware, da Lakes Environmental. Na coleta de dados da estação meteorológica, empregou-se o software EasyWeather. Todos os dados ambientais foram tratados estatisticamente pelos softwares XLStat (Freeware) e StatAction (versão Pro), com interface no software Excel, 2016. E para o georreferenciamento das áreas pesquisadas, utilizou-se os softwares, GPS TrackMaker® Free Versão 13.9.591, ArcMap 10.1 (licenciado para o Laboratório de Cartografia Digital, Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto dos cursos de Pós-Graduação do Centro de Humanidades da Universidade Federal de Campina Grande) e o Google Earth© (2014).

Dada a sua importância e complexidade, aborda-se o geoprocessamento que é uma ferramenta muito poderosa, sendo capaz de armazenar, quantificar e manipular dados georreferenciados, além de cruzar esses dados e tratá-los estatisticamente. Portanto, a utilização de técnicas de geoprocessamento, em conjunto com o sensoriamento remoto e de Sistemas de Informação Geográfica (SIG) tem permitido a realização de inúmeros trabalhos nos vários campos da ciência (PIROLI, 2010; FUJACO; LEITE; MESSIAS, 2010).

6.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Dada à complexidade que envolve as questões ambientais e meteorológicas, destaca-se, que os dados colhidos da Estação Meteorológica Profissional (ITWH-1080), foram descartados, tendo em vista, a referida estação meteorológica apresentar informações inconstantes e discrepantes, principalmente para as medidas de direção e velocidade do vento e precipitação, em relação aos dados considerados reais para essa região, a qual se encontrava instalada a Estação Meteorológica. Desta forma, utilizou-se os dados da Estação Meteorológica Automática de Campina Grande-PB (A-313), disponibilizado *on line* pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET).

Destaca-se que a UTE Borborema S.A, durante o período desta pesquisa funcionou poucas vezes, por ocasião da “Bandeira Vermelha” autorização pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), ou por ocasião de manutenções preventivas da termelétrica. Enfatiza-se assim que, o sistema de bandeiras tarifárias existe desde do ano de 2015 e, tem como objetivo sinalizar aos consumidores sobre o custo real da geração de energia, onde as termelétricas são acionadas para garantir o fornecimento energético nacional e em consequência, o custo nessa geração é repassado para o consumidor (ANNEE, 2015).

Em relação as medidas de SO₂ realizada através do Sensor/Detector de Gás GasAlert

Extreme SO₂, os dados foram zero, não havendo registro de ocorrência de dióxido de enxofre em nenhuma das duas áreas pesquisadas. Dessa forma, evidencia-se que mesmo nas ocasiões em que a Usina Termelétrica Borborema S.A se encontrava em funcionamento, não ocorreu nenhum registro, em parte por milhão (ppm), para SO₂ nos pontos de coleta. Observa-se também, que as coletas na área 1 foram realizadas a 100 metros da fonte emissora de poluentes e, que esta fonte se encontra a 35 metros de altura.

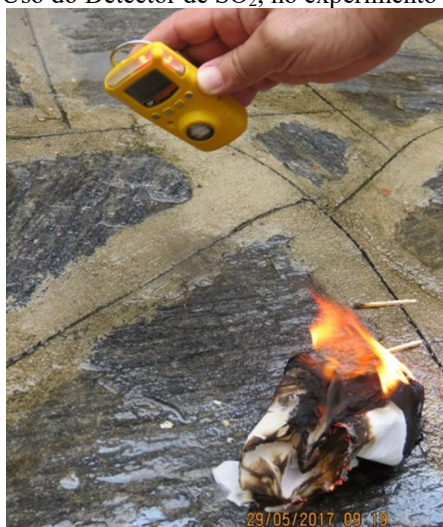
Para justificar e demonstrar a eficácia do Sensor/Detector de Gás GasAlert Extreme SO₂, quanto a sensibilização ao dióxido de enxofre, realizou-se no mês de maio de 2017, um experimento utilizando o óleo HFO (Figura 34), onde após este ser aquecido a uma temperatura de $\pm 60^{\circ}\text{C}$, foi umedecida uma folha de papel com o referido combustível e, colocou-se fogo para a realização da combustão (Figura 35A).

Figura 34 – Recipiente com Óleo HFO, utilizado no experimento, 2017



Fonte: CERQUEIRA (2018)

No experimento envolvendo a combustão do óleo HFO, registrou-se níveis elevados de SO₂ (Figura 35B), onde nos primeiros segundos de exposição do Detector de SO₂, atingiu-se 4.1ppm, demonstrando assim, alta sensibilidade do Detector GasAlert Extreme SO₂ e alta emissão de dióxido de enxofre presente no ambiente, por ocasião da queima do óleo HFO. Neste mesmo experimento, por ocasião da combustão, mensurou-se o monóxido de Carbono com o Medidor Portátil Multifuncional Modelo ITMCO₂ – 600 e, o registro de CO foi zero (Figura 36).

Figura 35A – Uso do Detector de SO₂, no experimentoFigura 35B - Níveis de SO₂ em ppm

Fonte: CERQUEIRA (2018)

Quanto aos níveis de monóxido de carbono (CO), também se verificou que os valores foram zero nas duas áreas pesquisadas, caracterizando desta maneira, que a queima do óleo HFO na UTE Borborema S.A, está sendo eficiente por ocasião do processo da geração de energia elétrica. Isto é, levando em consideração a aferição a 100 metros da fonte emissora, distância esta já referenciada anteriormente.

Figura 36 - Uso do Medidor Portátil Multifuncional Modelo ITMCO₂ – 600, no experimento

Fonte: CERQUEIRA (2018)

Para Guimarães (2011), o monóxido de carbono é um produto intermediário resultante do processo de combustão, onde ocorre baixa concentração de oxigênio. Para se compreender

melhor está situação, Chevron (2004) destaca a combustão com o óleo diesel, um derivado de petróleo utilizado em motores automotivos de combustão interna por compressão, que alcança os maiores rendimentos (45%), comparada com os demais combustíveis de combustão interna. O ciclo desse óleo no motor, é regulado somente pela vazão de combustível, uma vez que a vazão de ar permanece constante com as mudanças de velocidade, como esses motores geralmente operam com excesso de oxigênio, as emissões de hidrocarbonetos e de monóxido de carbono são minimizadas (CHEVRON, 2004; MASSAGARDI, 2004).

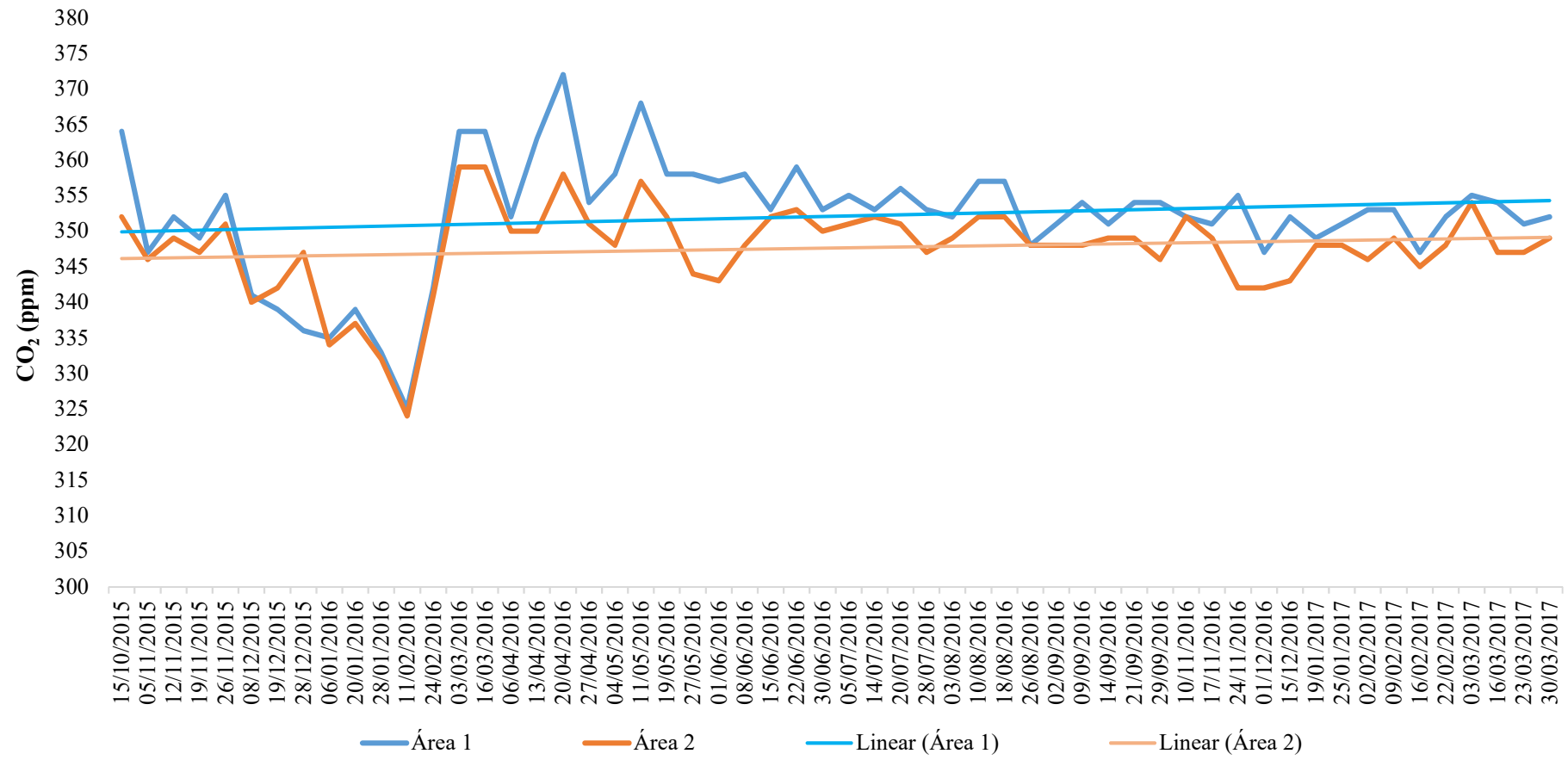
Portanto, a queima dos combustíveis fósseis (gasolina e diesel), acontece de forma incompleta quando utilizados em máquinas térmicas e veículos automotores, este processo resulta no lançamento de uma grande quantidade de monóxido e dióxido de carbono na atmosfera (DRUMM et al., 2014).

Quanto as emissões de SO_2 , de acordo com a FEEMA (2004), 88% das emissões de dióxido de enxofre são provenientes das fontes fixas e 12% são oriundas de fontes veiculares. Para Silva et al. (2013), as elevadas emissões de SO_2 na atmosfera, provoca graves danos à saúde humana e, em contato com a umidade atmosférica, gera o ácido sulfúrico (H_2SO_4), que contribui consideravelmente para a formação da chuva ácida e pode acidificar o solo e a água, prejudicando também, o desenvolvimento de algas e insetos.

Sobre a Tabela 14, observou-se que os níveis de CO_2 , não apresentaram valor expressivo/significativo mensurado, tanto na área 1, como na área 2, mesmo por ocasião do funcionamento da UTE. Os valores instantâneos mais elevados foram ($\text{CO}_2=372$), datado de 20/04/2016, onde se encontrava cinco chaminés da UTE em funcionamento e, ($\text{CO}_2=368$), datado de 11/05/2016, com UTE desligada. Desta maneira observou-se também, que o registro de CO_2 foi diretamente proporcional mais elevado, na mesma data na área 2.

Na Figura 37, visualiza-se uma forte correlação positiva entre as variáveis, sendo ($R=0.845$) e, o coeficiente de determinação ($R^2=0.715$), evidenciando que 71% das variações de CO_2 na área 2, são explicadas pelas variações na área 1. Caracterizando assim, direta proporcionalidade.

Figura 37 - Distribuição temporal das medidas instantâneas de CO₂ nas Áreas 1 e 2



R = 0.845 R² = 0.715

Fonte: CERQUEIRA (2018)

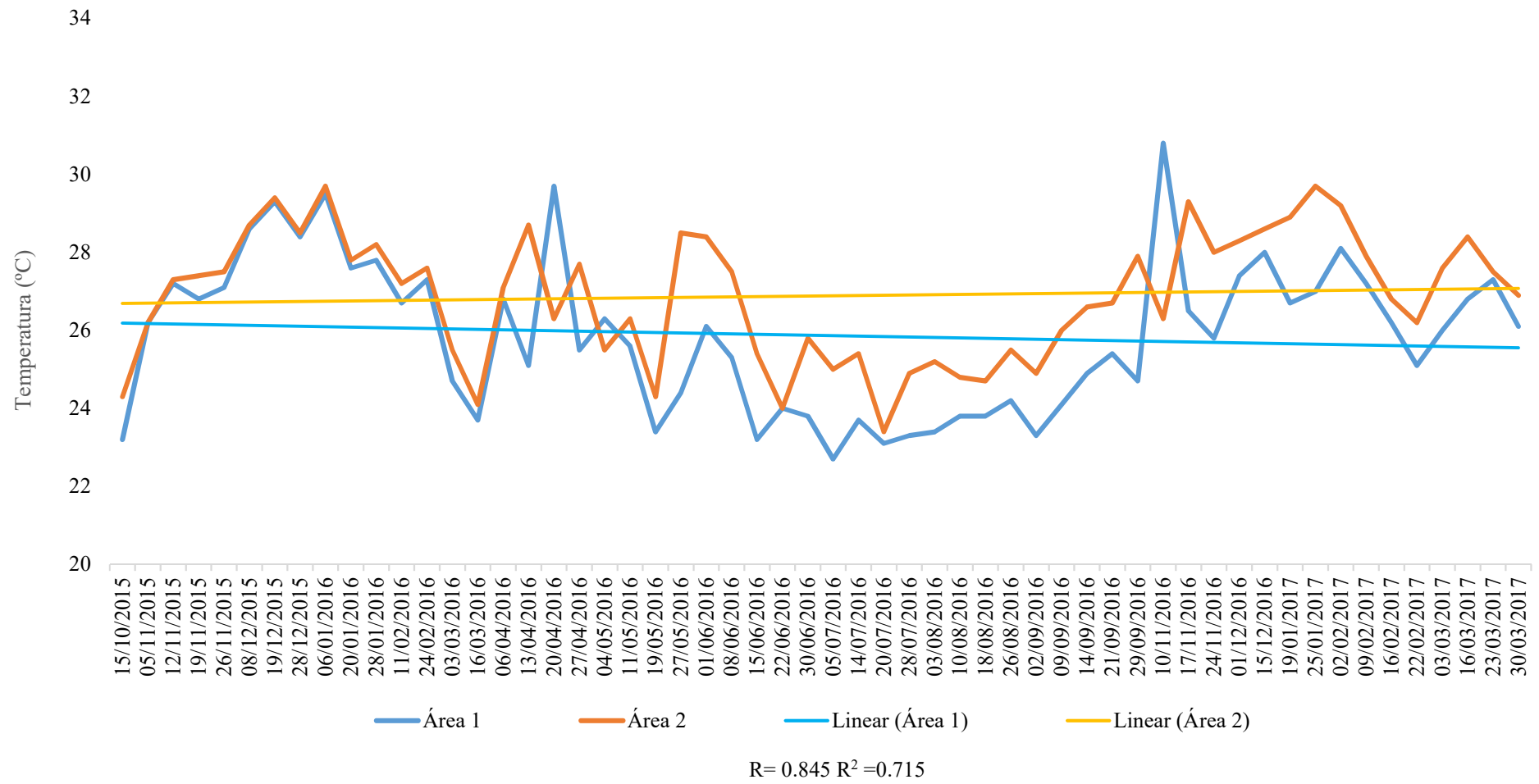
Nota: R=Coefficiente de Correlação entre CO₂ A1 e A2 – R²=Coefficiente de Determinação entre CO₂ A1 e A2.

Para Amaral, Silva e Reis (2009), a correlação Linear entre duas variáveis quando o valor é próximo de 1, evidencia uma forte relação linear entre as variáveis e, para avaliar se esse resultado é significativo, pode-se realizar um Teste de Hipóteses para o Coeficiente de Correlação.

Quanto as medidas instantâneas da Temperatura Ambiente, Umidade Relativa do Ar, Temperatura de Ponto de Orvalho e Temperatura de Bulbo Úmido, das áreas pesquisadas, os dados registrados não apresentaram nenhum valor fora do considerado normal aos registrados por estações meteorológicas instaladas pela cidade de Campina Grande-PB. Onde no período estudado, a temperatura ambiente variou de 22°C a 30°C, a URA ficou entre 89.8%>54.7%, o TPO ficou entre 22.2°C>14.1°C e o TBU registrado, variou de 23.9>18.1°C.

Desta forma, a distribuição temporal das medidas instantâneas de Temperatura Ambiente, nas Áreas 1 e 2 (Figura 38) apresentaram correlação ($R=0.711$), caracterizando assim, como uma correlação moderada e com determinação ($R^2=0.505$), representando cerca de 50% de interferência da A2 em relação A1.

Figura 38 – Distribuição temporal das medidas instantâneas de Temperatura Ambiente, nas Áreas 1 e 2



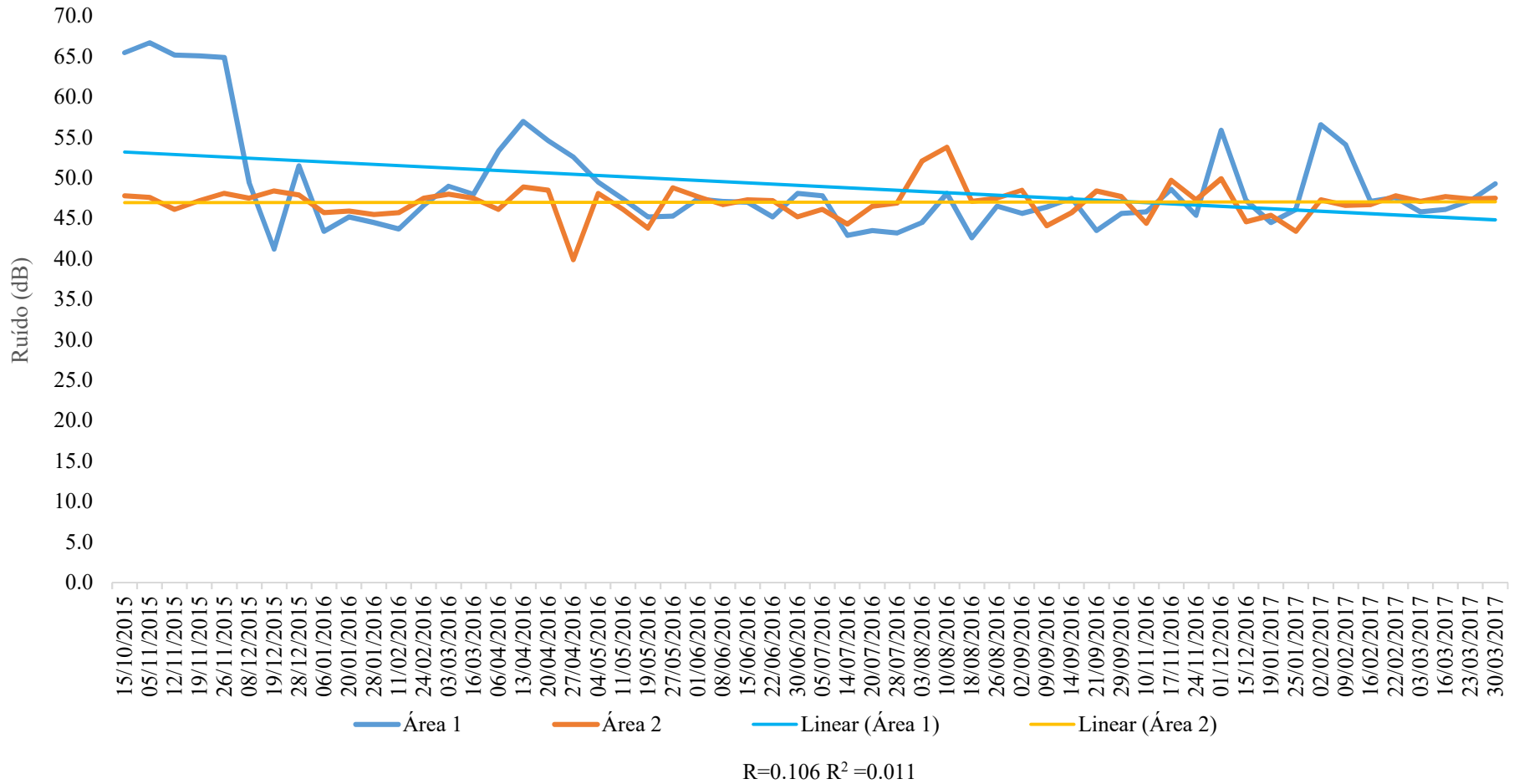
Fonte: CERQUEIRA (2018)

Nota: R=Coefficiente de Correlação entre TA A1 e A2 – R²=Coefficiente de Determinação entre TA A1 e A2.

Em relação aos níveis de decibéis, houve significância para os valores quando a UTE se encontrava em funcionamento, com variação de 48dB (cinco chaminés ligadas) a 66.7dB (vinte chaminés ligadas). Os níveis de ruídos da área 2 tiveram poucas variações (39.9>53.8db). Verifica-se também, que quando a UTE se encontrava desligada, os níveis de ruídos foram de 43.5>49.6dB, pois mesmo a UTE se encontrando desligada, havia funcionamento das bombas de transferência para alimentação dos tanques “pulmão”. Onde o HFO é aquecido até aproximadamente 60°C, que é a temperatura nominal desses tanques, que funciona como armazenamento intermediário antes do separador de combustível HFO. Desta forma, o óleo combustível fica pronto para uso imediato.

Quanto a distribuição temporal das medidas instantâneas de Decibéis, nas áreas 1 e 2 (Figura 39), pode-se observar na representação que ocorreu uma correlação positiva fraca ($R=0.106$), onde está ocorrendo pouca interferência (1,13%) da área 2 na área 1, sendo o coeficiente de determinação ($R^2=0.0113$).

Figura 39 - Distribuição temporal das medidas instantâneas de Decibéis, nas Áreas 1 e 2



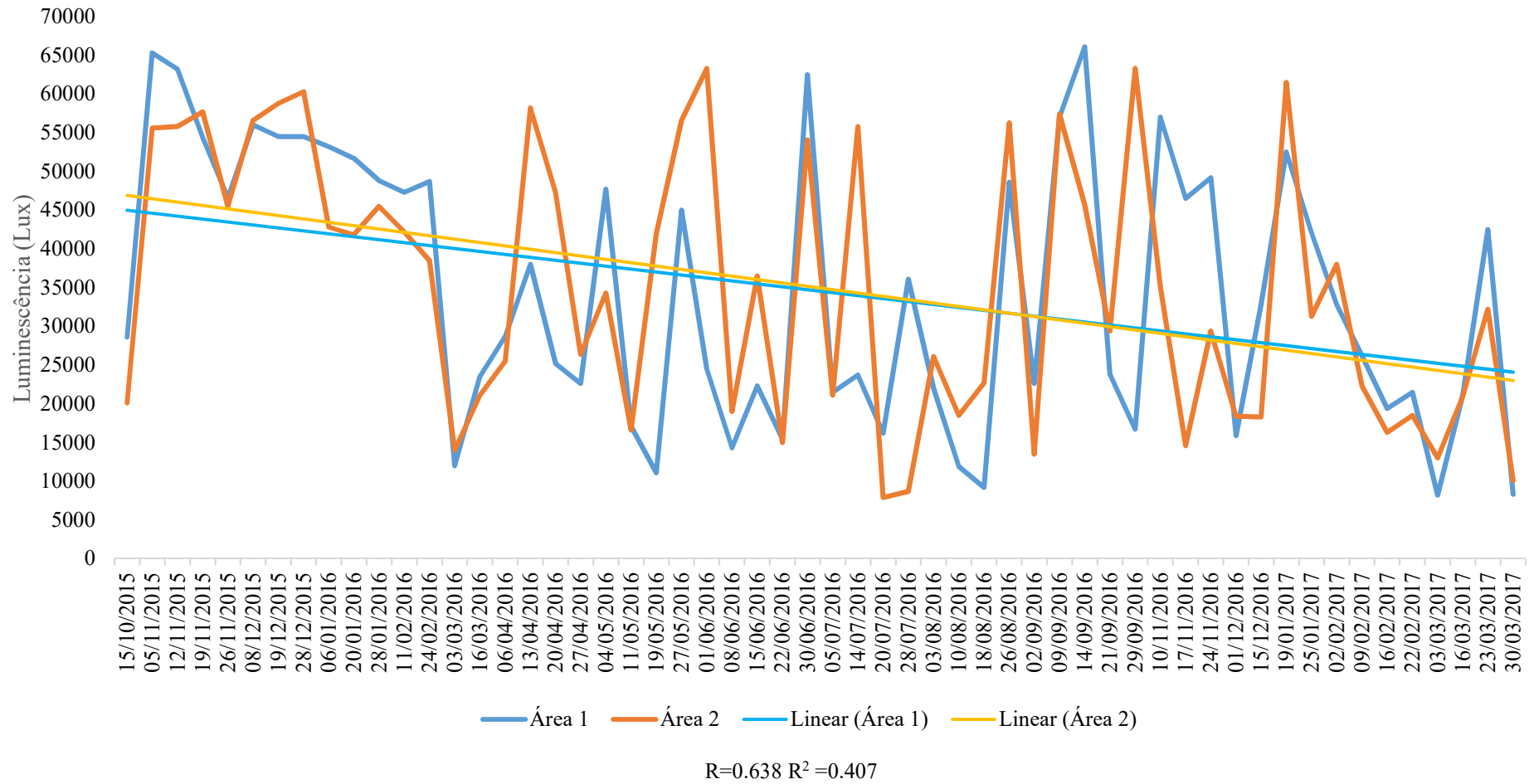
Fonte: CERQUEIRA (2018)

Nota: R=Coefficiente de Correlação entre dB A1 e A2 – R²=Coefficiente de Determinação entre dB A1 e A2.

Aborda-se também, que a luminescência registrada no período estudo, foi coerente com as condições climatológicas de Campina Grande-PB, registradas para a esse setor da região Nordeste, com predominância de dias parcialmente nublados, com céu entre nuvens.

Na figura 40, visualiza-se a correlação e determinação da distribuição temporal das medidas instantâneas da Luminescência nas Áreas 1 e 2, sendo a correlação ($R=0.638$) e determinação ($R^2=0.407$), representando assim, moderada correlação entre as variáveis (40,7%).

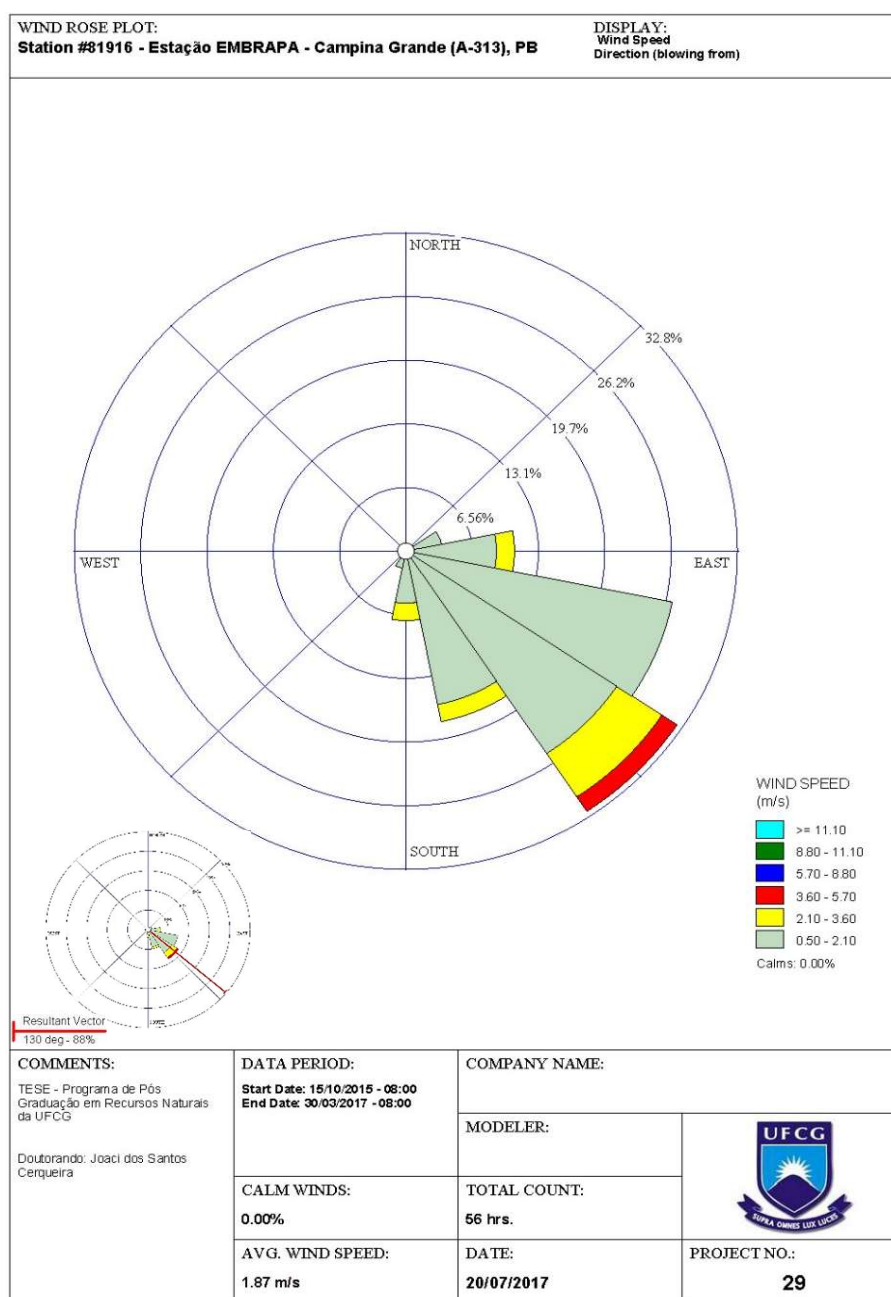
Figura 40 - Distribuição temporal das medidas instantâneas de Luminescência (Lux), nas Áreas 1 e 2



Nota: R=Coefficiente de Correlação entre Lux A1 e A2 – R²=Coefficiente de Determinação entre Lux A1 e A2.

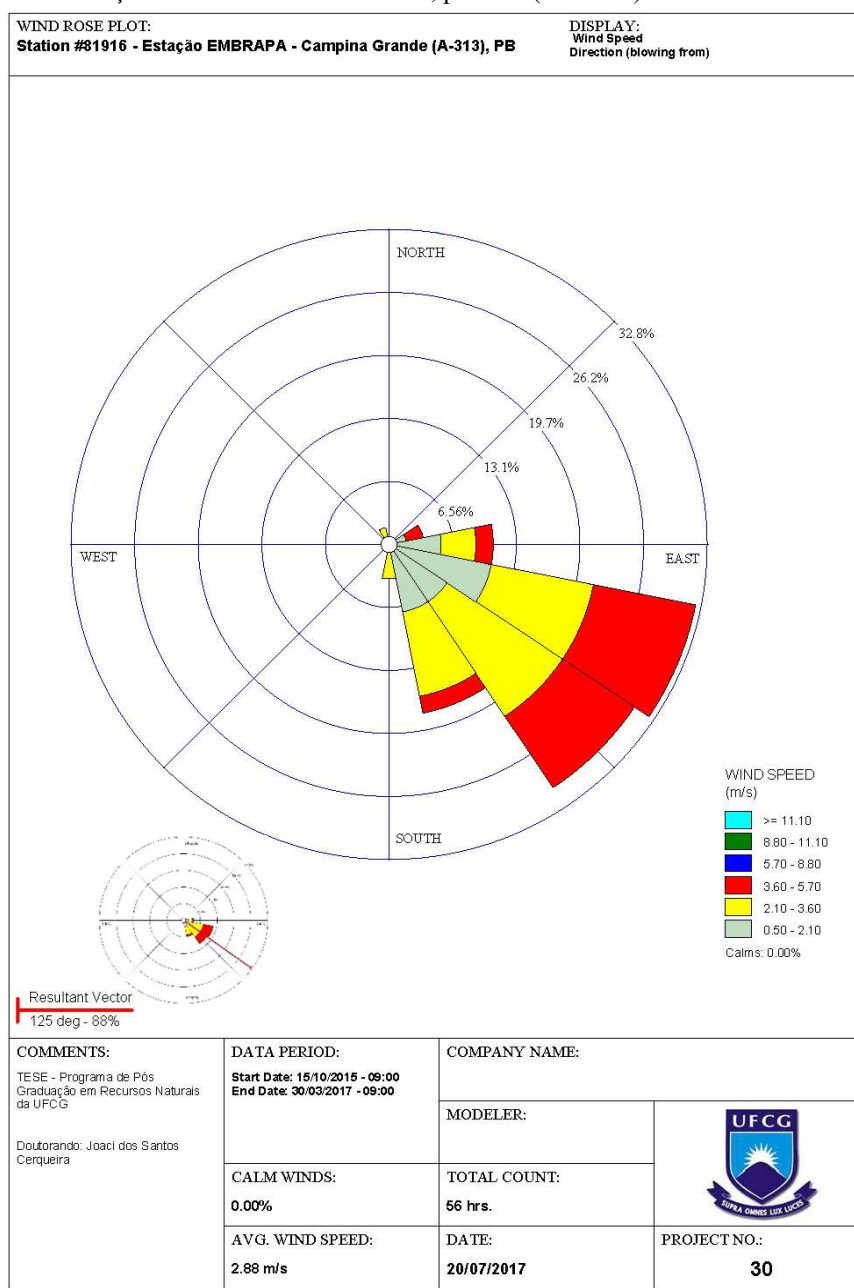
Para a visualizar melhor os dados referentes a velocidade e direção do vento, utilizou-se o software WRPLOT View™ 8.0.0 – Freeware, da Lakes Environmental, onde confeccionou-se uma rosa dos ventos (Apêndice B). Na área 1 a velocidade média dos ventos registrada (UTC=8h) foi de 1.87m/s (Figura 41) e, na área 2 (UTC=9h) registrou-se 2.88m/s (Figura 42), sendo que nas duas áreas, a direção predominante dos ventos foi 88% no sentido Sudeste (SE), para o período considerado no estudo. Em relação as rajadas de vento, não apresentou significância em ambas as áreas (Raj A1=1,8<6,5m/s) e (Raj A2=1,9<7,6m/s).

Figura 41 - Velocidade e direção do vento área 1 do estudo, período (Tabela 1)



Fonte: CERQUEIRA (2018)

Figura 42 - Velocidade e direção do vento área 2 do estudo, período (Tabela 1)

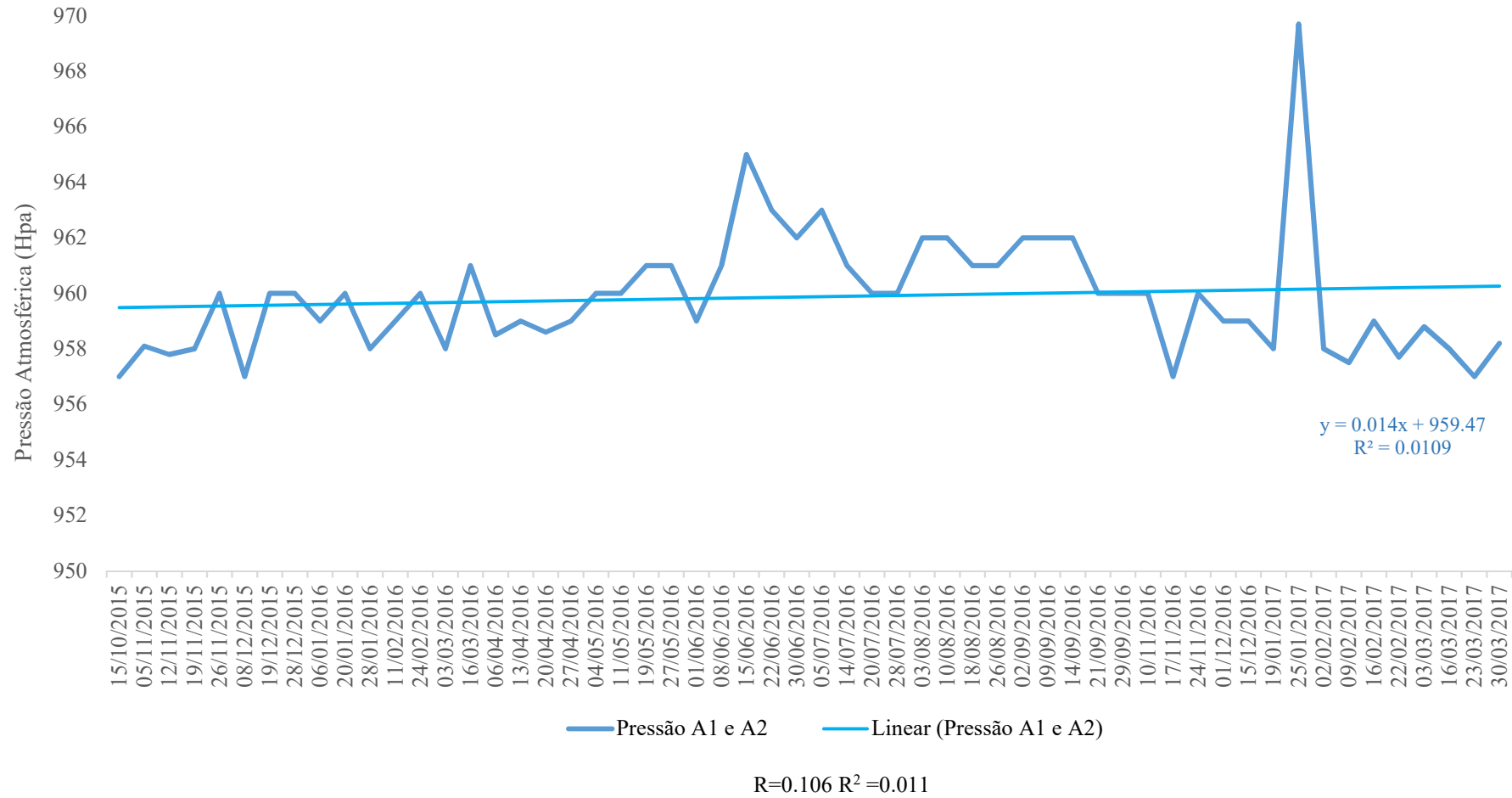


Fonte: CERQUEIRA (2018)

Verificou-se ainda, conforme Tabela 14, que a pressão atmosférica relativa (PR) não variou significativamente durante o período de registros com sensores ambientais neste estudo, sendo as variações máxima e mínima para, $PR=957 < 969,7$.

Nos parâmetros de correlação e determinação (Figura 43), verificou-se existir uma correlação positiva forte ($R=0.995$), com determinação ($R^2=0.99$), representando desta maneira, 99,02% de interferência da A2 em relação A1. Fato este justificável, pois os valores da Pressão Atmosférica de A2, são os mesmo de A1.

Figura 43 - Distribuição temporal das medidas instantâneas da Pressão Atmosférica Relativa, nas Áreas 1 e 2



Fonte: CERQUEIRA (2018)

Nota: R=Coefficiente de Correlação entre PA A1 e A2 – R²=Coefficiente de Determinação entre PA A1 e A2.

Tabela 14 – Dados ambientais, referente ao entorno da UTE, período de outubro 2015 a março de 2017

Ord	Data	Áreas	Dados Ambientais											Descrição da Paisagem/Observações
			CO ₂ ppm	T °C	URA %	TPO °C	TBU °C	Ruído dB	Lumines- cência Lux	Vento (m/s)			P hPa	
										Vel.	Dir.	Raj.		
1	15/10/2015	A1	364	23.2	78,8	16.8	21.4	65.5	286x100	2.3	SE	6.5	957	O céu estava nublado e, a termelétrica se encontrava funcionando todas as chaminés. No local de coleta, observou-se um cheiro muito forte de combustível (óleo), que causou fortes dores de cabeça na equipe.
		A2	352	24.3	72.6	17.9	21.7	47.8	201x100	3.5	SE	6.4	957	Esta coleta de dados é feita a Leste da Termelétrica (1000 M) e da BR 104. O céu estava nublado e, o fluxo de veículos na BR 104 Sul, estava normal.
2	05/11/2015	A1	347	26.2	64	16.4	21.6	66.7	653x100	2.1	SE	4	958.1	O céu estava parcialmente nublado e, a termelétrica se encontrava funcionando todas as chaminés. No local de coleta, observou-se um cheiro muito forte de combustível (óleo), desta forma, passou-se a utilizar máscaras em todas as coletas.
		A2	346	26.2	64	17.3	21.9	47.6	556x100	2.5	SE	4.1	958.1	O céu se encontrava parcialmente nublado com sol entre nuvens e, o fluxo de veículos na BR 104 Sul, estava normal.
3	12/11/2015	A1	352	27.2	63	17.5	22.7	65.2	632x100	1.3	SE	3	957.8	O céu estava parcialmente nublado e, a termelétrica se encontrava funcionando todas as chaminés.
		A2	349	27.3	64	17.2	22.2	46.1	558x100	3.1	SE	5.2	957.8	O céu se encontrava parcialmente nublado com sol entre nuvens e, o fluxo de veículos na BR 104 Sul, estava normal.
4	19/11/2015	A1	349	26.8	64	16.9	21.8	65.1	544x100	1.9	L	4.2	958	O céu estava parcialmente nublado e, a termelétrica se encontrava funcionando todas as chaminés.
		A2	347	27.4	63	16.9	21.7	47.2	577x100	3.4	L	5.3	958	O céu se encontrava parcialmente nublado com sol entre nuvens e, o fluxo de veículos na BR 104 Sul, estava normal.

Continua...

Tabela 14 – Continuação

Ord	Data	Áreas	Dados Ambientais										Descrição da Paisagem/Observações	
			CO ₂ ppm	T °C	URA %	TPO °C	TBU °C	Ruído dB	Lumines- cência Lux	Vento (m/s)				P hPa
										Vel.	Dir.	Raj.		
5	26/11/2015	A1	355	27.1	66	17.3	22.4	64.9	466x100	2.1	L	4.7	960	O céu estava parcialmente nublado e, a termelétrica se encontrava funcionando todas as chaminés.
		A2	351	27.5	66	17.4	22.6	48.1	455x100	3.8	L	5.4	960	O céu se encontrava parcialmente nublado com sol entre nuvens e, o fluxo de veículos na BR 104 Sul, estava normal.
6	08/12/2015	A1	341	28.6	56.80	19	21.5	49.4	560x100	2.4	L	5.5	957	O céu estava parcialmente nublado e, a termelétrica se encontrava desligada
		A2	340	28.7	57.90	19.1	21.7	47.5	566x100	4.1	L	5.6	957	O céu se encontrava parcialmente nublado com sol entre nuvens e, o fluxo de veículos na BR 104 Sul, estava normal.
7	19/12/2015	A1	339	29.3	55.60	17.7	20.1	41.2	545x100	2.6	L	5.9	960	O céu estava parcialmente nublado e, a termelétrica se encontrava funcionando cinco chaminés.
		A2	342	29.4	56.70	17.9	20.6	48.4	588x100	3.9	L	6.3	960	O céu se encontrava parcialmente nublado com sol entre nuvens e, o fluxo de veículos na BR 104 Sul, estava normal.
8	28/12/2015	A1	336	28.4	66.40	16.8	20.9	51.5	545x100	2.4	SE	5.2	960	O céu estava parcialmente nublado e, a termelétrica se encontrava funcionando cinco chaminés.
		A2	347	28.5	67.20	17.2	21.5	47.9	603x100	3.1	SE	5.4	960	O céu se encontrava parcialmente nublado com sol entre nuvens e, o fluxo de veículos na BR 104 Sul, estava normal.
9	06/01/2016	A1	335	29.5	57.6	18.5	21.3	43.4	532x100	1.4	L	4.9	959	O céu estava parcialmente nublado e, a termelétrica se encontrava desligada.
		A2	334	29.7	57.4	18.7	21.5	45.7	428x100	2.3	L	5.3	959	O céu estava parcialmente nublado e, o fluxo de veículos na BR 104 Sul, estava normal.
10	20/01/2016	A1	339	27.6	63	17.4	20.6	45.2	517x100	2.1	L	4.3	960	O céu estava parcialmente nublado e, a termelétrica se encontrava desligada.
		A2	337	27.8	62.5	17.7	20.8	45.9	418x100	2.4	L	5.1	960	O céu estava parcialmente nublado e, o fluxo de veículos na BR 104 Sul, estava normal.

Continua...

Tabela 14 – Continuação

Ord	Data	Áreas	Dados Ambientais											Descrição da Paisagem/Observações
			CO ₂ ppm	T °C	URA %	TPO °C	TBU °C	Ruído dB	Lumines- cência Lux	Vento (m/s)			P hPa	
										Vel.	Dir.	Raj.		
11	28/01/2016	A1	333	27.8	61.5	17.1	20.2	44.5	488x100	1.8	L	4.1	958	O céu estava parcialmente nublado e, termelétrica se encontrava desligada.
		A2	332	28.2	61.4	17.3	20.4	45.5	455x100	2.6	L	4.3	958	O céu estava parcialmente nublado e, o fluxo de veículos na BR 104 Sul, estava normal.
12	11/02/2016	A1	325	26.7	65.3	16.8	19.7	43.7	473x100	1.1	SE	3.9	959	O céu estava parcialmente nublado e, termelétrica se encontrava desligada.
		A2	324	27.2	65.1	16.6	19.4	45.7	422x100	2.6	SE	4.5	959	O céu estava parcialmente nublado e, o fluxo de veículos na BR 104 Sul, estava normal.
13	24/02/2016	A1	342	27.3	66.2	17.1	20.2	46.6	487x100	1.7	SE	4.2	960	O céu estava parcialmente nublado e, termelétrica se encontrava desligada.
		A2	341	27.6	65.9	17.5	20.5	47.5	385x100	2.8	SE	4.9	960	O céu estava parcialmente nublado e, o fluxo de veículos na BR 104 Sul, estava normal.
14	03/03/2016	A1	364	24.7	76.6	20.1	20.6	49.0	120x100	0.8	SE	2.8	958	O céu estava nublado e, a termelétrica se encontrava funcionando cinco chaminés.
		A2	359	25.5	76.1	21	20.9	48	140x100	1.5	SE	2.7	958	O céu estava parcialmente nublado e, o fluxo de veículos na BR 104 Sul, estava normal.
15	16/03/2016	A1	364	23.7	74.2	21.1	22.6	48.0	235x100	1.7	SE	3.5	961	O céu estava nublado e, a termelétrica se encontrava funcionando cinco chaminés.
		A2	359	24.1	72.1	22	22.8	47.5	211x100	1.7	SE	3.7	961	O céu estava nublado e, o fluxo de veículos na BR 104 Sul, estava normal.
16	06/04/2016	A1	352	26.8	64	21.6	23.2	53.3	287x100	1.8	SE	3.1	958.5	O céu estava parcialmente nublado e, a termelétrica se encontrava funcionando 10 chaminés.
		A2	350	27.1	63	21.8	23.4	46.1	255x100	2.3	SE	4.5	958.5	O céu estava parcialmente nublado e, o fluxo de veículos na BR 104 Sul, estava normal.
17	13/04/2016	A1	363	25.1	77.5	20.3	21.5	57.0	380x100	2.1	SE	4.3	959	O céu estava parcialmente nublado e, a termelétrica se encontrava funcionando 10 chaminés.
		A2	350	28.7	69.8	20.1	22.1	48.9	582x100	3.5	SE	5.1	959	O céu estava parcialmente nublado e, o fluxo de veículos na BR 104 Sul, estava normal.

Continua...

Tabela 14 – Continuação

Ord	Data	Áreas	Dados Ambientais											Descrição da Paisagem/Observações
			CO ₂ ppm	T °C	URA %	TPO °C	TBU °C	Ruído dB	Lumines- cência Lux	Vento (m/s)			P hPa	
										Vel.	Dir.	Raj.		
18	20/04/2016	A1	372	29.7	67.2	19.1	21.5	54.6	252x100	2.3	SE	3.8	958.6	O céu estava nublado com pingos de chuvas ocasionais (sol entre nuvens) e, a termelétrica se encontrava funcionando apenas cinco chaminés.
		A2	358	26.3	74.5	19.7	21.4	48.5	473x100	3.2	SE	4.8	958.6	O céu estava nublado e, o fluxo de veículos na BR 104 Sul, estava normal.
19	27/04/2016	A1	354	25.5	75.4	18.7	20.7	52.6	226x100	2.3	SE	5.3	959	O céu estava parcialmente nublado e, a termelétrica se encontrava funcionando 10 chaminés.
		A2	351	27.7	71.6	19.8	22.4	39.9	264x100	3.2	SE	5.4	959	O céu estava parcialmente nublado e, o fluxo de veículos na BR 104 Sul, estava normal.
20	04/05/2016	A1	358	26.3	69.9	18.9	20.8	49.5	477x100	2.7	S	5.5	960	O céu estava aberto com nuvens esparsas e, a termelétrica se encontrava desligada. No local de coleta, observou-se ainda, um cheiro fraco de (óleo).
		A2	348	25.5	72.5	18.2	21	48.1	343x100	3.4	S	6.6	960	O céu estava aberto com nuvens esparsas e, o fluxo de veículos na BR 104 Sul, estava normal.
21	11/05/2016	A1	368	25.6	83.1	21.7	23.3	47.4	171x100	0.9	S	2.9	960	O céu se encontrava nublado e chuvoso e, a termelétrica se encontrava desligada. No local de coleta, observou-se ainda, um cheiro fraco de (óleo).
		A2	357	26.3	82.4	21.9	23.5	46.1	166x100	1.8	S	3.3	960	O céu se encontrava nublado e chuvoso e, o fluxo de veículos na BR 104 Sul, estava normal.
22	19/05/2016	A1	358	23.4	81.6	19.7	20.7	45.2	111x100	2.8	SE	4.9	961	O céu se encontrava parcialmente nublado com nuvens do tipo Nimbostratus (carregadas) e, a termelétrica se encontrava desligada.
		A2	352	24.3	79.0	20.9	22.6	43.8	420x100	2.7	SE	4.5	960	O céu estava parcialmente nublado e, o fluxo de veículos na BR 104 Sul, estava normal.

Continua...

Tabela 14 – Continuação

Ord	Data	Áreas	Dados Ambientais										Descrição da Paisagem/Observações	
			CO ₂ ppm	T °C	URA %	TPO °C	TBU °C	Ruído dB	Lumines- cência Lux	Vento (m/s)				P hPa
										Vel.	Dir.	Raj.		
23	27/05/2016	A1	358	24.4	72.1	21.1	22.7	45.3	450x100	1.7	SO	2.9	961	O céu se encontrava aberto (ensolarado) e, a termelétrica se encontrava desligada. No local de coleta, observou-se ainda, um cheiro fraco de (óleo).
		A2	344	28.5	0.7	19.8	20.9	48.8	566x100	2.8	SO	4.6	961	O céu se encontrava aberto (ensolarado) e, o fluxo de veículos na BR 104 Sul, estava normal.
24	01/06/2016	A1	357	26.1	74.2	20.9	21.6	47.4	245x100	2.6	SE	5.1	959	O céu se encontrava ensolarado com poucas nuvens do tipo altostratus e altocumulus e, a termelétrica se encontrava desligada.
		A2	343	28.4	69.3	18.9	20.8	47.7	633x100	3.3	SE	4.5	959	O céu se encontrava ensolarado com poucas nuvens e, o fluxo de veículos na BR 104 Sul, estava normal.
25	08/06/2016	A1	358	25.3	77.5	20.1	20.9	47.1	143x100	2.2	L	3.7	961	O céu se encontrava ensolarado com poucas nuvens do tipo altostratus e altocumulus e, a termelétrica se encontrava desligada.
		A2	348	27.5	71.0	20.9	23.1	46.7	190x100	3.5	L	4.3	961	O céu se encontrava ensolarado com poucas nuvens e, o fluxo de veículos na BR 104 Sul, estava normal.
26	15/06/2016	A1	353	23.2	76.7	18.6	19.9	47	223x100	3.1	L	4.2	965	O céu se encontrava parcialmente nublado e, a termelétrica se encontrava desligada.
		A2	352	25.4	69.4	16.7	19.9	47.3	365x100	3.1	L	4.2	965	O céu estava parcialmente nublado e, o fluxo de veículos na BR 104 Sul, estava normal.
27	22/06/2016	A1	359	24	83.3	20.1	20.2	45.2	154x100	2.4	SE	3.4	963	O céu se encontrava nublado e, a termelétrica se encontrava desligada.
		A2	353	24	83.9	20.3	20.2	47.2	150x100	2.8	SE	3.7	963	O céu se encontrava nublado e, o fluxo de veículos na BR 104 Sul, estava normal.
28	30/06/2016	A1	353	23.8	71.1	17.9	21.6	48.1	625x100	2.7	S	5.4	962	O céu se encontrava aberto com nuvens esparsas e, a termelétrica se encontrava desligada.
		A2	350	25.8	65.1	16.4	18.6	45.2	541x100	3.4	S	5.3	962	O céu se encontrava aberto com nuvens esparsas e, o fluxo de veículos na BR 104 Sul, estava normal.

Continua...

Tabela 14 – Continuação

Ord	Data	Áreas	Dados Ambientais										Descrição da Paisagem/Observações	
			CO ₂ ppm	T °C	URA %	TPO °C	TBU °C	Ruído dB	Lumines- cência Lux	Vento (m/s)				P hPa
										Vel.	Dir.	Raj.		
29	05/07/2016	A1	355	22.7	71.2	17.8	20.5	47.8	215x100	2.6	SE	3.8	963	O céu se encontrava nublado e, a termelétrica se encontrava desligada.
		A2	351	25	69.1	17.1	18.8	46.1	211x100	3.2	SE	4.2	963	O céu se encontrava nublado e, o fluxo de veículos na BR 104 Sul, estava normal.
30	14/07/2016	A1	353	23.7	64.3	17.9	20.1	42.9	237x100	1.1	S	2.1	961	O céu se encontrava nublado e, a termelétrica se encontrava desligada.
		A2	352	25.4	69.2	16.5	18.6	44.3	558x100	3.6	S	5.7	961	O céu se encontrava nublado e, o fluxo de veículos na BR 104 Sul, estava normal.
31	20/07/2016	A1	356	23.1	70	17.3	19.6	43.5	162x100	1.1	SE	1.8	960	O céu se encontrava nublado com chuvas ocasionais e, a termelétrica se encontrava desligada.
		A2	351	23.4	75.2	17.9	19.4	46.5	79x100	1.4	SE	1.9	960	O céu se encontrava nublado com chuvas ocasionais e, o fluxo de veículos na BR 104 Sul, estava normal.
32	28/07/2016	A1	353	23.3	73.6	18.1	21.1	43.2	361x100	2.8	S	4.9	960	O céu se encontrava parcialmente nublado, sol entre nuvens e, a termelétrica se encontrava desligada.
		A2	347	24.9	69.2	16.7	19.2	46.9	87x100	3.3	S	6.3	960	O céu estava parcialmente nublado e, o fluxo de veículos na BR 104 Sul, estava normal.
33	03/08/2016	A1	352	23.4	72.6	16.1	19.1	44.5	220x100	2.1	S	4.8	962	O céu se encontrava parcialmente nublado, sol entre nuvens e, a termelétrica se encontrava desligada.
		A2	349	25.2	65.2	16.6	19.6	52.1	261x100	2.8	S	4.6	962	O céu estava parcialmente nublado e, o fluxo de veículos na BR 104 Sul, estava normal.
34	10/08/2016	A1	357	23.8	79.6	19.3	20.4	48.1	119x100	0.8	SE	2.3	962	O céu se encontrava nublado e, termelétrica se encontrava desligada.
		A2	352	24.8	72.3	17.4	19.9	53.8	185x100	4.2	SE	5.6	962	O céu se encontrava nublado, o fluxo de veículos na BR 104 Sul, estava normal.

Continua...

Tabela 14 – Continuação

Ord	Data	Áreas	Dados Ambientais											Descrição da Paisagem/Observações
			CO ₂ ppm	T °C	URA %	TPO °C	TBU °C	Ruído dB	Lumines- cência Lux	Vento (m/s)			P hPa	
										Vel.	Dir.	Raj.		
35	18/08/2016	A1	357	23.8	74.1	17.8	19.5	42.6	92x100	1	SE	2.1	961	O céu se encontrava parcialmente nublado, sol entre nuvens, termelétrica se encontrava desligada.
		A2	352	24.7	71.8	17.5	19.6	47.1	227x100	3.6	SE	4.7	961	O céu estava parcialmente nublado e, o fluxo de veículos na BR 104 Sul, estava normal.
36	26/08/2016	A1	348	24.2	67.3	16.4	19.1	46.5	486x100	3.6	SE	5.8	961	O céu se encontrava com nuvens esparsas (ensolarado) e, a termelétrica se encontrava desligada.
		A2	348	25.5	63.9	15.4	18.1	47.5	563x100	4.7	SE	6.1	961	O céu se encontrava com nuvens esparsas (ensolarado) e, o fluxo de veículos na BR 104 Sul, estava normal.
37	02/09/2016	A1	351	23.3	74.0	17.4	19.3	45.6	226x100	2.5	SE	6.1	962	O céu se encontrava nublado e chuvoso e, a termelétrica se encontrava desligada.
		A2	348	24.9	69.4	17.2	19.3	48.5	135x100	4.2	SE	5.1	962	O céu se encontrava nublado e chuvoso e, o fluxo de veículos na BR 104 Sul, estava normal.
38	09/09/2016	A1	354	24.1	65.2	14.1	18.5	46.4	570x100	2.1	SE	5.6	962	O céu se encontrava com nuvens esparsas (ensolarado) e, a termelétrica se encontrava desligada.
		A2	348	26	60.5	17.3	21.4	44.1	574x100	4.5	SE	6.9	962	O céu se encontrava com nuvens esparsas (ensolarado) e, o fluxo de veículos na BR 104 Sul, estava normal.
39	14/09/2016	A1	351	24.9	64.6	15.8	20.9	47.5	661x100	1.6	SE	3.4	962	O céu se encontrava com nuvens esparsas (ensolarado) e, a termelétrica se encontrava desligada.
		A2	349	26.6	61.9	17.6	21.8	45.7	457x100	2.4	SE	4.6	962	O céu se encontrava com nuvens esparsas (ensolarado) e, o fluxo de veículos na BR 104 Sul, estava normal.
40	21/09/2016	A1	354	25.4	72.3	19.2	21.6	43.5	238x100	1.6	L	3.5	960	O céu se encontrava nublado e, a termelétrica se encontrava desligada.
		A2	349	26.7	79.0	18.2	20.2	48.4	294x100	3.8	L	5.3	960	O céu estava nublado e, o fluxo de veículos na BR 104 Sul, estava normal.

Continua...

Tabela 14 – Continuação

Ord	Data	Áreas	Dados Ambientais										Descrição da Paisagem/Observações	
			CO ₂ ppm	T °C	URA %	TPO °C	TBU °C	Ruído dB	Lumines- cência Lux	Vento (m/s)				P hPa
										Vel.	Dir.	Raj.		
41	29/09/2016	A1	354	24.7	66.7	16.3	18.9	45.6	167x100	2.6	SE	5.4	960	O céu se encontrava nublado com nuvens de chuva e, a termelétrica se encontrava desligada.
		A2	346	27.9	58.0	16.1	19.7	47.7	633x100	5.1	SE	6.6	960	O céu se encontrava parcialmente nublado com nuvens de chuva e, o fluxo de veículos na BR 104 Sul, estava normal.
42	10/11/2016	A1	352	30.8	54.7	18	21.5	45.8	570x100	2.5	L	5.7	960	O céu se encontrava parcialmente nublado e, a termelétrica se encontrava desligada.
		A2	352	26.3	69.1	18.6	21.2	44.4	351x100	1.5	L	5.1	960	O céu estava parcialmente nublado e, o fluxo de veículos na BR 104 Sul, estava normal.
43	17/11/2016	A1	351	26.5	70.5	19.1	21.6	48.6	465x100	2.6	L	5.6	957	O céu se encontrava nublado sol entre nuvens e, a termelétrica se encontrava com cinco chaminés ligada.
		A2	349	29.3	59.9	18.6	21.1	49.7	146x100	3.2	L	7.5	957	O céu se encontrava nublado sol entre nuvens e, o fluxo de veículos na BR 104 Sul, estava normal.
44	24/11/2016	A1	355	25.8	66.3	19.9	20.6	45.4	492x100	2.2	L	4.2	960	O céu se encontrava nublado sol entre nuvens e, a termelétrica se encontrava desligada.
		A2	342	28	60.5	17.4	20.1	47.3	294x100	3.3	L	6.4	960	O céu se encontrava parcialmente nublado sol entre nuvens e, o fluxo de veículos na BR 104 Sul, estava normal.
45	01/12/2016	A1	347	27.4	64.6	18	20.8	45.9	159x100	2.1	L	3.4	959	O céu se encontrava nublado sol entre nuvens e, a termelétrica se encontrava desligada.
		A2	342	28.3	58.4	16.5	19.6	49.9	184x100	4.5	L	6.1	959	O céu se encontrava parcialmente nublado sol entre nuvens e, o fluxo de veículos na BR 104 Sul, estava normal.
46	15/12/2016	A1	352	28	63.8	17.3	20.2	47.2	328x100	1.5	SE	5.1	959	O céu se encontrava nublado sujeito a chuvas e, a termelétrica se encontrava desligada.
		A2	343	28.6	62.6	18.8	21.6	44.6	183x100	4.8	SE	6.8	959	O céu se encontrava nublado sujeito a chuvas e, o fluxo de veículos na BR 104 Sul, estava normal.

Continua...

Tabela 14 – Continuação

Ord	Data	Áreas	Dados Ambientais											Descrição da Paisagem/Observações
			CO ₂ ppm	T °C	URA %	TPO °C	TBU °C	Ruído dB	Lumines- cência Lux	Vento (m/s)			P hPa	
										Vel.	Dir.	Raj.		
47	19/01/2017	A1	349	26.7	65	17.1	21.2	44.5	525x100	1.8	SE	5.4	958	O céu estava parcialmente nublado e, a termelétrica se encontrava desligada.
		A2	348	28.9	58.3	16.1	20.4	45.4	615x100	1.5	SE	4.6	958	O céu se encontrava parcialmente nublado e, o fluxo de veículos na BR 104 Sul estava normal.
48	25/01/2017	A1	351	27	64.1	17.1	20.1	46.1	421x100	1.3	L	4.6	969.7	O céu estava parcialmente nublado e, a termelétrica se encontrava desligada.
		A2	348	29.7	56.8	16.9	19.6	43.4	313x100	5	L	7.6	969.7	O céu se encontrava parcialmente nublado e, o fluxo de veículos na BR 104 Sul estava normal.
49	02/02/2017	A1	353	28.1	67.9	18.8	20.7	56.6	328x100	1.1	L	4.4	958	O céu estava parcialmente nublado e, a termelétrica se encontrava em funcionamento com duas chaminés.
		A2	346	29.2	64.6	17.9	20.2	47.3	380x100	2	L	3.5	957	O céu se encontrava nublado e, o fluxo de veículos na BR 104 Sul estava normal.
50	09/02/2017	A1	353	27.2	69.3	18.1	21.8	54.1	262x100	1.3	L	4.1	957.5	O céu estava parcialmente nublado e, a termelétrica se encontrava em funcionamento com 10 chaminés.
		A2	349	27.9	67.5	18.7	22.0	46.6	223x100	1.4	L	4.8	957	O céu se encontrava nublado e, o fluxo de veículos na BR 104 Sul estava normal.
51	16/02/2017	A1	347	26.2	66.4	17.6	20.2	47.1	194x100	1.2	SE	2.5	959	O céu estava nublado e, a termelétrica se encontrava desligada.
		A2	345	26.8	65.4	17.1	19.8	46.7	163x100	1.5	SE	5.1	959	O céu se encontrava nublado e, o fluxo de veículos na BR 104 Sul estava normal.
52	22/02/2017	A1	352	25.1	70.1	18.1	20.5°	47.6	215x100	1.2	L	4.2	957.7	O céu estava nublado e, a termelétrica se encontrava desligada.
		A2	348	26.2	68.9	19.2	21.6	47.8	185x100	1.3	L	4.8	957.7	O céu se encontrava nublado e, o fluxo de veículos na BR 104 Sul estava normal.
53	03/03/2017	A1	355	26	74.1	19.6	21.1°	45.8	82x100	2.5	S	4	958.8	O céu estava nublado e, a termelétrica se encontrava desligada.
		A2	354	27.6	64.6	17.4	20.2	47.1	130x100	2.7	S	5.2	958	O céu se encontrava nublado e, o fluxo de veículos na BR 104 Sul estava normal.

Continua...

Tabela 14 – Continuação

Ord	Data	Áreas	Dados Ambientais											Descrição da Paisagem/Observações
			CO ₂ ppm	T °C	URA %	TPO °C	TBU °C	Ruído dB	Lumines- cência Lux	Vento (m/s)			P hPa	
										Vel.	Dir.	Raj.		
54	16/03/2017	A1	354	26.8	70.3	19.1	21.7°	46.1	212x100	0.9	SE	1.8	958	O céu estava parcialmente nublado e, termelétrica se encontrava desligada.
		A2	347	28.4	65.5	20.2	22.1	47.7	210x100	2.4	SE	5.1	958	O céu se encontrava parcialmente nublado e, o fluxo de veículos na BR 104 Sul estava normal.
55	23/03/2017	A1	351	27.3	70.5	20.2	23.5°	47.2	425x100	2.5	SE	4.7	957	O céu parcialmente nublado e, a termelétrica se encontrava desligada.
		A2	347	27.5	69.3	20.6	23.9	47.4	322x100	2.3	SE	5.4	957	O céu se encontrava parcialmente nublado e, o fluxo de veículos na BR 104 Sul estava normal.
56	30/03/2017	A1	352	26.1	89.8	22.1	23.2°	49.3	83x100	1.8	SE	3.4	958.2	O céu nublado e, a termelétrica se encontrava com cinco chaminés ligadas.
		A2	349	26.9	89.8	22.2	23.3	47.5	101x100	1.9	SE	4.8	958.2	O céu se encontrava nublado e, o fluxo de veículos na BR 104 Sul estava normal.

Fonte: CERQUEIRA (2018)

Nota: CO₂ = Dióxido de Carbono (ppm); T = Temperatura (°C); URA = Umidade Relativa do AR (%); TPO = Temperatura de Ponto de Orvalho (°C); TBU = Temperatura de Bulbo Úmido (°C); dB = Decibéis; Lux = Luminescência; Vel. = Velocidade (m/s); Raj. = Rajada (m/s); P = Pressão Absoluta (hPa).

Em atenção à Tabela 15, verifica-se que a data foi a variável que apresentou a mais baixa relação com as demais variáveis e, a variável CO₂ foi a mais alta. Quanto a hipótese nula (H₀), verificou que não há correlação significativamente diferente de 0 entre as variáveis e, a hipótese alternativa (H_a), ao menos uma das correlações entre as variáveis é significativamente diferente de 0. Dessa maneira, como o *p*-valor calculado é menor que o nível de significância alfa=0.05, deve-se rejeitar a hipótese nula H₀, em favor da hipótese alternativa H_a e, o risco de rejeitar a hipótese nula H₀ quando ela é verdadeira é menor do que 0.01%.

Tabela 15 - Matriz de correlação (Pearson (n-1)), das variáveis ambientais

Variáveis	Data	Áreas	CO ₂	T	URA	TPO	TBU	dB	Lux	Vel	Dir	Raj	Pressão Atm
Data	1	0.000	0.148	0.012	0.095	0.063	-0.115	-0.251	-0.387	-0.100	0.084	0.004	0.070
Áreas	0.000	1	-0.292	0.274	-0.174	-0.024	-0.008	-0.212	0.012	0.538	-0.020	0.369	-0.013
CO ₂	0.148	-0.292	1	-0.497	0.469	0.371	0.197	0.209	-0.390	-0.206	0.262	-0.291	0.125
T	0.012	0.274	-0.497	1	-0.536	-0.014	0.234	0.034	0.389	0.170	-0.343	0.336	-0.316
URA	0.095	-0.174	0.469	-0.536	1	0.343	0.144	0.011	-0.492	-0.192	-0.192	-0.276	0.018
TPO	0.063	-0.024	0.371	-0.014	0.343	1	0.703	-0.062	-0.387	-0.240	0.115	-0.326	-0.207
TBU	-0.115	-0.008	0.197	0.234	0.144	0.703	1	0.214	0.025	-0.208	-0.100	-0.137	-0.409
dB	-0.251	-0.212	0.209	0.034	0.011	-0.062	0.214	1	0.111	-0.092	-0.076	-0.036	-0.250
Lux	-0.387	0.012	-0.390	0.389	-0.492	-0.387	0.025	0.111	1	0.205	-0.065	0.287	-0.048
Vel	-0.100	0.538	-0.206	0.170	-0.192	-0.240	-0.208	-0.092	0.205	1	0.016	0.720	0.226
Dir	0.084	-0.020	0.262	-0.343	-0.192	0.115	-0.100	-0.076	-0.065	0.016	1	-0.141	0.204
Raj	0.004	0.369	-0.291	0.336	-0.276	-0.326	-0.137	-0.036	0.287	0.720	-0.141	1	0.033
Pressão Atm	0.070	-0.013	0.125	-0.316	0.018	-0.207	-0.409	-0.250	-0.048	0.226	0.204	0.033	1

Fonte: CERQUEIRA (2018)

Nota: Os valores em negrito são diferentes de 0, com um nível de significância $\alpha=0.05$

A tabela 16, corresponde os valores próprios, que reflete a qualidade da projeção da tabela inicial de dimensões, onde o primeiro valor é igual 3.371 e o segundo é igual 2.197, representando desta forma, 42,84% da variabilidade total. Com auxílio da tabela 4, foi possível criar o mapa fatorial apresentado na Figuras 17.

Tabela 16 - Análise de Componentes Principais, classificação dos valores próprios e dos fatores correspondentes, em ordem decrescente

	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9	F10	F11	F12	F13	
Autovalor	3.371	2.197	1.625	1.268	1.177	0.908	0.704	0.533	0.392	0.311	0.224	0.172	0.118	Autovalor
Variabilidade (%)	25.932	16.903	12.504	9.752	9.057	6.985	5.413	4.097	3.016	2.389	1.723	1.320	0.909	Variabilidade (%)
% acumulada	25.932	42.835	55.339	65.091	74.148	81.133	86.546	90.643	93.659	96.049	97.772	99.091	100.000	% acumulada
	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9	F10	F11	F12	F13	

Fonte: CERQUEIRA (2018)

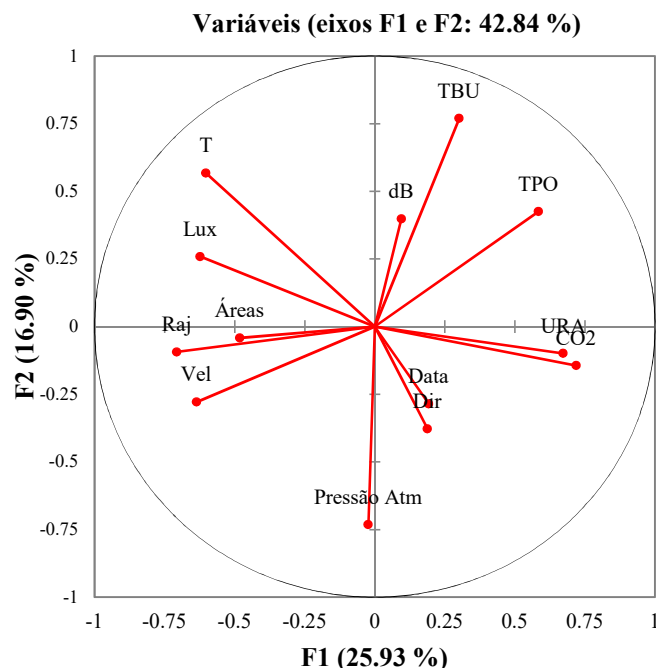
Tabela 17 - Correlações entre as variáveis e fatores

	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9	F10	F11	F12	F13
Data	0.193	-0.285	0.416	-0.524	0.006	0.583	0.149	-0.018	0.198	-0.154	0.021	0.075	0.034
Áreas	-0.482	-0.042	0.629	0.144	0.054	-0.157	-0.392	0.254	0.300	0.035	-0.087	-0.058	0.042
CO2	0.720	-0.144	0.053	0.406	0.044	0.279	0.175	0.013	0.164	0.396	0.000	-0.013	-0.009
T	-0.602	0.567	0.178	-0.279	0.080	0.157	0.179	0.209	-0.068	0.122	0.193	-0.181	-0.103
URA	0.672	-0.099	0.216	0.180	-0.542	-0.175	0.015	-0.156	0.143	-0.173	0.153	-0.179	-0.067
TPO	0.585	0.425	0.509	0.096	0.272	-0.162	0.140	0.028	-0.167	-0.043	0.104	-0.010	0.218
TBU	0.301	0.769	0.297	0.211	0.185	-0.062	0.225	-0.009	0.081	-0.136	-0.187	0.094	-0.163
dB	0.095	0.398	-0.427	0.480	-0.176	0.479	-0.171	0.306	-0.017	-0.180	0.025	-0.013	0.056
Lux	-0.623	0.259	-0.439	0.141	0.193	-0.123	0.288	-0.186	0.377	-0.054	0.084	-0.009	0.100
Vel	-0.636	-0.279	0.396	0.491	-0.074	0.040	0.044	-0.053	-0.082	-0.020	0.228	0.212	-0.060
Dir	0.188	-0.378	-0.037	0.212	0.806	0.146	-0.200	-0.149	-0.026	-0.124	0.062	-0.129	-0.076
Raj	-0.706	-0.094	0.305	0.301	-0.185	0.272	0.176	-0.273	-0.161	-0.012	-0.205	-0.156	0.059
Pressão Atm	-0.023	-0.731	-0.051	0.130	0.083	-0.195	0.458	0.413	-0.022	-0.114	-0.061	-0.051	-0.008

Fonte: CERQUEIRA (2018)

Em relação a contribuição das variáveis nos componentes principais, pode-se verificar na análise do mapa do círculo das correlações (Figura 44), onde evidencia-se que as variáveis URA e CO₂ encontram-se positivamente correlacionadas, estando correlacionadas negativamente em relação as variáveis Vel, Raj e Áreas e, ortogonais as variáveis pressão Atm, dB e TBU. Outro fato importante, é que todas variáveis estão afastadas ao círculo de correlações do mapa fatorial, isso mostra que todas as variáveis possuem pouca contribuição.

Figura 44 - Mapa do círculo das correlações, com projeção das variáveis iniciais no espaço fatorial



Fonte: CERQUEIRA (2018)

A análise de componentes principais (ACP) é usada para reduzir as dimensões das variáveis originais de uma sem perda de informação. Por definição, a correlação entre os principais componentes é zero, sendo que a variação explicada no componente principal (CP) CP1 é independente da variação explicada em CP2 e, assim por diante. Portanto, qualquer componente principal não vai causar uma resposta correlacionada em termos de outros componentes ortogonais (SAVEGNAGO et al., 2011; FRAGA et al., 2015).

Neste contexto, de acordo com Vicini (2005), na análise do círculo das correlações, os vetores que representam pontos variáveis de alta contribuição, são extremos próximos à circunferência do círculo de correlações do mapa fatorial, representando assim, as variáveis que justificam a maior dispersão. Sendo essas as variáveis que desempenham um papel mais relevante na análise, pois são as variáveis determinantes da componente principal.

Diferindo de nossos dados, empregando estatística multivariada aplicada ao estudo da qualidade do ar na cidade do Rio de Janeiro, Leoni, Sampaio e Corrêa (2017), verificaram nas variáveis ambientais a existência de uma alta correlação, auxiliando dessa maneira, no entendimento da inter-relação das variáveis ambientais, em uma sinergia entre a química da atmosfera e as ferramentas estatísticas.

Sobre a eficiência do medidor Portátil Multifuncional Modelo ITMCO₂ - 600, na aferição de dióxido de Carbono nas duas áreas de estudo, atesta-se que foi eficiente e, acredita-se que a não discrepância entre as áreas pesquisadas, dá-se pela pouca ou inexpressiva atividade

da UTE Borborema S.A e, da distância da fonte emissora, onde os dados foram registrados, a mais de 100m e altura superior, a 35m do solo, dispersando dessa forma os gases produzidos pela UTE.

Neste sentido, justificando a eficiência dos sensores ambientais portáteis, foi verificado por Silva et al. (2013), concentrações de gases e condições climáticas no interior da Caverna (SD-32) da Lapa do Sufoco, em São Desidério-BA, com emprego de um medidor portátil de CO₂, (medidor semelhante ao modelo ITMCO₂ - 600), onde verificaram que os valores para CO₂, variaram entre 926 e 1.423ppm ao longo da caverna, demonstrando assim alta sensibilidade no emprego deste tipo de sensor.

De acordo com Metz et al. (2007), nas últimas três décadas, as emissões de todos os gases de efeito estufa, aumentaram em média de 1,6% ao ano, enquanto que as emissões de CO₂ advindas dos combustíveis fósseis aumentaram em 1,9% ao ano. Sendo que as concentrações de CO₂ aumentaram em quase 100ppm, em comparação com seu nível pré-industrial, atingindo 379ppm em 2005, com taxas médias de crescimento anual no período 2000-2005, que foram superiores aos anos 1990.

Portanto, o equivalente total de CO₂ (CO₂-eq) de todos os Gases de Efeito Estufa (GEE) de longa duração, é atualmente estimado em cerca de 455ppm de CO₂-eq, embora o efeito de Aerossóis, outros poluentes do ar e, as mudanças no uso da terra, reduzem o efeito líquido, em níveis que variam de 311 a 435ppm de CO₂-eq (METZ et al., 2007). Salienta-se ainda que, por cálculo estequiométrico, 1kg de carbono produz 3,67kg de dióxido de carbono (BRASIL, 2006).

Em relação a eficiência global das usinas termelétricas, é um parâmetro importante que está diretamente relacionado com a quantidade de combustível que se é queimado, em relação à quantidade de energia gerada. Desta maneira, a eficiência dessas usinas, em termos de emissão de CO₂, pode ser avaliada por meio de um fator de emissão de carbono como, a quantidade de CO₂ emitido no processo de combustão em relação à energia gerada (LICKS; PIRES, 2010).

Dentre os fatores climáticos que influenciam uma determinada região, Nayak e Prajapati (2006), destacam a impermeabilização e a ocupação do solo por construções de concreto, o desmatamento, a poluição da atmosfera e dos cursos de água e, a produção de calor, que geram diversos efeitos sobre os aspectos do ambiente. Portanto, a densidade do ambiente construído, a extensão da cobertura das árvores, o tipo de vegetação, a poluição e calor advindos do tráfego de veículos, da industrialização e das atividades humanas são fatores que afetam a intensidade das ilhas do calor nas cidades, processo este mais acentuado nas grandes metrópoles.

Assim, de acordo com Sousa, Morais e Silva (2011), a temperatura média anual do ar

em Campina Grande-PB apresentou tendência crescente, bastante acentuada durante período de 1963 a 2004, em todos os meses do ano. O período de pós-urbanização intensa (PÓS-UI) foi mais quente do que no pré-urbanização intensa (PRÉ-UI), sendo que temperatura média de todos meses no período PÓS-UI, foi cerca de 1°C superior, com média climatológica abrupta na década de 80.

A poluição atmosférica é outra problemática que interfere nos fatores climáticos, pois agrava-se com o ar seco, bem como ocorre nos fenômenos como a inversão térmica. De acordo com a Organização Mundial de Saúde (OMS), os valores ideais de umidade relativa do ar, encontram-se na faixa de 40% a 70%. Pois, o conteúdo de vapor d'água contido no ar exerce influência direta na saúde humana, onde a baixa umidade relativa do ar altera o equilíbrio do aparelho respiratório, proporcionando um risco a integridade da via aérea (SILVA JÚNIOR et al., 2011).

A umidade atmosférica também influencia diretamente o risco de incêndio florestal. Existe uma constante troca de vapor d'água entre a atmosfera e o material depositado sobre o solo. A exemplo, em um ambiente natural que em condições de atmosfera muito seca, pode favorecer inclusive, na redução da umidade da vegetação viva, tomando-a mais propensa à combustão (MARIN; ASSAD; PILAU, 2008).

Quanto a pluma que sai das chaminés das termelétricas, observa-se que se elevam em função de sua temperatura, da temperatura ambiente (cuja diferença provoca empuxo) e velocidade de saída, e, ao ser lançada na atmosfera, sofre efeito de dispersão de acordo com parâmetros meteorológicos, tais como velocidade e direção do vento, temperatura, estabilidade atmosférica, dentre outros. Resultando em um processo de advecção pelo vento médio (que transporta para onde o vento está soprando) e de difusão turbulenta pela abertura horizontal e vertical da pluma (ENVEX; SIMILAR, 2009).

Dentre outros fatores advindos das atividades industriais, destaca-se o ruído, que é um resíduo inevitável resultante de praticamente todas as atividades industriais que afetam o meio ambiente e a vizinhança de um modo geral. A fim de garantir as condições exigíveis, para avaliação da aceitabilidade do ruído em comunidades, independentemente da existência de reclamações, foi normatizado pela NBR 10151/2000, que os níveis de ruídos em áreas habitadas, para ambientes externos devem se enquadrar conforme a tabela 18.

Tabela 18 - Nível de critério de avaliação de ruídos, para ambientes externos, em dB(A)

Tipos de áreas	Diurno	Noturno
Áreas de sítios e fazendas	40	35
Área estritamente residencial urbana ou hospitais ou de escolas	50	45
Área mista, predominante residencial	55	50
Área mista, com vocação comercial e administrativa	60	55
Área mista, com vocação recreacional	65	55
Área predominantemente industrial	70	60

Fonte: NBR 10151/2000.

Neste sentido, observa-se que a UTE Borborema S.A, se localiza no município de Queimadas-PB, numa área periurbana, próximo à comunidade do Ligeiro e do bairro Velame de Campina Grande-PB, com destaque as residências que se encontram em até 350m da UTE (Figura 45). Contrariando assim, o que estabelece as resoluções e normatizações para controle de ruídos brasileira, uma vez que, em funcionamento pleno (com as turbinas e os geradores ligados), foi registrado com o Medidor Portátil Multifuncional modelo ITMP-600, valores superiores a 66dB a uma distância de cerca de 200m da UTE. Aborda-se ainda que, a Consultoria Ambiental Ltda., por ocasião da elaboração do EIA/RIMA/2008 negligenciou as residências do entorno da UTE, somente apresentando registros de ruídos (dentro do aceitável pela normatização) em áreas mais distantes da usina termelétrica.

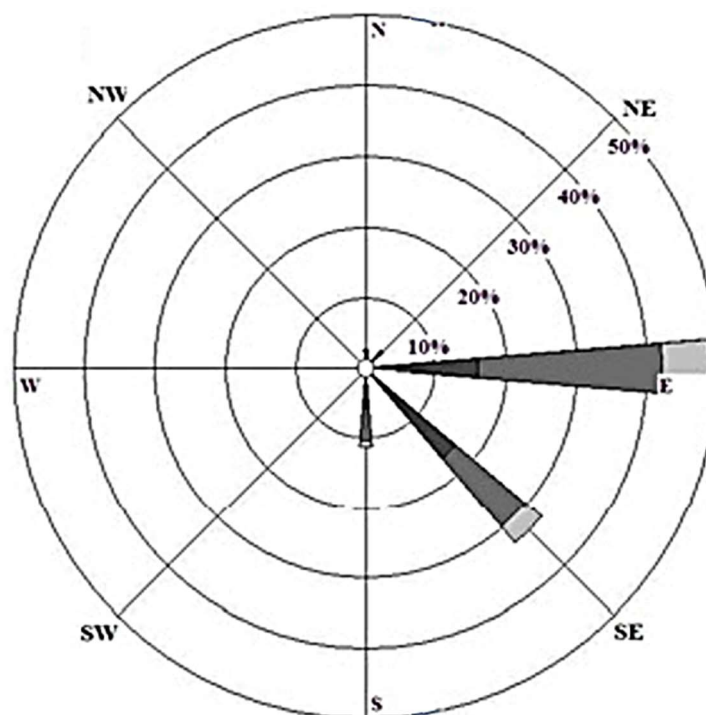
Figura 45 - Destaque em vermelho, localização de residências próximas a UTE Borborema S.A.



Fonte: Google Earth, 2017.

Assim, verifica-se que os dados relacionados a predominância da direção dos ventos, outros estudos apontam resultados diferentes a este estudo, pois de acordo com Silva et al. (2002), na cidade de Campina Grande-PB, a direção predominante dos ventos são provenientes do Leste, com variação para Sudeste. Seguindo essa mesma tendência, Lima, Cavalcanti e Souza (2010), também abordam no estudo realizado sobre potencial eólico na Paraíba, com período de referência 1977 a 1981, que a predominância da direção dos ventos é a Leste, com variação de 45° a 135° (Nordeste a Sudeste), conforme figura 46. Ainda, observou-se que nos municípios de Campina Grande e João Pessoa ocorreu uma diminuição dos ventos no período da noite, devido à influência das brisas terrestres nos sentidos contrários ao escoamento de grande escala.

Figura 46 - Direção do vento no município de Campina Grande-PB, período de janeiro de 1977 a dezembro de 1981



Fonte: Lima, Cavalcanti e Souza, 2010.

E em relação a pressão atmosférica, verifica-se que ocorre com intensidades diferentes em regiões distintas do planeta, sendo estas diferenças responsáveis pela interferência no comportamento do clima. Neste contexto, segundo Sousa Júnior (2006), a variabilidade intra-anual da pressão atmosférica na cidade de Campina Grande-PB, no período de 1963 a 2004 sofreu de variação em torno de 15%, com valores máximos de 21%.

6.4 CONCLUSÕES

Conclui-se que, considerando que a UTE Borborema S.A funcionou poucas vezes, por ocasião do período deste estudo, os dados registrados através dos sensores ambientais, não foram significativos entre as áreas pesquisadas, quanto aos valores de CO, CO₂, SO₂, temperatura do ar, umidade relativa do ar, temperatura de ponto de orvalho, e luminescência.

Em relação à velocidade do vento, as duas áreas apresentaram pequena variação; já os níveis de ruídos, da área 1, por ocasião do funcionamento da termelétrica em sua plenitude, houve elevação acima do permitido, conforme normatização brasileira vigente. Prejudicando assim, por ocasião do funcionamento da UTE, a saúde dos moradores que residem no seu entorno, além de prejudicar a fauna do entorno, principalmente as aves, que são afugentadas pelo ruído, e, conseqüentemente, reduzindo a diversidade da avifauna do entorno da Termelétrica.

Desta maneira, o uso dos sensores ambientais para monitorar a qualidade do ar dessa área, é muito importante pois possibilitará verificar alterações na ambiência do entorno da Termelétrica, além de representar quali-quantitativamente, por intermédio de valores e escalas, as condições ambientais atuais e, servindo desta forma, como suporte comparativo a estudos futuros, bem como, instituir a gênese para um banco de dados ambientais dessa região metropolitana de Campina Grande-PB.

Não foi possível vincular outras alterações e perturbações ambientais e, à saúde da população do entorno e circunvizinha, tendo em vista que a UTE Borborema S/A somente funcionou, no período pesquisado, por solicitação da ANEEL, por ocasião do acionamento da Bandeira Vermelha para geração de energia elétrica.

Desta forma, há a necessidade de se realizar outros estudos pontuais, incluindo a se for o caso, utilização de outras metodologias, a fim de aprofundar tais resultados.

Neste sentido, faz-se necessário, monitoramentos e registros constantes, das emissões dos gases poluentes por parte da UTE Borborema S/A; intervenção dos órgãos ambientais competentes, a fim que resolver a questão das emissões de ruídos fora dos padrões aceitáveis estabelecidos (fato este que ocorre quando a UTE está em pleno funcionamento).

CAPÍTULO VI

7 POLUENTES ATMOSFÉRICOS: modelagem com software AERMOD

7.1 INTRODUÇÃO

As mudanças climáticas podem afetar a qualidade do ar local ou regional, de *forma direta*, pelas mudanças nas taxas de reações químicas na Camada Limite Planetária (CLP), que afetam a mistura vertical dos poluentes e pelas mudanças nos padrões de fluxo de ar sinóptico que governam o transporte de poluentes, sendo a escala sinóptica, correspondente ao tamanho típico dos sistemas de alta e baixa pressão da latitude média. Quanto aos *efeitos indiretos*, podem resultar no aumento ou diminuição das emissões antropogênicas através de mudanças no comportamento humano ou pela alteração dos níveis de emissões biogênicas, devido a temperaturas mais elevadas e mudanças na cobertura do solo (EBI; MCGREGOR, 2008).

Assim, a poluição do ar na maioria dos países está piorando, alavancada pela industrialização e a urbanização desordenada, resultando em mudanças na ambiência e causando prejuízos à saúde das pessoas (YANG; WANG, 2017). A poluição é um dos problemas mais críticos causados pela civilização industrial e o mais complexo, dentre os problemas atuais; também é a principal razão para o aumento de 9% de todas as causas de doenças pulmonares e cardíacas na atualidade (KHODAKARAMI; GHOBADI, 2016).

Dentre os poluentes gerados pelas indústrias, os que causam maior preocupação são os poluentes atmosféricos, devido a sua fácil dispersão e dificuldade de retenção (LATEB et al, 2015). Desta forma, as emissões das fontes poluidoras são complexas, mudam rapidamente no espaço e no tempo e, também, pelas variáveis taxas de emissão, a distância da fonte, as taxas de ventilação, dentre outros fatores que vêm ocasionando diversos impactos ambientais e danos à saúde dos seres vivos, que acarretam consequências geralmente, irreversíveis (D'AMATO et al., 2015; LAUMBACH; KIPEN, 2012).

Quanto as concentrações dos poluentes do ar, verifica-se que não dependem somente das quantidades que são emitidas pelas fontes de poluição do ar, e sim, pela capacidade da atmosfera em absorver ou dispersar essas emissões, que variam de forma espacial e temporária, fazendo com que o padrão de poluição do ar mude em função do tempo e da localidade, além das mudanças, na condição meteorológica e topográfica (ATASH, 2007; CPCB, 2009; GUPTA; GUPTA, 2016).

Portanto, a liberação dos poluentes atmosféricos industriais tem efeitos adversos sobre

a qualidade do ar. Sendo que essa liberação pode ser periódica ou contínua, de um ponto ou fonte não-pontual ou fontes diversas. Assim, a dispersão também depende da forma como eles estão entrando na atmosfera e, devido à falta de informação sobre a distribuição dos poluentes, dificulta a determinação de suas emissões (HOLNICKI; NAHORSKI, 2015). Em geral, a estimativa precisa desses poluentes do ar em áreas industriais, sempre foi considerada um grande passo para a tomada de decisões sobre a implementação de programas de gerenciamento de qualidade do ar (ATABI et al., 2016).

Observa-se também, que as fontes não naturais que emitem poluentes para a atmosfera, podem variar significativamente entre cidades, mas para em grande parte, eles provêm do uso de combustíveis fósseis em várias atividades diárias, tais como: aquecimento doméstico, indústria, uso de veículos motorizados, fundição, incineração e geração de energia, como é o caso das termelétricas, que representam uma fonte relevante de poluição (GAVIDIA; PRONCZUK; SLY, 2009; UGARTE-AVILÉS et al., 2017). Sendo, que por ocasião da queima de combustíveis fósseis para o funcionamento das Termelétricas, são gerados os seguintes principais poluentes atmosféricos: monóxido de carbono (CO), o óxido de nitrogênio (NO_x), o material particulado (PM), o dióxido enxofre (SO₂) e, os Compostos Orgânicos Voláteis (COV) (ADESANMI et al., 2016).

Desta maneira, os softwares baseados na equação de Gauss, são ferramentas válidas e amplamente aplicados para estimar as dispersões de vários poluentes atmosféricos, a fim monitorar e propor melhoria na qualidade do ar (SEANGKIATYUTH et al., 2011). Nos Estados Unidos da América, vários modelos de triagem foram aprovados pela Agência de Proteção Ambiental (EPA), para aplicações regulatórias e monitoramento dos poluentes do ar, sendo o mais comum, o AERSCREEN, a versão de triagem da **AERMOD**, que substituiu SCREEN3 em março de 2010.

O sistema de modelagem **Aermod View** é o atual modelo aprovado pela EPA para aplicações de conformidades regulamentares e, recomendado para impactos de campo de até 50 quilômetros de uma instalação (fonte emissora). Para impactos além de 50 quilômetros e terrenos mais complexos, recomenda-se o sistema de modelagem CALPUFF (LAKES ENVIRONMENTAL, 2017; MACTEC, 2011).

Na avaliação da qualidade do ar de uma determinada região, geralmente se efetiva a quantificação das substâncias poluentes presentes na atmosfera através do monitoramento em locais de interesse, sendo realizado por instrumentos específicos para esse fim e, como benefícios adicionais, os dados e análises são utilizados para avançar o estado da ciência, na

pesquisa de qualidade do ar e, fornece dados críticos de qualidade do ar para uso da comunidade científica (PRENNI et al., 2015).

Neste sentido, o objetivo deste estudo foi simular a dispersão dos poluentes atmosféricos, de origem na Termelétrica Borborema S.A, empregando como ferramenta o software Aermod View para avaliar as concentrações resultantes da simulação e comparando com a legislação vigente.

7.2 MATERIAL E MÉTODOS

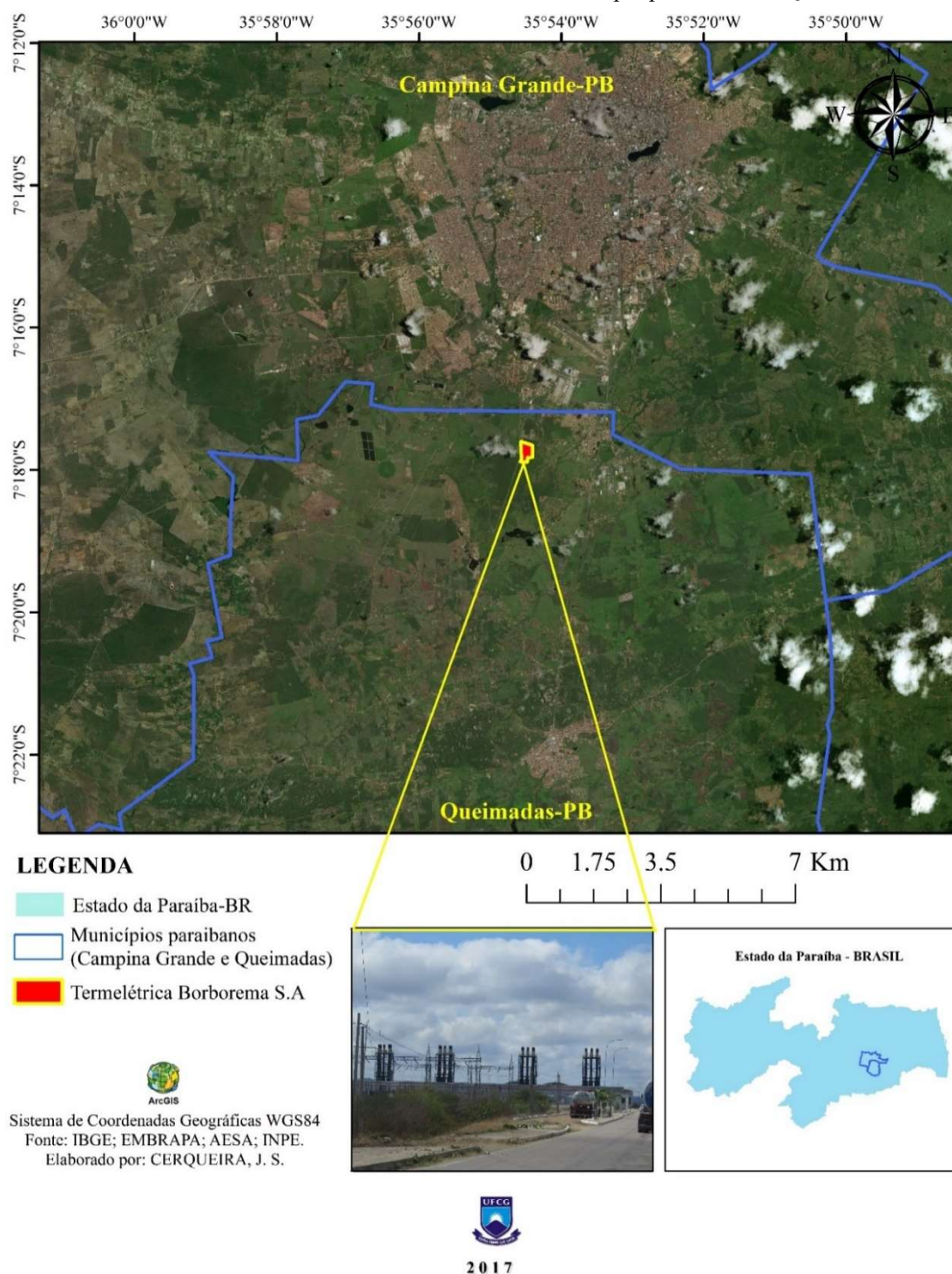
7.2.1 Descrição e local da área de estudo

A região de estudo compreendeu-se a área de influência da Usina Termelétrica Borborema S.A, que teve como enfoque, as fontes emissoras de poluentes atmosféricos (20 chaminés).

A Unidade Termelétrica Borborema Energética S.A. possui 20 motores Wartsila modelo W20V32, com "ciclo diesel" de quatro tempos com injeção direta de combustível, caracterizado como "motor de combustão interna". O "grupo gerador" de energia é formado pelo motor, gerador e equipamentos auxiliares. O motor está equipado com turbocompressores e intercoolers. Parte de equipamentos auxiliares, como sistema de circulação de óleo e as bombas de arrefecimento de água acionadas estão incorporados ao motor. O óleo OCB1 constitui o principal combustível para alimentação dos motores (AMBIMET, 2016).

Desta forma, as instalações da UTE Borborema S.A (Figura 47), está localizada numa área considerada como periurbana, no município de Queimadas-PB. Na Zona 25, Hemisfério Sul, latitude (m) 178813.00 e longitude (m) 9192423.66. O município de Queimadas-PB possui uma área de 402 km², com uma população aproximada de 41.049 habitantes e está localizado na Região Metropolitana de Campina Grande-PB, mesorregião do Agreste Paraibano (IBGE, 2010).

Figura 47 - Usina Termelétrica Borborema S.A. localizada no município paraibanos de Queimadas-PB



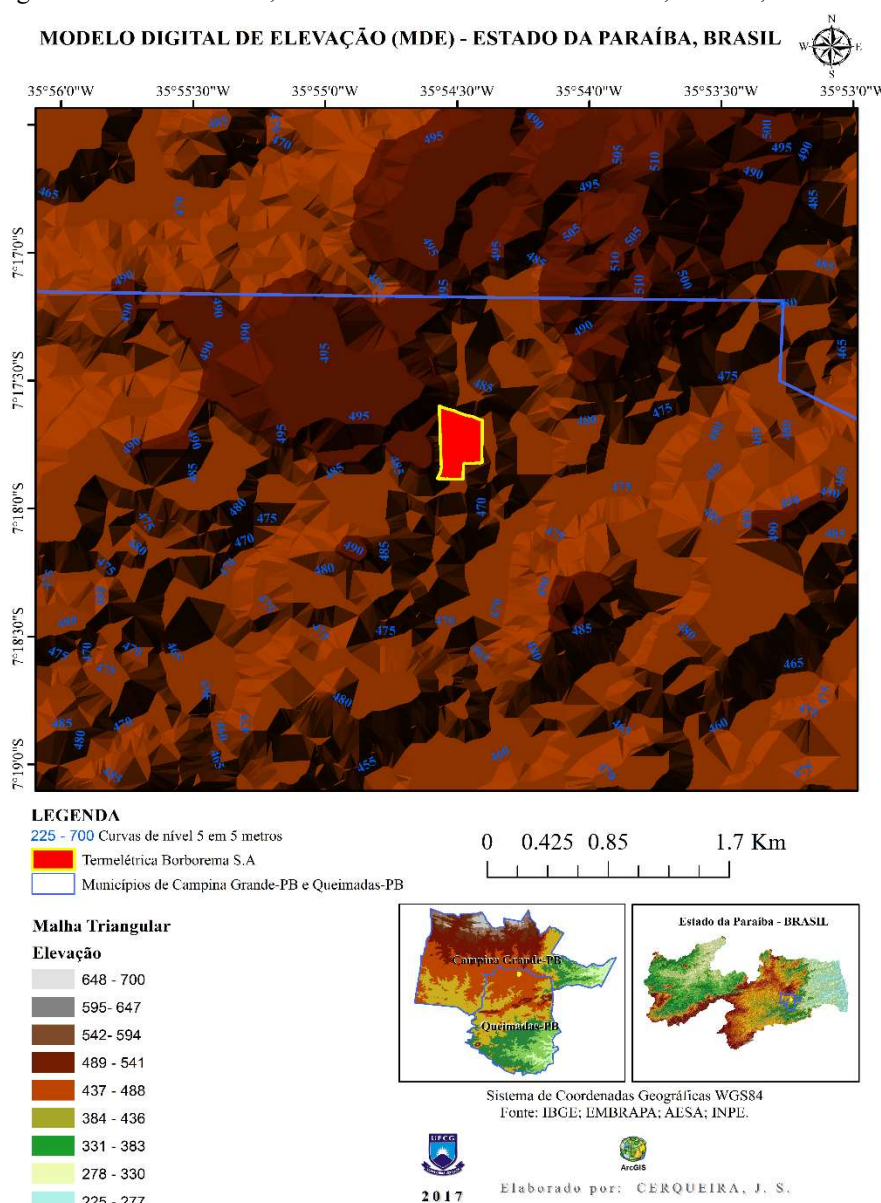
Fonte: CERQUEIRA (2018)

7.2.2 Topografia do local de estudo

O relevo da área de estudo é um fator considerado no modelo Aermod View, pois influencia na dispersão atmosférica dos poluentes. Desta forma, pode-se visualizar na figura 48, o relevo da área pesquisada, que possui uma altitude média entre 437 a 541m, em relação

ao nível do mar. Os mapas topográficos (imagens SRTM) foram disponibilizadas pela Divisão de Sensoriamento Remoto do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE (2011), no formato Geotiff (16 bits), com resolução de 90m e sistema de coordenadas geográficas DaTUM WGS-84. O projeto Topodata oferece o Modelo Digital de Elevação (MDE) e suas derivações locais básicas em cobertura nacional, ora elaborados, a partir dos dados SRTM que são disponibilizados pela agência científica do governo dos Estados Unidos (United States Geological Survey - USGS).

Figura 48 - Topografia da área de estudo, com curvas de nível a cada 5 metros, ArcGIS, 2011



Fonte: CERQUEIRA (2018)

7.2.3 Coleta de dados

O período de coleta de dados, considerado neste estudo, compreendeu-se de 1º de janeiro a 31 de dezembro de 2016, contados em dias julianos.

A base de dados referentes as emissões de poluentes atmosféricos, para este estudo, foi o Relatório Técnico das Emissões Atmosféricas das Chaminés dos Geradores (Projeto: 000361-15), realizado pela Ambimet Monitoramentos Ambientais, que foi contratada pela Termelétrica Borborema S.A, para fazer o monitoramento técnico anual, referente ao ano de 2016 (ANEXO H), disponibilizado pela SUDEMA (ANEXO D), conforme solicitação oficializada, via correios (ANEXO C e ANEXO E) e, mediante pagamento de GRU referente ao pagamento de Taxa Serviços (fotocópia), junto a SUDEMA (ANEXO F e ANEXO G).

7.2.3.1 Parâmetros da fonte emissora

De acordo com Relatório Técnico da Ambimet (2016), as amostras foram coletadas utilizando o Coletor Isocinético de Poluentes Atmosféricos (CIPA), onde foram realizadas medições visando a obtenção do perfil de velocidade e da taxa de fluxo e, as Chaminés dos geradores foram identificadas por números: G1 a G20, sendo que durante o período de amostragem, os motores 1 e 2 estavam em manutenção, dessa forma, não foi realizado medições nesses dois motores.

Na Tabela 19, estão apresentados os parâmetros físicos das fontes emissoras, da Termelétrica Borborema S.A, conforme Relatório Técnico da Ambimet (2016).

Tabela 19 - Dados técnicos das chaminés, Relatório Técnico da Ambimet para a Termelétrica Borborema S.A (2016)

FONTES	CHAMINÉ DO GERADOR
Diâmetro da chaminé	1,1m
Altura da chaminé	35m
A jusante do ponto de coleta	>2Ø
A montante do ponto de coleta	>0,5Ø
Pontos transversais por eixo	12

Fonte: Ambimet, 2016.

Os dados referentes a concentração e ao fluxo gasoso das chaminés dos geradores, G1 a G20, estão na Tabela 20, extraído do relatório de Monitoramento Isocinético. Sendo que, os dados das chaminés G1 e G2 foram utilizadas as médias da amostragem total.

Tabela 20 - Resultado das amostragens das chaminés dos geradores da Termelétrica Borborema S.A, quanto a concentração e ao fluxo gasoso (G1 a G20)

Descrição	Unid.	G1	G2	G3	G4	G5	G6	G7	G8	G9	G10
Vazão do efluente nas condições normais, base seca	Nm ³ /h	48,287	48,287	48,034	50202	47010	44897	48866	48738	48886	50716
Velocidade média dos gases nas chaminés ou duto	m/s	33,27	33,27	33,9	35,2	31,5	31,1	35,6	35,4	35,3	36,3
Média das temperaturas das chaminés	°C	345	345	341	341	315	328	360	361	352	352
Média das temperaturas das chaminés	K	618	618	614	614	588	601	633	634	635	625
Material Particulado	mg/Nm ³	40	40	52	51	45	33	38	38	72	40
SOx	mg/Nm ³	308	308	313	319	335	274	285	274	324	300
NOX	mg/Nm ³	547	547	763	601	507	644	528	528	546	526
CO	ppm	98	98	65	57	74	173	49	157	197	179
O ²	% v/v	13.8%	13.8%	13.3%	13.20%	13.20%	12.80%	13.30%	13.00%	13.80%	12.80%

Descrição	Unid.	G11	G12	G13	G14	G15	G16	G17	G18	G19	G20
Vazão do efluente nas condições normais, base seca	Nm ³ /h	46384	46115	47901	47556	47827	49836	49330	53133	47175	46561
Velocidade média dos gases nas chaminés ou duto	m/s	31,5	31,3	31,7	32,1	31,3	32,2	33,2	34,4	33	34
Média das temperaturas das chaminés	°C	349	348	343	358	329	317	350	348	346	363
Média das temperaturas das chaminés	K	622	621	616	631	602	590	623	621	619	636
Material Particulado	mg/Nm ³	33	21	27	56	23	61	18	51	31	26
SOx	mg/Nm ³	261	267	282	575	219	329	154	483	268	282
NOX	mg/Nm ³	475	273	410	455	636	687	257	545	777	682
CO	ppm	70	38	76	60	112	94	57	84	51	180
O ²	% v/v	13.70%	13.90%	14.10%	17.80%	13.30%	16.10%	12.80%	15.60%	13.70%	13.00%

Fonte: Ambimet, 2016.

7.2.4 Instrumentos da pesquisa

Este estudo foi realizado com o auxílio dos softwares Aermod View, versão Trial V.9.5.0 (16216r), pacote completo da *Lakes Environmental*, que inclui o modelo Aermod, pelo qual foi estimada a concentração de MP, CO, NO_x e SO₂, advindas das chaminés da Termelétrica Borborema S.A, além dos softwares Aermet View, empregado para tratamento/preparo dos dados meteorológicos (o Aermap View é o pré-processador de terreno do Aermod que realiza a interpolação dos dados topográficos e, posteriormente, o Aermod processa os dados do terreno); Já o WRPLOT View Freeware 8.0.0, realiza a confecção da rosa dos ventos e os gráficos sobre direção e velocidade do vento, funciona como uma extensão dos softwares Aermet View e Aermod View.

Empregou também, o software Calpuff View, versão trial V.8, para visualizar a projeção da pluma gaussiana, advinda das chaminés da UTE Borborema S/A, juntamente com a direção dos ventos predominantes na área do estudo.

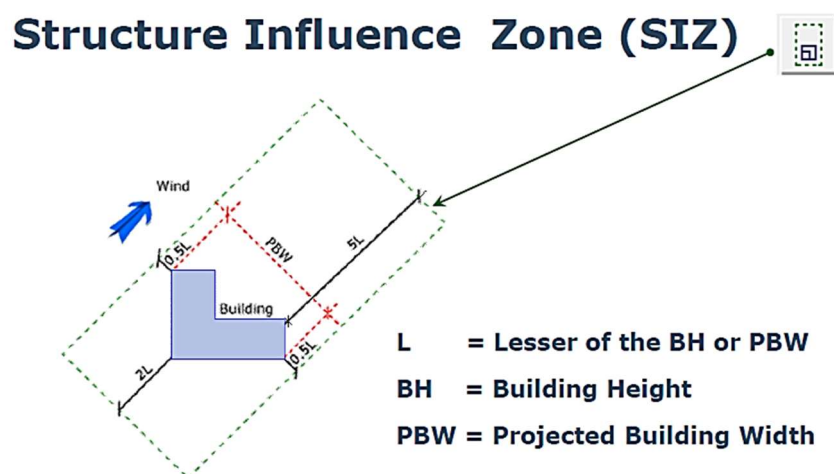
7.2.5 Efeito Building Downwash

O fluxo de ar ao redor dos edifícios, podem produzir efeitos atmosféricos complexos, criando zonas de forte turbulência e descendência do ar a sota-vento de um edifício, tendo como consequência a intensificação da concentração de poluentes do ar ao nível do solo, definido como efeito Building Downwash (HALL, 2015; U.S - EPA, 1995).

Na projeção do efeito Building Downwash (Good Engineering Practice - GEP 5L 360 graus da área de influência), figura 49, o vento gira todo o círculo, cada área de influência específica da direção muda, e estar integrado em uma área de influência geral, denominada área de influência da GEP 5L. Desta maneira, a EPA recomenda que 5L seja igual, no mínimo, a menor altura da construção e largura projetada em relação a fonte emissora (LAKES ENVIRONMENTAL, 2017; U.S - EPA, 1995).

Após os dados de entrada, o modelo Aermod View detecta se os efeitos de Building downwash, são ou não negligíveis, caso o sejam, o algoritmo é eliminado do cálculo das concentrações (CUNHA, 2009). Neste contexto, construções muito altas, se próximas umas das outras, formam um corredor, dificultando a dispersão dos poluentes atmosféricos que se concentram próximos à superfície (TUDANO, 2012). De acordo que, o escoamento se distancia do obstáculo, às influências deste no escoamento, tendem a reduzir, retornando o escoamento, às características anteriores à presença do obstáculo (MAÏZI et al., 2010).

Figura 49 - Modelo de Projeção do efeito Building Downwash nas fontes emissoras da UTE



Fonte: Lakes Environmental, 2017.

7.2.6 Dados meteorológicos

Para o processamento do Aermat View, foram utilizados dados meteorológicos disponíveis de superfície, na extensão (.sfc) e perfil (.pfl), do ano de 2016, da estação meteorológica do Aeroporto João Suassuna de Campina Grande-PB, situada a 3,3km da Termelétrica Borborema S.A (cortesia do Meteorologista Sílvio de Oliveira²).

O pré-processador Aermat View, utiliza a classificação de estabilidade atmosférica (Tabela 21), para as categorias de velocidade de vento (m/s). Os modelos da EPA/EUA usam seis categorias de velocidade de vento, conforme a classificação de *Pasquill-Gifford* (1960) para a classe de turbulência, de acordo com as condições meteorológicas, que são definidas pela velocidade do vento do limite superior para as cinco primeiras categorias, onde assume-se que a sexta categoria não tem limite superior (U.S - EPA, 2000).

Tabela 21 - Categorias de velocidades do vento e classificação da atmosfera

VELOCIDADE DO VENTO (m/s)	CLASSE	OBSERVAÇÕES
1,54	A – extremamente instável	Refere-se a condições
3,09	B – moderadamente instável	instáveis, que em geral
5,14	C – levemente instável	ocorrem durante o dia.
8,23	D – condição neutra	À noite ou durante o dia
10,8	E - estável	Durante a noite

Fonte: EPA - Environmental Protection Agency - US, 2000.

² Sílvio de Oliveira é meteorologista e Diretor da Empresa SECA, além de ser representante da Lakes Environmental no Brasil

7.2.6.1 Avaliação do uso do solo

Para analisar o uso e ocupação do solo da área pesquisada, empregou-se o Aermet View, cujos os dados das características de superfície são: Albedo, Razão de Bowen e Rugosidade, que são estimados de acordo com o uso do solo.

O albedo é a fração da radiação incidente total solar refletida pela superfície de volta para o espaço sem absorção. Que varia entre 0,1 para florestas densas e 0,9 para neve fresca.

A Razão de *Bowen* indica a umidade da superfície. É a razão entre o fluxo de calor sensível e o fluxo de calor latente, usado para determinar os parâmetros da Camada Limite Planetária - CLP para condições convectivas. O valor varia de 0,1 logo acima da água e, 10,0 para deserto ao meio-dia.

A rugosidade corresponde à altura da superfície em que o fluxo horizontal do vento tende a zero. O parâmetro varia desde 0,001m para superfície acima de águas calmas, até 1,0m ou mais para florestas ou área urbana.

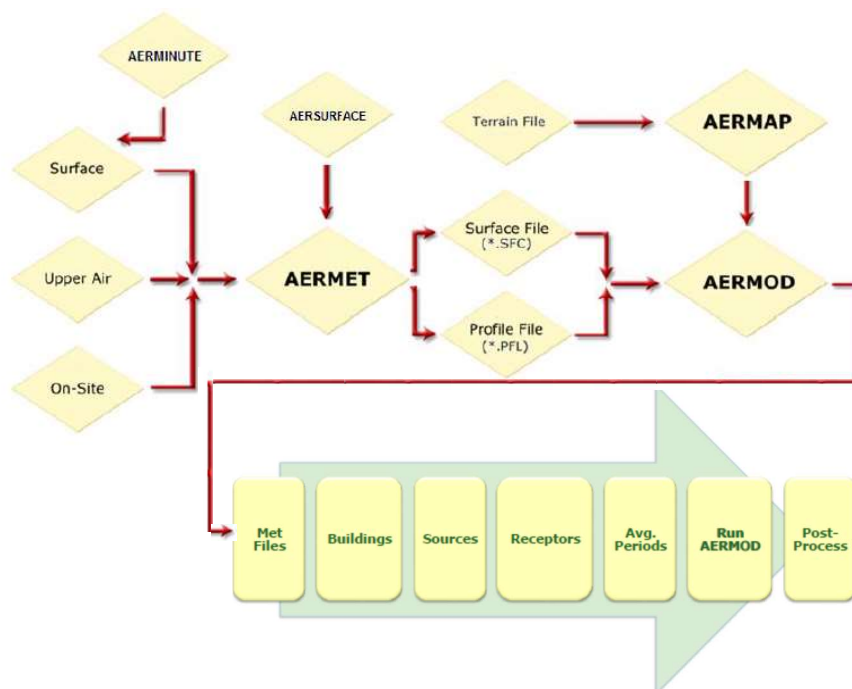
Desta maneira, na plataforma do Aermet View foi possível dividir a área de estudo em até 36 setores equidistantes entre si, um para cada 10 graus, a partir do centro de uma circunferência. Cada setor representa as diferenças no terreno nas diferentes direções, que o vento pode soprar.

As categorias de uso do solo disponíveis são: Terra urbana, sem vegetação; Terras agrícolas; Pastagens, matos, florestas, zonas úmidas e desertos que são manejados com gado doméstico ou animais selvagens; Floresta; Áreas suburbanas, gramadas; Áreas suburbanas, florestas; Corpos de água; Terra estéril, principalmente deserto; e, Zonas úmidas não arborizadas. Como a área estuda não possui diferenças significativas, aplicou-se a mesma categoria de uso do solo a todos os setores de direção do vento (U.S - EPA, 2000).

7.2.7 Análise dos dados

Os dados foram analisados através dos softwares Aermod View e suas extensões (Figura 50), Calpuff View, WRPLOT View e, conforme a legislação em vigor, sobre limites de emissões de poluentes atmosféricos e qualidade e poluição do ar. Utilizou-se também, os dados atmosféricos, disponibilizado Centro Europeu de Previsão do Tempo de Médio Prazo (ECMWF), a fim de estimar a Camada Limite Planetária (CLP) da área de estudo.

Figura 50 - Sistema de modelagem do software Aermod View



Fonte: Lakes environmental, 2017.

Para poder realizar as simulações no Aermod View e Calpuff View, os dados de entrada foram ajustados conforme a equação do CONAMA 382/06, para conversão às condições referenciais de Oxigênio:

$$C_R = \frac{21 - O_R}{21 - O_M} * C_M$$

Sendo: C_R - Concentração do poluente corrigida para a condição estabelecida nesta Resolução;

O_R - Percentagem de oxigênio de Referência, conforme esta Resolução; estabelecida para cada fonte fixa de emissão,

O_M - Percentagem de oxigênio medido durante a amostragem; e

C_M - Concentração do poluente determinada na amostra.

Em relação as unidades das taxas de emissões de MP - Material Particulado, SO_x - Óxido de Enxofre, NO_x - Óxido de Nitrogênio e CO - Óxido de Carbono, também foram convertidas de mg/Nm³ e ppm, para g/s, para poder rodar os Softwares de modelagem Aermod View e Calpuff View.

7.2.8 Principais legislações ambientais que tratam das emissões de poluentes atmosféricos em termelétricas e chaminés

As legislações internacionais que regulamentam os padrões de qualidade do ar e de emissões de poluentes pelas diversas fontes, antecedem a legislação brasileira, dada à necessidade de controlar os níveis de poluição existentes no continente Europeu e nos Estados Unidos da América, que provocaram episódios críticos afetando à saúde da população e à preservação do meio ambiente. Portanto, as regulamentações das agências ambientais internacionais são a base para as normas e resoluções brasileiras.

No Brasil, as legislações ambientais a nível federal são regulamentadas e dispostas pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). A nível estadual e municipal, cabe aos órgãos ambientais, o estabelecimento de padrões ambientais embasados na legislação federal. No quadro 2, estão as principais legislações, que tratam sobre as emissões de poluentes atmosféricos em termelétricas e chaminés.

Quadro 2 - Legislações que estabelecem limites de emissões de poluentes atmosféricos e qualidade do ar

ESFERA	LEGISLAÇÃO	DESCRIÇÃO
Internacionais	Método EPA 3A (U.S.A.)	Determinação de gases de combustão em dutos e chaminés de fontes estacionárias (método analisador instrumental).
	Método EPA 7B (U.S.A)	Determinação de óxidos de nitrogênio, medidos como NO ₂ em dutos e chaminés de fontes estacionárias.
	Método EPA 0030 (U.S.A)	Determinação de compostos orgânicos voláteis em emissões atmosféricas através de resina Tenax/Tenax carvão.
Federal	Res. CONAMA nº 03 de 28 de junho de 1990 Res. CONAMA nº 03 de 28 de junho de 1990	Estabelece Padrões de Qualidade do Ar, Níveis de Alerta, Atenção e Emergência e Métodos de Amostragem dos poluentes.
	Res. CONAMA nº 382 de 26 de dezembro de 2006	Estabelece os limites máximos de emissão de poluentes atmosféricos para fontes fixas.
	ABNT-NBR 10.701	Determinação de pontos de amostragens em dutos e chaminés de fontes estacionárias.
	ABNT-NBR 10.702	Efluentes gasosos em dutos e chaminés de fontes estacionárias. Determinação da massa molecular seca e excesso de ar no fluxo gasoso.
	ABNT-NBR 11966/89	Efluentes gasosos em dutos e chaminés de fontes estacionárias. Determinação da velocidade e vazão.
	ABNT-NBR 11967/89	Efluentes gasosos em dutos e chaminés de fontes estacionárias. Determinação da umidade dos gases.

Continua...

Quadro 2 - Continuação

ESFERA	LEGISLAÇÃO	DESCRIÇÃO
Federal	ABNT-NBR 12019/90	Efluentes gasosos em dutos e chaminés de fontes estacionárias. Determinação de material particulado.
	ABNT-NBR 12021/90	Efluentes gasosos em dutos e chaminés de fontes estacionárias. Determinação de dióxido de enxofre, névoas de ácido sulfúrico e trióxido de enxofre.
Estadual	Decreto Estadual-PB nº 21.120, de 20 junho de 2.000	Regulamenta a Lei 4.335, de 16 de dezembro de 1981, modificada pela Lei 6.757, de 08/07/99, que dispõe sobre a prevenção e controle da poluição ambiental, visando à proteção, conservação e melhoria dos recursos ambientais no Estado da Paraíba.
	Resolução nº 016/2014 – SEMA/Paraná	Estabelece no artigo 22, item I, letra B, a condição referencial de Oxigênio para fontes de combustão não externa.

Fonte: CERQUEIRA (2018)

7.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados que geraram resultados foram obtidos através das simulações com os softwares Aermet View, Aermod View, Calpuff View e WRPLOT View. Inicialmente, realizou-se a inserção dos dados de entrada da fonte e dos receptores, posteriormente, inseriu-se os dados meteorológicos, processados pelo Aermet View e, o processamento dos dados topográficos foram através do Aermap View, onde rodou-se o modelo Aermod View, obtendo assim, as distribuições de concentrações para, MP, SO_x, NO_x e CO, sob a forma de curvas de contorno para cada poluente, denominados Mapas de Dispersão.

A partir dos mapas de distribuição das concentrações, obtidos pelo Aermod View, foi realizada uma análise comparativa das concentrações com os padrões de qualidade do ar primários e secundários, estabelecidos pela Resolução do CONAMA nº 03/90 (Tabela 22).

Tabela 22 - Padrões de Qualidade do AR, estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 03/90

PARÂMETROS	PADRÕES DA QUALIDADE DO AR	
	PRIMÁRIO (Saúde Humana)	SECUNDÁRIO (Bem-estar da população e outros efeitos)
PARTÍCULAS TOTAIS EM SUSPENSÃO ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)		
Média geométrica anual	80	60
Média de 24 horas (*)	240	150
DIÓXIDO DE ENXOFRE ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)		
Média geométrica anual	80	40
Média de 24 horas (*)	365	100
MONÓXIDO DE CARBONO ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)		
Média de 8 horas (*)	10.000	10.000
Média de 1 hora (*)	40.000	40.000
DIÓXIDO DE NITROGÊNIO ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)		
Média geométrica anual	100	100
Média de 1 hora (*)	320	190

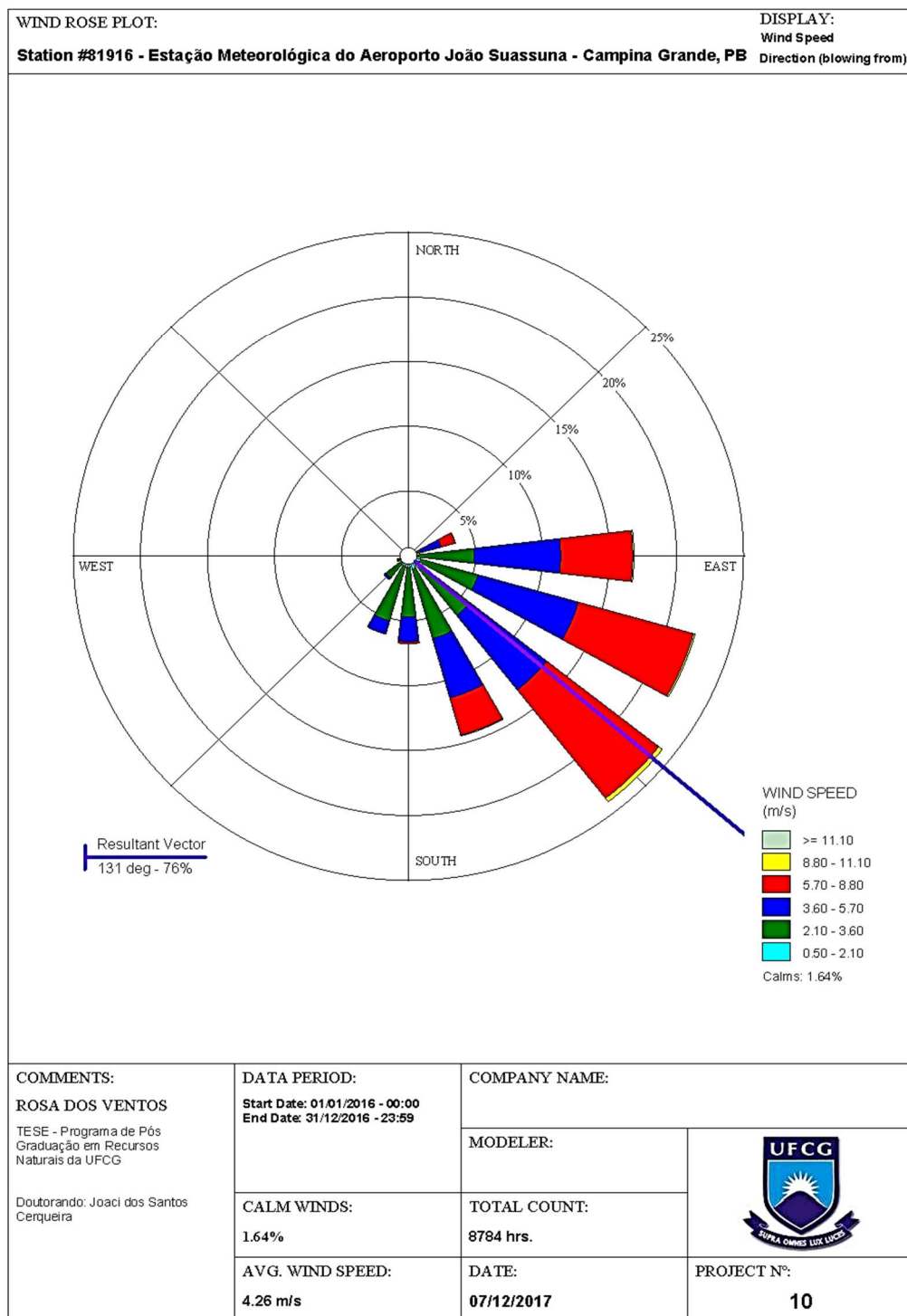
Fonte: BRASIL, 1990.

(*) Que não deve ser excedida mais de uma vez por ano.

7.3.1 Dados meteorológicos

Através do pré-processador Aermet View, os dados meteorológicos de entrada da Estação do Aeroporto João Suassuna de Campina Grande-PB, foram formatados conforme as extensões aceitas pelos softwares Aermet View e WRPLOT View. Na figura 51, visualiza-se a Rosa dos Ventos referente ao período de 1º de janeiro a 31 de dezembro de 2016, onde verificou-se que a velocidade dos ventos predominantes na região foram de 4,26m/s e, a direção predominante, foram ventos advindos do Sudeste (76%), com variações a Leste. Quanto aos ventos de calmaria, foram registrados o percentual de 1,64%.

Figura 51 - Rosa dos ventos referente aos dados meteorológicos da Estação do Aeroporto de Campina Grande-PB, período de 1º de janeiro a 31 de dezembro de 2016



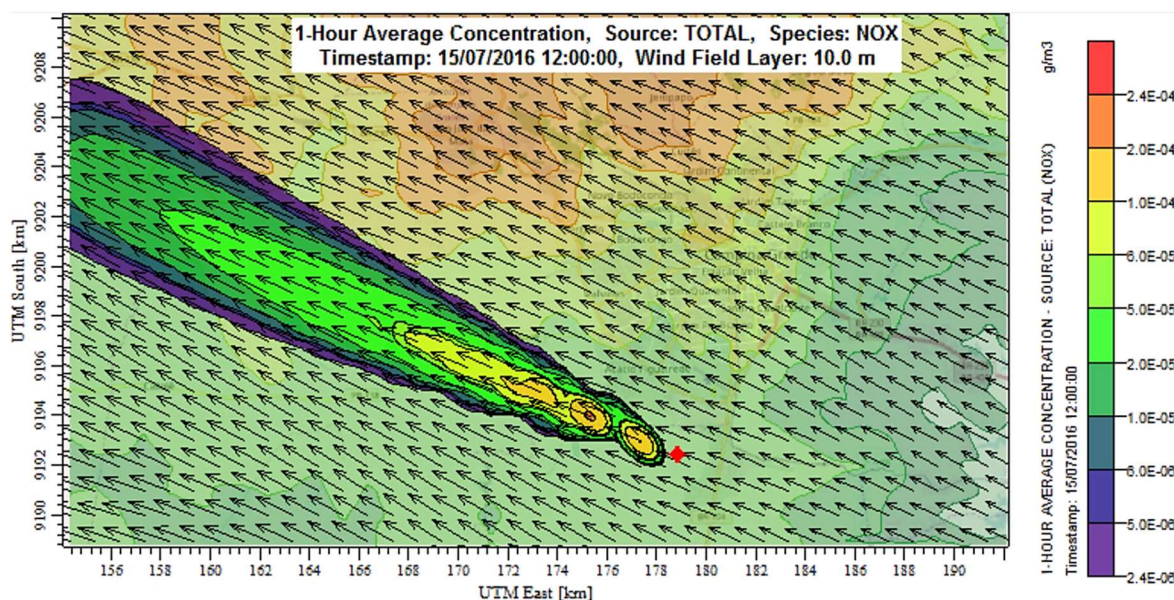
Fonte: CERQUEIRA (2018)

Esses valores de velocidade média dos ventos e de calmaria indicam que a área de estudo possui condições meteorológicas que favorecem a dispersão de poluentes na atmosfera, com porcentagem de calmaria muito baixa, menor que 2%.

Em relação a circulação atmosférica global, na zona compreendida entre as latitudes de 30° N e 30° S, a circulação se dirige para a linha do Equador, compreendida como Zona de Convergência Intertropical (ZCIT). As células de convecção desta Zona, são chamadas de células de *Hadley* e os ventos de superfície de ventos *Alisios*, considerados como os mais constantes do planeta. No Hemisfério Norte, os ventos *Alisios* provêm, predominantemente, da direção Nordeste, enquanto no Hemisfério Sul a direção predominante é a Sudeste. Portanto, os ventos *Alisios* constantes dessas duas latitudes próximas ao Equador (Hemisférios Norte e Sul), se encontram numa região de baixa pressão, conhecida como Zona de Baixa Pressão Equatorial ou zona de Convergência Intertropical (SILVA, 2003).

Através do Modelo Meteorológico Calmet View, extensão do Calpuff View versão trial V.8, empregando dados pré-processados meteorológicas WRF-MMIF, foi realizado a projeção da pluma gaussiana, advinda das chaminés da UTE Borborema S/A (Figura 52), onde pode ser visualizada a direção predominante dos ventos (Sudeste), na área do estudo. Este resultado corrobora com a projeção da Rosa dos ventos, empregando dados de estação meteorológica, simulado pelo WRPLOT View, uma vez que, se verificou que o vetor resultante aponta para direção Noroeste e Oeste.

Figura 52 - Direção do vento em 120h de simulação de NOx, Modelo Calpuff View



Fonte: CERQUEIRA (2018) (simulação em Calpuff View), 2017.

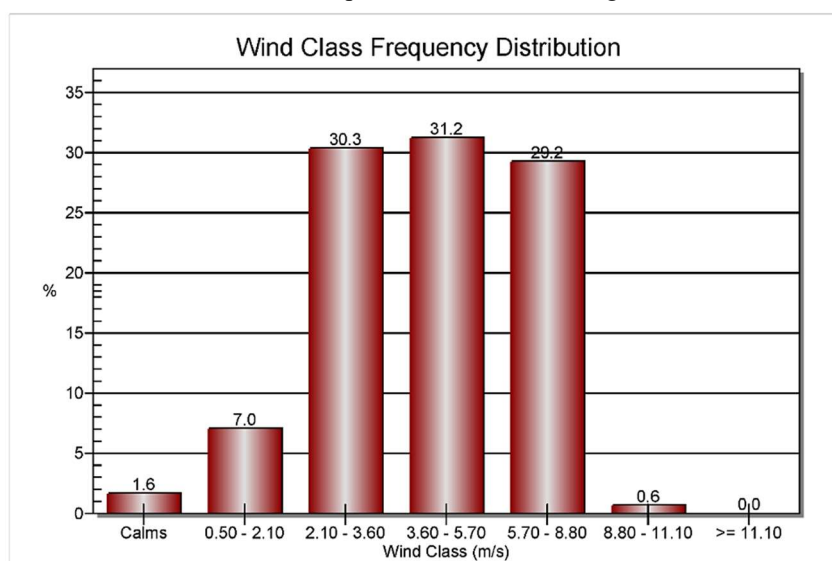
O modelo Calpuff é um modelo regulatório definido pela Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos que também, pode ser usado para modelar regimes de ventos complexos, a escala local (US - EPA, 2008).

Assim, assemelhando a este estudo, Geun et al. (2017), utilizando o software Calpuff para avaliar as condições meteorológicas e exposição da população à radiação na região Sudeste da Coréia do Sul, verificaram que a direção do vento predominante prevista pela simulação WRF-MMIF correspondeu em sua maioria, aos dados observados para todas as estações meteorológicas. Portanto, verificou-se que em geral, essa similaridade indica que os resultados da modelagem da dispersão obtidos, usando dados prognósticos, podem comparar-se favoravelmente aos obtidos usando dados de observação.

Em outro estudo sobre dispersão de poluentes atmosféricos, em uma usina termelétrica, na cidade de Linhares-ES, também empregando o software Calpuff para traçar a direção dos ventos, Schramm (2016), verificou que a predominância da direção dos ventos na região de estudo, foram norte-nordeste, para 90h de simulação. Contudo, em comparação ao resultado dos dados meteorológicos pré-processados, a velocidade média dos ventos obtido com modelo WRF/CALMET e, a média da estação meteorológica do aeroporto foram distintas, fato este justificável, pois os dados utilizados como entrada no modelo, estavam a 95km de distância da usina termelétrica e a modelagem empregando Calpuff, recomenda até 8km.

De acordo com a figura 53, observou a classificação dos ventos com as respectivas porcentagens, cujas as classes de estabilidade predominantes foram as C, B e D (Tabela 3). Desta maneira, os dados meteorológicos utilizados, no período avaliado, apresentaram condições muito semelhantes entre os perfis, levemente instáveis (31.2%), seguida de moderadamente instável (30,3%) e tendendo à neutra (29.24 %), o que facilita a dispersão dos poluentes por causa da turbulência gerada, que caracteriza a instabilidade.

Figura 53 - Classes de Estabilidade dos Ventos para os dados meteorológicos de 2016, da área de estudo



WRPLOT View Freeware 8.0.0 - Lakes Environmental Software

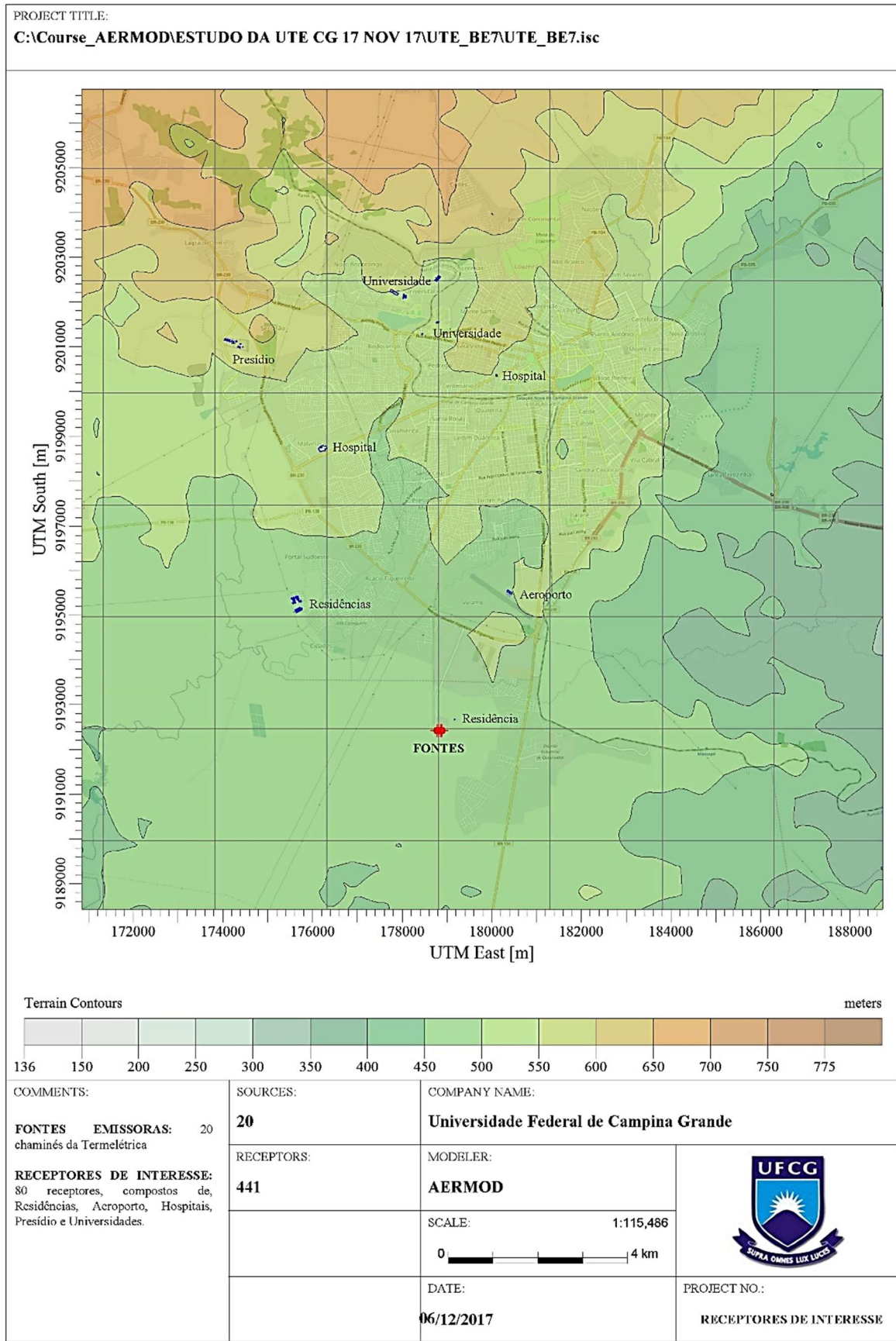
Fonte: CERQUEIRA (2018)

Divergindo destes resultados sobre as Classes de Estabilidade dos Ventos da região de estudo, Oliveira Júnior, Pimentel e Landau (2010), em um estudo sobre avaliações climatológicas, sazonais e diárias, da estabilidade atmosférica na região da Central Nuclear Almirante Álvaro Alberto (CNAAA), Angra dos Reis-RJ, verificaram nesse estudo, que as classes de estabilidade de *Pasquill-Gifford* predominantes na região foram E, F e D, o que indicou a ocorrência na região, de condicionamento estaticamente estável ou neutro, em ambos os períodos noturno e diurno. Sendo que, no período diurno, 28% dos casos ocorreram para a classe D, enquanto que no noturno a classe de estabilidade foi de apenas 4%. Ainda, a classe E apresentou as maiores frequências nos dois períodos, com 75% dos casos durante a noite e 59% no período diurno. Implicando desta forma, predominância de condições desfavoráveis à dispersão de poluentes na região da CNAAA.

7.3.2 Grade de receptores

Por ocasião da inserção dos dados no Aermid View, foram destacadas 80 edificações (receptores de interesse) compostos por Residências, Aeroporto, Hospitais, Presídio e Universidades, a fim de verificar possíveis interferências das 20 fontes emissoras da UTE de acordo com a área de influência da GEP 5L. Os valores foram ajustados para quaisquer diferenças de elevação da base de construção da pilha. Conforme figura 54, verificou-se que somente uma residência se encontra mais próxima das fontes emissoras e, existindo assim, maior probabilidade de interferência. No entanto, o Aermid View demonstrou que todas as edificações demarcadas como receptores, em nenhum nível, não afetaram a Zona de Influência das fontes emissoras (Building Downwash=0).

Figura 54 - Projeção do efeito Building Downwash, na área de domínio da modelagem, 2016



Fonte: CERQUEIRA (2018)

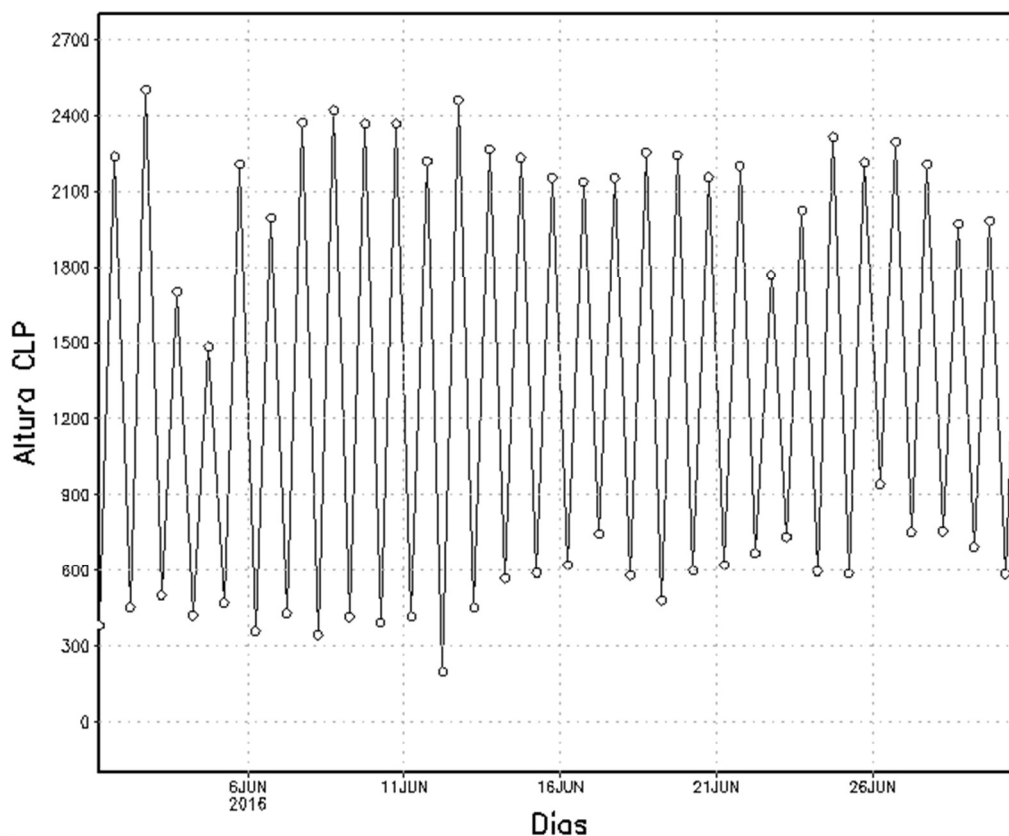
Segundo Schulze (1995), o efeito Building Downwash são as causas das concentrações máximas em aproximadamente 90% dos estudos de modelagem de dispersão. Portanto, a contabilização do Downwash da dispersão de poluentes deve ser levada sempre em consideração, porque pode contribuir para a prevenção de situações perigosas, determinando antecipadamente qual a configuração de edifícios, pilhas e efluentes que podem causar uma alta concentração de efluentes nocivos em uma área específica (CANEPA, 2004).

7.3.3 Camada Limite Planetária da área de estudo

Para poder compreender melhor como se comporta a dispersão da pluma advinda das fontes emissoras da UTE Borborema S/A, fez-se necessário identificar a Camada Limite Atmosférica da área pesquisada, para isso, empregou os dados do European Centre for Medium-Range Weather Forecasts (ECMWF). Como parâmetro utilizou-se o mês de junho de 2016, por ser um período de inverno, com temperaturas mais baixas na região nordestina brasileira.

Na Figura 55, foi possível identificar a média da Camada Limite Planetária da área de estudo, para o período diurno (12:00h), cuja a média foi cerca de 1300m e no período noturno (24:00h), apresentou média próxima a 600m.

Figura 55 - Camada Limite Planetária da área de estudo, com média diurna e noturna para o mês de junho de 2016



GRADS: COLA/IGES

Fonte: European Centre for Medium-Range Weather Forecasts (ECMWF) (2016).

De acordo com Sousa (2006), a evolução diurna da Camada Limite Planetária é controlada por processos turbulentos de origem térmica e mecânica. Assim, a Camada de Mistura mostra sua expansão simultaneamente com o aquecimento do sistema superfície-atmosfera devido à radiação. Contudo, nem sempre quando os valores da Energia Potencial Convectiva Disponível (CAPE) são elevados, a CM está bem desenvolvida, pois além das forçantes termodinâmicas, existem as forçantes mecânicas que podem mudar essa relação. Desta forma, a modelagem da CLP em região tropical é ainda mais desafiante em regiões de terrenos complexos, onde o vento próximo da superfície eleva o grau de complexidade dos estudos numéricos (PIRES et al., 2015).

Diferente das Zonas Tropicais e Equatoriais, devido a menor incidência dos raios solares nas regiões de Zonas temperadas e frias do planeta, a Camada Limite Noturna é bastante reduzida. Assim, as chaminés que possuem grandes altitudes, as plumas podem viajar grandes distâncias, com um nível de concentração bem elevado (WALLACE; HOBBS, 2006).

Neste sentido, os estudos de Silva (2015), sobre o desenvolvimento da Camada Limite Convectiva no Semiárido Brasileiro, confirmam os índices apresentados para esta área de

estudo, pois em seus resultados observou que, dia a dia a evolução a Camada Limite Planetária para os três dias de experimento (período seco), as sondagens do dia 15, 16 e 18 novembro 2013 (05:00h), a Camada Limite foi acima de 1000m e, para 18 novembro 2013 foi acima de 500m. A evolução durante o período foi semelhante nos dias 16 e 18 de novembro de 2013, com máximas de 2600 e 2500m alcançados as 14:00h e 17:00h.

7.3.4 Simulações de dispersão

Nos subitens a seguir, estão dispostos os resultados referentes aos mapas de dispersão dos poluentes atmosféricos, obtidos na modelagem matemática das fontes emissores da Termelétrica Borborema S/A, realizada com o software Aermod View e suas extensões.

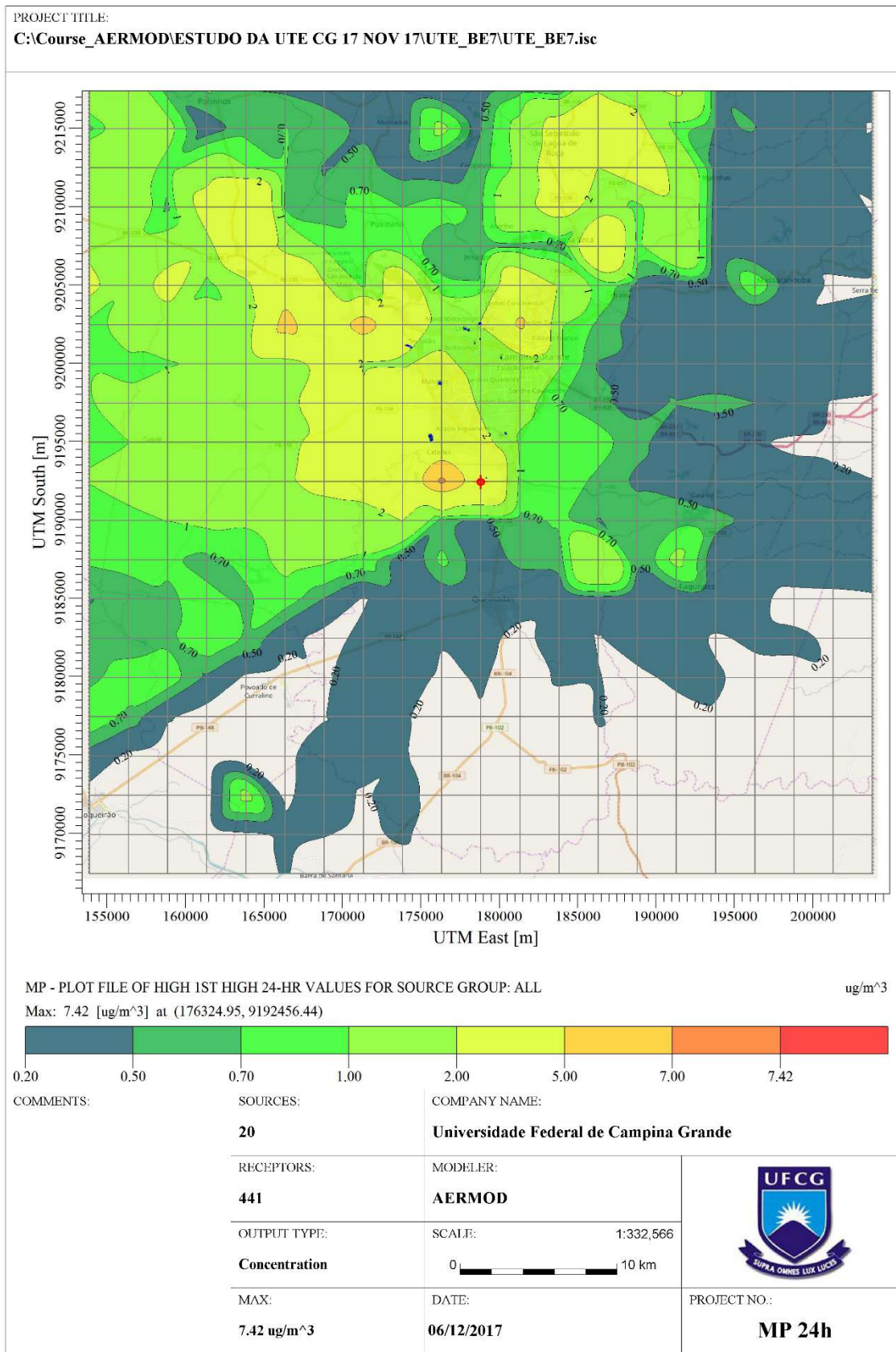
Para o processamento do Aermod View, utilizou receptores Cartesianos, com espaçamento de 2494.17x2503.58m, totalizando 441 receptores e, o raio para área de modelagem foi de 25km, nas coordenadas UTM (m) $x=178853.97$ e $y=9192423.90$. Quanto ao processamento do terreno, utilizou-se os dados do WebGIS, do radar SRTM1 - Shuttle Radar Topography Mission (Global~30m).

7.3.4.1 Material Particulado (MP)

Os mapas de dispersão sobre a malha de receptores na região em estudo, para as concentrações de 24h e anual de Material Particulado estão dispostos na figura 56 e figuras 57, respectivamente.

A distribuição da pluma de MP referentes as concentrações de 24h e anual, apresentaram-se uniformes, tendendo à direção dos ventos predominantes de Sudeste para Noroeste, sendo concentração máxima para as 24h, ($7.42309 \mu\text{g}/\text{m}^3$) e anual ($0.94056 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Desta forma, verificou-se que os valores máximos das concentrações das 24h, não ultrapassaram os padrões primário de $240 \mu\text{g}/\text{m}^3$ e secundário de $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de qualidade do ar da resolução CONAMA nº 03/90, atingindo um percentual de 3,09% do padrão primário e 4,95% do secundário. Para a concentração anual, o padrão primário foi de 1,17 % de $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$ e o padrão secundário foi de 1,57% de $60 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Figura 56 - Mapa de dispersão de MP 24h ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) nas fontes emissoras da UTE Borborema S/A, 2016

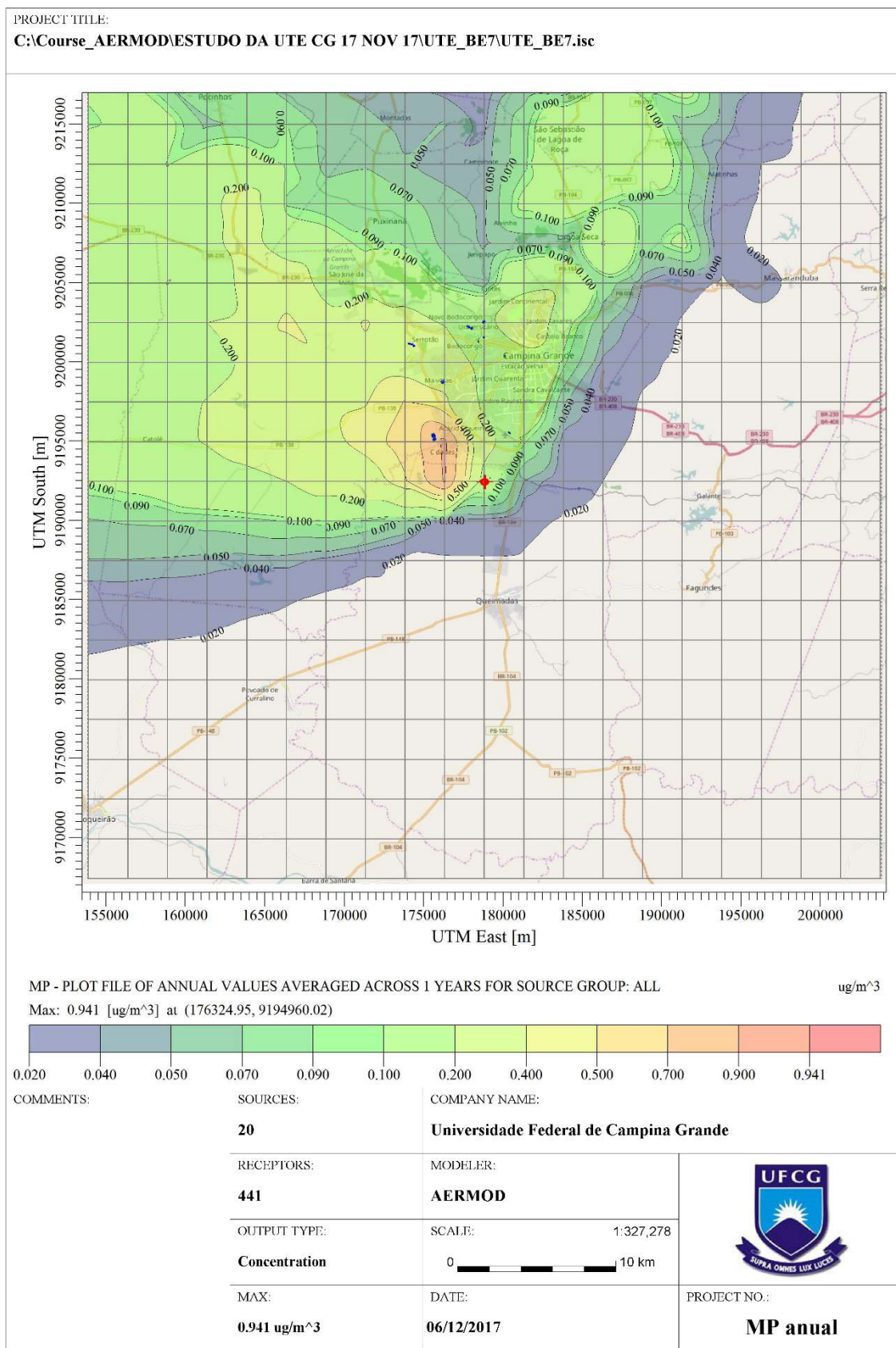


AERMOD View - Lakes Environmental Software

C:\Course_AERMOD\ESTUDO DA UTE CG 17 NOV 17\UTE_BE7\UTE_BE7.isc

Fonte: CERQUEIRA (2018)

Figura 57 - Mapa de dispersão de MP anual ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) nas fontes emissoras da UTE Borborema S/A, 2016



AERMOD View - Lakes Environmental Software

C:\Course_AERMOD\ESTUDO DA UTE CG 17 NOV 17\UTE_BE7\UTE_BE7.isc

Usando o modelo de qualidade do ar, Aermód para prever os impactos dos poluentes gerados por uma Termelétrica, em Nova Deli-Índia, Markandeya, Shukla e Kisku (2016), observaram que o modelo de concentrações calculadas para PM₁₀, a concentração mais alta foi de 2,61µg/m³ durante 24 horas e de 0,24µg/m³ para a média anual. Ambas as concentrações foram encontradas bem abaixo dos padrões estabelecidos pelas Normas Nacionais de Qualidade do Ar Ambiental (NAAQS) da Índia (Padrão: durante 24h 100µg/m³ 60µg/m³ anual). Valores estes, se comparados ao CONAMA 03/90, são mais baixos, principalmente para as médias de 24h que são de 240µg/m³ para o padrão primário e 150µg/m³ para o padrão secundário.

Em um estudo com indústrias de fertilizantes, refinarias, siderúrgicas, papelaria e termelétrica, na região petroquímica do município de Araucária-PR, Barbon e Gomes (2010), empregando o software Aermód View, para simular as dispersões de poluentes, observaram que, de modo geral, os resultados da avaliação indicaram, uma tendência de obtenção de valores simulados, significativamente inferiores aos valores observados para MP. Apresentando assim, razão entre concentrações simuladas e observadas inferior à razão entre as taxas de emissão.

Na tabela 23, estão registradas as concentrações máximas (APÊNDICE C) e as concentrações nos receptores de interesse, para MP referente a 24h e ao período anual. Verificou-se também, que as concentrações foram muito abaixo dos limites primários e secundários, estabelecidos pela Res. CONAMA nº 03/90, que define que não há, risco alto à saúde humana, bem como, danos à flora e à fauna, aos materiais e ao meio ambiente em geral.

Tabela 23 - Concentrações máximas de MP e concentrações registradas nos principais receptores

LOCAL/ RECEPTOR	CONCENTRAÇÕES MÁXIMAS	UNID	COORDENADAS GEOGRÁFICAS (m)		ALTITUDE RELEVO	DATA
Área de pastagens à Oeste da UTE	24h Anual	7.423 0.940	µg/m ³	X 176324.95 Y 9192456.44	486	06/11/16
Residência (próxima a UTE)	24h Anual	1.500 0.100	µg/m ³	X 179178.29 Y 9192663.18	477	-
Residências (Conj. Resid.)	24h Anual	3.000 0.900	µg/m ³	X 175573.58 Y 9195343.49	480	-
Aeroporto	24h Anual	2.000 0.100	µg/m ³	X 180369.41 Y 9195516.63	499	-
Hospital de Trauma	24h Anual	3.000 0.200	µg/m ³	X 176269.13 Y 9198685.25	530	-
Hospital da Criança	24h Anual	2.000 0.200	µg/m ³	X 180120.49 Y 9200340.21	557	-
Hospital da FAP	24h Anual	3.000 0.200	µg/m ³	X 178815.71 Y 9202532.87	548	-
Presídio	24h Anual	3.000 0.450	µg/m ³	X 174204.23 Y 9201105.01	580	-
UFCG	24h Anual	2.000 0.200	µg/m ³	X 178822.64 Y 920155.79	530	-
UEPB	24h Anual	1.000 0.200	µg/m ³	X 177895.81 Y 9202143.88	542	-

Fonte: CERQUEIRA (2018)

Legenda: UTE (Usina Termelétrica); UNID (Unidade); Conj. Resid. (Conjunto Residencial); UFCG (Universidade Federal de Campina Grande); UEPB (Universidade Estadual da Paraíba); FAP (Fundação Assistencial da Paraíba).

Desta maneira, mesmo os índices de MP, tendo se apresentado como muito abaixo do estabelecido em normatização nacional, não se deve ignorar as incidências nos receptores de interesse, tendo em vista, serem locais onde grande quantidade de pessoas, inclusive, debilitadas nos hospitais, que são expostas constantemente aos poluentes, por ocasião do funcionamento da UTE. É de extrema importância evidenciar que, pelo processo de bioacumulação, os organismos vivos absorvem substâncias ou compostos químicos, que pode ser de forma direta, quando as substâncias são assimiladas a partir do meio ambiente (solo, sedimento, água) ou de forma indireta, pela ingestão de alimentos quem contém essas substâncias, podendo sofrer alterações fenotípicas e/ou genotípicas, não monitoradas ou pouco conhecidas pelos pesquisadores.

Segundo a CETESB (2001), o Material Particulado (MP) sob uma denominação geral, são um conjunto de poluentes constituídos de poeiras, fumaças e todo tipo de material sólido, além de líquido, que se mantém suspenso na atmosfera por causa de seu pequeno tamanho, que está diretamente associado ao seu potencial para causar problemas à saúde, sendo que quanto menores, maiores são os efeitos, partículas com diâmetro aerodinâmico menor que $50\mu\text{m}$, pode ser inalável, provocando problemas à saúde, afetar desfavoravelmente a qualidade de vida da população, além de interferir nas condições estéticas do ambiente.

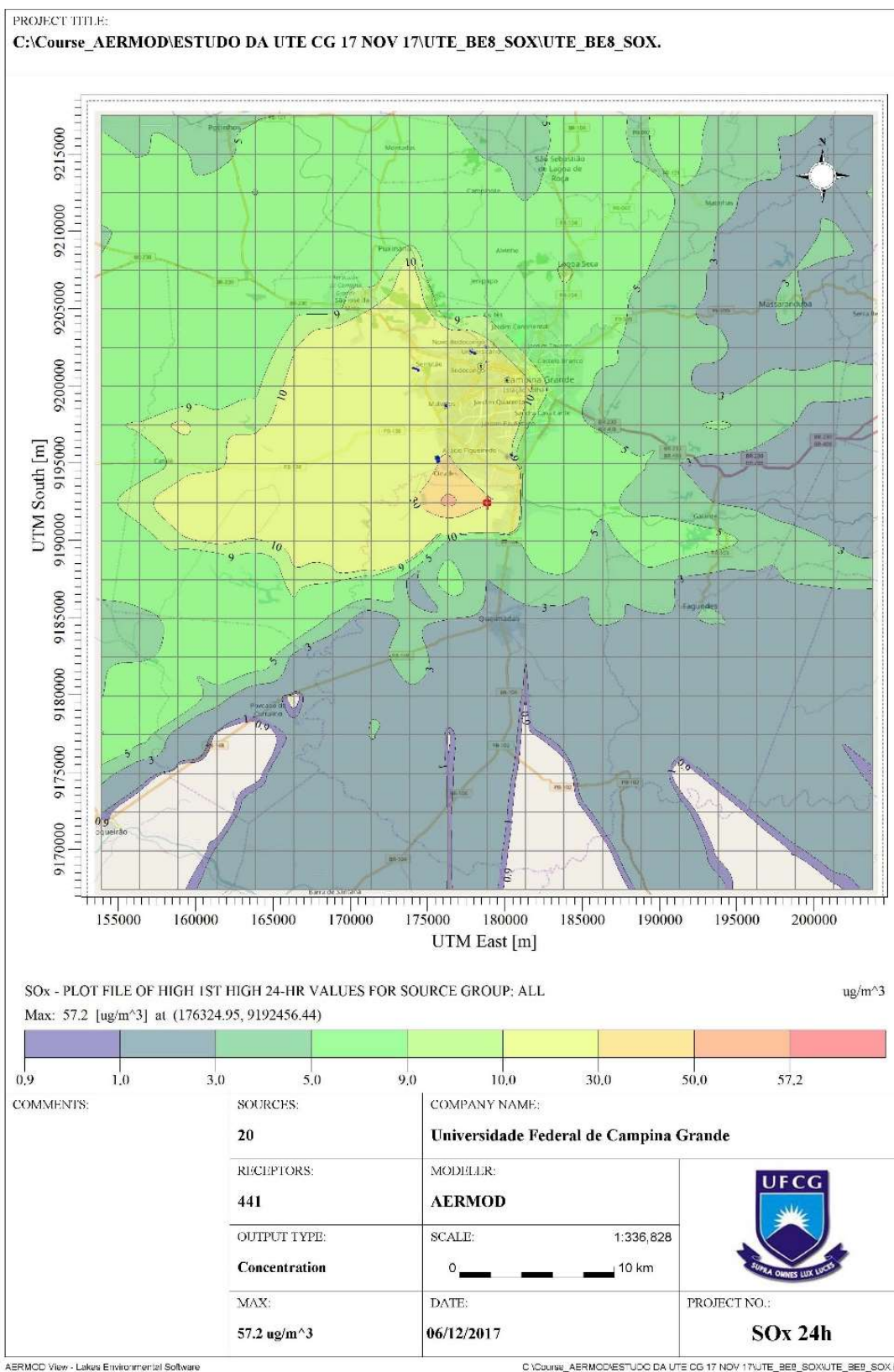
Dentre outros problemas causado pelo MP a saúde humana estão, a morte prematura de cardíacos, problemas do coração, como ataques cardíacos e arritmia cardíaca, irritação das vias aéreas, principalmente de crianças, tosse e dificuldade de respiração (KUKADIA; UPTON, HALL, 2003; US-EPA, 2006). Pode causar danos ainda, à flora e à fauna, incômodos de vizinhança, danos ao solo, a água e a qualidade do ar (RESENDE, 2007).

7.3.4.2 Dióxido de Enxofre (SO_2)

A dispersão da pluma, com as concentrações máximas para 24h e anual de Dióxido de Enxofre estão representadas nas figuras 58 e 59. O limite das isolinhas de concentração de SO_2 foi representado por escala, sendo menor concentração para a cor anil e maior para a cor vermelha. Sendo assim, observou-se que as concentrações, foram de: 24h, ($57.2\mu\text{g}/\text{m}^3$) e anual ($7.39\mu\text{g}/\text{m}^3$).

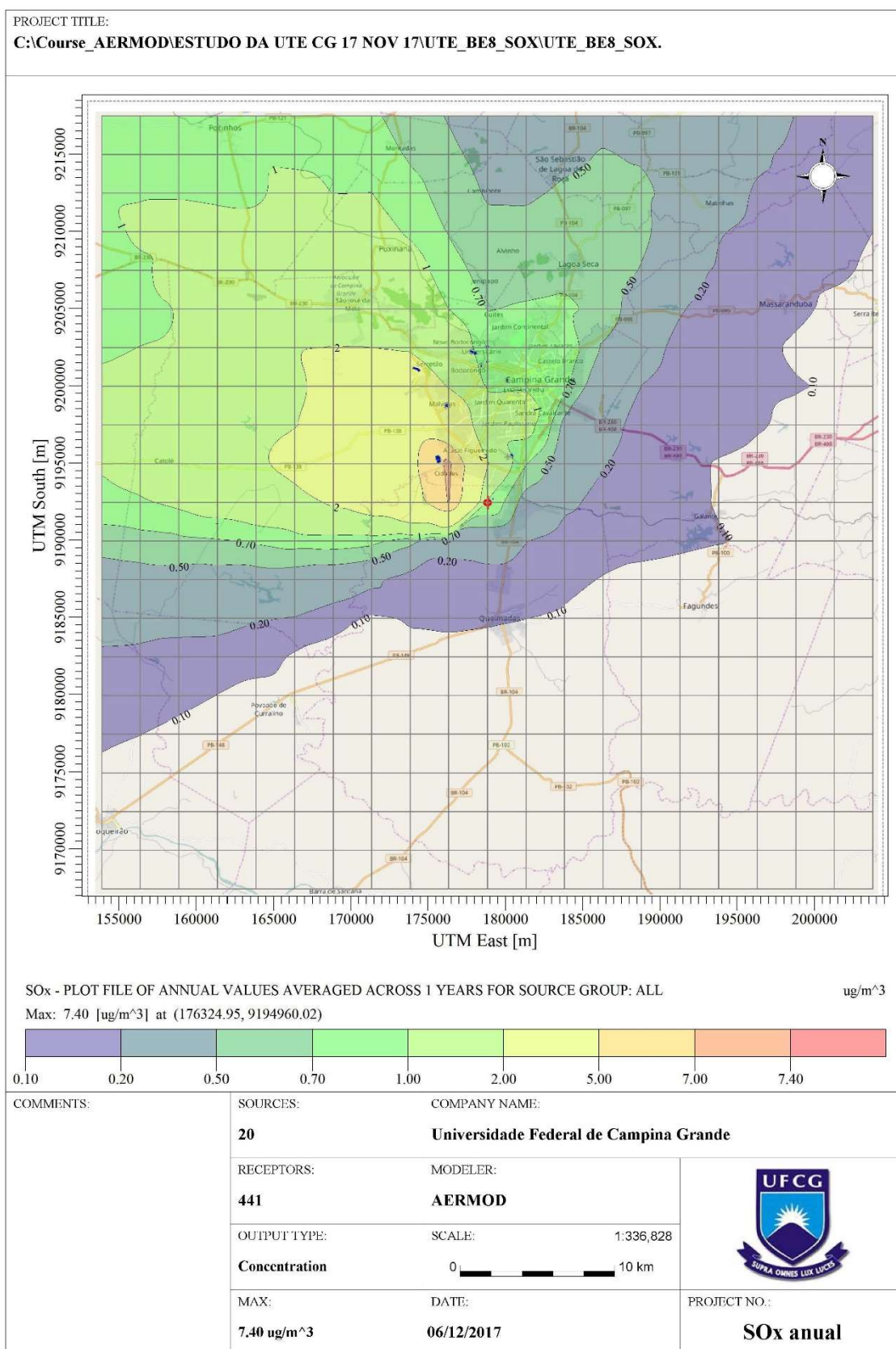
De acordo com a Res. CONAMA nº 382/2006, o Óxido de Enxofre (SO_x) refere-se à soma das concentrações de dióxido de enxofre (SO_2) e trióxido de enxofre (SO_3), sendo expresso como (SO_2).

Figura 58 - Mapa de dispersão de SO₂ 24h (µg/m³) nas fontes emissoras da UTE Borborema S/A, 2016



Fonte: CERQUEIRA (2018)

Figura 59 - Mapa de dispersão de SO₂ anual (µg/m³) nas fontes emissoras da UTE Borborema S/A, 2016



AERMOD View - Lakes Environmental Software

C:\Course_AERMOD\ESTUDO DA UTE CG 17 NOV 17\UTE_BE8_SOX\UTE_BE8_SOX.isc

Fonte: CERQUEIRA (2018)

Portanto, verificou-se, que as concentrações de SO₂, não ultrapassaram os padrões primário (365µg/m³/24h), (80µg/m³/anual) e secundário (100µg/m³/24h) (40µg/m³/anual).

Confirmando esta tendência, Rosa (2012) utilizando o modelo Aermód para estimar a qualidade do ar, em razão da dispersão do SO₂ oriundas da Usina Termelétrica Presidente Médice, na região de Candiota-RS, observou que as concentrações de SO₂ referentes ao período de 2011, obtiveram as melhores aproximações nos dias 10/02, 28 e 29/05, 20/06 e 07/10, dias estes, em que a direção predominante do vento manteve-se entre 90 e 180°C, quadrante em que a emissão tem maior influência no receptor, que se encontrava a noroeste da usina termelétrica. E, o padrão primário de qualidade do ar para a concentração máxima 24h de SO₂ para os períodos de 2003 e 2011 ficaram abaixo do padrão legislado (225,35µg/m³ e 82,69µg/m³, respectivamente).

Assim como um outro poluente advindo de fontes atmosféricas, as concentrações de SO₂, variam de acordo com o local e do tipo de fonte emissora. Neste contexto, de acordo com Yassin (2010), o modelo de dispersão Aermód tem sido usado para estudar o impacto SO₂ emitido por Usinas Termelétricas no Kuwait. A fim de avaliar as emissões de SO₂ de quinze pilhas de duas termelétricas (Doha East e Doha West), foram verificados os padrões de dispersão de poluentes e o risco nas proximidades, assim, verificou-se que os moradores são afetados negativamente por tais emissões. Os níveis de SO₂ foi estimado com concentrações para uma base horária, diária e anual e, os índices excederam os limites estabelecidos pela (Autoridade Pública Ambiental do Kuwait) KW-EPA. Indicando que existe uma significativa influência da emissão de SO₂ da usina, na qualidade do ar ambiente dessa região.

Quanto as concentrações máximas registradas (APÊNDICE C) e as concentrações nos receptores de interesse para SO₂ (Tabela 24), para 24h e período anual, observou-se que todos os índices foram abaixo dos estabelecidos pela Res. CONAMA nº 03/90, com maior concentração a 250m das fontes emissoras (Área de pastagens à Oeste da UTE), representado 15,67% do limite estabelecido por normatização.

Tabela 24 - Concentrações máximas de SO₂ e concentrações registradas nos principais receptores

LOCAL/ RECEPTOR	CONCENTRAÇÕES MÁXIMAS		UNID	COORDENADAS GEOGRÁFICAS (m)		ALTITUDE RELEVO	DATA
Área de pastagens à Oeste da UTE	24h	57.202	µg/m ³	X 176324.95	Y 9192456.44	486	06/11/16
	Anual	7.395		X 176324.95	Y 9194960.02	480	-
Residência (próxima a UTE)	24h	20	µg/m ³	X 179178.29	Y 9192663.18	477	-
	Anual	1.00		X 175573.58	Y 9195343.49	480	-
Residências (Conj. Resid.)	24h	20	µg/m ³	X 180369.41	Y 9195516.63	499	-
	Anual	6.00		X 176269.13	Y 9198685.25	530	-
Aeroporto	24h	20	µg/m ³	X 180120.49	Y 9200340.21	557	-
	Anual	1.00		X 178815.71	Y 9202532.87	548	-
Hospital de Trauma	24h	20	µg/m ³	X 174204.23	Y 9201105.01	580	-
	Anual	3.00		X 178822.64	Y 920155.79	530	-
Hospital da Criança	24h	20	µg/m ³	X 177895.81	Y 9202143.88	542	-
	Anual	1.00					
Hospital da FAP	24h	20	µg/m ³				
	Anual	1.00					
Presídio	24h	20	µg/m ³				
	Anual	3.00					
UFCG	24h	20	µg/m ³				
	Anual	1.00					
UEPB	24h	20	µg/m ³				
	Anual	1.00					

Fonte: CERQUEIRA (2018)

Legenda: UTE (Usina Termelétrica); UNID (Unidade); Conj. Resid. (Conjunto Residencial); UFCG (Universidade Federal de Campina Grande); UEPB (Universidade Estadual da Paraíba); FAP (Fundação Assistencial da Paraíba).

Mesmo as concentrações SO₂ nos receptores de interesse (Tabela 6), registrar índices muito abaixo do estabelecido pela normatização, vale salientar que, assim como os demais poluentes atmosféricos, o SO₂ pode causar danos à saúde humana, a fauna e flora.

Neste sentido, Amâncio e Nascimento (2012) estimaram o risco para internações por asma em crianças após a exposição de poluentes na cidade de São José dos Campos (SP), onde através das análises realizadas, encontrou forte correlação entre as internações com Material Particulado e Dióxido de Enxofre. Sendo que, esses dois poluentes estiveram associados a riscos relativos significativos de 1,01 a 1,04 para internação por doenças respiratórias no mesmo dia e em três dias após a exposição. Observou ainda, quando é aumentada as concentrações desses poluentes na atmosfera, os riscos de internação são aumentados em 8% e 19%, respectivamente. Verificou também, que existe evidências da influência dos poluentes atmosféricos nas internações por asma em São José dos Campos.

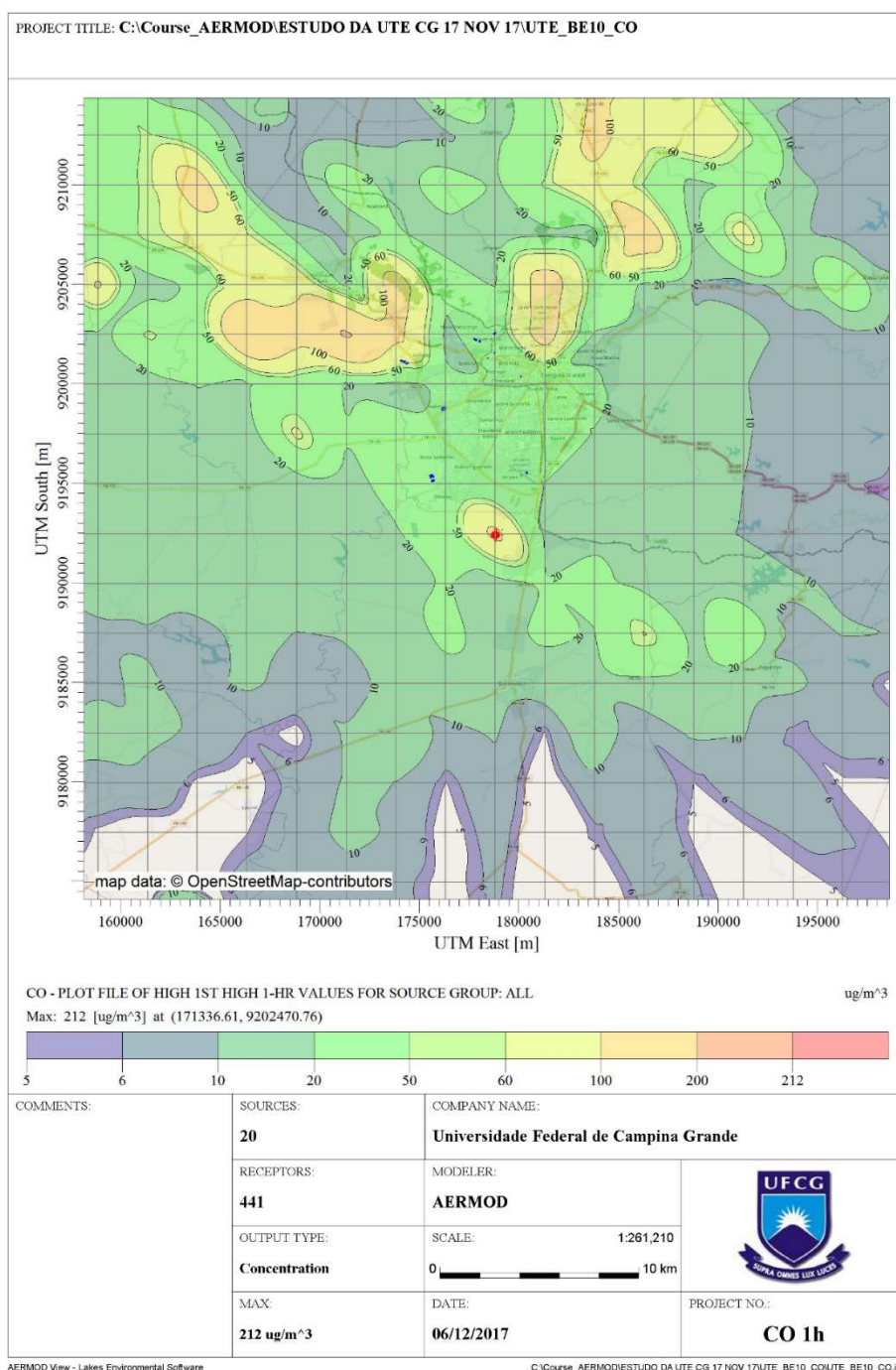
De acordo com Nardocci et al. (2013), também foi verificada a relação de Dióxido de Enxofre em cidadãos maiores de 39 anos e, Ozônio com doenças cardiovasculares em maiores de 39 anos e além das doenças respiratórias, para menores de 5 anos.

Ainda, Santos et al. (2014), estudando a associação da exposição materna a poluentes atmosféricos, com o baixo peso de bebês ao nascer, observaram que não foi encontrada associação do baixo peso ao nascer com os poluentes, com exceção do Dióxido de Enxofre que se mostrou associado no último mês de gestação (OR=1,25; IC95% 1,00-1,56).

7.3.4.3 Monóxido de Carbono (CO)

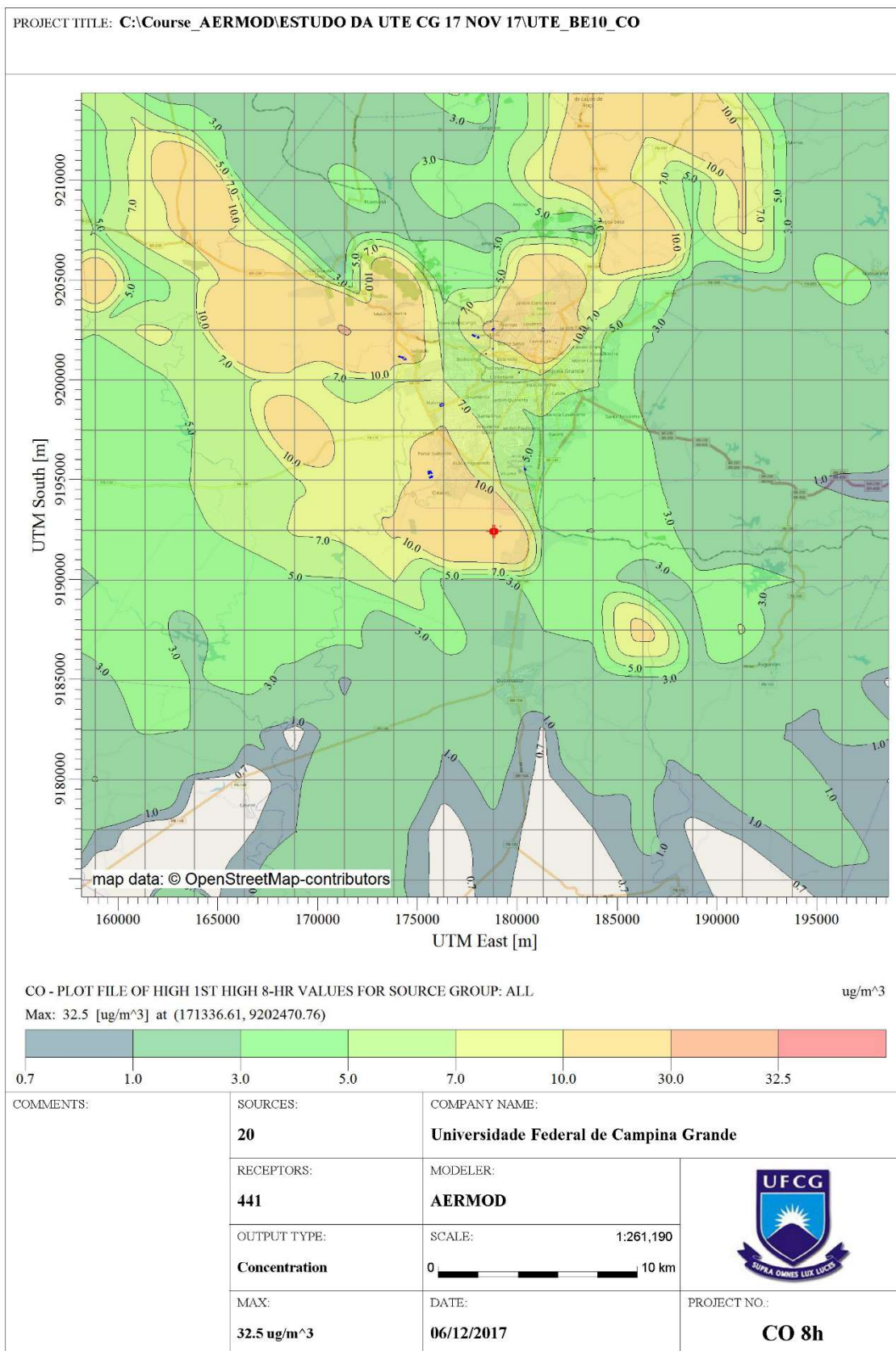
Nos mapas de dispersão de Monóxido de Carbono, figuras 60 e 61, foram registradas as concentrações máximas para a média de 1h ($212\mu\text{g}/\text{m}^3$) e 8h ($32\mu\text{g}/\text{m}^3$), ficando abaixo do padrão primário e secundário de $40.000\mu\text{g}/\text{m}^3/1\text{h}$ e $10.000\mu\text{g}/\text{m}^3/8\text{h}$, que não devem ser excedidas mais de uma vez por ano.

Figura 60 - Mapa de dispersão de CO 1h ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) nas fontes emissoras da UTE Borborema S/A, 2016



Fonte: CERQUEIRA (2018)

Figura 61 - Mapa de dispersão de CO 8h ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) nas fontes emissoras da UTE Borborema S/A, 2016



AERMOD View - Lakes Environmental Software

C:\Course_AERMOD\ESTUDO DA UTE CG 17 NOV 17\UTE_BE10_CO\UTE_BE10_CO.isc

Fonte: CERQUEIRA (2018)

Empregando o modelo Aermód, na simulação da dispersão de poluentes emitidos por uma usina termelétrica, localizada no Complexo Industrial Portuário Governador Eraldo Gueiros (SUAPE), Estado de Pernambuco, Dutra et al. (2012), verificaram que as concentrações máximas de CO detectadas, nas simulações para o mês de março, foi de $21\mu\text{g}/\text{m}^3$, seguido de agosto com $19,5\mu\text{g}/\text{m}^3$, sendo que ambas as simulações ficaram dentro dos parâmetros estabelecidos pelo CONAMA 03/90.

Adesanmi et al. (2016), também empregando a modelagem Aermód, investigaram oito usinas termelétricas, localizadas em Estados distintos da Nigéria, onde verificaram que as concentrações de CO para o período médio de 24h, emitidas pelas usinas termelétricas foram de $31,88\mu\text{g}/\text{m}^3$ para o Estado de Bayelsa e $92,79\text{ g}/\text{m}^3$ para o Estado do Delta, com uma média de $49,45\mu\text{g}/\mu\text{g}/\text{m}^3$. Assim, observou-se que as concentrações diárias máximas de cada um dos poluentes atmosféricos investigados, ficaram dentro do limite recomendado pela Padrão Nacional de Qualidade do Ar Ambiental (NAAQS da Nigéria), com emissões diárias de CO de 0,43% do limite diário permitido ($11,400\mu\text{g}/\text{m}^3$).

Conforme tabela 25, as concentrações máximas de CO (APÊNDICE E) e as concentrações nos receptores de interesse, para a média de 1h e 8h, todos os índices obtidos, também ficaram abaixo dos limites primários e secundários, estabelecidos pela Res. CONAMA nº 03/90.

Tabela 25 - Concentrações máximas de CO e concentrações registradas nos principais receptores

LOCAL/ RECEPTOR	CONCENTRAÇÕES MÁXIMAS	UNID	COORDENADAS GEOGRÁFICAS (m)	ALTITUDE RELEVO	DATA	
Área de Vegetação típica da Caatinga Noroeste da UTE (12 km)	1h 8h	212 32	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	X 171336.61 Y 9202470.76	585 585	15/04/16 15/04/16
Residência (próxima a UTE)	1h 8h	100 25	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	X 179178.29 Y 9192663.18	477	-
Residências (Conj. Resid.)	1h 8h	50 25	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	X 175573.58 Y 9195343.49	480	-
Aeroporto	1h 8h	50 5	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	X 180369.41 Y 9195516.63	499	-
Hospital de Trauma	1h 8h	50 8	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	X 176269.13 Y 9198685.25	530	-
Hospital da Criança	1h 8h	50 7	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	X 180120.49 Y 9200340.21	557	-
Hospital da FAP	1h 8h	50 30	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	X 178815.71 Y 9202532.87	548	-
Presídio	1h 8h	60 30	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	X 174204.23 Y 9201105.01	580	-
UFCG	1h 8h	50 8	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	X 178822.64 Y 920155.79	530	-
UEPB	1h 8h	50 8	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	X 177895.81 Y 9202143.88	542	-

Fonte: CERQUEIRA (2018)

Legenda: UTE (Usina Termelétrica); UNID (Unidade); Conj. Resid. (Conjunto Residencial); UFCG (Universidade Federal de Campina Grande); UEPB (Universidade Estadual da Paraíba); FAP (Fundação Assistencial da Paraíba).

Segundo Coelho (2007), o Monóxido de Carbono (CO) é capaz de inibir a troca de oxigênio do sangue com os tecidos vitais e, quando em concentrações elevadas, pode provocar a morte por envenenamento, afetando principalmente o sistema cardiovascular e nervoso.

Em um estudo para avaliar a associação entre a poluição do ar e atendimentos de emergência pediátrica de pacientes portadores de anemia falciforme, na Unidade de Emergência em São Paulo, Barbosa et al. (2015) analisaram a associação da poluição com atendimentos de emergência pediátrica de portadores de anemia falciforme, verificando que, Monóxido de Carbono esteve associado com um aumento de 16,5%, nos atendimentos totais. Martins et al. (2001), também encontraram associação de Monóxido de Carbono com atendimentos por infecções de vias aéreas superiores no Pronto Socorro Médico do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo.

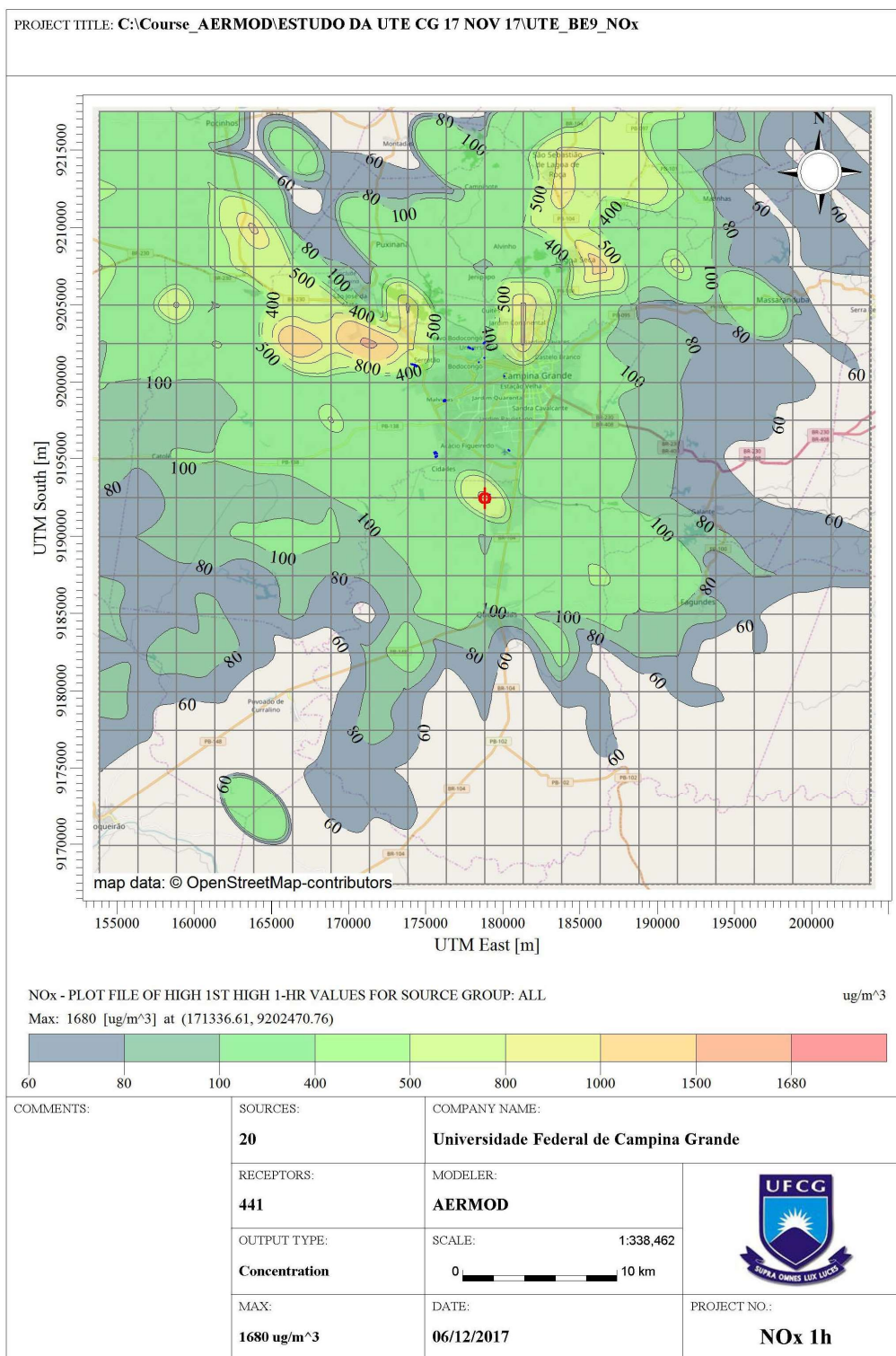
7.3.4.4 Dióxido de Nitrogênio (NO₂)

As curvas de contorno para a concentração de NO₂ estão representadas nas Figuras 62 e 63. Os valores para 1h referente a concentração de NO₂, obtidos no modelo de dispersão de NO_x que utilizou a conversão de NO_x em NO₂, ultrapassaram os padrões primário e secundário de 320µg/m³ e 190µg/m³, respectivamente, para NO₂ estabelecidos pelo CONAMA nº 03/90, sendo a concentração máxima de 1.680µg/m³, cerca de cinco vezes maior que o padrão primário e oito vezes que o secundário. Verifica-se ainda, que a mínima concentração obtida na escala foi de 60µg/m³, valor este também relevante para a média de 1h.

Em relação a dispersão anual de NO₂ atingiu picos de concentração máxima de (13,3µg/m³), valor este menor que o limite primário e secundário de 100µg/m³ para média anual. A distribuição da pluma anual apresentou-se uniforme com dispersão na direção predominante do vento da área de estudo. Percebe-se que as maiores concentrações, inclusive as máximas, também se concentraram próxima a fonte emissora, no bairro das cidades.

Segundo a Resolução do CONAMA nº 382/2006, NO_x refere-se à soma das concentrações de Monóxido de Nitrogênio (NO) e Dióxido de Nitrogênio (NO₂), sendo expresso como (NO₂).

Figura 62 - Mapa de dispersão de NO₂ 1h (µg/m³) nas fontes emissoras da UTE Borborema S/A, 2016

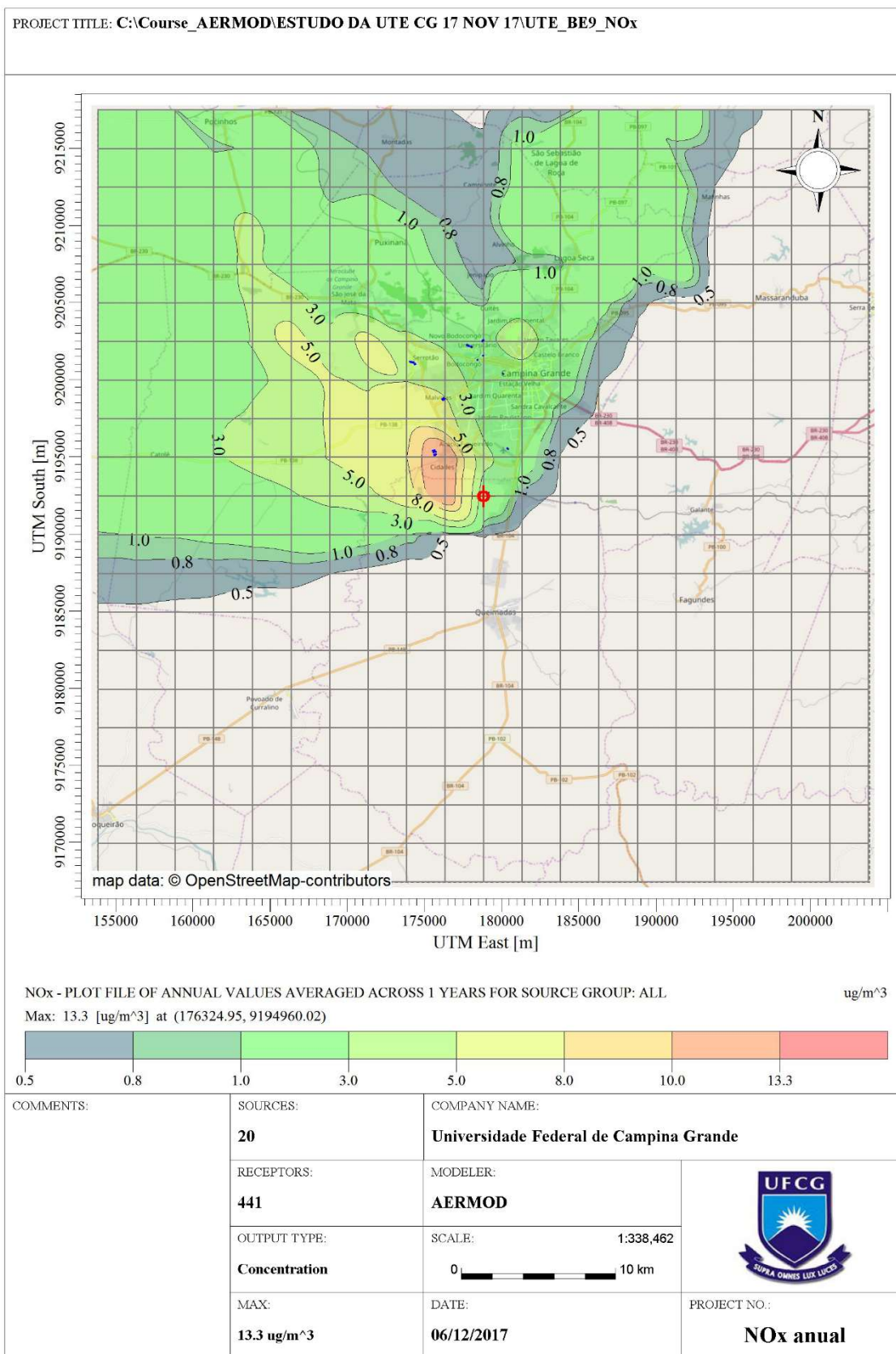


AERMOD View - Lakes Environmental Software

C:\Course_AERMOD\ESTUDO DA UTE CG 17 NOV 17\UTE_BE9_NOx\UTE_BE9_NOx.iso

Fonte: CERQUEIRA (2018)

Figura 63 - Mapa de dispersão de NO₂ anual (µg/m³) nas fontes emissoras da UTE Borborema S/A, 2016



AERMOD View - Lakes Environmental Software

C:\Course_AERMOD\ESTUDO DA UTE CG 17 NOV 17\UTE_BE9_NOx\UTE_BE9_NOx.iiso

Fonte: CERQUEIRA (2018)

Os relatórios de qualidade do ar emitidos pela Agência de Proteção Regional do Piemonte (ARPA) mostram que a poluição causada pelo NO_x representa um fator crítico para a qualidade do ar no município de Turim, na Itália. Uma vez que, os limites estabelecidos pelo Decreto Legislativo Italiano 155/2010 não devem ultrapassar a média anual de 40µg/m³ para NO₂, e a tendência dos últimos anos, de 1991 a 2014, mostram que os limites anuais de exposição são sistematicamente ultrapassados. Por outro lado, a partir de 2014 as concentrações de NO₂, diminuí de mais de 80µg/m³ em 1991 para o valor de 52µg/m³, um valor que representa a menor das séries temporais (RAVINA, 2016).

Em outro estudo, realizado em 2013 pela Fundação de Apoio da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (EIA/RIMA), para obtenção de Licenças da UTE Pampa Sul, junto ao IBAMA, verificou que os resultados da modelagem da dispersão dos poluentes atmosféricos (NO₂, PM₁₀ e SO₂), com Aermid View, quando comparamos os resultados obtidos pelos cenários com ou sem a fonte da UTE Pampa Sul, demonstrou que o empreendimento, não interferirá significativamente, nas concentrações já existentes na região. Portanto, o impacto local com a implantação UTE é mínimo, em todos cenários, os valores de concentração estiveram aproximadamente 50% abaixo dos padrões secundários de qualidade do ar, recomendado pelo CONAMA (HAR, 2014).

Desta maneira, observa-se que no Brasil, quando se trata de empreendimentos como, Usinas Termelétricas, para a obtenção de Licenças Ambientais junto ao Órgão Ambiental Licenciador, a exigência de modelagem empregando softwares, fica a critério dos Órgãos Ambientais responsáveis de cada região do país. No caso da Superintendência de Administração do Meio Ambiente SUDEMA, Paraíba, essa exigência é inexistente.

Na Tabela 26, estão dispostas as concentrações máximas registradas (APÊNDICE F) e as concentrações nos receptores de interesse para NO₂, referentes a 1h e ao período anual. Onde verificou-se que as concentrações nos receptores de interesse, para 1h, ficaram muito acima do estabelecido pela Res. CONAMA nº 03/90, com destaque para a residência que se encontra a 350m das fontes emissoras, com concentração de 800µg/m³.

Tabela 26 - Concentrações máximas de NO₂ e concentrações registradas nos principais receptores

LOCAL/ RECEPTOR	CONCENTRAÇÕES MÁXIMAS		UNID	COORDENADAS GEOGRÁFICAS (m)		ALTITUDE RELEVO	DATA
Área de Vegetação típica da Caatinga	1h	1.680	µg/m ³	X 171336.61	Y 9202470.76	585	15/04/16
Noroeste da UTE (12,5 km) Bairro das Cidades	Anual	13.27	µg/m ³	X 176324.95	Y 9194960.02	481	-
Residência	1h	800	µg/m ³	X 179178.29	Y 9192663.18	477	-
(próxima a UTE)	Anual	3	µg/m ³	X 175573.58	Y 9195343.49	480	-
Residências (Conj. Resid.)	1h	400	µg/m ³	X 180369.41	Y 9195516.63	499	-
Aeroporto	Anual	1	µg/m ³	X 176269.13	Y 9198685.25	530	-
Hospital de Trauma	1h	400	µg/m ³	X 180120.49	Y 9200340.21	557	-
Hospital da Criança	Anual	3	µg/m ³	X 178815.71	Y 9202532.87	548	-
Hospital da FAP	1h	400	µg/m ³	X 174204.23	Y 9201105.01	580	-
Presídio	Anual	5	µg/m ³	X 178822.64	Y 920155.79	530	-
UFCG	1h	400	µg/m ³	X 177895.81	Y 9202143.88	542	-
UEPB	Anual	3	µg/m ³				

Fonte: CERQUEIRA (2018)

Legenda: UTE (Usina Termelétrica); UNID (Unidade); Conj. Resid. (Conjunto Residencial); UFCG (Universidade Federal de Campina Grande); UEPB (Universidade Estadual da Paraíba); FAP (Fundação Assistencial da Paraíba).

Destaca-se ainda, que a população que reside ou transita nos receptores de interesse é numerosa: **Residências** (do conjunto Major Veneziano), possui uma população aproximada de 5,9 mil pessoas (BRASIL, 2013); **Aeroporto João Suassuna**, em 2016, movimentou 128.149 passageiros, recebe diariamente 586 pessoas e opera 9 voos (BRASIL, 2016); **Hospital de Trauma**, no ano de 2016 foram realizados cerca de 88.054 atendimentos e 7.984 cirurgias (PARAÍBA, 2017); **Hospital da Criança e do Adolescente de Campina Grande-PB**, atende pacientes de 176 cidades paraibanas, funciona 24 horas e possui atualmente cerca de 69 leitos de pediatria (CAMPINA GRANDE, 2017); **Hospital da FAP**, em 2016 foram realizados mais de 62 mil atendimentos de radioterapia na rede pública municipal de saúde (FAP, 2016); **“Presídio Serrotão”** de Campina Grande-PB, em 2013 a população carcerária chegou a 698 apenados (PARAÍBA, 2013); **UF CG**, possui 2560 Servidores técnico-administrativos em exercício, 833 Docentes de Ensino Superior e Ensino Médio, além de um grande número de discentes (BRASIL, 2015); **UEPB**, em 2015 o quantitativo de Servidores chegou a 2404 (PARAÍBA, 2015). Portanto, um grande número de pessoas, foram expostas as concentrações de NO_x para média de 1h.

Verificou-se assim, que as concentrações de NO₂ registradas nos receptores de interesse, se encontram num raio médio de 9km. Existindo desta forma, uma proximidade com as fontes

emissoras da UTE e, por se encontrarem na direção predominantes dos ventos da região, que tem uma frequência de cerca de 75% á Sudeste, esta situação é agravada.

Corroborando com estes dados, Paz et al. (2007), em um estudo sobre a dispersão dos poluentes (SO₂, NO_x e PM₁₀) emitidos pela Usina Termelétrica Presidente Médici, Candiota-RS, evidenciaram que a maior concentração dos gases se encontravam próximo a fonte emissora, devido as condições de ventos fracos, somado aos fatores orográficos daquela região.

Quanto aos problemas de saúde vinculados aos NO₂, nos estudos epidemiológicos, tem sido associado ao aumento da morbidade respiratória, como exacerbação da asma e redução da função pulmonar e índice de crescimento pulmonar em crianças (GHELFI, 2011). O aumento de NO₂ de curto prazo, como o SO₂, estão associados ao aumento da mortalidade diária e à internação hospitalar para doenças respiratórias e cardiovasculares (ZEMP et al., 1999; HEI, 2004).

Um estudo realizado por Castro et al. (2009), no Rio de Janeiro sobre os efeitos do ar na função respiratória de escolares, mostrou que o NO₂, mesmo em níveis aceitáveis, se relaciona com a diminuição da função respiratória das crianças residentes, pois, aumentos de 10µg/m³ de NO₂ em um determinado dia provocaram diminuição na função respiratória média de 0,23 l/min a 0,28 l/min, respectivamente.

Já nas plantas, o NO_x proporciona redução na permeabilidade das membranas celulares que impede as trocas gasosas das folhas, afetando diretamente a realização da fotossíntese (BRASIL, 2016). Neste estudo, não foi possível analisar os efeitos do NO_x devido ao tipo de metodologia empregada. Contudo, em futuros estudos na área de fitossanidade poderá se possível vincular tais efeitos nas espécies botânicas do entorno.

Desta forma, na avaliação de risco envolvendo poluentes atmosféricos, os habitats devem ser considerados, identificando-os, em torno das instalações que são potencialmente impactantes e, quando cobertas pela dispersão do ar resultados de modelagem, deve-se definir quais redes alimentares específicas de habitat devem ser avaliadas na avaliação de risco. Assim, os habitats podem ser definidos com base em suas características bióticas e abióticas, sendo geralmente divididos em dois grandes grupos, terrestre e aquático (US-EPA, 1999).

Portanto, conforme Protocolo de avaliação de risco ecológico da US-EPA (1997), faz-se necessário verificar, os efeitos dos Compostos Potencialmente Preocupante (COPC) nos receptores de medição, das seguintes Comunidades: Água (invertebrados ou fitoplâncton, na rede alimentar de água doce/zonas úmidas); Sedimentos (invertebrados de sedimentos na rede alimentar salobre/intermediária); e Solo (invertebrados do solo ou plantas terrestres, na rede alimentar da floresta), devido a ação de bioacumulação nesses organismos.

7.4 CONCLUSÕES

Após realização da simulação de dispersão de poluentes, das fontes emissoras da Usina Termelétrica Borborema S.A, utilizando o modelo de dispersão Aermod View, referente ao ano de 2016, inferiu-se o seguinte:

- Em relação os dados meteorológicos, verificou-se que devido a Estação Meteorológica do Aeroporto João Suassuna se encontrar próxima das fontes emissoras, os dados foram adequados ao modelo Aermod View, pois os dados de estações meteorológicos, podem ser utilizados no modelo Aermod até uma distância de 8km;

- Quanto a direção predominante dos ventos na região, verificou-se que foram em sua maioria, Sudeste com variações à Leste, cuja velocidade predominante foi inferior a 5m/s, com ventos de calmaria inferior a 2% e as Classes de Estabilidade dos Ventos apresentaram condições muito semelhantes entre os perfis, levemente instáveis, moderadamente instável e tendendo à neutra, favorecendo assim, a dispersão dos poluentes na atmosfera;

- Dos 80 receptores de interesse, compostos por Residências, Aeroporto, Hospitais, Presídio e Universidades, para verificar possíveis interferências das 20 fontes emissoras da UTE, na área de influência da GEP 5L, verificou-se que nenhum dos receptores interferiu na Zona de Influência das fontes emissoras, onde o Building Downwash foi igual a zero;

- Existe uma residência que se situa, a cerca de 350m das fontes emissoras da UTE, representando desta forma, um receptor potencial negativo, suscetível as concentrações dos poluentes atmosféricos advindos da UTE, bem como, sofre os impactos referente a ruídos desta.

- Através das simulações com os softwares Aermet View, Aermod View, Calpuff View e WRPLOT View, pode-se estimar os níveis de poluentes atmosféricos das fontes emissoras da UTE Borborema S/A. Sendo o modelo Aermod View, a principal ferramenta empregada neste estudo, para simular e estimar as distribuições de concentrações para, MP, SO_x, NO_x e CO.

- Quanto aos índices de MP, SO_x e CO verificou-se que nenhum dos padrões (primário e secundário) estabelecidos pela Resolução do CONAMA nº 03/90, foi atingindo, pelo contrário, todos os índices ficaram muito abaixo, do estabelecido na normatização;

- Os índices de Dióxido de Nitrogênio, para a média de 1hora, ultrapassaram os padrões primário e secundário de 320µg/m³ e 190µg/m³, apresentando concentração máxima, cerca de cinco vezes maior que o padrão primário e oito vezes que o secundário;

- Para as concentrações de NO₂, nos receptores de interesse, também referentes a 1h, as concentrações ficaram muito acima do estabelecido pela Res. CONAMA nº 03/90, com destaque para a residência que se encontra no entorno da UTE, onde a concentração chegou até

700 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Todos os receptores de interesse, se encontram próximos das fontes emissoras, num raio médio de 9km;

- Os índices das simulações para as concentrações para, MP, SO_x, NO_x e CO, mesmo se apresentando como muitos baixos, exceto NO₂ 1h, observou-se, que esses poluentes podem afetar a saúde da população local, a fauna e a flora, tendo em vista, o processo de bioacumulação, inerente aos organismos, que absorvem substâncias ou compostos químicos de forma direta e indireta.

Conclui-se, portanto que alguns órgãos ambientais internacionais praticam protocolos para avaliar os riscos ecológicos para os empreendimentos com potencial poluidor, a exemplo a Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos. Neste sentido, devido a disponibilidade de metodologias que verificam os efeitos fitotóxicos, é preponderante que se faça estudos na área pesquisada, para levantar impactos a curto e longo prazo sobre a flora local, atrelados ao funcionamento da UTE Borborema S/A.

Acredita-se também, que os resultados deste estudo ajudarão aos órgãos decisores a formular políticas para controlar e monitorar melhor os impactos das emissões das usinas térmicas em geral.

Por fim, o Aermid View mostrou-se ser uma ferramenta eficaz para estimar as concentrações de poluentes de fontes de Termelétricas.

CAPÍTULO VII

CONCLUSÕES GERAIS

A partir das metodologias utilizadas, análises e resultados colhidos neste estudo, foi possível avaliar os impactos ambientais, causados pelo funcionamento da Usina Termelétrica Borborema S/A e, empregando softwares, como ArcGIS, Google Earth, ArcBruTile, e sistema de mapeamento topográficos do IBGE e USGS, além de GPS e observação *in loco*, foi possível georreferenciar e mapear a região de estudo:

a. Quanto a localização

Verificou-se que a localização geográfica da Usina Termelétrica Borborema S/A, de acordo com o sistema de mapeamento topográfico do IBGE, pertence ao município de Queimadas-PB e, de acordo com o EIA/RIMA/2008, pedidos de Licenças e Permissões concedidas pelo órgão ambiental do Estado da Paraíba (SUDEMA), a termelétrica pertence ao município de Campina Grande-PB, particularmente, no setor industrial de Campina Grande-PB, configurando desta forma, um grave equívoco administrativo, ferindo inclusive a soberania do município de Queimadas-PB. Desenhando-se desta forma, ilegalidade nas concessões para UTE funcionar, tanto pelo órgão ambiental, bem como, pelos setores políticos, existindo assim, conflitos de interesse entre os dois municípios. Portanto, deve-se alertar, aos órgãos ambientais, IBGE, governo do Estado da Paraíba e municípios envolvidos, quanto essa questão da instalação geográfica da UTE, atentando sobre os benefícios, encargos tributários e responsabilidade fiscal, uma vez que, que todo o processo que vai desde a concessão, autorização, documentação, dentre outros procedimentos administrativos, são vinculados ao município de Campina Grande-PB.

b. Quanto a ornitofauna

Verificou-se que existe uma baixa abundância e diversidade de espécies da ornitofauna, na área pesquisada, potencializada pelas condições de conservação e integridade ecológica dessa região, que são agravados pelo funcionamento da UTE Borborema S/A. Acredita-se, dentre outros fatores, devido à grande sensibilidade das aves à ruídos, reflete no baixo número de espécies inventariadas no entorno da UTE, sendo a maioria delas foram encontradas nas

áreas arbustivas, mais afastadas da UTE. Destaca-se também, que as espécies botânicas do entorno da UTE, proporcionam além de abrigo, alimento as espécies de aves e, por serem mais sensíveis, podem já estar sofrendo os efeitos dos poluentes causados pelo funcionamento da UTE.

Desta forma, recomenda-se monitoramento constante nas espécies da avifauna, que habitam o entorno da UTE, a fim de poder verificar futuros impactos, associados aos poluentes advindos da UTE.

c. Quanto a Flora

No levantamento da flora do entorno da região de estudo, verificou-se que nos resquícios arbóreos arbustivos, existe de uma grande variedade de indivíduos de *Croton sonderianus* e *Mimosa tenuiflora* Wild, apontado desta forma, que a área pesquisada se encontra em processo de recuperação e estabilização. Assim, a integridade ecológica dessa área, caracteriza-se como antropizada, uma vez que, a composição florística apresentou índices baixos em relação diversidade números de indivíduos, altura e circunferência.

Observou-se também que a ferramenta Mata Nativa, se mostrou eficiente para inventariar as espécies botânicas, do entorno da UTE, possibilitando assim, de forma rápida, estimar a diversidade e riqueza das espécies da área de estudo, que serviu desta maneira como parâmetro para se traçar um perfil sobre as interações ecológicas que ocorre nessa área.

Quanto às trocas gasosas nas espécies arbóreas pesquisadas da área do entorno e na área 2, não foi possível vincular interferência da Usina Termelétrica Borborema S.A, pois, empregando os instrumentos IRGA e o SPAD, não se observou correlação e interferência significativa entre as espécies e as coletas.

Outro fator que é relevante, é a questão da Usina Termelétrica Borborema S.A, funcionar com restrições e interrupções, devido a política energética da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), que somente ocorre acionamento dessa UTE, quando a demanda nacional de energia é comprometida. Com isso, a UTE pode não estar interferido o suficiente a curto prazo, para apresentar alterações nas espécies botânicas pesquisadas, que desta forma, refletiu nas análises sobre trocas gasosas e nos índices SPAD, apresentados neste estudo. Portanto, as baixas concentrações dos poluentes atmosféricos nestes locais pesquisados, somente poderá refletir alterações perceptíveis na flora, após um período mais contínuo e um espaço temporal maior, de funcionamento da UTE.

Destaca-se assim, que existem metodologias, tais como: Programa de Avaliação de

Risco Ecológico, *EcoRisk View e protocolos* (EPA-EUA), que são amplamente utilizadas pelas agências ambientais de outros países e, no caso do Brasil, faz-se necessário, que os órgãos ambientais também passem a adotar tais procedimentos, por ocasião do pedido de licenciamento ambiental, de empreendimento potencialmente poluidor.

Portanto, a fim de verificar futuras alterações nas espécies botânicas em detrimento ao funcionamento da UTE Borborema S.A, recomenda-se o uso de metodologias com possibilite verificar o grau de bioacumulação na flora na fauna e biomagnificação na fauna, do entorno da UTE e nas áreas que foram verificadas maiores incidências de concentrações de poluentes atmosféricos.

d. Emprego de sensores ambientais

Quanto ao emprego dos sensores ambientais, utilizados neste estudo para mensurar e quantificar as emissões de gases CO₂, CO, SO₂, níveis de decibéis, medidas de Temperatura do ar, Umidade Relativa do Ar, Temperatura de Ponto de orvalho, Velocidade do Vento, e Luminescência, no entorno da UTE Borborema Energética S.A e na área experimental (contraprova), observou-se que, considerando que a UTE, esteve em funcionamento, apenas nos períodos autorizados/solicitados pela ANEEL, por ocasião do acionamento da “Bandeira Vermelha”, os dados apresentados, exceto nível de ruídos, não foram significativos entre as áreas pesquisadas, bem como, não se registrou valores que pudessem vincular maiores influências da UTE Borborema S.A.

Pois, quanto aos níveis de ruídos, no entorno da UTE, quando em funcionamento pleno de seus motores geradores, os níveis de ruídos nos pontos de coleta da área 1, excedeu o limite estabelecido por normatização.

e. Simulação de dispersão dos poluentes atmosféricos com softwares de modelagem

Os dados meteorológicos utilizados nesse estudo, representaram as condições meteorológicas mais próximas da região, devido à proximidade da Estação do Aeroporto João Suassuna da UTE Borborema S.A e, a predominância dos ventos Sudeste com variações a Leste, foi um fator preponderante para se traçar o perfil das concentrações dos poluentes atmosféricos na grade de receptores no Software Aermod View.

Graças a modelagem com o Aermod View, foi possível verificar que o Relatório Isocinético apresentado pelo Empreendedor ao órgão ambiental, não foi suficiente, os dados

simulados com Aermid View, comprovou que os limites de NO₂ 1h, ultrapassaram os valores primário e secundário estabelecidos na Resolução do CONAMA 03/90. E, se caso fosse obrigatório esta ferramenta no Brasil, o Empreendedor, em particular a UTE Borborema S/A, teria que ajustar e adequar as emissões das fontes, a fim de obter seu licenciamento.

Recomenda-se neste sentido, que a SUDEMA adote a obrigatoriedade do uso de softwares de modelagem para simular as concentrações dos poluentes atmosféricos, para melhorar a qualidade do ar e poder traçar metas mais eficientes para diminuir os efeitos dos poluentes atmosféricos na região de interesse. Além de, monitorar a qualidade do ar na região de estudo, frequentemente, traçando como ponto de partida, o período de início do funcionamento/operação do UTE Borborema S/A, a fim de associar futuramente as concentrações de MP, SO_x, NO_x e CO, a possíveis efeitos desses poluentes na população, no solo, nos corpos aquáticos, na flora e fauna. Atentando também, para o crescimento da população das cidades de Campina Grande-PB e Queimadas-PB.

Portanto, o uso de softwares que realizam simulações da qualidade do ar, são amplamente utilizados pelos órgãos ambientais de outros países, como os Estados Unidos da América, Canadá, dentre outros países desenvolvidos e em desenvolvimento. No Brasil, observa-se que atualmente, alguns órgãos ambientais, recomendam o uso das ferramentas Aermid View e Calpuff View, em licenciamentos de fontes de poluição em áreas saturadas.

Mesmo estabelecido em normatização pelo CONAMA, em que o órgão ambiental licenciador deverá estabelecer metas obrigatórias para os limites de emissão, considerando o impacto das fontes existentes nas condições locais, mediante documento específico, não existe nenhuma obrigatoriedade do Empreendedor realizar simulações com softwares para melhoria da qualidade do ar, na região do empreendimento, basta apresentar o Relatório Isocinético de Chaminés, a cada período estabelecido pelo órgão ambiental de atuação.

Finalmente, através dos sensores ambientais empregados neste estudo, propõe-se inicialmente, gerar um banco de dados, para fornecer subsídios às análises futuras, quanto aos níveis de poluentes na região pesquisada, bem como, comparar com outros estudos, sobre impactos causados pela ação do funcionamento da termelétrica Borborema S.A, nesse setor da região metropolitana de Campina Grande-PB. Desta maneira, de acordo com as ferramentas e procedimentos utilizados neste estudo, propõe-se consolidar como, uma nova metodologia de avaliação de impactos ambientais.

REFERÊNCIAS

ACTIONSTAT (Versão Pro 3.143.724.694). **Software para análises estatísticas**. Licença acadêmica. 2016.

ADESANMI, A. J. et al. Ground level concentration of some air pollutants from Nigeria thermal power plants. **Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization, and Environmental Effects**, v. 38, n. 16, p. 2426-2432, 2016.

AMÂNCIO, T. C.; NASCIMENTO, C. F. L. Asma e poluentes ambientais: um estudo de séries temporais. **Revista da Associação Médica Brasileira**, v. 58, n. 3, p. 302-7, 2012.

Al-AJMI, D.; RAMADAN, A. **Environment outlook for the Arab region environment for development and human well-being. Chapter 7, Atmosphere**. Division of Early warning and Assessment (DEWA), United Nations Environment Programme, 2010.

ALCÂNTARA, E. H. Mudanças climáticas, incertezas hidrológicas e vazão fluvial: o caso do estuário do rio anil. **Caminhos de Geografia**, v. 8, n. 12, p. 158-173, Jun. 2004.

ALEIXO, A.; VIELLIARD, J. M. E. Composição e dinâmica da avifauna da Mata de Santa Genebra, Campinas, São Paulo, Brasil. **Revista Brasileira de Zoologia**, Curitiba, v. 12, n. 3, p. 493- 511, 1995.

ALI, M. et al. Hazardous Emissions from Combustion of Fossil Fuel from Thermal Power Plants Based on Turbine Technologies. **Human and Ecological Risk Assessment: An International Journal**, v. 17, n.1, p. 219-235, 2011.

Al-MASRI, M. S.; HADDAD, K. H. NORM emissions from heavy oil and natural gas fired power plants in Syria. **Journal of Environmental Radioactivity**, n. 104, p. 71-74, 2012.

ALMEIDA, H. A. **Climatologia aplicada à Geografia**. Campina Grande: Eduepb, 2016. 317p.

ALMEIDA, L. P. et al. Crescimento inicial de plantas de *Cryptocaria aschersoniana* Mez. submetidas a níveis de radiação solar. **Ciência Rural**, v. 34, n. 1, jan/fev. 2004.

ALVES JUNIOR, F. T. et al. Regeneração natural de uma área de caatinga no sertão pernambucano, nordeste do Brasil. **Cerne**, v. 19, n. 2, p. 229-235, Lavras, abr./jun., 2013.

ALVES, E. S. et al. Estudo anatômico foliar do clone híbrido 4430 de Tradescantia: alterações decorrentes da poluição aérea urbana. **Revista brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 24, n. 4 (suplemento), p. 567-576, dez. 2001.

ALVES, E. S., GIUSTI, P. M.; DOMINGOS, M. Estudo anatômico foliar do clone híbrido 4430 de Tradescantia híbrido: alterações decorrentes da poluição aérea. **Revista Brasileira de Botânica**, p. 24: 561-566, 2001.

ALVES, M. A. S. et al. **A Ornitologia no Brasil: Pesquisa Atual e Perspectivas**. Rio de Janeiro: EdUERJ, p. 273-285, 2000.

ALVES, R. R. N. et al. Bird-keeping in the Caatinga, NE Brasil. **Human Ecology**, v. 38, p. 147–156, 2010.

AMARAL, G. D.; SILVA, V. L.; REIS, E. A. **Análise de Regressão Linear no Pacote R**. Relatório Técnico Série Ensino RTE 001, UFMG, 2009.

AMARAL, J. A. T. et al. Crescimento vegetativo sazonal do cafeeiro e suas relações com fotoperíodo, frutificação, resistência estomática e fotossíntese. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 41, n. 3, p. 377-384, 2006.

AMARO, J. J. V. Instrumentos econômicos e meio ambiente: os recursos naturais podem ser geridos exclusivamente pelo mercado? **Revista de Gestão Ambiental e Sustentabilidade – GeAS**, São Paulo, v. 1, n. 1, p. 70-87, jan./jun. 2012.

ANDRADE, D. C.; ROMEIRO, A. R. **Capital natural, serviços ecossistêmicos e sistema econômico: rumo a uma “Economia dos Ecossistemas”**. Texto para Discussão. IE/UNICAMP, n. 159, maio, 2009.

ANDRADE, L. A. et al. Análise da cobertura de duas fitofisionomias de caatinga, com diferentes históricos de uso no município de São João do Cariri, Estado da Paraíba. **Cerne**, Lavras, v. 11, n. 3, p. 253-262, jul./set. 2005.

ANDREOLI, C. V. et al. Biodiversidade: a importância da preservação ambiental para manutenção da riqueza e equilíbrio dos ecossistemas. **Coleção Agrinho**, p. 443-464, 2014. Disponível em: <www.agrinho.com.br/site/wp-content/uploads/2014/09/28_Biodiversidade.pdf>. Acesso em: 25 maio 2017.

ANEEL. Agência Nacional de Energia Elétrica. **Bandeiras Tarifárias**. 2015. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/bandeiras-tarifarias>>. Acesso em: 18 jun. 2017.

_____. Agência Nacional de Energia Elétrica. **Informações gerenciais de março 2015**. 2015. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/arquivos/PDF/ZIGMar2015-170615.pdf>>. Acesso em: 12 jan. 2017.

ANTAS, P. T. Z.; CAVALCANTI, R. B. **Aves Comuns do Planalto Central**. Editora UnB, Brasília, 1998.

ANTUNES JÚNIOR, M. Z. et al. Efeito do microclima no intercâmbio gasoso potencial de camará (*Vochysia divergens* Pohl) e lixeira (*Curatella americana* L.) em área de Cerrado. **R. bras. Bioci.**, Porto Alegre, v. 9, n. 1, p. 77-85, jan./mar. 2011.

ARAÚJO, B. A. et al. Estrutura fitossociológica em uma área de Caatinga no Seridó Paraibano. **Revista Educação Agrícola Superior**, v. 27, n. 1, p. 25-29, 2012.

ARAUJO, H. F. P.; RODRIGUES, R. C.; NISHIDA, A. K. Composição da avifauna em complexos estuarinos no estado da Paraíba, Brasil. **Revista Brasileira de Ornitologia**, v. 14, n. 3, p. 249-259, set. 2006.

ARBEX, M. A. et al. A poluição do ar e o sistema respiratório. **Journal Brasileiro de Pneumologia**, v. 38, n. 5, p. 643-655, 2012.

ARCMAP. 10.1. Geographic information system (ArcGis). Versão 10.1. Licenciado para o Laboratório de Cartografia Digital, Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto – CADIGEOS, dos cursos de Pós-Graduação do Centro de Humanidades da Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2011.

ASSISTAT, Software livre, versão 7.7 beta - registro INPI nº 0004051-2. **Assistência Estatística**, 2016.

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 10151: Acústica - Avaliação do ruído em áreas habitadas, visando o conforto da comunidade – Procedimento**. Rio de Janeiro, 2000.

_____. **NBR 10701: Determinação de pontos de amostragem em dutos e chaminés de Fontes estacionárias**. Rio de Janeiro: ABNT, 1989.

_____. **NBR 10702: Efluentes gasosos em dutos e chaminés de Fontes estacionárias – Determinação da massa molecular**. Rio de Janeiro: ABNT, 1989.

_____. **NBR 11966: Efluentes gasosos em dutos e chaminés de Fontes estacionárias – Determinação da velocidade e vazão.** Rio de Janeiro: ANBT, 1989.

_____. **NBR 11967: Efluentes gasosos em dutos e chaminés de Fontes estacionárias – Determinação da umidade.** Rio de Janeiro: ABNT, 1989.

_____. **NBR 12019: Efluentes gasosos em dutos e chaminés de Fontes estacionárias – Determinação de material particulado.** Rio de Janeiro: ABNT, 1990.

_____. **NBR 12020: Efluentes gasosos em dutos e chaminés de Fontes estacionárias – Calibração dos equipamentos utilizados em amostragem Método de Ensaio.** Rio de Janeiro: ABNT, 1992.

ATABI, F. et al. Comparison of AERMOD and CALPUFF models for simulating SO₂ concentrations in a gas refinery. **Environmental monitoring and assessment**, v. 188, n. 9, p. 516, 2016.

ATASH, F. The deterioration of urban environments in developing countries: Mitigating the air pollution crisis in Tehran, Iran. **Cities**, v. 24, n. 6, p. 399–409, 2007.

ATĂNĂSOAE, M. The thermo-electric power plants and the environment. the impact of t.p.p. suceava on the environment – case study. *Analele Universității “Ștefan cel Mare” Suceava, Secțiunea Geografie*, Anul XVIII, 2009.

ATENA, A. Percepção ambiental do parque urbano moinhos de vento, Porto Alegre –RS, Brasil. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal), Universidade Técnica de Lisboa, 2009.

AYOADE, J. O. **Introdução à climatologia para os trópicos**. 4. ed. Rio de Janeiro: Bertrand, 1996. 332p.

AYRES, M. et al. **Bioestat 5.0: Aplicações estatísticas nas áreas das Ciências Bio-Médicas**. Belém, PA, Mamirauá/CNPq, 2005.

AZEVEDO, J. V. V. et al. Influência do clima na incidência de infecção respiratória aguda em crianças nos municípios de Campina Grande e Monteiro, Paraíba, Brasil. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 30, n. 4, 467- 477, 2015.

AZUAGA, D. **Danos ambientais causados por veículos leves no Brasil**. 2000. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2000.

BALACEANU, C. M.; CEPISCA, C. **Impact assessment of the thermoelectric power plants on the air quality in Bucharest**. 7th international symposium on advanced topics in electrical engineering (ATEE), p. 1843-8571, 2011.

BALBINOT, R. et al. O papel da floresta no ciclo hidrológico em bacias hidrográficas. **Ambiência - Revista do Setor de Ciências Agrárias e Ambientais**, v. 4, n. 1 Jan./Abr. 2008.

BARAL, S. S.; SINGH, K.; SHARMA, P. The potential of sustainable algal biofuel production using CO₂ from thermal power plant in India. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, n. 49, p. 1061-1074, 2015.

BARBON, A.; GOMES, J. Simulação das emissões atmosféricas sobre o município de Araucária com uso do modelo AERMOD. **Eng Sanit Ambient**, v. 15, n. 2, abr/jun, p. 129-140, 2010.

BARBOSA, J. A. A.; NOBREGA, V. A.; ALVES, R. R. N. Aspectos da caça e comércio ilegal da avifauna silvestre por populações tradicionais do semiárido paraibano. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, v. 10, n. 2, 2. sem. 2010.

BARBOSA, S. M. M. et al. Poluição do ar e a saúde das crianças: a doença falciforme. **Cadernos de Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 31, n. 2, p. 265-75. 2015.

BARCELLOS, C. et al. Mudanças climáticas e ambientais e as doenças infecciosas: cenários e incertezas para o Brasil. **Epidemiologia e Serviço de Saúde**, Brasília, v. 18, n. 3, p. 285-304, jul/set. 2009.

BARETTA, D. et al. Fauna edáfica e qualidade do solo. **In: Tópicos em Ciência do Solo. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, v. 7, p. 119-170, 2011.

BARROS, I. O.; SOARES, A. A. Adaptações anatômicas em folhas de marmeleiro e velame da caatinga brasileira. **Rev. Ciênc. Agron.**, v. 44, n. 1, p. 192-198, jan./mar. 2013.

BELTRÃO, N. E. M.; OLIVEIRA, M. I. P. **Oleaginosas e seus óleos: vantagens e desvantagens para produção de biodiesel**. Embrapa Algodão. Campina Grande, 2008.

BESERRA, E. P. et al. Educação ambiental e enfermagem: uma integração necessária. **Revista Brasileira de Enfermagem**, v. 63, n. 5, p. 848-52, set/out. 2010.

BESSA, M. A. P.; MEDEIROS, J. F. Levantamento florístico e fitossociológico em fragmentos de caatinga no município de Taboleiro Grande-RN. **Geo Temas, Pau dos Ferros**, Rio Grande do Norte, Brasil, v. 1, n. 2, p. 69-83, jul./dez. 2011.

BEZERRA, D. M. M.; ARAUJO, H. F. P.; ALVES, R. R. N. Avifauna de uma área de Caatinga na região Seridó, Rio Grande do Norte, Brasil. **Ornithologia**, v. 6, n. 1, p. 53-69, dez. 2013.

BISPO, P. C.; OLIVEIRA, L. G. Diversity and structure of Ephemeroptera, Plecoptera and Trichoptera (Insecta) assemblages from riffles in mountain streams of Central Brazil. **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 24, n. 2, p. 283-293, 2007.

BISSOLI, L. B.; SOUZA, M. M.; ROPER, J. J. Espécies da família Tyrannidae partilham espaço de forrageio em um fragmento de Mata Atlântica, Brasil? **Natureza On-Line**, v. 12, n. 5, p. 235-239, 2014.

BORBOREMA ENERGÉTICA. **A empresa**. 2016. Disponível em: <<http://borboremaenergetica.com.br/>>. Acesso em: 18 maio 2017.

BRACHO-NUNEZ. A. et al. Leaf level emissions of volatile organic compounds (VOC) from some Amazonian and Mediterranean plants. **Biogeosciences**, n. 10, p. 5855–5873, 2013.

BRAGA, B. et al. **Introdução à engenharia ambiental**. 2. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2005.

BRASIL. Agência Nacional de Energia Elétrica. **Atlas de Energia Elétrica. Carvão mineral**. 2. ed. caderno n. 8, Brasília: Aneel, 2005. 243p.

_____. Agência Nacional de Energia Elétrica. **Atlas de energia elétrica do Brasil**. 3. ed. caderno n. 9, Brasília: Aneel, 2008. 236p.

_____. Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA. **Resolução n. 001, de 8 de março de 1990**. Dispõe sobre critérios e padrões de emissão de ruídos, das atividades industriais.

_____. Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA. **Resolução n. 003, de 28 de junho de 1990**. Diário Oficial, Brasília, 22 ago. Seção I, p. 15.937- 15.939, 1990.

_____. Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA. **Resolução n. 297. Minuta de resolução CONAMA**. Complemento de Resolução, de 26 de fevereiro de 2002.

_____. Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA. **Resolução n. 382, de 26 de dezembro de 2006**. Estabelece os limites máximos de emissão de poluentes atmosféricos para fontes fixas. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 2 de janeiro de 2007, Seção 1, páginas 131-137.

_____. Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Pressão atmosférica média de 2000 a 2010, no município de Campina Grande**. Brasília, 2010.

_____. INFRAERO. **Aeroporto de Campina Grande - Presidente João Suassuna. Características**. 2016. Disponível em: <<http://www4.infraero.gov.br/aeroportos/aeroporto-de-campina-grande-presidente-joao-suassuna/sobre-o-aeroporto/caracteristicas/>>. Acesso em: 13 Dez. 17.

_____. Governo do Brasil. **Infraestrutura. Campina Grande (PB) recebe 1.488 unidades habitacionais**. 2013. Disponível em: <<http://www.brasil.gov.br/infraestrutura/2013/12/campina-grande-pb-recebe-1-488-unidades-do-minha-casa-minha-vida>>. Acesso em: 27 dez. 2017.

_____. Ministério da Ciência e Tecnologia. **Emissões de gases de efeito estufa nos processos industriais e por uso de solventes**. Brasília. 2006 (Relatório técnico). Disponível em: <http://www.mct.gov.br/upd_blob/0008/8733.pdf>. Acesso em: 20 jul. 2017.

_____. Ministério de Minas e Energia - MME. 2007. **BEN - Balanço Energético Nacional**. Disponível em: <www.mme.gov.br>. Acesso em: 21 Ago. 2015.

_____. Ministério de Minas e Energia. Portaria MME nº 361, de 21 de dezembro de 2007.

_____. Ministério do Meio Ambiente. **Ceará: inventário florestal nacional: principais resultados / Ministério do Meio Ambiente**. Serviço Florestal Brasileiro. Brasília: MMA, 2016.

_____. Ministério do Meio Ambiente. **Lista das Espécies da Fauna Brasileira Ameaçadas de Extinção**. 2014.

_____. Ministério do Meio Ambiente. **Poluentes Atmosféricos**. 2014. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/cidades-sustentaveis/qualidade-do-ar/poluentes-atmosf%C3%A9ricos>>. Acesso em: 12 nov. 2014.

_____. Universidade Federal de Campina Grande UFCG. **Secretaria de Recursos Humanos**. 2015. Disponível em: <http://www.ufcg.edu.br/prt_ufcg/secretarias/srh/srh.php>. Acesso em: 19 Dez. 17.

BRASSEUR, G. P.; SOLOMON, S. **Aeronomy of the middle atmosphere: chemistry and physics of the stratosphere and mesosphere**. Springer Science & Business Media, 2006.

BROWNING, K. A. et al. **The convective storm initiation project**. Bull. Amer. Meteor. Soc., v. 88, n. 12, p. 1939-1955, 2007.

BROWN-BLANQUET, J. Sociologia vegetal: estudio de las comunidades vegetales. **Acme**, Buenos Aires, p. 44, 1950.

BRUMM, H.; SLABBEKOORN, H. Acoustic communication in noise. **Advances in the Study of Behavior**, n. 35, p. 151–209, 2005.

BRUMMITT, R. K.; POWELL, C. E. (editors). **Authors of plant names**. A list of authors of scientific names of plants, with recommended standard form of their names including abbreviations. Royal Botanic Gardens: Kew, 1992. 732p.

CALIXTO JÚNIOR, J. T.; DRUMOND, M. A. Estudo comparativo da estrutura fitossociológica de dois fragmentos de Caatinga em níveis diferentes de conservação. **Pesq. flor. bras.**, Colombo, v. 34, n. 80, p. 00-00, out./dez. 2014.

CAMPELO, D. H. et al. Trocas gasosas e eficiência do fotossistema II em plantas adultas de seis espécies florestais em função do suprimento de água no solo. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v. 39, n. 5, p. 973-983, 2015.

CAMPINA GRANDE (Município). **Lei Complementar nº 003, de 09 de outubro de 2006**. Plano diretor de Campina Grande-PB, 2006.

_____. **Prefeitura de Campina Grande-PB**. 2017. Disponível em: <<http://campinagrandepb.com.br/prefeito-faz-visita-ao-hospital-da-crianca-e-destaca-ampliacao-do-servico/>>. Acesso em: 21 Dez 17.

CANEPA, E. An overview about the study of downwash effects on dispersion of airborne pollutants. **Environmental Modelling & Software**, v. 19, p. 1077–1087, 2004.

CANÇADO, J. E. D. et al. Repercussões clínicas da exposição à poluição atmosférica. **Journal Brasileiro de Pneumologia**, v. 32, (Supl 1), p. 5-11, 2006.

CANELA, R. H. **Uma abordagem crítica sobre a implementação do sistema de gestão ambiental da UTE Macaé**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana e Ambiental) PUC, Rio de Janeiro, 2012.

CARBALLO-CRUZ, F. Taxas ambientais aeroportuárias baseadas na valoração de externalidades: o caso do Aeroporto da Portela. **Revista Portuguesa de Estudos Regionais**, n. 19, 2008.

CARON, B. O. et al. Relações fisiológicas em mudas de pata-de-vaca (*Bauhinia forficata* Link). **Rev. Bras. Pl. Med.**, Campinas, v. 16, n. 2, p. 196-201, 2014.

CASTRO, H. A. et al. Efeitos da poluição do ar na função respiratória de escolares, Rio de Janeiro, RJ. **Rev. Saúde Pública**, v. 43, n. 1, São Paulo, Feb. 2009.

CASTRO, S. M.; ALMEIDA, J. R.; RODRIGUES, M. G. Valoração de dados ambientais da geração termelétrica: usina de Campos dos Goytacazes/RJ. **Revista Internacional de Ciências**, v. 2, n. 1, 2012.

CASTRO, S. M.; ALMEIDA, J. R.; RODRIGUES, M. G. **Valoração de dados ambientais da geração termelétrica: usina de Santa Cruz/RJ. 2013**. Disponível em: <<http://www.e-publicacoes.uerj.br/index.php/ric/article/download/4129/2974>>. Acesso em: 22 nov. 2014.

CAUDLE, K. L. et al. A comparison of seasonal foliar chlorophyll change among ecotypes and cultivars of *Andropogon gerardii* (Poaceae) by using nondestructive and destructive methods. **Photosynthetica**, v. 52, n. 4, p. 511-518, 2014.

CBRO. Comitê Brasileiro de Registro Ornitológicos. **Lista das Aves do Brasil**. 7. ed. 2008. Disponível em: <http://www.zoo.ba.gov.br/wp-content/files/Lista_das_aves_do_Brasil.pdf>. Acesso em: 7 de fev. 2017.

CEA. **Growth of electricity sector in India from 1947 to 2013**. 2013. Disponível em: <<http://www.cea.nic.in>>. Acesso em: 29 setembro 2015.

CETESB. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Secretaria de Estado do Meio Ambiente. Qualidade do Ar – Informações**. 2001. Disponível em: <http://sistemasinter.cetesb.sp.gov.br/Ar/ar_saude.asp#mp>. Acesso em 21 Dez. 2017.

CHAABAN, F. B.; MEZHER, T.; OUWAYJAN, M. Options for emissions reduction from power plants: an economic evaluation. **Electrical Power and Energy Systems**, n. 26, p. 57–63, 2004.

CHEVRON. **Diesel Fuel and Air Quality**. 2004. Disponível em: <www.chevron.com/prodserv/fuels>. Acesso em: 18 jun. 2017.

CIENTEC, Consultoria e Desenvolvimento de Sistemas. Software. **Mata Nativa versão 4.1.0.14**. Viçosa, MG, licenciado e registrado para JSC, C8DD-4C84, 2016.

COELHO, S. Z. S. M. **Uma análise estatística com vistas a previsibilidade de interações por doenças respiratórias em função de condições meteorológicas na cidade de São Paulo**. 2007. 178 f. Tese (Doutorado em Ciências) – Universidade de São Paulo. São Paulo, 2007.

COIMBRA, J. L. M. et al. Esperanças matemáticas dos quadrados médios: uma análise essencial. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 36, n. 6, p. 1730-1738, nov./dez. 2006.

COLLINS, S. Vocal fighting and flirting: the functions of birdsong. In.: P. Marler and H. Slabbekorn, eds., *Nature's Music: the Science of Birdsong*. **Elsevier Academic Press**, San Diego, p. 39-79, 2004.

COLOSSI, B. R. **Avaliação ambiental de uma usina termoeletrica a óleo combustível utilizando análise do ciclo de vida**. UFGRS, Porto Alegre, 2012.

CONSULTORIA AMBIENTAL Ltda. **Estudo de impacto ambiental e relatório de Impacto ambiental – EIA/RIMA, na Usina Termoeletrica Borborema S.A**, 2008.

COSTA, A. S. et al. Respostas fisiológicas e bioquímicas de plantas de aroeira (*Myracrodruon urundeuva* allemão) ao déficit hídrico e posterior recuperação. **Irriga**, Botucatu, v. 20, n. 4, p. 705-717, outubro/dezembro, 2015.

COSTA, C. C. A. et al. Análise comparativa da produção de serapilheira em fragmentos arbóreos e arbustivos em área de caatinga na flona de Açú-RN. **R. Árvore**, Viçosa-MG, v. 34, n. 2, p. 259-265, 2010.

COSTA, G. F.; MARENCO, R. A. Fotossíntese, condutância estomática e potencial hídrico foliar em árvores jovens de andiroba (*Carapa guianensis*). **Acta Amazônica**, v. 37, n. 2, p. 229-234, 2007.

COSTA, H. S. S. **Exposição ao ruído ocupacional e sua repercussão na saúde dos trabalhadores da empresa CMP – Maceira**. Dissertação (Mestrado em Saúde Ocupacional). Faculdade de Medicina de Coimbra, 2009.

COSTA, R. C.; ARAÚJO, F. S. Physiognomy and structure of a caatinga with *Cordia oncocalyx* (Boraginaceae), a new type of community in Andrade-Lima's classification of caatingas. **Rodriguésia**, v. 63, n. 2, p. 269-276, 2012.

CPAEIV, Comissão Permanente de Análise de Estudos de Impacto de Vizinhança. Avaliação dos impactos do empreendimento sobre a vizinhança imediata. **Parecer Técnico**, n. 25, Blumenau, fev. 2011.

CPCB. **Guidelines for National ambient air quality monitoring, NAAQM, India Ministry of Environment and Forests**. 2009. Disponível em: <http://mpcb.gov.in/images/pdf/Ambient_Air_quality_Monitoring_Guidlines.pdf>. Acesso em: 20 ago. 2017.

CUNHA, B. D. **Estratégias de uso do modelo Aermod para avaliação da qualidade do ar**. Rio de Janeiro: UFRJ, 2009.

DALKE, I. V.; GRIGORAY, E. E.; GOLOVKO, T. K. **Photosynthetic productivity and radiation use efficiency of greenhouse cucumber under intracanopy lighting**. 5. ed, p. 12-23, sep./oct. 2014.

D'AMATO, G. et al. Effects on asthma and respiratory allergy of Climate change and air pollution. **Multidisciplinary Respiratory Medicine**, p. 10-39, 2015.

D'ANGELO NETO, S. et al. Avifauna de quatro fisionomias florestais de pequeno tamanho (5-8 ha) no campus da UFLA. **Revista Brasileira de Biologia**, v. 58, n 3, p. 463-472, 1998.

DANTAS, R. R. A. **Aves da Caatinga Paraibana**. 2015, 44 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciências Biológicas) - Universidade Federal de Campina Grande, Patos, 2015.

DESCOURTILZ, J. T. **História Natural das Aves do Brasil - Notáveis por Sua Plumagem, Canto e Hábitos**. Belo Horizonte: Itatiaia, 1983.

DIAS, A. F. S. **Comparação e Descrição de Parâmetros Acústicos do Canto de *Volatinia jacarina* no Contexto de Seleção Sexual**. 2009, 68 f. Dissertação (Mestrado em Biologia animal) - Universidade de Brasília, Brasília, 2009.

DRUMM, F. C. et al. Poluição atmosférica proveniente da queima de combustíveis derivados do petróleo em veículos automotores. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental – REGET**, v. 18, n. 1 p. 66-78, abr. 2014.

DUTRA, J. C. C. et al. **Simulação da dispersão de poluentes emitidos por uma usina termelétrica de 532m nordeste brasileiro**. In: VII Congresso Nacional de Engenharia Mecânica, 31 de julho a 03 de Agosto, São Luis-MA, 2012.

EASY WEATHER (Versão 1.3). **Software para análise e visualização de dados de medição e leitura da Estação Meteorológica modelo ITWH – 1080**. 2010.

EBI, K. L.; MCGREGOR. G. Climate Change, Tropospheric Ozone and Particulate Matter, and Health Impacts. **Environmental Health Perspectives**, v, 116, n. 11, November, 2008.

ELNOUR, M. G.; LAZ, H. A. Air pollution from fossil fuel in Arab region. **International journal of engineering sciences & research technology**, v. 4, n. 6, June, 2015.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Pernambuco). **Solos Do Nordeste - Levantamento Exploratório - Reconhecimento de Solos do Estado da Paraíba**. Embrapa, 1972. Disponível em:<<http://www.uep.cnps.embrapa.br/solos/index.php?link=pb>>. Acesso em: 13 jan. de 2017.

_____. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2. ed. EMBRAPA-SPI, Rio de Janeiro, 2006.

ENVEX. Engenharia e Consultoria Ambiental - SIMILAR. Controle de Emissões Atmosféricas. **Estudo da dispersão atmosférica de poluentes, utilizando o modelo ISCST3 (Industrial Source Complex) para a usina termelétrica de Agudos do Sul (município de Agudos do Sul/PR)**. Curitiba, 2009.

FABRICANTE, J. R.; ANDRADE, L. A. Análise estrutural de um remanescente de caatinga no Seridó paraibano. **Oecol. Bras.**, v. 11, n. 3, p. 341-349, 2007.

FEEMA. Fundação Estadual de Engenharia do Meio Ambiente. **Inventário de Fontes Emissoras de Poluentes Atmosféricos da Região Metropolitana do Rio de Janeiro**. Rio de Janeiro – RJ, Brasil, 2004.

FELIU, V. M. R. et al. Evaluación multicriterio de políticas de uso y gestión de recursos naturales. **Revista Eletrônica de Estratégia & Negócios**, Florianópolis, v. 7, n. 2, mai./ago. 2014.

FELSEMBURGH, C. A. **Respostas fotossintéticas à variação da temperatura foliar do dossel na Flona do Tapajós – PA**. 2009, 117 f. Tese (Doutorado em Ecologia Aplicada) – Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2009.

FERNANDEZ, F. A. S. **O poema imperfeito: crônicas de Biologia, conservação da natureza, e seus heróis**. 2. ed. Curitiba: UFPR, 2004.

FERRAZ, R. L. S. et al. Trocas gasosas e eficiência fotoquímica de cultivares de algodoeiro herbáceo sob aplicação de silício foliar. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 35, n. 2, p. 735-748, mar./abr. 2014.

FERREIRA, J. M. R. **Inventário da ornitofauna em ambientes de Caatinga no Complexo Aluizio Campos em Campina Grande-PB**. 2011, 46 f. Monografia (Graduação em Ciências Biológicas) – Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande, 2011.

FIGUEIREDO, K. V. et al. Changes in leaf epicuticular wax, gas exchange and biochemistry metabolism between *Jatropha mollissima* and *Jatropha curcas* under semiarid conditions. **Acta Physiol Plant**, v. 37, n. 108, 2015.

FLECK, S.; EMBREE, C.G.; NICHOLS, D.S. The Influence of Crop Load, Shoot Type, Canopy Structure, and Leaf Zonal Chlorosis on Leaf Photosynthesis of 'Honeycrisp' Apple Trees. **Acta horticulturae**, v. 903, p. 767-774, 2011.

FLOSS, E. L. **Fisiologia das plantas cultivadas**. Passo Fundo: UPF, 2004. 536p.

FLUES, M.; HAMA, P.; FORNARO, A. Avaliação do nível da vulnerabilidade do solo devido à presença de termelétrica a carvão (Figueira, PR- Brasil). **Química Nova**, v. 26, n. 4, p. 479-483, 2003.

FORATTINI, O. P. **Ecologia, epidemiologia e sociedade**. 2. ed. São Paulo: artes médicas, 2004. 720p.

FRAGA, A. B. et al. Multivariate analysis to evaluate genetic groups and production traits of crossbred Holstein × Zebu cows. **Trop Anim Health Prod.** p. 1- 6. 2015.

FRANCISCO, P. R. M. **Classificação e mapeamento das terras para mecanização agrícola do estado da paraíba utilizando sistema de informações geográficas.** Dissertação (Mestrado em Manejo de Solo e Água) - Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2010.

FREITAS, C. A. S. et al. Produção de matéria seca e trocas gasosas em cultivares de mamoneira sob níveis de irrigação. **R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental**, v. 15, n. 11, p.1168–1174, 2011.

FUJACO, M. A. G.; LEITE, M. G. P.; MESSIAS, M. C. T. B. Análise multitemporal das mudanças no uso e ocupação do Parque Estadual do Itacolomi (MG) através de técnicas de geoprocessamento. **REM: Revista Escola de Minas**, Ouro Preto, v. 63, n. 4, p. 695-701, out./dez. 2010.

Fundação Assistencial da Paraíba – FAP. **Atendimentos de radioterapia.** 2016. Disponível em: <<http://www.hospitaldafap.org.br/>>. Acesso em: 16 Dez. 2017.

GALVÃO I. J.; BERMANN, C. Crise hídrica e energia: conflitos no uso múltiplo das águas. **Estudos Avançados**, v. 29, n. 84, p. 43-68, 2015.

GANEM, R. S. (Org.). **Conservação da biodiversidade: legislação e políticas públicas.** Brasília: Câmara dos Deputados. ed. Câmara, 2010. Série Memória e análise de leis, n. 2, 437p.

GARRATT, J. R. **The Atmospheric Boundary Layer.** Cambridge: Cambridge University Press, 1992. 316p.

GARCIA, F. I.; MARINI, M. A. Estudo comparativo entre as listas global, nacional e estaduais de aves ameaçadas no Brasil. **Natureza & Conservação**, v. 4, n. 2, p. 24-49, out., 2006. **In.:** Fundação O Boticário de Proteção à Natureza Natureza & Conservação. Curitiba, v. 4, n. 2, p 1-224, Out. 2006.

GAVIDIA, T.; PRONCZUK, J.; SLY, P. Environmental impacts on the respiratory health of children: Global burden of pediatric respiratory diseases linked to the environment. **Rev Chil Enf Respir**, v. 25, n. 99, p. 108, 2009.

GERON, C. et al. Volatile organic compounds from vegetation in southern Yunnan Province, China: Emission rates and some potential regional implications. **Atmospheric environment**, v. 40, n. 10, p.1759-1773, 2006.

GEUN, S. C. et al. Characteristics of regional scale atmospheric dispersion around Ki-Jang research reactor using the lagrangian gaussian puff dispersion model. **Nuclear Engineering and Technology**, p. 1-2, 2017.

GHELFI, E. Air Pollution, Reactive Oxygen Species (ROS), and Autonomic Nervous System Interactions Modulate Cardiac Oxidative Stress and Electrophysiological Changes. **Advanced Topics in Environmental Health and Air Pollution Case Studies**. 2011.

GIULIETTI, A. M. et al. Diagnóstico da vegetação nativa do bioma Caatinga. In: SILVA, J. M. C.; TABARELLI, M.; FONSECA, M. T.; LINS, L. V. (Org.). **Biodiversidade da caatinga: áreas e ações prioritárias para a conservação**. Brasília, DF: Ministério do Meio Ambiente, Universidade Federal de Pernambuco, 2003. 382p.

GOIS, D. V. et al. Análise de espécie vegetal fitoindicadora em áreas verdes públicas de Aracaju, Sergipe. **Revista Geográfica Acadêmica**, v. 6, n. 1, 2012.

GONÇALVES, K. S.; CASTRO, H. A.; HACON, S. S. As queimadas na região amazônica e o adoecimento respiratório. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 17, n. 6, p. 1523-1532, 2012.

GOOGLE EARTH – (Versão 7.1.2.2041, 2013). **Localização da termelétrica Borborema Energética S/A**. 2014.

_____. (Versão 7.1.8.3036). **Localização de residências próximas a UTE Borborema S.A.** 2017.

GPS TrackMaker – (Free Versão 13.9.591). **Software de mapeamento**. 2016.

GRABER, J. M. et al. Carbon Monoxide: The Case for Environmental Public Health Surveillance. **Public Health Reports**, v. 122, n. 2, p. 138–144. Mar-Apr. 2007.

GRANJA, J. A. A. **Adaptações morfofisiológicas de *croton blanchetianus* bail em condições de semiárido Pernambucano**. 2013, 68 f. Mestrado (Dissertação em Biologia Vegetal) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2013.

GUEDES, R. S. et al. Caracterização florístico-fitossociológica do componente lenhoso de um trecho de caatinga no semiárido paraibano. **Revista Caatinga**, v. 25, n. 2, p. 99-108, Mossoró, mar.-jun. 2012.

GUIMARÃES, P. R. B. **Estudo sobre as relações entre as doenças respiratórias e a poluição atmosférica e variáveis climáticas, na cidade de Curitiba, Paraná, Brasil.** Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2011.

GUPTA, A.; GUPTA, G. S. Role of Air Samplers for Monitoring of Ambient Air Quality. **International Journal of Applied Research and Technology**, v. 1, n. 1, p. 51-59, 2016.

GUZZO, P. Áreas Verdes Urbanas. **Programas Pró-ciências – áreas verdes.** 2004. Disponível em: <<http://www.cdcc.usp.br/bio/educar/prociencias/areasverdes.html>>. Acesso em: 18 jun. 2015.

HABERMANN, G. et al. CO₂ assimilation, photosynthetic light response curves, and water relations of ‘Pera’ sweet orange plants infected with *Xylella fastidiosa*. **Brazilian Journal Plant Physiology**, v. 98, n. 2, p. 79-87, 2003.

HAGHIGHI; N. Z.; SALEHI, H. Comparison between the growth and development of some cultured plants among different regions of Kish Island. **Journal of Central European Agriculture**, v. 14, n. 2, p. 86-98, 2013.

HALL. N. **Downwash Effects on Lift.** [nasa.gov](http://www.nasa.gov). 2015. Disponível em: <<https://www.grc.nasa.gov/WWW/k-12/airplane/downwash.html>>. Acesso em 17 Dez. 2017.

HAR. Engenharia e Meio Ambiente Ltda. **EIA Estudo de Impacto Ambiental - Usina Termelétrica Pampa Sul - municípios de Candiota e Hulha Negra-RS.** v. 9, 2014.

HASEGAWA, P. M. et al. Plant cellular and molecular responses to high salinity. **Annual Review Plant Molecular Biology**, New York. v. 51, p. 463 – 499, 2000.

HAUTIER, Y. et al. Anthropogenic environmental changes affect ecosystem stability via biodiversity. **Science**, v. 348, 2015.

HEI, International Scientific Oversight Committee. **Health effects of outdoor air pollution in developing countries of Asia: A literature review.** 2004.

HOFER, C.; GALLAGHER, F. J.; HOLZAPFEL, C. Metal accumulation and performance of nestlings of passerine bird species at an urban brownfield site. **Environ pollut.**, v. 158, p. 1207-1213, 2010.

HÖFLING, E., CAMARGO, H. F. A. **Aves no Campus.** São Paulo. Editora Edusp, 2002. 157p.

HOLNICKI, P.; NAHORSKI, Z. Emission data uncertainty in urban air quality modeling - case study. **Environmental Modeling & Assessment**, v. 20, n. 6, p. 583-597, 2015.

HOLTSLAG, A. A. M. et al. Stable Atmospheric Boundary Layers and Diurnal Cycles: Challenges for Weather and Climate Models. **American Meteorological Society**, november, p. 1691-1706, 2013.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Cidades – Queimadas-PB. 2010**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/cidadesat/painel/painel.php?codmun=251250>>. Acesso em: 18 ago. 2017.

_____. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Cidades – Campina Grande-PB. 2010**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/cidadesat/painel/painel.php?codmun=251250>>. Acesso em: 18 ago. 2017.

_____. **Manual técnico da vegetação brasileira. Sistema fitogeográfico inventário das formações florestais e campestres, técnicas e manejos de coleções botânicas procedimentos para mapeamentos**. Rio de Janeiro, 2012.

ICMBio. Instituto Chico Mendes. Ministério do Meio Ambiente. Sumário executivo do plano de ação nacional para a conservação das aves da caatinga. **Série Espécies Ameaçadas**, n. 32, 2011.

INPE. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. **Centro Regional do Nordeste. Sistema de Radiossondagem**. 2011. Disponível em: <<http://www.crn2.inpe.br/lavat.php>>. Acesso em: 17 Dez. 2017.

_____. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. **Divisão de Sensoriamento Remoto, Topodata Banco de dados Geomorfométricos do Brasil**. 2011. Disponível em: <<http://www.dsr.inpe.br/topodata/>>. Acesso em: 18 out. 2017.

INSTRUTEMP. ITMCO₂ – 600. Medidor de CO₂. 2014. Disponível em. <<http://www.instrutemp.com.br/instrutemp/produto/medidor+multifuncional+de+coco2+itmco2+600>>. Acesso em: 18 de out. 2014.

JASINSKI, R. J.; PEREIRA, L. A. A. BRAGA, A. L. F. Poluição do ar e doenças respiratórias em crianças e adolescentes. **Cadernos de Saúde Pública, Rio de Janeiro**, v. 27, n. 11, p. 2242-2252, nov. 2011.

JOLY, C. A. et al. Diagnóstico da pesquisa em biodiversidade no Brasil. **Revista USP**, São Paulo, n. 89, p. 114-133, março/maio, 2011.

KAMPA, M.; CASTANAS, E. Human health effects of air pollution. **Environmental Pollution**, p. 1-6, 2007.

KENT, M.; COKER, P. **Vegetation description and analysis – a practical approach**. Chichester: John Wiley and Sons. 1989. 363p.

KEUKEN, M.; ROEMER, M.; ELSHOUT, S. V. D. Trend analysis of urban NO₂ concentrations and the importance of direct NO₂ emissions versus ozone/NO_x equilibrium. **Atmospheric Environment**, n. 43, p. 4780–4783, 2009.

KOCH, H. et al. Hydro-climatic conditions and thermoelectric electricity generation e Part II: Model application to 17 nuclear power plants in Germany. **Energy**, n. 69, p. 700-707, 2014.

KHODAKARAMI, J.; GHOBADI, P. Urban pollution and solar radiation impacts. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 57, p. 965–976, 2016.

KONDO, N. N. **Determinação de índices de desempenho de usinas termelétricas**. São Paulo, USP, 2007.

KRAUSE, B. L. **The niche hypothesis**. The Soundscape Newsletter 6, June, 1993.

KUKADIA, V.; UPTON, S.; HALL, D. **Control of dust from construction and demolition activities**. Londres: BRE e DTI, 2003. 50p.

KÜNZLI, N.; PEREZ, L.; RAPP, R. **Air quality and health**. Lausanne: European Respiratory Society, 2010.

LAKES ENVIRONMENTAL. **Notes Course Aermod Course Gaussian plume Air Dispersion Model**. Lakes Environmental Software, 2017.

_____. **Software WRPLOT View™ 8.0.0 – Freeware**, 2016.

LANDSBERG, H. E. O clima das cidades. **Revista do Departamento de Geografia**, v. 18, p. 95-111, 2006.

LANZER, M. **Efeitos do ruído de tráfego de veículos motorizados sobre aves que habitam um fragmento florestal urbano em Curitiba.** Curitiba, UFPR, 2007. 22p.

LATEB, M. et al. On the use of numerical modelling for near-field pollutant dispersion in urban environments - A review. **Environmental Pollution**, v. 208, p. 271-283, January, 2015.

LAUMBACH, R. J.; KIPEN, H. M. Respiratory Health Effects of Air Pollution: Update on Biomass Smoke and Traffic Pollution. **J Allergy Clin Immunol**, v. 129, n. 1, p. 3-13, January, 2012.

LE QUÉRÉ, C. et al. Trends in the sources and sinks of carbon dioxide. **Natural Geoscience**, v. 2, 2009.

LEAL, I. R. et al. Mudando o curso da conservação da biodiversidade na Caatinga do Nordeste do Brasil. **Megadiversidade**, v. 1, n. 1, jul. 2005.

LEAL, I. R.; TABARELLI, M.; SILVA, J. M. C. **Ecologia e Conservação da Caatinga**. 2. ed. Recife: Editora Universitária UFPE, 2003. 822p.

LEFF, E. **Epistemologia ambiental**. São Paulo: Cortez, 2006.

LEITÃO, A. C. et al. Florística e estrutura de um ambiente transicional caatinga-mata atlântica. **Revista Caatinga**, v. 27, n. 3, p. 200 – 210, Mossoró, jul.- set. 2014.

LEONI, R. C.; SAMPAIO, N. A. S.; CORRÊA, S. M. Estatística Multivariada Aplicada ao Estudo da Qualidade do Ar. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 32, n. 2, 235-241, 2017.

LICKS, L. A.; PIRES, M. Metodologia para o cálculo de emissões de carbono e da eficiência na geração de energia pela combustão do carvão fóssil no Brasil. **REM: R. Esc. Minas**, Ouro Preto, v. 63, n. 2, p. 331-337, abr. jun. 2010.

LI-COR. 6400XT System. **Photosynthesis, Fluorescence, Respiration**. 2013. Disponível em. <<https://app.boxenterprise.net/s/ifuhfcjga0wvh94lkysz>>. Acesso em: 10 out. 2015.

LIKHVAR, V. N. et al. A multi-scale health impact assessment of air pollution over the 21st century. **Science of the Total Environment**, n. 514, p. 439-449, 2015.

LIMA, F. J. L.; CAVALCANTI, E. P.; SOUZA, E. P. Avaliação do potencial eólico em cinco regiões do estado da Paraíba. **Revista de Geografia**, v. 27, n. 1, jan/mar. 2010.

LIMA, M. T. S. L.; SOUZA, M. C. Discorrendo Sobre o Uso das Termelétricas no Brasil. **Ciência e Natura**, Santa Maria, v. 37, ed. especial, UFVJM, p. 17–23, 2014.

LING, Q. H.; HUANG, W. H.; JARVIS, P. Use of a SPAD-502 meter to measure leaf chlorophyll concentration in *Arabidopsis thaliana*. **Photosynth. Res.**, n. 107, p. 209–214, 2011.

LIPS, K. R. et al. Amphibian population declines in Latin America: a synthesis. **Biotropica**, v. 37, n. 2, p. 222-226, 2005.

LOG EXPRESS. **Software para configurar o registro e a transmissão de dados do Medidor Portátil Multifuncional Modelo ITMCO₂ – 600**. INSTRUTEMP, 2014.

MACEDO, M. J. H.; GUEDES, R. V. S.; SOUSA, F. A. S. Monitoramento e intensidade das secas e chuvas na cidade de Campina Grande/PB. **Revista Brasileira de Climatologia**, ano 7, v. 8, jan/jun. 2011.

MACHADO, E. C. et al. Fluxo de seiva e fotossíntese em laranjeira ‘Natal’ com clorose variegada dos citros. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v. 41, n. 6, p. 911-918, jun. 2006.

MACHADO, E. C. et al. Respostas da fotossíntese de três espécies de citros a fatores ambientais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 40, n. 12, p. 1161-1170, 2005.

MALIK, R. N.; ZEB, N. Assessment of environmental contamination using feathers of *Bubulcus ibis* L., as a biomonitor of heavy metal pollution, Pakistan. **Ecotoxicology**, v. 18, p. 522- 536, 2009.

MACTEC. **Emissions, Meteorological Data, and Air Pollutant Monitoring for Alaska’s North Slope**. Prepared for Alaska Department of Environmental conservation by MACTEC Engineering and Consulting, Research Triangle Park, North Carolina. 2011. 125p. Disponível em: <http://dec.alaska.gov/air/ap/docs/North_Slope_Energy_Assessment_FINAL.pdf>. Acesso em: 28 Ago. 2017.

MAĪZI, A. et al. CFD prediction of odorous compound dispersion: Case study examining a full scale waste water treatment plant. **Biosystems Engineering**, v. 106, n. 1, p. 68–78, 2010.

MANDI, R. P.; YARAGATTI, U. R. Control of CO₂ emission through enhancing energy efficiency of auxiliary power equipment in thermal power plant. **Electrical Power and Energy Systems**, n. 62, p. 744–752, 2014.

MARANGON, G. P. et al. Estrutura e padrão espacial da vegetação em uma área de caatinga. **Floresta**, v. 43, n. 1, p. 83 - 92, Curitiba, jan./mar. 2013.

MARENCO, R. A.; LOPES, N. F. 2005. **Fisiologia Vegetal: Fotossíntese, respiração, relações hídricas e nutrição mineral**, Editora UFV. Viçosa, 2005. 451p.

MARIANO, E. F. **Relações biogeográficas entre a avifauna de floresta de altitude no Nordeste do Brasil**. 2014, 218 f. Tese (Doutorado em ciências biológicas zoologia) - Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2014.

MARIANO, J. B. Impactos ambientais do refino de petróleo. 2001, 216 f. Tese (Doutorado em Engenharia) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2001.

MARIN, F. R.; ASSAD, E. D.; PILAU, F. G. **Clima e ambiente: Introdução à Climatologia para Ciências Ambientais**. Campinas: Embrapa Informática Agropecuária, 2008. 127p.

MARINI, M. A.; GARCIA, F. I. Conservação de aves no Brasil. **Megadiversidade**, v. 1, n. 1, 2005.

MARKANDEYA, .; SHUKLA, S; KISKU, G. A Clean Technology for Future Prospective: Emission Modeling of Gas Based Power Plant. **Open Journal of Air Pollution**, v. 5, n. 4, p. 144, 2016.

MARQUES, O. et al. Atributos ambientais definidores de presença de fragmentos florestais de mata atlântica em microbacias instáveis. **Revista Universidade Rural, Série Ciências da Vida.**, Seropédica, RJ, EDUR, v. 24, n. 2, p. 145-150, Jul./Dez. 2004.

MARRA, N. C. Identidades culturais e a sustentabilidade na criação de parques ambientais. **Revista prisma Jurídico**, São Paulo, v. 10, n. 2, p. 349-367, jul./dez. 2011.

MARTIN, F. R.; GUARNIERI, R. A.; PEREIRA, E. B. O aproveitamento da energia eólica. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 30, n. 1, p. 1304, 2008.

MARTINS, C. R.; ANDRADE, J. B. Química Atmosférica do Enxofre (IV): Emissões, Reações em Fase Aquosa e Impacto Ambiental. **Química Nova**, v. 25, n. 2, p. 259-272, 2002.

MARTINS, C. R. et al. Ciclos Globais de Carbono, Nitrogênio e Enxofre: a importância da química na natureza. **Cadernos Temáticos de Química Nova na Escola**, n. 5, 2003.

MARTINS, L. C. et al. Relação entre poluição atmosférica e atendimentos por infecção de vias aéreas superiores no município de São Paulo: avaliação do rodízio de veículos. **Rev Bras Epidemiol.**, v. 4, n. 3, p. 220-9, 2001.

MASSAGARDI, M. **Diesel – Oportunidades e Desafios**. In: Hart World Fuels Conference Latin American & the Caribbean. Rio de Janeiro, 2004.

MATARAZZO-NEUBERGER, W. M. Comunidades de aves de cinco parques e praças da Grande São Paulo, Estado de São Paulo. **Ararajuba**, n. 3, p. 13-19, 1995.

MATTOS, L. B. R. **A importância do setor de transportes na emissão de gases do efeito estufa - o caso do município do rio de janeiro**. Tese (Doutorado em Engenharia), UFRJ, 2001.

MEDEIROS, C. D. et al. Leaf epicuticular wax content changes under different rainfall regimes, and its removal affects the leaf chlorophyll content and gas exchanges of *Aspidosperma pyrifolium* in a seasonally dry tropical forest. **South African Journal of Botany**, v. 111, p. 267–274, 2017.

MELO, A. S. et al. Alterações das características fisiológicas da bananeira sob condições de fertirrigação. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 39, n. 3, p. 733-741, 2009.

MELO, M. S. **Florística, fitossociologia e dinâmica de duas florestas secundárias antigas com histórias de uso diferentes no nordeste do Pará-Brasil**. 2004, 116 f. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) - Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2004.

MENDES, D.; SOUSA, A. E. B. A. Avifauna de uma área de Caatinga arbórea e ambientes associados no sertão paraibano, Brasil. **Ornithologia**, v. 9, n. 2, p. 80-97, dez. 2016.

MENDONÇA, F.; DANNI-OLIVEIRA, I. M. **Climatologia: noções básicas e climas do Brasil**. Oficina de textos, 2017.

MENDONÇA, L. A. R. et al. Identificação de mudanças florestais por 13C e 15N dos solos da Chapada do Araripe, Ceará. **R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental**, v. 14, n. 3, p. 314–319, 2010.

MENEZES, I. R. **Aves no Campus I da Universidade Estadual da Paraíba – UEPB – em Bodocongó, Campina Grande-PB**. UEPB, Campina Grande, 2004.

MENEZES, I. R.; ALBUQUERQUE, H. N.; CAVALCANTI, M. L. F. Avifauna no Campus I da UEPB em Campina Grande-PB. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, v. 5, n. 1, p. 1-10, 2004.

MENGISTU, T. et al. Leaf gas exchange in the frankincense tree (*Boswellia papyrifera*) of African dry woodlands. **Tree Physiology**, n. 31, p. 740–750, 2011.

METZ, B. et al (Ed.). **Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change**, 2007. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA. Disponível em: <http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/wg3/ar4_wg3_full_report.pdf>. Acesso em: 20 jul. 2017.

MIGLIAVACCA, D. M. **Estudo dos processos de remoção de poluentes atmosféricos e utilização de bioindicadores na região metropolitana de Porto Alegre, RS**. Tese (Doutorado em Ciências com ênfase em Ecologia), 2009.

MILLER, R. C. **Notes on analysis and severe storm forecasting procedures of the Air Force Global Weather Central**. Tech. Rept. 200(R), Headquarters, Air Weather Service, USAF, 1972. 190p.

MINOLTA. CAMERA Co., Ltda. **Manual for chlorophyll meter SPAD 502**. Osaka, Minolta, Radiometric Instruments divisions, 1989. 22p.

MOONEY, H. A.; WINNER, W. E. Carbon gain, allocation, and growth as affected by atmospheric pollutants. **In: Air pollution and plant metabolism** (S. Schulte-Hostede, N.M. Darrall, L.W. Blank & A.R. Wellburn, eds.). Elsevier Applied Science, London, p. 272-287. 1998.

MORAES, R. M. et al. Avaliação da sensibilidade da goiabeira 'Pedro Sato' ao ozônio. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v. 46, n. 9, p. 971-978, set. 2011.

MORMUL, R. P. et al. Caracterização das condições ambientais de um rio neotropical a partir da densidade, composição e riqueza de taxa de invertebrados bênticos. **Acta Scientiarum. Biological Sciences**, Maringá, v. 31, n. 4, p. 379-386, 2009.

MORO, M. F.; MARTINS, F. R. **Métodos de Levantamento do Componente Arbóreo-Arbustivo**. In: FELFILI, J. M.; EISENLOHR, P. V.; MELO, M. M. R. F.; ANDRADE, L. A.; MEIRA NETO, J. A. A. (Orgs). *Fitossociologia no Brasil: Métodos e Estudos de Casos*, v I, Comissão de Especialistas em Fitossociologia/Sociedade Botânica do Brasil. UFV, Viçosa, 2011.

MOURA, A. R. et al. Relações hídricas e solutos orgânicos em plantas jovens de *Jatropha curcas* L. sob diferentes regimes hídricos. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 26, n. 2, p. 345-354, abr./jun. 2016.

MOURA, M. S. B. **Árvore do conhecimento Bioma Caatinga: precipitação e evaporação**. 2007. Disponível em: <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/bioma_caatinga/arvore/CONT000g798rt3p02wx5ok0wtedt3nd3c63l.html>. Acesso em: 10 jul. 2015.

MUCELIN, C. A.; BELLINI, M. Lixo e impactos ambientais perceptíveis no ecossistema urbano. **Sociedade & Natureza**, Uberlândia, v. 20, n. 1, p. 111-124, jun. 2008.

MUELLER-DOMBOIS, D.; ELLENBERG, H. **Aims and methods of vegetation Ecology**. John Wiley and Sons, New York, 1974, 547p.

MUSSI, F. B.; CANUTO, K. C. Percepção dos atributos de uma inovação por parte dos profissionais de operação e manutenção de uma usina termelétrica: um caso de transferência de tecnologia com foco nos usuários finais. **Revista de Gestão e Projetos - GeP**, São Paulo, v. 3, n. 3, p. 28-57, set./dez. 2012.

MUSYIMI, D. M.; NETONDO, G. W.; OUMA, G. Effects of salinity on gas exchange and nutrients uptake in avocados. **Journal of Biological Sciences**, v.7, n.3, p.496 – 505, 2007.

NACCARI, C. et al. Common buzzards (*Buteo buteo*) bio-indicators of heavy metals pollution in Sicily (Italy). **Environ Int.** v. 35, p. 595-598, 2009.

NAGENDRA, S. M. S.; HARIKA, P. S. Indoor air quality assessment in a school building in Chennai City, India. WIT Transactions on Ecology and the Environment. **In: Air Pollution Eighteen**, v. 136, p. 275, 2010.

NARDOCCI, A. C. et al. Poluição do ar e doenças respiratórias e cardiovasculares: estudo de séries temporais em Cubatão, São Paulo, Brasil. **Cadernos de Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 29, v. 9, p. 1867-76, 2013.

NASCIMENTO, J. M. L.; CURI, R. C. A Interface da Responsabilidade Social na Gestão de Recursos Naturais. **REUNIR – Revista de Administração, Contabilidade e Sustentabilidade**, v. 3, n. 1, p. 44-61, jan./abr. 2013.

NAYAK, J. K.; PRAJAPATI, J. A. Handbook on energy conscious buildings. Indian: Pilot Edition, 2006. Disponível em:
<http://www.archmonk.com/uploads/4/4/5/8/44583405/climatology_notes_complete.pdf>.
Acesso em: 21 jul. 2017.

NBSC. National Bureau of Statistics of China. China Power Statistical Yearbook (2005–2011); **China Power Press**: Beijing, 2011 (in Chinese).

NEVES, R. M. L.; TELINO-JÚNIOR, W. R.; NASCIMENTO, J. L. X. **Aves da Fazenda Tamanduá, Santa Terezinha Paraíba**. Universidade Estadual de Pernambuco, Recife, 1999.

NOBRE, P. et al. **Impactos de mudanças climáticas globais na hidrologia do semiárido do Nordeste brasileiro para o final do século XXI**. Instituto Nacional do Semiárido, Campina Grande, 2011.

NEVES, T. T. A. T. **Análise de turbulência e convecção na Amazônia utilizando o modelo Palm-les**. 2015. 131 f. Tese (Doutorado em Meteorologia) – INPE, São José dos Campos. 2005.

O'CONNOR, R. J.; HICKS, R. K. The influence of weather conditions on the detection of birds during Common Bird Census fieldwork. **Bird Study**, Herts, n. 27, p. 137-151, 1980.

OCHOA, E. P. Aves silvestres como bioindicadores de contaminación ambiental y metales pesados. **CES Salud Pública**, v. 5, p. 59-69, 2014.

ODUM, E. P.; BARRET, G. W. **Fundamentos de Ecologia**. São Paulo: Thomson Learning, 2007.

OLIVEIRA, D. M.; SILVEIRA, M. V. D. Reação da termosfera a tempestades geomagnéticas. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 39, n. 3, e3305, 2017.

OLIVEIRA, I. M. D. Poluição do ar como causa de morbidade e mortalidade da população urbana. **R. RA'E GA**, Curitiba, n. 15, p. 113-126, 2008.

OLIVEIRA, J. A.; GONÇALVES, P. R.; BONVICINO, C. R. Mamíferos da Caatinga. 2003. In: LEAL, IR; TABARELLI, M; SILVA, JMC. **Ecologia e Conservação da Caatinga**. 2. ed. Recife: Editora Universitária UFPE, 2005. 822p

OLIVEIRA, L. L. et al. Precipitação efetiva e interceptação em Caxiuanã, na Amazônia Oriental. **Acta Amazônica**, Manaus, v. 38, n. 4, p. 723-732, 2008.

OLIVEIRA JÚNIOR, J. F.; PIMENTEL, L. C. G.; LANDAU, L. Critérios de estabilidade atmosférica para a região da Central Nuclear Almirante Álvaro Alberto, Angra dos Reis-RJ. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 25, n. 2, p. 270 - 285, 2010.

OLMOS, F.; SILVA, W. A. G.; ALBANO, C. G. Aves em oito áreas de Caatinga no sul do Ceará e oeste de Pernambuco, nordeste do Brasil: composição, riqueza e similaridade. **Pap. Avuls zool.**, v. 45, n. 14, 2005.

OMETTO, J. C. **Bioclimatologia vegetal**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1981.

OTTO, M. S. G. et al. Fotossíntese, condutância estomática e produtividade de clones de *eucalyptus* sob diferentes condições edafoclimáticas. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 36, v. 37, n. 3, p. 431-439, 2013.

PARAÍBA (Estado). Conselho Estadual de Direitos Humanos da Paraíba (CEDH/PB). **Relatório de visita**. 2013. Disponível em: <<https://pr-pb.jusbrasil.com.br/noticias/100586162/cedh-pb-divulga-relatorio-de-visita-ao-presidio-serrotao-e-faz-recomendacoes-ao-estado>>. Acesso em: 18 Dez. 2017.

_____. **Decreto Estadual n. 21.120, de 20 junho de 2.000**. Regulamenta a Lei 4.335, de 16 de dezembro de 1981.

_____. Governo da Paraíba. **Notícias - Trauma de Campina Grande**. 2017. Disponível em: <<http://paraiba.pb.gov.br/trauma-de-campina-grande-chega-a-mais-de-71-mil-atendimentos-em-2017/>>. Acesso em: 18 Dez. 17.

_____. Universidade Estadual da Paraíba – UEPB. **Gestão de Pessoas - Assessoria de Sistematização de Informações. Transparência – Portal Transparência**. 2015. Disponível em: <http://transparencia.uepb.edu.br/download/arquivos_diversos/quadro-de-servidores.pdf>. Acesso em 19 Dez. 2017.

PARANÁ (Estado). Resolução SEMA n. 016 - 15 de Abril de 2014. **Súmula: Definir critérios para o Controle da Qualidade do Ar**. 2014.

PATRA, B.; DEY, S. K.; DAS, M. T. Forest Management Practices for Conservation of Biodiversity: An Indian Perspective. **International Journal of Environmental Biology**, v. 5, n. 4, p. 93-98, 2015.

PAZ, A. L. G.; ROMANOWSKI, H. P.; MORAIS, A. B. B. Nymphalidae, Papilionidae and Pieridae (Lepidoptera: Papilionoidea) of the Serra do Sudeste, Rio Grande do Sul, Brazil. **Biota Neotrop.**, v. 8, n. 1, Jan./Mar. 2008.

PAZ, S. R. et al. Utilização de modelagem numérica para o estudo da dispersão de poluentes emitidos pela usina termoeletrica Presidente Médici. **Quimica Nova**, v. 30, n. 7, p. 1609-1615, 2007.

PEDROSO, A. N. V. **Poluentes Atmosféricos & Plantas Bioindicadoras**. Instituto de Botânica, São Paulo, 2007.

PEREIRA JÚNIOR, L. R. et al. Espécies da Caatinga como Alternativa para o Desenvolvimento de Novos Fitofármacos. **Floresta e Ambiente**, v. 21, n. 4, p. 509-520, 2014.

PEREIRA, A. R.; ANGELOCCI, L. R.; SENTELLAS, P. C. **Meteorologia agrícola**. LCE 306, USP, Piracicaba, 2007.

PERES, F. F. Meio Ambiente e Saúde: os efeitos fisiológicos da poluição do ar no desempenho físico - o caso do monóxido de carbono (CO). **Arquivos em Movimento**, Rio de Janeiro, v. 1, n. 1, p. 55-63, jan./jun. 2005.

PHILIPPI JR. A. et al. **Curso de gestão ambiental**. Barueri: Manole, 2004.

PINTO, M. S. C.; CAVALCANTE, M. A. B.; ANDRADE, M. V. M. Potencial forrageiro da caatinga, fenologia, métodos de avaliação da área foliar e o efeito do déficit hídrico sobre o crescimento de plantas. **Revista Electrónica de Veterinária REDVET**, v. 7, n. 4, abr. 2006.

PINZON-TORRES. J. A. **Mecanismo de defesa e recuperação da fotossíntese em *Centrolobium tomentosum* sob condições de estresse induzido por SO₂**. Tese (Doutorado em Biologia Vegetal) UNICAMP, Campinas, 2008.

PIRES, L. B. M. et al. A Study of the Internal Boundary Layer Generated at the Alcantara Space Center. **American Journal of Environmental Engineering**, v. 5, n. 1a, p. 52-64, 2015.

PIROLI, E. L. **Introdução ao geoprocessamento**. UNESP, Ourinhos, 2010. 46p.

PIZO, M. A.; GALETTI, M. **Métodos e perspectivas do estudo da frugivoria e dispersão de sementes por aves.** In: ACCORDI, I.; STRAUBE, F. C. & VON MATTER, S. (org.). *Ornitologia e conservação: ciência aplicada, técnicas de pesquisa e levantamento.* Rio de Janeiro, Technical Books, 2010.

POESEL, A. et al. Early birds are sexy: male age, dawn song and extrapair paternity in blue tits, *Cyanistes* (formerly *Parus*) *caeruleus*. **Animal Behaviour**, v. 72, n. 3, p. 531-538, 2006.
PRIMACK, R. B.; RODRIGUES, E. **Biologia da Conservação.** 12. impl. Londrina: planta, 2013.

POTGIETER, M. Probing the Universe with cosmic rays using high performance computing. **South African Journal of Science**, n. 104, November/December, 2008.

PRENNI, A. J. et al. **Air quality monitoring strategy.** Natural Resource Report NPS/NRSS/ARD//NRR-2015/909. National Park Service, Fort Collins, Colorado. 2015.

QUEIROZ, A. T.; OLIVEIRA, L. A. Relação entre produção e demanda hídrica na bacia do Rio Uberabinha, estado de Minas Gerais, Brasil. **Sociedade & Natureza**, Uberlândia, v. 25, n. 1, p. 191-204 jan./abr. 2013.

RABBANI, A. R. C.; SILVA-MANN, R. FERREIRA, R. A. Variabilidade genética de *Genipa americana* L. pertencente ao baixo curso do Rio São Francisco. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 36, n. 3, p. 401-409, 2012.

RAVEN, P. H.; EICHHORN, S. E.; EVERT, R. F. **Biologia vegetal.** 8. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2014.

RAVINA, M. **Development and application of a comprehensive methodology for the analysis of global and local emissions of energy systems.** 2016. 261 f. PhD thesis (Doctoral Program in Environmental Engineering) - Politecnico di Torino, Porto Institutional Repository, Torino, 2016.

REBOUÇAS, P. M. et al. Radiação solar e temperatura do ar em ambiente protegido. **Revista Agrogeoambiental**, v. 7, n. 2, jun. 2015.

RESENDE, F. **Poluição atmosférica por emissão de material particulado: avaliação e controle nos canteiros de obras de edifícios.** 2007. 210 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Cosntrução Civil). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.

RIBEIRO, G. N.; TEOTIA, H. S. Estudo dos solos e uso atual da terra do agreste paraibano, através de sensoriamento remoto e geoprocessamento... **anais XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Goiânia, Brasil**. INPE. Abril, 2005.

RIBERA, I. Habitat constraints and the generation of diversity in freshwater macroinvertebrates. **In: LANCASTER, R. A. B. ed. Aquatic insects: challenges to populations**. London, Proceedings of the Royal Entomological Society of London. p. 289-312, 2008.

ROBBINS, C.S. Bird activity levels related to weather. **Studies in Avian Biology**, Lawrence, v. 6, p. 301-10, 1981.

RODAL, M. J. N.; NASCIMENTO, L. M. The Arboreal Component of a Dry Forest in Northeastern Brazil. **Brazilian Journal of Biology**, v. 66, n. 2A, p. 479-491, 2006.

RODRIGUES, M. G.; COSTA, F. J. P. Energia e sustentabilidade no século XXI: o caso do Brasil. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, Aquidabã, v. 3, n. 1, p. 60-79, 2012.

ROSA, A. F. M. **Modelagem da concentração de dióxido de enxofre na região de Candiota- RS utilizando o modelo AERMOD**. 2012. 97 f. Dissertação (Mestrado Sensoriamento Remoto). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2012.

ROSA, L. P. Geração hidrelétrica, termelétrica e nuclear. **Estudos Avançados**, v. 21, n. 59, 2007.

SABINO, F. G. S.; CUNHA, M. C. L.; SANTANA, G. M. Estrutura da vegetação em dois fragmentos de caatinga antropizada na Paraíba. **Floresta e Ambiente**, v. 23, n. 4, p. 487-497, 2016.

SABINO, U.; DUCA, C. Utilização do tártaro emético no estudo de dieta de aves. **Natureza on line**, v. 9, n. 3, p. 144-145, 2011.

SALLA, L.; RODRIGUES, J. C.; MARENCO, R. A. Teores de clorofila em árvores tropicais determinados com o SPAD-502. **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre, v. 5, n. 2, p. 159-161, 2007.

SALLES, L.; PIUZANA, D. Monitoramento e interpretação da qualidade do ar para material particulado na área de influência do aterro sanitário de belo horizonte. **Geonomos**, v. 14, n. 1. 2, p. 17-24, 2006.

SANTANA, J. A. S. et al. Estrutura e distribuição espacial da vegetação da Caatinga na Estação Ecológica do Seridó, RN. **Pesq. flor. bras.**, v. 36, n. 88, p. 355-361, Colombo, out./dez. 2016.

SANTANA, J. A. S. Padrão de distribuição e estrutura diamétrica de *Croton sonderianus muell. arg.* (marmeleiro) na Caatinga da Estação Ecológica do Seridó. **Revista Verde**, Mossoró, v. 4, n. 3, p. 85-90, jul./set. 2009.

SANTANA, J. A. S. et al. Estrutura e distribuição espacial da vegetação da Caatinga na Estação Ecológica do Seridó, RN. **Pesq. flor. bras.**, Colombo, v. 36, n. 88, p. 355-361, out./dez. 2016.

SANTOS, L. A. R. **Análise e caracterização da camada limite convectiva em área de pastagem, durante o período de transição entre a estação seca e chuvosa na Amazônia.** 2005. 122 f. Tese (Doutorado em Meteorologia) – INPE, São José dos Campos. 2005.

SANTOS, V. P. et al. O papel dos poluentes atmosféricos sobre o peso ao nascer em cidade de médio porte Paulista. **Revista Paulista de Pediatria**, v. 32, n. 4, p. 306–312, 2014.

SAVEGNAGO, R. P. et al. Estimates of genetic parameters, and cluster and principal components analyses of breeding values related to egg production traits in a White Leghorn population. **Poultry Science**, n. 90, p. 2174-2188. 2011.

SCHIRMER, W. N. et al. A poluição do ar em ambientes internos e a síndrome dos edifícios doentes. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 16, n. 8, p. 3583-3590, 2011.

SCHIRMER, W. N.; RUDNIAK, A. Avaliação das emissões gasosas de diferentes tipos de combustíveis utilizados e seus impactos ambientais. **Tecno-Lógica**, Santa Cruz do Sul, v. 13, n. 1, p. 25-34, jan./jun. 2009.

SCHRAMM, J. **Estudo da dispersão de poluentes em uma usina termelétrica localizada em linhares utilizando o modelo Calpuff.** 2016, 67 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2016.

SCHULZE, R.H. Balancing simplicity with accuracy in the use of dispersion modeling in the United-States. **Int. J. Environ. Pollut.** v. 5, p. 521–529, 1995.

SEANGKIATYUTH, K. et al. Application of the AERMOD modeling system for environmental impact assessment of NO₂ emissions from a cement complex. **Journal of Environmental Sciences**, v. 23, n. 6, p. 931-940, 2011.

SEGUNDO, R. J. S. **Levantamento da comunidade de aves associada à vegetação de caatinga na fazenda Caiçara dos Quirinos, município de Congo, Cariri paraibano.** UEPB, Campina Grande, 2014.

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

SERAFIM, D. M. **A nocividade dos gases em ocorrências de incêndio.** UNIVALI, São José, 2008.

SHEPHERD, G. J. **Avaliação do estado do conhecimento da diversidade biológica do Brasil. Plantas terrestres,** 2003.

SHIELDS, W. M. The effect of time of day on avian census results. **Auk**, Boston, v. 94, p. 380-383, 1977.

SHIMANO, Y. et al. Composição e distribuição da fauna de Ephemeroptera (Insecta) em área de transição Cerrado-Amazônia, Brasil. **Iheringia, Série Zoologia**, Porto Alegre, v. 100, n. 4, p. 301-308, dez. 2010.

SICK, H. **Ornitologia Brasileira.** Edição revista e ampliada por Jose Fernando Pacheco. Editora Nova Fronteira, Rio de Janeiro, 2001. 862p.

SIKORA, E. J.; CHAPPELKA, A. H. **Air Pollution Damage to Plants.** The Alabama Cooperative Extension System 4M, Reprinted Dec. 2004, ANR-913, p. 6. Disponível em: <<http://www.aces.edu/pubs/docs/A/ANR-0913/ANR-0913.pdf>>. Acesso em: 30 mar. 2017.

SILVA, A. K. O. et al. Liquens utilizados como biomonitores da qualidade do ar no parque da Jaqueira, Recife, Pernambuco. **Geo UERJ. Rio de Janeiro**, ano 16, n. 25, v. 1, 1. sem, p. 239-256, 2014.

SILVA, B. B. et al. Potencial eólico na direção predominante do vento no Nordeste brasileiro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 6, n. 3, p. 431-439, 2002.

SILVA, B. K. G. Disponibilidade de biomassa e caracterização da Caatinga sob manejo agroecológico. 2016, 46 f. Dissertação (Mestrado em Produção Animal) - Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mosoró, 2016.

SILVA, B. R. S. et al. Qualidade do ar da cidade de Campina Grande-PB, por meio do método spore-fall. **Biofarma**, v. 10, n. 1, 2014.

SILVA, E. C.; FIGUEIREDO, V. S. Políticas públicas, segregação sócio espacial e as áreas periurbanas: contradições e impasses em torno do bairro do Ligeiro. Queimadas- PB. **In: XIV Encontro Latino Americano de Iniciação Científica e X Encontro Latino Americano de Pós-Graduação**, Universidade do Vale do Paraíba, 2010.

SILVA, E. M. et al. Aves silvestres comercializadas ilegalmente em feiras livres da cidade de Arapiraca, Alagoas. **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer, Goiânia, v. 11, n. 21, p. 2045-2055, 2015.

SILVA, F. G. et al. Trocas gasosas e fluorescência da clorofila em plantas de berinjela sob lâminas de irrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 19, n. 10, p. 946–952, 2015.

SILVA, F. R. **Estudo do desenvolvimento da Camada Limite Convectiva o Semiárido Brasileiro**. 2015. 66 f. Tese (Doutorado em Ciências Climáticas) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2015.

SILVA, G. R. **Caracterização de vento da região nordeste: análise, modelagem e aplicações para projetos de Centrais Eólicas**. 2003. 139 f. Mestrado (Mestrado em Engenharia Mecânica). Universidade Federal de Pernambuco. Recife. 2003.

SILVA, J. B.; GERMANO, S. R. Bryophytes on rocky outcrops in the *caatinga* biome: A conservationist perspective. **Acta bot. bras.**, v. 27, n. 4, p. 827-835, 2013.

SILVA, J. R. G.; ROCHA, T. A; FERREIRA, A. S. A importância de detecção de gases para prevenção de danos à segurança, meio ambiente e saúde: fontes de interferência em sinais 4 a 20 Ma. Bolsista de Valor: **Revista de divulgação do Projeto Universidade Petrobras e IF Fluminense**, v. 1, p. 359-364, 2010.

SILVA, K. L. et al. Educação em enfermagem e os desafios para a promoção de saúde. **Revista Brasileira de Enfermagem**, v. 62, n. 1, p. 86-91, 2009.

SILVA, M. A. S.; GRIEBELER, N. P.; BORGES, N. C. Uso de vinhaça e impactos nas propriedades do solo e lençol freático. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental**, v. 11, n. 1, p. 108–114, 2007.

SILVA, T. D.; MENEZES, M. S. Uma discussão ambiental: o aquecimento global e a busca pelo desenvolvimento sustentável. **Geografia em Atos**, Presidente Prudente, n. 7, v. 1, 2007.

SILVA, T. E. et al. Análise preliminar de qualidade do ar e condições microclimáticas da Lapa do Sufoco, São Desidério (BA). In: 32º Congresso Brasileiro de Espeleologia, 11-14, 2013, Barreiras. **Anais...** Barreiras: Sociedade Brasileira de Espeleologia, 2013.

SILVA, T. E. P. et al. **Enxofre: um poluente em potencial na composição do óleo diesel brasileiro**. IV Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental Salvador/BA, 25 a 28 novembro. 2013.

SILVA, U. C. **Dendrometria e inventário florestal**. Escola Agrotécnica Federal de Manaus, Manaus, 2004, 59p.

SILVA JÚNIOR, J. L. R. et al. Efeito da sazonalidade climática na ocorrência de sintomas respiratórios em uma cidade de clima tropical. **J Bras Pneumol**, v. 37, n. 6, p. 759-767, 2011.

SILVEIRA, L. F. et al. Para que servem os inventários de fauna? **Estudos Avançados**, v. 24, n. 68, 2010.

SINGH, A.; AGRAWAL, M. Acid rain and its ecological consequences. **Journal of Environmental Biology**, v. 29, n. 1, p. 15-24, January, 2008.

SNEATH, P. H.; SOKAL, R. R. **Numerical taxonomy the principles and practice of numerical classification**. San Francisco: W. H. Freeman. 1973. 573p.

SOARES NETO, R. L.; CORDEIRO, L. S.; LOIOLA, M. I. B. Flora do Ceará, Brasil: Combretaceae. **Rodriguésia**, v. 65, n. 3, p. 685-700, 2014.

SOUSA JÚNIOR, I. F. **A influência da urbanização no clima da cidade de Campina Grande-PB**. 2006, 92 f. Dissertação (Mestrado em Meteorologia). Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2006.

SOUSA, E. N. A.; LIMA, R. S.; ALBUQUERQUE, H. N. Inventário preliminar da avifauna do aeroporto Presidente João Suassuna – Campina Grande-PB. **Revista Brasileira de Informações Científicas**. v. 2, n. 3, p. 60-65. 2011.

SOUSA, F. A. S.; MORAIS, H. F.; SILVA, V. P. R. Influência da Urbanização no Clima da Cidade de Campina Grande-PB. **Revista Brasileira de Geografia Física**, n. 1, p. 134-145, 2011.

SOUSA, J. B. **Estimativas de emissões e modelagem matemática da dispersão de material particulado (MP₁₀) oriundo das atividades da indústria cerâmica**. 2016, 113 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia) - Universidade Estadual de Campinas, Limeira, 2016.

SOUZA, A. M. L.; ROCHA, E. J. P.; COHEN, J. C. P. Desenvolvimento da camada limite planetária nos ecossistemas de mangue e floresta. **Revista Brasileira de Meteorologia**, São Paulo, v. 21, n. 3b, p. 224-232, ago. 2006.

SOUZA, B. I.; ARTIGAS, R. C.; LIMA, E. R. V. Caatinga e desertificação. **Mercator**, v. 14, n. 1, p. 131-150, Fortaleza, jan./abr. 2015.

SOUZA, C. R.; SOARES, A. M.; REGINA, M. A. Trocas gasosas de mudas de videira, obtidas por dois porta-enxertos, submetidas à deficiência hídrica. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v. 36, n. 10, p. 1221-1230, out. 2001.

SOUZA, D. **Todas as aves do Brasil – Guia de campo para identificação**. 1. ed. Feira de Santana: DALL, 1999. 256p.

SOUZA, L. A. C. **Tópicos em Conservação Preventiva-5. Conservação Preventiva: Controle Ambiental**. Belo Horizonte: LACICOR, EBA, UFMG, 2008. 23p.

SOUZA, L. E. S.; PASQUALETTO, A. **Poluição sonora causada pelo fluxo de veículos automotores em Goiânia-GO**. 2005. Disponível em: <<http://pucgoias.edu.br/ucg/prope/cpgss/ArquivosUpload/36/file/Continua/POLUI%C3%87%C3%83O%20SONORA%20CAUSADA%20PELO%20FLUXO%20DE%20VE%C3%8DCU%20LOS%20AUTOMOTORES%E2%80%A6.pdf>>. Acesso em: 13 jul. 2015.

SOUZA, M. J. N.; OLIVEIRA, V. P. V. Os enclaves úmidos e sub-úmidos do semi-árido do nordeste brasileiro. **Mercator - Revista de Geografia da UFC**, ano 5, n. 9, 2006.

SOUZA, N. L. Unidades de Conservação em áreas urbanas - o caso do parque cinturão verde de Cianorte – módulo Mandhuy. **RA'E GA**, v. 23, p. 448-488, 2011.

SOUZA, V. P. et al. Análise dos gases poluentes liberados durante a queima de cerâmica vermelha incorporada com lodo de estação de tratamento de água. **Cerâmica**, n. 54, p. 351-355, 2008.

SPERLING, E. V. Hydropower in Brazil: overview of positive and negative environmental aspects. **Energy Procedia**, n. 18, p. 110 – 118, 2012.

STANGROOM, P. **CFD Modelling of Wind Flow Over Terrain**. 2004. 297p. Thesis (Doctor of Philosophy) - University of Nottingham, England, January, 2004.

STANSFELD, S. A., HAINES, M.; BROWN, B. **Noise and Health of Children**. TNO Report PG/VGZ/2000.042, Leiden, Organisation for Applied Scientific Research. 2000.

STATACTION - (Versão Pro 3.143.724.694). **Software para análises estatísticas**. Licença acadêmica. 2016.

STEFFENS, J.; STEFFENS, C. A poluição atmosférica e a qualidade de vida da população. **Unesc & Ciência - ACET**, Joaçaba, v. 4, n. 1, p. 85-96, jan./jun. 2013.

STEHFEST, E. et al. **Integrated Assessment of Global Environmental Change with Model description and policy applications Image 3.0**. © PBL Netherlands Environmental Assessment Agency The Hague, 2014.

STULL, R. B. **An introduction to boundary layer meteorology**. Netherlands: Kluwer Academic Publishers, 1988. p 1-23.

TADANO, Y. S. **Simulação da Dispersão dos Poluentes Atmosféricos para Aplicação em Análise de Impacto**. 2012. 195 f. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) – Universidade Estadual de Campinas. Campinas, 2012.

TANG, M. S. X.; ZHANG, Y.; LI, W. City clusters in China: air and surface water. **Pollution. Front Ecol Environ**, v. 4, n. 7, p. 353–361, 2006.

TELINO-JÚNIOR, W. R.; LYRA-NEVES, R. M.; NASCIMENTO, J. L. X. Biologia e composição da avifauna em uma Reserva Particular de Patrimônio Natural da caatinga paraibana. **Ornithologia**, v. 1, n. 1, p. 49-57, 2005.

TIAN, H. et al. Nitrogen Oxides Emissions from Thermal Power Plants in China: Current Status and Future Predictions. **Environmental Science & Technology**, n. 47, p. 11350-11357, 2013.

TISSOT, R. C. M. **Estudo da dispersão de material particulado (PTS), emitido pela usina termelétrica de Charqueadas**. 2010. 112 f. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) - Universidade Federal do Rio Grande Do Sul, Porto Alegre, 2010.

TOKARNIA, C. H. et al. **Plantas Tóxicas do Brasil para Animais de Produção**. Editora Helianthus, Rio de Janeiro, p. 211-217, 2012.

TOMINAGA, J.; KAWAMITSU, Y. Cuticle Affects Calculations of Internal CO₂ in Leaves Closing Their Stomata. **Plant Cell Physiol.**, v. 56, n. 10, p. 1900-1908, 2015.

TURNER, D. B. **Workbook of atmospheric dispersion estimates**. Cincinnati. U.S. Public Health Service, 1970.

TRESHOW, M.; ANDERSON, F. K. **Plant stress from air pollution**. John Wiley and Sons, Chichester, 1991.

TSHERING, K. **Ecological and Adaptation of Tertiary Relic Plant of *Tetracentron sinense* with Climate change in Bhutan Himalaya**. Dissertation, The foundation Rufford, 2016.

UGARTE-AVILÉS, T. et al. Impact of proximity of thermoelectric power plants on bronchial obstructive crisis rates. **BMC public health**, v. 17, n. 1, p. 96, 2017.

U.S. Environmental Protection Agency - EPA. **Clarification of Regulatory Status of CALPUFF for Near-field Applications U.S. Environmental Protection Agency**. Research Triangle Park, NC, 2008.

_____. Environmental Protection Agency. **Determination de CO, CO₂ e O₂, Emissions From stationary Sources – Method 3A**. States United, 1993.

_____. Environmental Protection Agency. **Determination of Nitrogen Óxide Emissions From stationary Sources. Method 7b**. States United, 1993.

_____. Environmental Protection Agency. Method 0030 (EPA SW 846) - Volatile Organic Sampling Train (VOST) for Volatiles. States United, September 1986.

_____. Environmental Protection Agency - EPA. **Ecological Risk Assessment Guidance for Superfund: Process for Designing and Conducting Ecological Risk Assessments. Interim Final. Environmental Response Team**. Edison, New Jersey. June 5. 1997.

_____. Environmental Protection Agency – EPA. **Office of Air and Radiation Office of Air Quality Planning and Standards Research Triangle Park, NC 27711, EPA-454/R-99-005, February, 2000.**

_____. Environmental Protection Agency – EPA **Office of Solid Waste EPA 530-D-99-001A**. Agosto, 1999.

_____. Environmental Protection Agency. **Particle pollution na your health**. United States: US EPA, 2006.

_____. Environmental Protection Agency - EPA. **User's guide to the building profile input program North Carolina 27711. EPA-454/R-93-038**, October, 1995.

VAISALA. **Como medir o dióxido de carbono**. 2012. Disponível em: <<http://www.vaisala.com/Vaisala%20Documents/Application%20notes/CEN-TIA-Parameter-How-to-measure-CO2-Application-note-B211228PT-A.pdf>>. Acesso em: 18 out. 2015.

VALERI, S. V.; SENÔ, M. A. A. F. A importância dos corredores ecológicos para a fauna e a sustentabilidade de remanescentes florestais. **In: XVIII Congresso Internacional de Direito Ambiental, São Paulo... Anais Eletrônicos**. ONG Planta Verde, São Paulo, 2004.

VAREJÃO-SILVA, M.A. Meteorologia e Climatologia. INMET: Brasília, 2000. 515p. Disponível em: <www.agritempo.gov.br>. Acesso em: 15 ago. 2017.

VAREJÃO-SILVA, M. A. **Meteorologia e Climatologia**. Recife: Versão Digital 2, 2006. Disponível em: <<http://edermileno.ggf.br/>>. Acesso em: 18 out. 2017.

VASCONCELOS, C. H.; NOVO, E. M. L. M.; DONALISIO, M. R. Uso do sensoriamento remoto para estudar a influência de alterações ambientais na distribuição da malária na Amazônia brasileira. **Cad. Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 22, n. 3, p. 517-526, mar. 2006.

VICINI, L. **Análise multivariada da teoria à prática**. Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2005. 215p.

VIDAL, W. N.; VIDAL, M. R. R. **Botânica organografia quadros sinóticos ilustrados de Fanerógamos**. 4. ed. rev. ampl. Viçosa: UFV, 2006.

VILLELA, I. A. C.; ANTUNES, J. S.; SILVEIRA, J. L. Impacto ambiental de uma planta termelétrica: emissões de dióxido do carbono, óxidos de nitrogênio, material particulado e dióxido sulfúrico. **Janus**, Lorena, v. 4, n. 5, jan./jun. 2007.

VIVAS, B. M.; FERNANDES, G. G.; MIRISOLA, L. G. B. Balão de estudos atmosféricos: Uma barata e inovadora opção para estudos da atmosfera. **In: 47º Concurso cientistas de amanhã balão de estudos atmosféricos**, São José dos Campos, 2004.

WALTER, L. C.; ROSA, H. T.; STRECK, N. A. Mecanismos de aclimação das plantas à elevada concentração de CO₂. **Ciência Rural**, v. 45, n. 9, set. 2015.

WALLACE, J. M.; HOBBS, P. V. **Atmospheric science an introductory survey**. 2. ed, Academic Press, 2006. 483p.

WANG, Z. et al. Assessment of air quality benefits from the national pollution control policy of thermal power plants in China: A numerical simulation. **Atmospheric Environment**, n. 106, p. 288-304, 2015.

WILSON, E. O. **Biodiversidade**. ed. nova Fronteira, 1997.

XLStat (Versão de avaliação 1.9.4.45707 - Freeware). **Software para análises estatísticas**. 2017.

YAN, K. et al. Energy Conversion and Management. **Energy Conversion and Management**, n. 98, p. 138–150, 2015.

YANG, Z.; WANG, J. A new air quality monitoring and early warning system: Air quality assessment and air pollutant concentration prediction. **Environmental Research**, v. 158, p. 105-117, October, 2017.

YASSIN, M. F. Evaluating the impacts of SO₂ emissions from power stations in Kuwait. **WIT Transactions on Ecology and the Environment**, v. 136, 2010.

YUAN, R.; LUO, T. Study of characteristics of depth of entrainment zone above the mixed layer in the daytime. **Chenese Journal of Geophysics**, v, 48, n.1. p. 23-30, 2005.

ZERI, L. M. M. **Estudo comparativo da estrutura da turbulência atmosférica na Camada Limite Superficial acima do Pantanal Matogrossense nos períodos úmido e seco**. 2003. 116 f. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), São José dos Campos-SP, 2003.

ZEMP, E. et al. Longterm ambient air pollution and respiratory symptoms in adults (SAPALDIA study). The SAPALDIA team. **American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine**, v.159, n. 4, p. 1257-1266, 1999.

ZHANG, X. et al. Spatiotemporal variations of tropospheric SO₂ over China by sciamachy observations during 2004 e 2009. **Atmospheric Environment**, n. 60, p. 238-246, 2012.

ZHENG, Y. F. et al. Combination Effects of Enhanced UV-B Radiation and O₃ Stress on Photosynthetic Characteristics of Winter Wheat. **Huanjing Kexue**/Environmental Science, v. 32, n. 10, p. 3023-3032, oct. 2011.

APÊNDICES

APÊNDICE A - Ficha de registro de jornadas para observação da avifauna

Jornada	Data	Horário	Acumulo de horas	Observadores
1	dd/mm/aaaa	00:00h – 00:00 h	00:00h	Primeira letra do(s) nome(s) do(s) observador(es)
2	dd/mm/aaaa	00:00h – 00:00 h	00:00h	Primeira letra do(s) nome(s) do(s) observador(es)
3	dd/mm/aaaa	00:00h – 00:00 h	00:00h	Primeira letra do(s) nome(s) do(s) observador(es)
4	dd/mm/aaaa	00:00h – 00:00 h	00:00h	Primeira letra do(s) nome(s) do(s) observador(es)
5	dd/mm/aaaa	00:00h – 00:00 h	00:00h	Primeira letra do(s) nome(s) do(s) observador(es)
6	dd/mm/aaaa	00:00h – 00:00 h	00:00h	Primeira letra do(s) nome(s) do(s) observador(es)
7	dd/mm/aaaa	00:00h – 00:00 h	00:00h	Primeira letra do(s) nome(s) do(s) observador(es)
8	dd/mm/aaaa	00:00h – 00:00 h	00:00h	Primeira letra do(s) nome(s) do(s) observador(es)
9	dd/mm/aaaa	00:00h – 00:00 h	00:00h	Primeira letra do(s) nome(s) do(s) observador(es)
10	dd/mm/aaaa	00:00h – 00:00 h	00:00h	Primeira letra do(s) nome(s) do(s) observador(es)
11	dd/mm/aaaa	00:00h – 00:00 h	00:00h	Primeira letra do(s) nome(s) do(s) observador(es)
12	dd/mm/aaaa	00:00h – 00:00 h	00:00h	Primeira letra do(s) nome(s) do(s) observador(es)
13	dd/mm/aaaa	00:00h – 00:00 h	00:00h	Primeira letra do(s) nome(s) do(s) observador(es)
14	dd/mm/aaaa	00:00h – 00:00 h	00:00h	Primeira letra do(s) nome(s) do(s) observador(es)
15	dd/mm/aaaa	00:00h – 00:00 h	00:00h	Primeira letra do(s) nome(s) do(s) observador(es)
16	dd/mm/aaaa	00:00h – 00:00 h	00:00h	Primeira letra do(s) nome(s) do(s) observador(es)

APÊNDICE B – Projeção da direção dos ventos das áreas 1 e 2, no Google Earth, conforme simulação do software WRPLOT



APÊNDICE C - Resumo dos resultados das Concentrações de MP, 2016

Results Summary

C:\Course_AERMOD\ESTUDO DA UTE CG 17 NOV 17\UTE_BE\UTE_BE7.isc

TSP - Concentration - Source Group: ALL

Averaging Period	Rank	Peak	Units	X (m)	Y (m)	ZELEV (m)	ZFLAG (m)	ZHILL (m)	Peak Date, Start Hour
1-HR	1ST	118.80583	ug/m ³	171336.61	9202470.76	585.20	0.00	645.00	15/04/2016, 22
8-HR	1ST	18.23230	ug/m ³	171336.61	9202470.76	585.20	0.00	645.00	15/04/2016, 24
12-HR	1ST	12.21179	ug/m ³	171336.61	9202470.76	585.20	0.00	645.00	15/04/2016, 24
24-HR	1ST	7.42309	ug/m ³	176324.95	9192456.44	486.80	0.00	486.80	06/11/2016, 24
ANNUAL		0.94056	ug/m ³	176324.95	9194960.02	480.50	0.00	480.50	

Fonte: Aermod View, 2017.

APÊNDICE D - Resumo dos resultados das Concentrações de SO₂, 2016

Results Summary

C:\Course_AERMOD\ESTUDO DA UTE CG 17 NOV 17\UTE_BE8_SOX\UTE_BE8_SOX.

SO2 - Concentration - Source Group: ALL

Averaging Period	Rank	Peak	Units	X (m)	Y (m)	ZELEV (m)	ZFLAG (m)	ZHILL (m)	Peak Date, Start Hour
1-HR	1ST	500.57538	ug/m ³	178819.12	9192456.44	499.00	0.00	499.00	12/08/2016, 13
8-HR	1ST	108.94476	ug/m ³	178819.12	9192456.44	499.00	0.00	499.00	12/08/2016, 16
12-HR	1ST	70.69642	ug/m ³	176324.95	9192456.44	499.00	0.00	499.00	05/11/2016, 24
24-HR	1ST	57.20184	ug/m ³	176324.95	9192456.44	499.00	0.00	499.00	06/11/2016, 24
ANNUAL		7.39512	ug/m ³	176324.95	9194960.02	499.00	0.00	499.00	

Fonte: Aermom View, 2017.

APÊNDICE E - Resumo dos resultados das Concentrações de CO, 2016

Results Summary

C:\Course_AERMOD\ESTUDO DA UTE CG 17 NOV 17\UTE_BE8_CO\UTE_BE8_CO.

CO - Concentration - Source Group: ALL

Averaging Period	Rank	Peak	Units	X (m)	Y (m)	ZELEV (m)	ZFLAG (m)	ZHILL (m)	Peak Date, Start Hour
1-HR	1ST	212.25045	ug/m ³	171336.61	9202470.76	585.20	0.00	645.00	15/04/2016, 22
8-HR	1ST	32.45278	ug/m ³	171336.61	9202470.76	585.20	0.00	645.00	15/04/2016, 24
12-HR	1ST	21.73594	ug/m ³	171336.61	9202470.76	585.20	0.00	645.00	15/04/2016, 24
24-HR	1ST	13.18293	ug/m ³	176324.95	9192456.44	486.80	0.00	486.80	06/11/2016, 24
ANNUAL		1.66343	ug/m ³	176324.95	9194960.02	480.50	0.00	480.50	

Fonte: Aermol View, 2017.

APÊNDICE F- Resumo dos resultados das Concentrações de NO_x, 2016

Results Summary

C:\Course_AERMOD\ESTUDO DA UTE CG 17 NOV 17\UTE_BE8_NOx\UTE_BE8_NOx.

NO_x - Concentration - Source Group: ALL

Averaging Period	Rank	Peak	Units	X (m)	Y (m)	ZELEV (m)	ZFLAG (m)	ZHILL (m)	Peak Date, Start Hour
1-HR	1ST	1679.77539	ug/m ³	171336.61	9202470.76	585.20	0.00	645.00	15/04/2016, 22
8-HR	1ST	257.05204	ug/m ³	171336.61	9202470.76	585.20	0.00	645.00	15/04/2016, 24
12-HR	1ST	172.16877	ug/m ³	171336.61	9202470.76	585.20	0.00	645.00	15/04/2016, 24
24-HR	1ST	105.00604	ug/m ³	176324.95	9192456.44	486.80	0.00	486.80	06/11/2016, 24
ANNUAL		13.27557	ug/m ³	176324.95	9194960.02	480.50	0.00	480.50	

Fonte: Aermol View, 2017.

ANEXOS

ANEXO A - Autorização para atividades com finalidade científica - SISBIO



Ministério do Meio Ambiente - MMA
 Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade - ICMBio
 Sistema de Autorização e Informação em Biodiversidade - SISBIO

Autorização para atividades com finalidade científica

Número: 49946-2	Data da Emissão: 24/09/2015 10:23	Data para Revalidação*: 23/10/2016
* De acordo com o art. 28 da IN 03/2014, esta autorização tem prazo de validade equivalente ao previsto no cronograma de atividades do projeto, mas deverá ser revalidada anualmente mediante a apresentação do relatório de atividades a ser enviado por meio do Sisbio no prazo de até 30 dias a contar da data do aniversário de sua emissão.		

Dados do titular

Nome: Joaci dos Santos Cerqueira	CPF: 027.070.387-09
Título do Projeto: PLANO DE TESE ABR 15 - EMISSÕES DE DIÓXIDO DE CARBONO PELA QUEIMA DO ÓLEO OCB1, EM CAMPINA GRANDE-PB, BRASIL	
Nome da Instituição : UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE	CNPJ: 05.055.128/0001-76

Este documento (Autorização para atividades com finalidade científica) foi expedido com base na Instrução Normativa nº 03/2014. Através do código de autenticação abaixo, qualquer cidadão poderá verificar a autenticidade ou regularidade deste documento, por meio da página do Sisbio/ICMBio na Internet (www.icmbio.gov.br/sisbio).

Código de autenticação: 48162891



Página 1/4

**ANEXO B - Autorização para atividades com finalidade científica com espécies da
Ornitofauna no entorno da Termelétrica Borborema S.A - SISBIO**



Ministério do Meio Ambiente - MMA
Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade - ICMBio
Sistema de Autorização e Informação em Biodiversidade - SISBIO

Autorização para atividades com finalidade científica

Número: 57894-1	Data da Emissão: 08/01/2016 09:18	Data para Revalidação*: 07/06/2018
* De acordo com o art. 28 da IN 03/2014, esta autorização tem prazo de validade equivalente ao previsto no cronograma de atividades do projeto, mas deverá ser revalidada anualmente mediante a apresentação do relatório de atividades a ser enviado por meio do Sisbio no prazo de até 30 dias a contar da data do aniversário de sua emissão.		

Dados do titular

Nome: Joaci dos Santos Cerqueira	CPF: 027.070.387-09
Título do Projeto: TERMOELÉTRICA versus INTEGRIDADE ECOLÓGICA: consequências do seu funcionamento para o Estado da Paraíba	
Nome da Instituição : UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE	CNPJ: 05.055.128/0001-76

Cronograma de atividades

#	Descrição da atividade	Início (mês/ano)	Fim (mês/ano)
1	Observação da Avifauna no Entorno da Termelétrica de Campina Grande-PB, uma vez por semana	01/2016	12/2017

Equipe

#	Nome	Função	CPF	Doc. Identidade	Nacionalidade
1	HELDER NEVES DE ALBUQUERQUE	Co-Orientador	862.261.774-20	4477931 SSP-PE	Brasileira

Locais onde as atividades de campo serão executadas

#	Município	UF	Descrição do local	Tipo
1	CAMPINA GRANDE	PB	Termelétrica de Campina Grande	Fora de UC Federal

Este documento (Autorização para atividades com finalidade científica) foi expedido com base na Instrução Normativa nº 03/2014. Através do código de autenticação abaixo, qualquer cidadão poderá verificar a autenticidade ou regularidade deste documento, por meio da página do Sisbio/ICMBio na Internet (www.icmbio.gov.br/sisbio).

Código de autenticação: 85284466



Página 1/2

ANEXO C - Ofício de solicitação de cópia de Relatório de Amostragem Isocinética da
Termelétrica Borborema S.A, junto a SUDEMA



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS
UNIDADE ACADÊMICA DE CIÊNCIAS ATMOSFÉRICAS
COORDENAÇÃO ADMINISTRATIVA



OFICIO.UACA Nº 03/2017

Campina Grande, 23 de novembro de 2017.

Ao Ilustríssimo

JOÃO VICENTE MACHADO SOBRINHO

Superintendente da Superintendência de Administração do Meio Ambiente - SUDEMA

Assunto: solicitação de cópia do Relatório de Amostragem Isocinética Semestral,
referente a Termelétrica Energética Borborema S.A.

Ilustríssimo Superintendente,

1. Em atenção ao protocolo nº 00099.000821/2017-6 do Serviço de Informação ao Cidadão, solicito a esta Superintendência, 1 (uma) cópia dos 2 (dois) últimos Relatórios de Amostragem Isocinética Semestral, referente a Termelétrica Energética Borborema S.A (CNPJ 09.036.424/0001-80), sediado na região metropolitana de Campina Grande-PB.
2. Outrossim, informo-vos que tal pedido, faz-se porque os dados do Relatório de Amostragem Isocinética Semestral, da Termelétrica Borborema S.A, são essenciais para que o Doutorando do Curso de Recursos Naturais da Universidade Federal de Campina Grande-PB, **JOACI DOS SANTOS CERQUEIRA, matrícula nº 201413505-9**, conclua sua Tese de Doutorado. Portanto, o uso dos dados solicitados, são estritamente, de caráter acadêmico, onde somente serão utilizados no estudo em questão.
3. Certos de podermos contar com vossa colaboração neste sentido, antecipadamente agradecemos.

Atenciosamente,

Prof. Dr - FRANCISCO DE ASSIS SALVIANO DE SOUSA
UACA/CTRNU/UFPA

ANEXO D - Ofício resposta da SUDEMA sobre o Relatório de Amostragem Isocinética da Termelétrica Borborema S.A, informando a relação de Processos reativos a Termelétrica



Governo do Estado da Paraíba
Secretaria de Estado de Infraestrutura dos Recursos Hídricos, do Meio Ambiente e da Ciência e Tecnologia
Superintendência de Administração do Meio Ambiente
Av. Monsenhor Walfredo Leal, 181 – Tambiá – João Pessoa – PB – CEP 58.020-540
Fones: (83) 3218-5602/3218-5581 FAX (83) 3218-5580



OFICIO Nº 291/2017//DT/SUDEMA
Referente ao Prot. 7263/2017

João Pessoa, 29 de novembro de 2017

Ao Senhor Dr.
Francisco de Assis S. de Souza
Universidade Federal de Campina Grande
Unidade Acadêmica de Ciências Atmosféricas
Rua Aprígio Veloso, 882 – Bairro Universitário
Campina Grande – PB
CEP: 58429-900

Assunto: Solicitações de informações.

Dr. Francisco,

Comunicamos a Vossa Senhoria nos colocamos inteiramente a dispor no sentido de fornecer a cópia dos documentos pleiteados, entretanto, deverá ser preenchido um requerimento em nossa Divisão de Protocolo – DIAT e posteriormente apresentado ao Setor de Emissão de Boletos Bancários, para emissão da guia de pagamento referente a produção das cópias, conforme portaria nº 16/2017/SUDEMA.

Atenciosamente,

JOÃO VICENTE MACHADO SOBRINHO
Diretor Superintendente



**NÃO DEIXE ÁGUA PARADA.
TODOS CONTRA A DENGUE,
CHIKUNGUNYA E ZIKA.**

DIÁRIO OFICIAL

ESTADO DA PARAÍBA

João Pessoa - Quinta-feira, 17 de Agosto de 2017

Preço:

SUDEMA - SUPERINTENDÊNCIA DE ADMINISTRAÇÃO DO MEIO AMBIENTE DO ESTADO DA PARAÍBA
PORTARIA Nº 16/2017/SUDEMA João Pessoa, 10 de agosto de 2017

Dispõe acerca do procedimento de cópias referentes aos Processos Administrativos existentes nesta Autarquia.
 A Superintendente da SUDEMA - Superintendência de Administração do Meio Ambiente do Estado da Paraíba, no uso das atribuições que lhe são conferidas pelo Artigo 15, Inciso

XI, do Decreto nº 12.360, de 20 de janeiro de 1988.

Considerando o Art. 5º, XXXI e C LX, da Constituição Federal de 1988;
 Considerando o Art. 3º, II, da Lei nº 9.784/1999, que dispõe sobre o Processo Administrativo no âmbito da Administração Pública Federal;

Considerando o Art. 1º, II, da Lei nº 12.527/2011, que regula o acesso à informação e dá outras providências;

Considerando a Lei nº 10.650/2003, que dispõe sobre o acesso público aos dados e informações existentes nos órgãos e entidades existentes integrantes do SISNAMA;

Tendo em vista a necessidade de regulamentar o procedimento a ser observado na obtenção de cópias relativas aos Processos Administrativos existentes nesta Superintendência,

RESOLVE:

Art. 1º Aprovar normas e procedimentos a serem observados na obtenção de cópias, pedido de vista ou utilização de meios fotográficos relacionados aos processos administrativos existentes nesta Autarquia, respeitando-se, em todos os casos, o sigilo a que se refere o Art. 5º, XXXIII, da CF/88 e o Art. 2º, § 2º, da Lei nº 10.650/2003.

Parágrafo único. O indivíduo requerente assume a obrigação de não utilizar as informações obtidas para fins comerciais, sob as penas da lei civil, penal, de direito autoral, e de propriedade industrial, além de obrigá-lo a citar as fontes, caso, por qualquer meio, venha a divulgá-las, em obediência ao Art. 2º, § 1º, da Lei nº 10.650/2003.

Art. 2º O acesso público às cópias dos processos administrativos junto a esta Autarquia far-se-á mediante requerimento, disponibilizado junto à Divisão de Atendimento - Diat, devidamente preenchido em duas vias pelo indivíduo, que fornecerá documento de identificação para fins de certificação.

Parágrafo único. O requerimento de cópia não isenta o requerente do custo despendido para o seu fornecimento pela Autarquia.

Art. 3º Após o preenchimento do requerimento, este deverá ser apresentado ao Setor de Emissão de Boletos Bancários para que se proceda à emissão da guia de pagamento referente à(s) cópia(s) do(s) processo administrativo(s).

Parágrafo único. Cada requerimento refere-se a um processo administrativo.

Art. 4º Após a comprovação do pagamento, devidamente aferida pelo funcionário onde tramita o respectivo processo; objeto do pedido de cópia, a SUDEMA terá até 05 (cinco) dias úteis para fornecer as cópias, ressalvando-se casos fortuitos ou de força maior.

Parágrafo único. Sempre que por motivos de interesse ou necessidade da Administração Pública, o processo administrativo não se encontrar neste núcleo ou estiver sob análise técnica, obedecer-se-á o prazo de 30 (trinta) dias constante no Art. 2º, § 5º, da Lei nº 10.650/2003.

Art. 5º Cada Setor que compõe esta Autarquia será responsável por providenciar a realização de cópia inerente ao processo que se situa em seu interior, ficando sob sua responsabilidade o prazo a que se refere o Art. 4º.

Art. 6º O acesso a cópia de processo administrativo por meios fotográficos, não enseja o pagamento a que se refere o parágrafo único do Art. 2º, obrigando-se, todavia, o indivíduo a preencher o requerimento, bem como a fornecer documento de identificação.

Parágrafo único. O prazo para a diligência de que trata o *caput* obedecerá ao previsto no Art. 4º.

Art. 7º O pedido de vista de processo administrativo independe de requerimento, podendo ser realizado no horário de expediente, desde que na presença de servidor público do respectivo Setor em que se encontra o processo.

Art. 8º A cobrança das cópias dos processos administrativos se dará nos seguintes montantes, passíveis de reajustes a critério da Administração:

I - Até 05 (cinco) cópias isenção de pagamento;

II - Acima de 05 (cinco) cópias: R\$ 0,50 (cinquenta centavos) por cópia solicitada;

Parágrafo único. A isenção de que trata o I não alcança o mesmo requerente já beneficiado por tal vantagem, em relação ao mesmo processo administrativo.

REPUBLICAR POR INCORREÇÃO DATADO 16/08/2017

JOÃO VICENTE MACHADO SOBRINHO
 Diretor Superintendente

Software Administrativo e de Controle da		Pesquisa Rápida		<input checked="" type="checkbox"/> CNPJ/CPF		GOVERNO DA PARAIBA	
09036424000180		Pesquisat					
Cadastro	Fluxo de Processos	Distribuição	Dívida Ativa	Consultas	Pauta de Trabalho	Imprimir	Ocorrência
Pesquisa Processo - Pesquisa Rápida							
Número	Cliente	Fator Gerador	Data de Formação	Status Atual			
2017-001456/TEC/LO-4180	BORBOREMA ENERGETICA S.A	R.L.O Niz 1/2 1442/15, REF. PROC.5292/14=LINHA DE TRANSMISSÃO DE ENERGIA ELETRICA- EXTENSÃO:3,9KM-IT:2686294,00-NE:37-L/ATV:R.JOSÉ PAULO DA ROCHA Niz 1/2 2055-DIST.IND.VELAME-CG-PB, 1ªPUB	8/3/2017 11:48:04	Concluído			
2015-007756/TEC/LO-1220	BORBOREMA ENERGETICA S.A	R.L.O. NºC10/2015 PROC. 14-2037=GERAÇÃO DE ENERGIA TERMELETRICA=IT:360MILHÕES=AC:5HA=NE:29=L/AT:R. JOSÉ PAULINO DA ROCHA, Nº2055, DISTRITO IND. VELAME, C. GRANDE-PB. 1ªPUBLIC. -09.036.424/0001-80	4/12/2015 10:35:00	Concluído			
2014-005292/TEC/LO-8210	BORBOREMA ENERGETICA S.A	RLO Nº4163/2012-REF.AO PROC. Nº2012-007090-LINHA DE TRANSMISSÃO DE ENERGIA ELETRICA- EXTENSÃO:3,9KM-IT:2686294,00-NE:11-L/ATV:R.JOSÉ PAULINO DA ROCHA-DIST.IND.VELAME-CG-PB.	8/8/2014 09:24:00	Encaminhado para a área			
2014-005291/TEC/LO-8209	BORBOREMA ENERGETICA S.A	RLO Nº3960/2012-REF.AO PROC. Nº2012-004651-ESTRADA DE ACESSO USINA TERMELETRICA C.GRANDE-AC:2,5KM DE EXTENSÃO-IT:2891217,93-NE:11-L/ATV:R.JOSÉ PAULINO DA ROCHA-Nº2055-CG	8/8/2014 09:17:00	Arquivado			
2014-002037/TEC/LO-7339	BORBOREMA ENERGETICA S.A	RENOVAÇÃO DA LICENÇA DE OPERAÇÃO Nº - C5/2013 - GERAÇÃO DE ENERGIA TERMOELETTRICO ÁREA 7HA, C.GRANDE-PB.	26/3/2014 09:13:00	Arquivado			
2012-007726/TEC/LO-4027	BORBOREMA ENERGETICA S.A	RENOVAÇÃO DA L.O Nº 3349/2010 - PROCESSO Nº 2010-005140 - PRODUÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA A PARTIR DE USINA TERMELETRICA A ÓLEO COMBUSTÍVEL - AC-60.000M² - CAMPINA GRANDE-PB	30/10/2012 10:26:00	Cancelado			
2012-007725/TEC/LO-4026	BORBOREMA ENERGETICA S.A	LICENÇA DA L.O Nº 3349/2010 - PROCESSO Nº 2010-005140 - PRODUÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA A PARTIR DE USINA TERMELETRICA A ÓLEO COMBUSTÍVEL - AC-60.000M² - CAMPINA GRANDE-PB.	30/10/2012 10:26:00	Cancelado			
2012-007724/TEC/LO-4025	BORBOREMA ENERGETICA S.A	LICENÇA DA L.O Nº 3349/2010 - PROCESSO Nº 2010-005140 - PRODUÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA A PARTIR DE USINA TERMELETRICA A ÓLEO COMBUSTÍVEL - AC-60.000M² - CAMPINA GRANDE-PB.	30/10/2012 10:26:00	Cancelado			
2012-007723/TEC/LO-4024	BORBOREMA ENERGETICA S.A	LICENÇA DA L.O Nº 3349/2010 - PROCESSO Nº 2010-005140 - PRODUÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA A PARTIR DE USINA TERMELETRICA A ÓLEO COMBUSTÍVEL - AC-60.000M² - CAMPINA GRANDE-PB.	30/10/2012 10:26:00	Cancelado			
2012-007722/TEC/LO-4023	BORBOREMA ENERGETICA S.A	LICENÇA DA L.O Nº 3349/2010 - PROCESSO Nº 2010-005140 - PRODUÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA A PARTIR DE USINA TERMELETRICA A ÓLEO COMBUSTÍVEL - AC-60.000M² - CAMPINA GRANDE-PB.	30/10/2012 10:26:00	Cancelado			
2012-007721/TEC/LO-4022	BORBOREMA ENERGETICA S.A	LICENÇA DA L.O Nº 3349/2010 - PROCESSO Nº 2010-005140 - PRODUÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA A PARTIR DE USINA TERMELETRICA A ÓLEO COMBUSTÍVEL - AC-60.000M² - CAMPINA GRANDE-PB.	30/10/2012 10:26:00	Cancelado			
2012-007720/TEC/LO-4021	BORBOREMA ENERGETICA S.A	LICENÇA DA L.O Nº 3349/2010 - PROCESSO Nº 2010-005140 - PRODUÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA A PARTIR DE USINA TERMELETRICA A ÓLEO COMBUSTÍVEL - AC-60.000M² - CAMPINA GRANDE-PB.	30/10/2012 10:26:00	Cancelado			
2012-007719/TEC/LO-4020	BORBOREMA ENERGETICA S.A	LICENÇA DA L.O Nº 3349/2010 - PROCESSO Nº 2010-005140 - PRODUÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA A PARTIR DE USINA TERMELETRICA A ÓLEO COMBUSTÍVEL - AC-60.000M² - CAMPINA GRANDE-PB.	30/10/2012 10:26:00	Cancelado			
2012-007718/TEC/LO-4019	BORBOREMA ENERGETICA S.A	LICENÇA DA L.O Nº 3349/2010 - PROCESSO Nº 2010-005140 - PRODUÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA A PARTIR DE USINA TERMELETRICA A ÓLEO COMBUSTÍVEL - AC-60.000M² - CAMPINA GRANDE-PB.	30/10/2012 10:26:00	Cancelado			
2012-007717/TEC/LO-4018	BORBOREMA ENERGETICA S.A	LICENÇA DA L.O Nº 3349/2010 - PROCESSO Nº 2010-005140 - PRODUÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA A PARTIR DE USINA TERMELETRICA A ÓLEO COMBUSTÍVEL - AC-60.000M² - CAMPINA GRANDE-PB.	30/10/2012 10:26:00	Cancelado			
2012-007716/TEC/LO-4017	BORBOREMA ENERGETICA S.A	LICENÇA DA L.O Nº 3349/2010 - PROCESSO Nº 2010-005140 - PRODUÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA A PARTIR DE USINA TERMELETRICA A ÓLEO COMBUSTÍVEL - AC-60.000M² - CAMPINA GRANDE-PB.	30/10/2012 10:26:00	Cancelado			

ANEXO E - Aviso dos Correios, do envio do Ofício de solicitação de cópia de Relatório de Amostragem Isocínética da Termelétrica Borborema S.A, junto a SUDEMA

	AVISO DE RECEBIMENTO AR	DY 71423769 0 BR												
	DATA DE POSTAGEM / DATE DE DÉPÔT 24 NOV 2017 UNIDADE DE POSTAGEM / BUREAU DE DÉPÔT CAMPINA GRANDE - PB AGF BARRIO PRATA	TENTATIVAS DE ENTREGA / TENTATIVES DE LIVRAISON <table border="1"> <tr> <td>/ /</td> <td>/ /</td> <td>/ /</td> </tr> <tr> <td>:</td> <td>h</td> <td>:</td> </tr> <tr> <td>:</td> <td>h</td> <td>:</td> </tr> <tr> <td>:</td> <td>h</td> <td>:</td> </tr> </table>		/ /	/ /	/ /	:	h	:	:	h	:	:	h
/ /	/ /	/ /												
:	h	:												
:	h	:												
:	h	:												
ENDERECO PARA DEVOLUÇÃO / RETOUR	NOME OU RAZÃO SOCIAL DO REMETENTE / NOM OU RAISON SOCIALE DE L'EXPÉDITEUR JOACI DOS SANTOS CERQUEIRA													
	RUA MARIA DE LOURDES P. PINTO													
	CEP 58205-46 CAMPINA GRANDE													
	UF PB	BRASIL BRÉSIL												
5 8 2 0 5 4 6														

PREENCHER COM LETRA DE FORMA		AR
DESTINATÁRIO DO OBJETO / DESTINAIRE NOME OU RAZÃO SOCIAL DO DESTINATÁRIO DO OBJETO / NOM OU RAISON SOCIALE DU DESTINAIRE SUDEMA AV. MONSENHOR WALFREDO LEAL 181		
ENDEREÇO / ADRESSE CEP / CODE POSTAL 58020546 CIDADE / LOCALITÉ JOÃO PESSOA		
UF PB	PAÍS / PAYS BRASIL	
DECLARAÇÃO DE CONTEÚDO (SUJEITO À VERIFICAÇÃO) / DISCRIMINATION OFÍCIO		NATUREZA DO ENVIO / NATURE DE L'ENVOI <input type="checkbox"/> PRIORITÁRIA / PRIORITAIRE <input type="checkbox"/> EMS <input type="checkbox"/> SEGURADO / VALEUR DÉCLARÉ
ASSINATURA DO RECEBEDOR / SIGNATURE DU RÉCEPTEUR GABRIELA MAIA		DATA DE RECEBIMENTO / DATE DE LIVRAISON 27/11/17
NOME LEGÍVEL DO RECEBEDOR / NOM LISIBLE DU RÉCEPTEUR Marcio Ribeiro		CARIMBO DE ENTREGA / UNIDADE DE DESTINO / BUREAU DE DESTINATION CDD TORRE 27 NOV 2017 PB
Nº DOCUMENTO DE IDENTIFICAÇÃO DO RECEBEDOR / ÓRGÃO EXPEDIDOR		RUBRICA E MAT. DO EMPREGADO / SIGNATURE DE L'AGENTE Carteiro
ENDEREÇO PARA DEVOLUÇÃO NO VERSO / ADRESSE DE RETOUR DANS LE VERSO		
75240203-0	FC0463 / 16	114 x 166 mm

ANEXO F – Requerimento para pedido de cópia de Processo da SUDEMA



Governo do Estado da Paraíba
Secretaria de Estado dos Recursos Hídricos, do Meio Ambiente e da Ciência e Tecnologia
Superintendência de Administração do Meio Ambiente



REQUERIMENTO PARA PEDIDO DE CÓPIA DE PROCESSO

Ilmo(a). Sr(a).

SUPERINTENDENTE DA SUDEMA

João Pessoa, 01 12, 2017

Espaço Reservado ao Protocolo
Geral

Eu, JOACI DOS SANTOS PERONEIRA,
abaixo assinado(a), residente na RUA MARIA DE LOURDES P. ANTO
nº 265, complemento _____, bairro Bodocongo,
cidade PARRAMA GRANDE CEP 58430-065 telefone (83) 3088-8901
venho, respeitosamente, solicitar:

Cópias referentes ao Processo Técnico/Administrativo nº 2015-7756,
assumindo o compromisso de não utilizar as informações obtidas para fins comerciais, sob pena
da Lei Civil Penal, de direito autoral e de propriedade industrial, assim como citar fontes, caso,
por qualquer meio, venha a divulgar os aludidos dados em respeito à Lei Federal nº 10.650, de
16 de abril de 2003, em seus arts. 1º e 4º.

- Inteiro teor (cópia do processo inteiro) - nº de fls. do processo: _____
- folhas de nºs.: 60

Comprometo-me a juntar neste requerimento documento de identificação, bem como recolher a
taxa referente às cópias solicitadas, e estou ciente de que o não pagamento implicará o não
recebimento das cópias ora requeridas.

Nestes termos

Pede deferimento.

Joaci dos Santos Peroneira
ASSINATURA DO REQUERENTE

Av. Monsenhor Walfredo Leal, 181 – Tambiá – João Pessoa – PB – CEP 58.020-540
Fones: (83) 3218-5602/3218-5581 FAX (83) 3218-5580
CGC 08.329.849/0001-15 email sudema@sudema.pb.gov.br

ANEXO G - GRU para pagamento de Taxa Serviços (fotocópia), junto a SUDEMA

TERM 00006491 AGENTE 701158 AUTE 20862
 COBAN:050494 LOJA:003005 PDV:006491
 01/12/2017 BANCO DO BRASIL 10:43:12
 001136795 CORRESPONDENTE BANCARIO 0439

COMPROVANTE PAGAMENTOS COM COD.BARRA


CONVENIO: SUDEMA
 85650000000 30000424173 65301458121
 39111000000
 NR. DOCUMENTO 30.066.491
 NR. CONVENIO 110.514-0
 DATA DO PAGAMENTO 01/12/2017
 VLR DO PAGAMENTO 30,00
 NR.AUTENTICACAO F.888.BUC.F35.083.AD7

14 -		16 -		17 -		18 -		19 -		20 -		21 -		22 -		23 -		24 -		25 -		26 -		27 -									
ESTADO DA PARÁLIA		- Detalhamento Campo 11		Especificação da Receita		Reservado		Número de		Nome da Firma ou Razão Social		Endereço		Bairro		CEP		Município		Informações Complementares		Valor por Estorno		Admissão Médica									
SEC DE ESTADO DA RECEITA		Corr Principal = 0,00 Corr Infracao = 0,00 Juros = 0,00 SELIC = 0,00		SUDEMA - TAXA DE SERVIÇOS				3014581213		JOACI DOS SANTOS CERQUEIRA		R MARIA DE LOURDES PEREIRA PINTO, 261		58430-095		CAMPINA GRANDE		LOCALS DE PAGAMENTO BANCO DO BRASIL SA NAO RECEBER APOS 31/12/2017		TS=60 COPIAS DO PROCESSO=2015-007756-AD.		TRINIA REAIS											
01 - Tipo		02 - Município		03 - Receita		04 - Tipo		05 - Inscrição Estadual/CNPJ		06 - Referência		07 - Data de Vencimento		08 - Documento		09 - Parcela		10 - Valor Principal		11 - Juros / SELIC		12 - Acetado Montador / Multa de Mora		13 - Multa por Inatempo		14 - Honorários		15 - TOTAL A RECOLHER		16 - Data de Emissão		17 - Matrícula	
3		1981-0		9111		027/070.387-09		11/2017		31/12/2017		000241775						R\$30,00		R\$0,00		R\$0,00		R\$0,00		R\$30,00		01/12/2017					

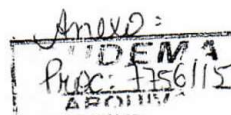
8565000000-0 30000424173-7 65301458121-5 39111000000-0



ANEXO H - Relatório Técnico das Emissões Atmosféricas das Chaminés dos Geradores –
AMBIMET

 Borborema Energética S.A.	Cliente: Borborema Energética S/A	Serviço: Monitoramento Isocinético
--	--------------------------------------	---------------------------------------

RELATÓRIO TÉCNICO DAS EMISSÕES ATMOSFÉRICAS DAS CHAMINÉS DOS GERADORES	Projeto: 000361-15
---	-----------------------



Ambimet
monitoramentos ambientais

www.ambimet.com.br
ambimet@ambimet.com.br
(82) 3034.3449

Avenida Fernandes Lima, 879
Maceió/AL - CEP: 57055-000



Termo de Confidencialidade.

As informações contidas neste documento são de propriedade privada e confidencial. Todas as informações contidas neste relatório são de inteira responsabilidade da Ambimet – Monitoramentos Ambientais. Este documento não pode ser reproduzido por fotocópia, fotografia ou eletrônica sem permissão por escrito.

Histórico de Revisões

Revisão	Nº Projeto	Histórico de Revisões	Data de Emissão	Autor(es)	CRQ- 17ª Região
0.0	000361/15	Emissão Inicial	08/01/2016	Elton José da Silva	Nº 17.300.320
1.0		Item 6. Atualização do estudo dos ventos	18/02/2016		

Dados do Empreendimento

Cliente:	Borborema Energética S/A
CNPJ:	09.036.424/0001-80
Endereço:	Rua José Paulino da Rocha, nº 2055 – Distrito Industrial do Velame Cidade: Campina Grande UF: PB CEP: 58420-340.
Contato:	Sr. Ricardo Schneeweiss de Farias
e-mail:	ricardo.farias@multiner.com.br
Telefone:	(83) 8832 5605 / 3336 3407

Sumário

1. INTRODUÇÃO	4
2. METODOLOGIA DO TRABALHO.....	4
3. EQUIPAMENTOS UTILIZADOS NAS AMOSTRAGENS	5
4. DADOS TÉCNICOS	5
TABELA 4.1 DADOS TÉCNICOS DAS CHAMINÉS	5
5. LOCALIZAÇÃO DO EMPREENDIMENTO	8
FIGURA 5.1 – LOCALIZAÇÃO DO EMPREENDIMENTO.....	8
FIGURA 5.2 – LOCALIZAÇÃO DO EMPREENDIMENTO (APROXIMAÇÃO)	8
6. ESTUDO DOS VENTOS.....	9
FIGURA 6.1 – FREQUÊNCIA DE DISTRIBUIÇÃO.....	9
FIGURA 6.2 – ROSA DOS VENTOS	10
7. ESTUDO DO RELEVO	10
FIGURA 7.1 – RELEVO DA REGIÃO	11
FIGURA 7.2 – RELEVO DA REGIÃO SOBREPOSTO EM FOTO AÉREA	12
8. AMOSTRAGEM	13
TABELA 8.1 DATA DE REALIZAÇÃO DAS AMOSTRAGENS.....	13
9. RESULTADOS DOS GASES DE COMBUSTÃO E HIDROCARBONETOS.....	14
TABELA 9.1 RESULTADOS DAS AMOSTRAGENS DAS CHAMINÉS DOS GERADORES.....	14
10. RESULTADOS CORRIGIDOS A 17% DE OXIGÊNIO.....	15
TABELA 10.1 RESULTADO DAS AMOSTRAGENS DAS CHAMINÉS DOS GERADORES, COMPARADOS COM OS LIMITES PADRÕES DA RESOLUÇÃO Nº 016 / 2014.	15
FIGURA 10.1 RESULTADO DAS AMOSTRAGENS DE MATERIAL PARTICULADO (MP) COMPARADO AOS PADRÕES DE EMISSÃO.....	16
FIGURA 10.2 RESULTADOS DAS AMOSTRAGENS DE ÓXIDOS DE ENXOFRE DE ENXOFRE (SO _x) COMPARADO AOS PADRÕES DE EMISSÃO.	17
FIGURA 10.3 RESULTADOS DAS AMOSTRAGENS DE ÓXIDOS DE NITROGÊNIO (NO _x) COMPARADO AOS PADRÕES DE EMISSÃO.....	18
11. CONCLUSÃO.....	19
12. APROVAÇÃO.....	20
13. ANEXOS.....	21
14. REFERÊNCIAS.....	22

**RELATÓRIO DAS AMOSTRAGENS ISOCINÉTICAS DAS EMISSÕES GASOSAS DAS CHAMINÉS
DOS GERADORES DA BORBOREMA ENERGÉTICA S/A****1. Introdução**

Os geradores da *Borborema Energética S/A*, através das suas fontes de emissão de gases destinaram-se ao teste de queima para determinação das características do efluente gasoso.

Foram coletados os poluentes atmosféricos, que são característicos das emissões de geradores, medidos isocineticamente no teste realizado em outubro e novembro de 2015. Os poluentes das fontes fixas monitorados no empreendimento foram: Material Particulado (MP), Óxidos de Enxofre (SO_x), Óxidos de Nitrogênio (NO_x) e Hidrocarbonetos Totais (THC).

Os resultados das amostragens isocinéticas estão apresentados sob a forma de tabelas, viabilizando uma melhor percepção destes.

2. Metodologia do trabalho

Durante a execução do presente trabalho, foi realizado o levantamento de todos os parâmetros emitidos pela fonte, considerando o histórico de monitoramentos realizados na fonte e a orientação do órgão ambiental local. Para a verificação dos limites máximos de emissão foram atendidos os procedimentos de amostragem e análises previstos nas normas técnicas em vigor. Para isso foram utilizadas as metodologias nacionais (ABNT-NBR: Associação Brasileira de Normas Técnicas) e internacionais (EPA: Environ Mental Protection Agency) para aplicação da Resolução (Anexo 1).

As amostras foram cuidadosamente coletadas e manuseadas para garantir a representatividade das concentrações existentes evitando assim perdas. As perdas por amostragem tendem a serem maiores do que as perdas relativas às técnicas analíticas. Todas as orientações dos procedimentos foram seguidas, para que as interferências fossem eliminadas.

3. Equipamentos utilizados nas amostragens

Para a realização da coleta é necessário à utilização do **Coletor Isocinético de Poluentes Atmosféricos (CIPA)**, composto por: **Conjunto de boquilhas** de aço inoxidável; **Sonda de amostragem** provida de Tubo Pitot, termopar e um sistema de aquecimento que evita condensação dos gases durante a amostragem; **Caixa quente** provida de porta-filtro e filtro para retenção do material particulado e sua temperatura foi mantida em $120 \pm 10^\circ\text{C}$; **Caixa fria** composta por impingens e sua temperatura foi mantida menor que 20°C ; **Cordão umbilical**; **Caixa de controle** através desta são determinadas as principais informações sobre a amostragem como: o volume de gás coletado, a temperatura de entrada, de saída e a pressão dos gases; **Bomba de vácuo e tablet**. Todo o material compatível com a corrosividade e temperatura do meio. A garantia da qualidade das coletas deve-se a calibração dos equipamentos (Anexo 2).

4. Dados técnicos

A tabela 4.1 mostra os dados técnicos obtidos nas chaminés dos geradores, que são necessários para a obtenção da distribuição dos pontos transversais na seção, onde foram realizadas medições visando à obtenção do perfil de velocidade e da taxa de fluxo, apenas uma série de dados está apresentada considerando que as chaminés dos geradores têm estruturas idênticas, onde a única mudança é o seu local de instalação. Chaminés dos geradores estão identificadas por números da seguinte forma: Chaminé dos geradores 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19 e 20.

Tabela 4.1 Dados técnicos das chaminés.

Dados técnicos da chaminé	
Fontes	Chaminé do Gerador*
Diâmetro da chaminé	1,1 m
A jusante do ponto de coleta	$> 2 \varnothing$
A montante do ponto de coleta	$> 0,5 \varnothing$
Pontos transversais por eixo	12

*Os dados referem-se a todas as chaminés considerando que suas estruturas são idênticas.

4.1. Motores Borborema Energética S.A.

A Unidade Termelétrica "Campina-Grande I" da Borborema Energética S.A. é composta por 20 motores Wäertsilä modelo W20V32. O motor é "ciclo diesel" de quatro tempos com injeção direta de combustível, caracterizado como "motor de combustão interna". O "grupo gerador" de energia é formado pelo motor, gerador e equipamentos auxiliares. O motor está equipado com turbocompressores e intercoolers. Parte de equipamentos auxiliares, como sistema de circulação de óleo e as bombas de arrefecimento de água acionadas estão incorporados ao motor. O motor aciona um gerador trifásico síncrono. O óleo OCB1 constitui o principal combustível para alimentação do motor.

A Potência Térmica Nominal (PTN) é caracterizada como a condição máxima de operação projetada para o motor. É determinada em termos de potência térmica, com base no Poder Calorífico Inferior (PCI) do combustível. A determinação da Potência Térmica Nominal é feita pela multiplicação do PCI do combustível pela quantidade máxima de combustível queimada por unidade de tempo.

$$PTN = \text{Consumo (kg/h)} \times \text{PCI do combustível (MJ/kg)}$$

Para os motores Wäertsilä modelo W20V32, de acordo com os testes de bancadas do motor, os parâmetros são:

- Consumo de OCB1: 1.754 kg/h;
- PCI do combustível: 42,7 MJ/kg

$$PTN = 1754 \text{ kg/h} \times 42,7 \text{ MJ/kg} = 74.895,8 \text{ MJ/h}$$

- Para transformar MJ/h em MW divide-se por 3600 s/h

$$PTN = 74.895,8 \text{ MJ/h} / 3600 \text{ s/h}$$

PTN= 20,80 MW

As legislações, tanto a nível federal, quanto estadual, conceituam a Potência Térmica Nominal como a "condição máxima de operação da unidade de geração de calor para o qual o equipamento foi projetado, determinado em termos de potência térmica, com base no Poder Calorífico Inferior - PCI -, calculado a partir da multiplicação do PCI do combustível pela quantidade máxima de combustível queimada por unidade de tempo".

Ressalta-se que a Potência Térmica Nominal se refere exclusivamente ao motor (unidade de geração de calor) e não ao gerador de energia (produção de energia elétrica). Especificamente em

www.ambimet.com.br
 ambimet@ambimet.com.br
 (82) 3034.3449

Avenida Fernandes Lima, 879
 Maceió/AL - CEP: 57055-000

Elton José da Silva
 Gerente Técnico
 CRQ 17.3.00320

relação a UTE "Campina Grande I" o motor Wäertsilä modelo W20V32 entra em funcionamento pela queima de OCB1 e aciona o gerador para a produção de energia elétrica. De acordo com o cálculo do consumo do motor e o PCI do combustível utilizado, a Potência Térmica Nominal de cada um dos vinte motores da usina é de 20,80 MW.

A legislação que estabelece os limites máximos de emissão de poluentes atmosféricos para a UTE "Campina Grande I" é a Resolução CONAMA 382/2006, que se refere exclusivamente a motores de combustão externa. Entretanto, os motores Wäertsilä W20V32 são de combustão interna, não se enquadrando, portanto, na referida Resolução 382/2006. Assim, recomenda-se como referencial para os limites de emissão de poluentes atmosféricos os valores estabelecidos pela Resolução Nº 016/2014- SEMA (Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Recursos Hídricos) do Estado do Paraná, que estabelece no artigo 22, item II, letra B, a condição referencial de Oxigênio para fontes de combustão não externa:

1. Para processos onde há contato dos gases da combustão com os produtos processados: 17% ou, quando comprovada a sua impossibilidade técnica, outra concentração de Oxigênio que melhor caracteriza a condição de boa queima. Padrões para fontes novas e existentes de combustão não externa:

Potência Térmica Nominal MW	Densidade colorimétrica	MP-total mg/Nm ³	CO mg/Nm ³	NO _x		SO _x mg/Nm ³	Automonitoramento Amostragem	
				óleo até 1,0% N ¹⁾ mg/Nm ³	óleo acima de 1,0% N ¹⁾ mg/Nm ³		Parâmetros	Frequência
Até 10	20% equivalente ao Padrão 1 da Escala Ringelmann ²⁾	NA	500	NA	NA	NA	MP-total, CO, NO _x , SO _x e O ₂	Semestral
Entre 10 e 50		250	500	820	820 (0,4+0,6N)	1.800		
Entre 50 e 100		100	500	620	620 (0,4+0,6N)	1.800		
Acima de 100		75	500	620	620 (0,4+0,6N)	1.800	MP-total, CO, NO _x , SO _x e O ₂	Contínuo
		Ni: 1,0 V: 5,0					MP-inorgânico	Semestral

Notas: 1) % gravimétrico
 2) exceto nas operações de aquecimento, modulação e ramonagem, por um período que totalize 10 minutos, ao longo das 24 horas do dia.
 NA: Não aplicável

Como os motores da UTE "Campina Grande I" possuem Potência Térmica Nominal de 20,80 MW, os limites de emissões se enquadram, de acordo com o quadro acima, na PTN entre 10 e 50 MW, com os seguintes limites de emissão: MP-total: 250 mg/Nm³; CO: 500 mg/Nm³; NO_x: 820 mg/Nm³; SO_x: 1.800 mg/Nm³.

5. Localização do empreendimento

O empreendimento está localizado a partir da BR 230, com acesso pela Rua José Paulino da Rocha, nº 2055, no Distrito Industrial do Velame na cidade de Campina Grande/PB. Mais precisamente no ponto de longitude: 7°17'48.29"S e latitude 35°54'26.46"O. A região de instalação é denominada de distrito industrial. Observa-se região com baixa densidade demográfica com predominância de indústria e regiões de destinadas a agricultura com alguns focos de vegetação preservada.

Figura 5.1 – Localização do empreendimento

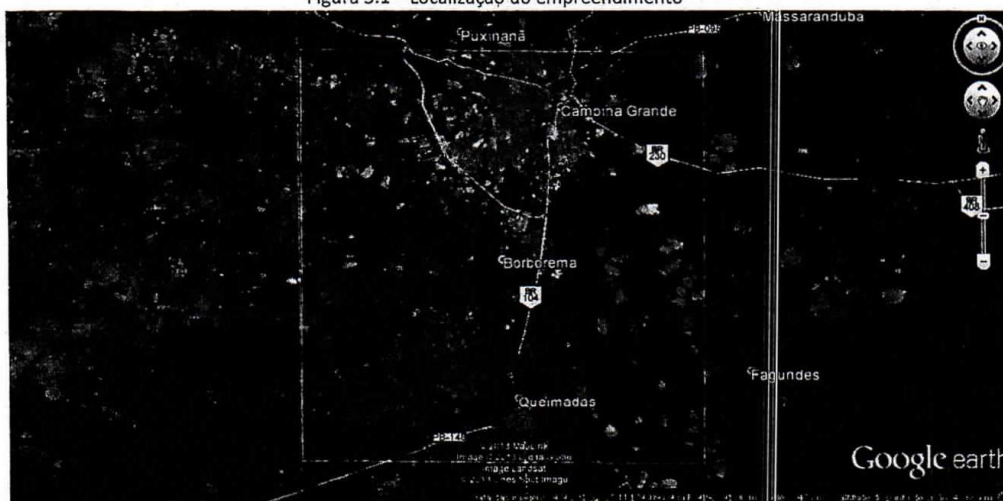
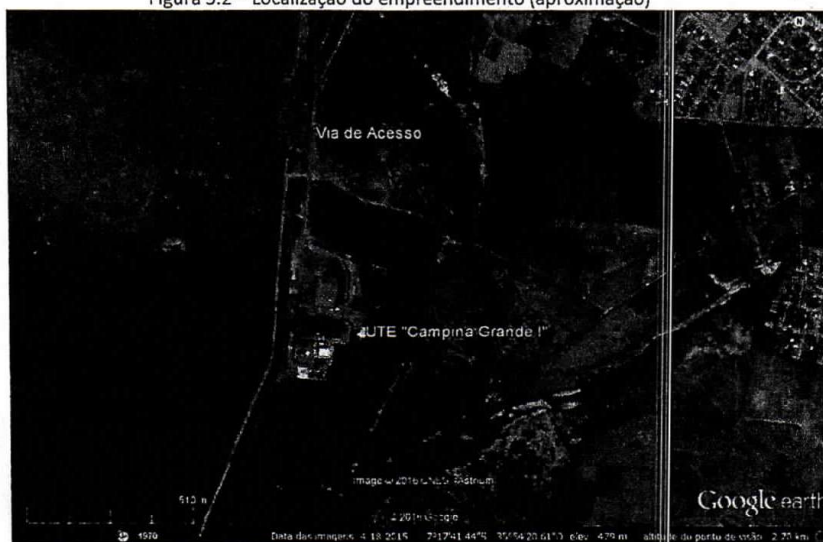


Figura 5.2 – Localização do empreendimento (aproximação)



www.ambimet.com.br
 ambimet@ambimet.com.br
 (82) 3034.3449

Elton José da Silva
 Gerente Técnico
 CRQ 17.3.00320

Avenida Fernandes Lima, 875 - IMET ENGENHARIA
 Maceió/AL - CEP: 57055-000

6. Estudo dos ventos

O estudo dos ventos e o estudo do relevo (item 7), estão aqui apresentados para facilitar a interpretação das emissões após seu lançamento na atmosfera. Não há nenhuma ligação com as legislações aqui referenciadas, porém é de fundamental importância no entendimento dos fenômenos que envolvem o comportamento dos lançamentos nas regiões próximas ao empreendimento.

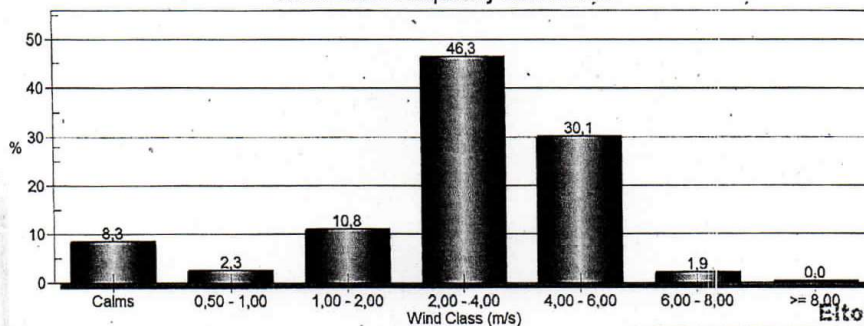
Para elaboração da rosa dos ventos (figura 6.2) foram consideradas 51783 h, que se referem ao período de 28 de agosto de 2009 a 31 de dezembro 2015 de coleta das variáveis direção e velocidade do vento. Observa-se na figura 6.2 que a quantidade de tempo em porcentagem que o vento soprou em uma determinada direção é visualizada através do tamanho de cada barra gráfica, e a direção está identificada pela posição da barra, já cada faixa de velocidade está representada por uma cor diferente. O centro da Rosa dos Ventos é exatamente o centro do empreendimento – BORBOREMA ENERGÉTICA S/A. A linha verde representa o vetor resultante dos ventos e está localizado à 113 deg do eixo norte.

Observa-se que os ventos são predominantes da região sudeste, então se espera que a área de influência das emissões esteja a noroeste do empreendimento, considerando uma análise primária.

A figura 6.1 apresenta a frequência de distribuição das classes de ventos relacionando com a porcentagem do tempo de cada classe. Observa-se que durante 46,3% do tempo os ventos apresentaram-se na faixa de 2,0-4,0 m/s, também é importante ressaltar que durante 8,3% do tempo, houve calma de ventos na localidade.

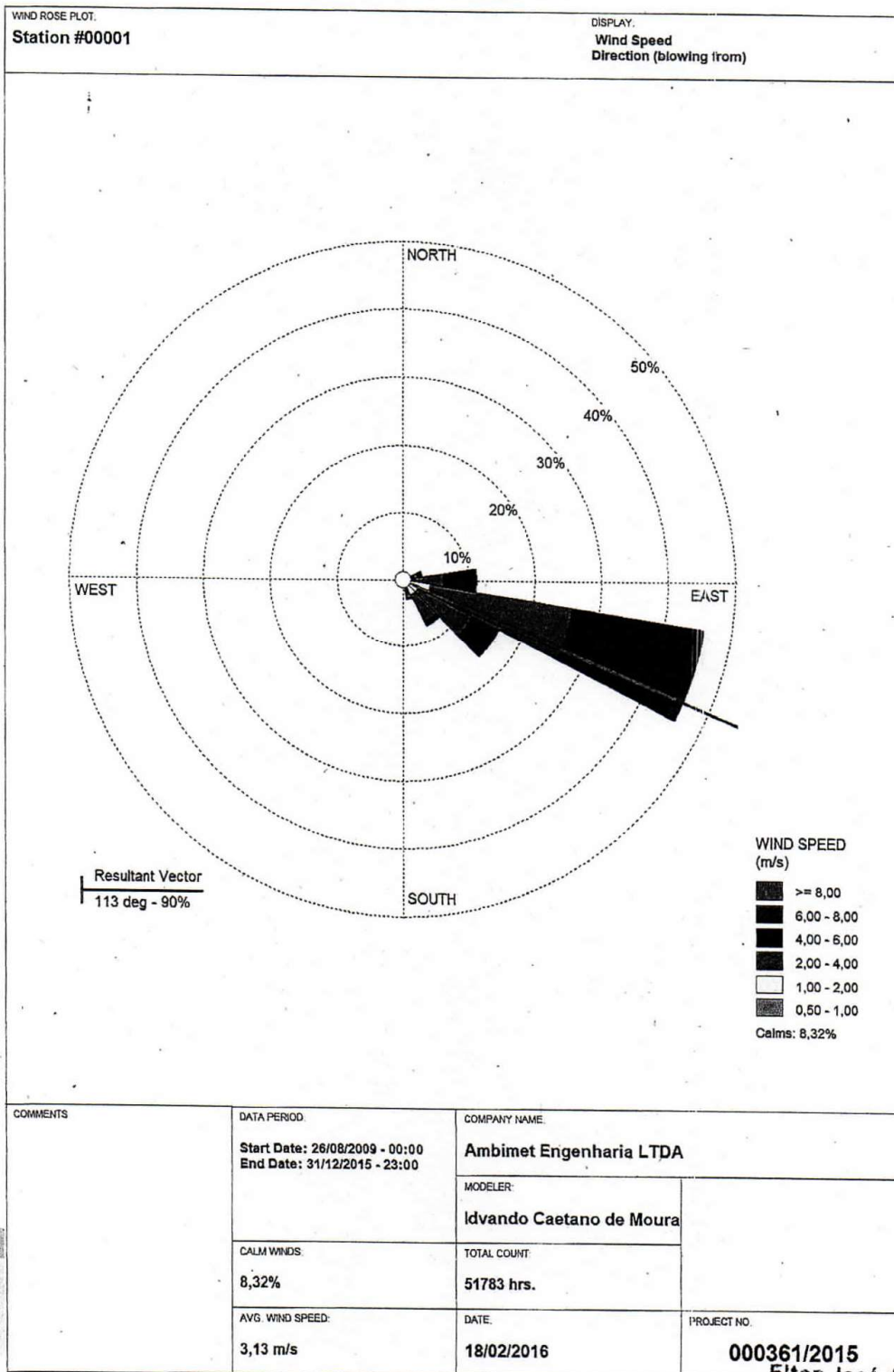
OS dados foram coletados da estação meteorológica Campina Grande-A313, Código OMM: 81916, Registro 11 UTC, aberta em 22/12/2006, com Latitude: -7.225574º, Longitude: -35.904831º e Altitude de 546 metros.

Figura 6.1 – Frequência de distribuição
 Wind Class Frequency Distribution



Elton José da Silva
 AMBIMET ENGENHARIA
 Maceió/AL - CEP: 57055-000 Gerente Técnico
 CRQ 17.3.00320

Figura 6.2 – Rosa dos Ventos



WRPLOT View - Lakes Environmental Software

Elton José da Silva
Gerente Técnico
Avenida Fernandes Lima, 878
Maceió/Al. - CEP: 57055-000
CRQ 17.3.08323

A Figura 7.1 apresenta o relevo da região, numa escala em metros de altitude, em relação ao nível do mar, onde as diferentes cores representam os níveis de altitude. Observa-se que o relevo da região apresenta altitudes maiores nas regiões norte e noroeste do entorno do empreendimento, bem como alguns focos a sudeste.

Há influência do relevo na dispersão dos poluentes, considerando que as regiões com elevadas altitudes tendem a impedir o transporte do poluente para regiões mais distantes. As regiões a leste e a oeste do empreendimento, não apresentam grandes irregularidades em relação a altitude do empreendimento, facilitando nestas a dispersão.

Importante à observação das áreas no entorno do empreendimento, tendo em vista que variáveis como reflexão e rugosidade do solo são diferentes de uma área rural para uma área urbana por exemplo. No caso em estudo as áreas são predominantemente florestas preservadas e áreas cultiváveis, com alguns focos residenciais.

Figura 7.1 – Relevo da região

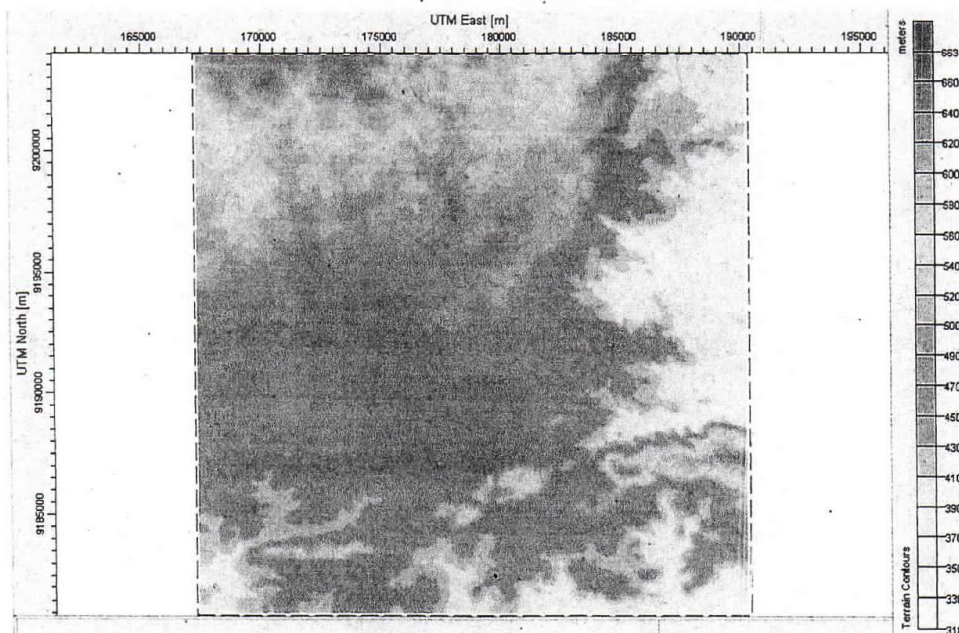


Figura 7.2 – Relevo da região sobreposto em foto aérea.



ton José da Silva
 AMBIMET ENGENHARIA
 Gerente Técnico
 CRQ 17.3.00320

8. Amostragem

A tabela 8.1 mostra o cronograma das amostragens nas chaminés dos geradores que foram realizadas nos meses de outubro e novembro de 2015. Durante o período de amostragem os motores 01 e 02 estavam em manutenção e não possuíam previsão para retornar a funcionar.

Tabela 8.1 Data de realização das amostragens.

Fontes	Data(s)	Parâmetros
Chaminé do Gerador 3	16/11/15	
Chaminé do Gerador 4	18/11/15	
Chaminé do Gerador 5	17/11/15	
Chaminé do Gerador 6	30/10/15	
Chaminé do Gerador 7	19/11/15	
Chaminé do Gerador 8	19/11/15	
Chaminé do Gerador 9	20/11/15	
Chaminé do Gerador 10	20 e 21/11/15	Material Particulado (MP); Óxidos de Enxofre (SO _x);
Chaminé do Gerador 11	27/10/15	Óxidos de Nitrogênio (NO _x) e
Chaminé do Gerador 12	27 e 28/10/15	Hidrocarbonetos Totais.
Chaminé do Gerador 13	29/10/15	
Chaminé do Gerador 14	28/10/15	
Chaminé do Gerador 15	28 e 29/10/15	
Chaminé do Gerador 16	27/10/15	
Chaminé do Gerador 17	27/10/15	
Chaminé do Gerador 18	28/10/15	
Chaminé do Gerador 19	28 e 29/10/15	
Chaminé do Gerador 20	29/10/15	

9. Resultados dos Gases de Combustão e Hidrocarbonetos.

A tabela 9.1 demonstra os resultados dos parâmetros que foram coletados nos pontos de amostragem que se localizam nas chaminés dos Geradores

Tabela 9.1 Resultados das amostragens das Chaminés dos Geradores.
Concentrações das amostragens

Fontes	Resultados																		UNID.
	G3	G4	G5	G6	G7	G8	G9	G10	G11	G12	G13	G14	G15	G16	G17	G18	G19	G20	
CO - Monóxido de Carbono	65	57	74	173	49	157	197	179	70	38	76	60	112	94	57	84	51	180	ppm
CO ₂ - Dióxido de Carbono	5,9	5,9	5,8	6,2	5,7	6,1	5,3	6,0	2,8	2,9	3,2	1,7	6,5	3,7	5,7	4,1	2,4	6,0	% v/v
O ₂ - Oxigênio	13,3	13,2	13,2	12,8	13,3	13,0	13,8	12,8	13,7	13,9	14,1	17,8	13,3	16,1	12,8	15,6	13,7	13,0	% v/v
THC - Hidrocarb. Totais	0,07	0,09	0,09	0,13	0,06	0,04	0,08	0,05	0,02	0,02	0,03	0,08	0,1	0,06	0,14	1,2	0,1	0,14	mg/Nm ³

(*) Aguardando resultados subcontratados do laboratório parceiro.

Tabela 9.2 Médias das emissões dos 18 motores

Fontes	Médias das emissões		UNID.
	G3 - G20		
CO - Monóxido de Carbono	98		ppm
CO ₂ - Dióxido de Carbono	4,8		% v/v
O ₂ - Oxigênio	13,8		% v/v
THC - Hidrocarb. Totais	2,5		mg/Nm ³

Elton José da Silva
AMBIMET ENGENHARIA
Gerente Técnico
CRQ 17.3.00320

10. Resultados corrigidos a 17% de Oxigênio.

A Tabela 10.1 apresenta os resultados comparados com os limites padrões da RESOLUÇÃO 016 / 2014 - SEMA. Todos os resultados foram agrupados em uma única tabela. A tabela 10.2 apresenta as médias das emissões dos 18 motores.

Tabela 10.1 Resultado das amostragens das Chaminés dos Geradores, comparados com os limites padrões da RESOLUÇÃO 016 / 2014.
Concentrações das amostragens

Fontes	Resultados corrigidos a 17% de Oxigênio																		Padrões SEMA/ Paraná	UNID.
	G3	G4	G5	G6	G7	G8	G9	G10	G11	G12	G13	G14	G15	G16	G17	G18	G19	G20		
MP - Material Particulado	52	51	45	33	38	38	72	40	33	21	27	56	23	61	18	51	31	26	250	mg/Nm ³
SOx - Óxido de Enxofre	313	319	335	274	285	274	324	300	261	267	282	575	219	329	154	483	268	282	1.800	mg/Nm ³
NOx - Óxido de Nitrogênio	763	601	507	644	528	528	546	526	475	273	410	455	636	687	257	545	777	682	820	mg/Nm ³

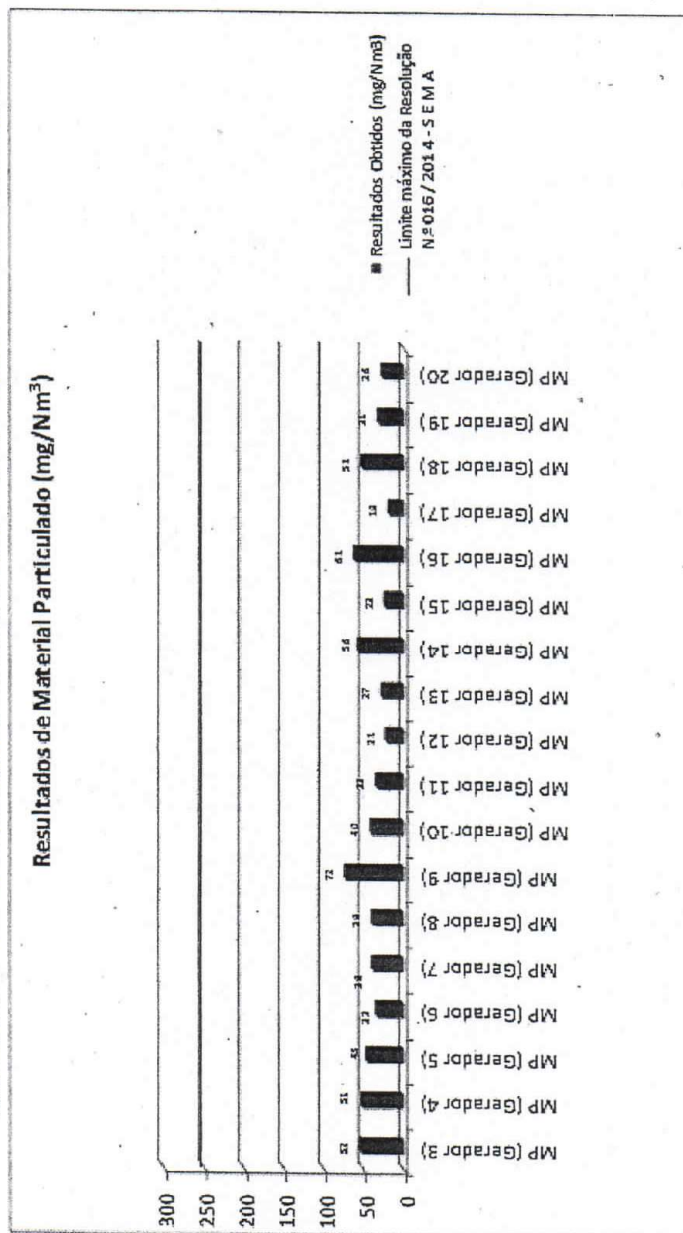
Tabela 10.2 Médias das emissões dos 18 motores

Fontes	Médias das emissões		UNID.
	G3 - G20		
MP - Material Particulado	40		mg/Nm ³
SOx - Óxido de Enxofre	308		mg/Nm ³
NOx - Óxido de Nitrogênio	547		mg/Nm ³

Elton José da Silva
 AMBIMET ENGENHARIA
 Gerente Técnico
 CRQ 17.3.08/20

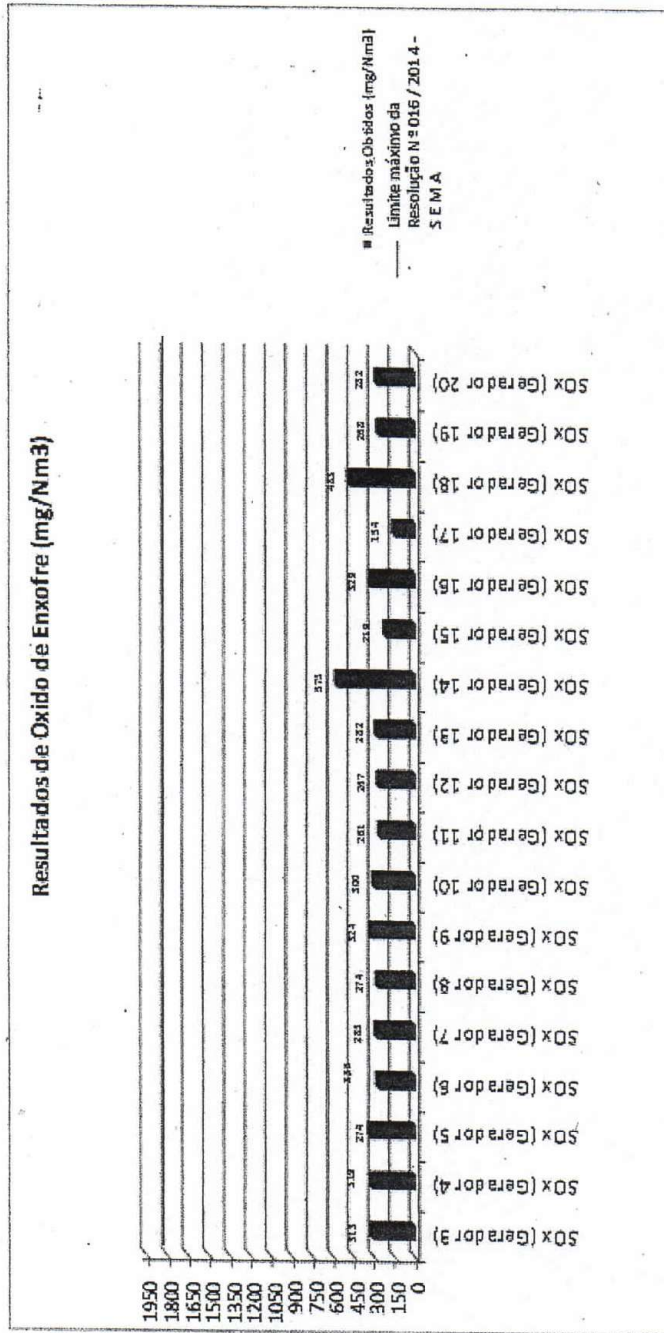
Para uma melhor visualização, as figuras 10.1, 10.2 e 10.3 apresentam um comparativo dos resultados obtidos com relação aos padrões de emissão exigidos na Resolução N.º 016 / 2014 - S E M A.

Figura 10.1 Resultado das amostragens de Material Particulado (MP) comparado aos padrões de emissão.



Elton José da Silva
 AMSIMET ENGENHARIA
 Gerente Técnico
 CRQ 17.3.06320

Figura 10.2 Resultados das amostragens de Óxidos de Enxofre (SO_x) comparado aos padrões de emissão.



Elton José da Silva
 AMBIMET ENGENHARIA
 Gerente Técnico
 CRQ 17.3.09329

11. Conclusão

O processo em estudo trata-se de combustão interna nos motores Wartsila, deve ser ressaltado que a legislação ambiental brasileira elaborada pelo CONAMA não prevê limites de emissão para o processo em questão. Com base no pedido do órgão ambiental foram realizados os monitoramentos de Material Particulado – MP, Óxidos de Enxofre - SO_x, Óxidos de Nitrogênio - NO_x, Gases de Combustão (CO, CO₂ e O₂) e Hidrocarbonetos.

Devido à falta de padrões para este tipo de processo representado pela CONAMA, consideramos os limites estabelecidos na RESOLUÇÃO Nº 016/2014 - SEMA (Capítulo III / Seção I – Item II, Letra “b”) do estado do Paraná. Os resultados dos monitoramentos dos motores G3 a G20 apresentaram resultados em conformidade com os limites estabelecidos na resolução nº 016/2014 – SEMA (Capítulo III / Seção I – Item II, Letra “b”), conforme tabela 10.1.

Os resultados de Hidrocarbonetos das emissões dos motores não foram avaliados com nenhum padrão, por não existir limites nas legislações vigentes.

Diante do exposto, recomenda-se submeter este relatório a apreciação do órgão de fiscalização ambiental.

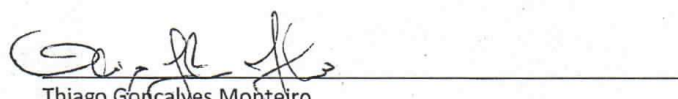
12. Aprovação

Aprovação do Relatório Técnico de Monitoramento Ambiental

Aprovado Por :



Idvando Caetano de Moura
Diretor

18/02/2016
Data

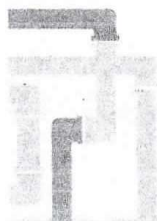

Thiago Gonçalves Monteiro
Diretor

18/02/2016
Data

Aprovação do Gerente do Laboratório:


Elton José da Silva
Gerente Técnico

18/02/2016
Data



13. Anexos

Metodologia do trabalho

- Normas Nacionais:

ABNT-NBR 10.701 – Determinação de pontos de amostragens em dutos e chaminés de fontes Estacionárias;

ABNT-NBR 10.702 – Efluentes gasosos em dutos e chaminés de fontes estacionárias - Determinação da massa molecular seca e excesso de ar no fluxo gasoso;

ABNT-NBR 11966/89 – Efluentes gasosos em dutos e chaminés de fontes estacionárias - Determinação da velocidade e vazão;

ABNT-NBR 11967/89 – Efluentes gasosos em dutos e chaminés de fontes estacionárias, Determinação da umidade dos gases;

ABNT-NBR 12019/90 – Efluentes gasosos em dutos e chaminés de fontes estacionárias - Determinação de material particulado.

ABNT-NBR 12021/90 – Efluentes gasosos em dutos e chaminés de fontes estacionárias - Determinação de dióxido de enxofre, névoas de ácido sulfúrico e trióxido de enxofre.

- Normas Internacionais:

Método EPA 3A (U.S.A.) – Determinação de gases de combustão em dutos e chaminés de fontes estacionárias (método analisador instrumental);

Método EPA 7B (U.S.A.) – Determinação de óxidos de nitrogênio, medidos como NO₂ em dutos e chaminés de fontes estacionárias.

Método EPA 0030 (U.S.A.) – Determinação de compostos orgânicos voláteis em emissões atmosféricas através de resina Tenax/Tenax carvão.

- Certificados de Calibração:


Coletor Isocinético de Poluentes Atmosféricos: CIPA 002

Analisador de Gases: SAG 004

14. Referências

- (1) ISC AERMOD View Air Dispersion Modeling Software – Interface for the U.S. EPA ISC and AERMOD Models (Guide). Versão 6.8;
- (2) Lakes Environmental - <http://www.lakes-environmental.com>;
- (3) WebGis - <http://www.webgis.com>;
- (4) Google Earth – Visualizador de fotos aéreas, Versão 5.0.

www.ambimet.com.br
ambimet@ambimet.com.br
(82) 3034.3449


Elton José da Silva
Gerente Técnico
CRQ 17.3.08320

Avenida Fernandes Lima, 879
Maceió/AL - CEP: 57055-000



FLUXO GASOSO RELATÓRIO 361/15

Descrição	Unidade/ Fonte	G 1	G 2	G 3	G 4	G 5	G 6	G 7	G 8	G 9	G 10
Vazão do efluente nas condições normais, base seca	Nm ³ /h	-	-	48034	50202	47010	44897	48866	48738	48886	50716
Velocidade média dos gases na chaminé ou duto	m/s	-	-	33,9	35,2	31,5	31,1	35,6	35,4	35,3	36,3
Média das temperatura da chaminé	°C	-	-	34,1	34,1	31,5	32,8	36,0	36,1	36,2	35,2
Média das temperatura da chaminé	K	-	-	614	614	588	601	633	634	635	625

Descrição	Unidade/ Fonte	G 11	G 12	G 13	G 14	G 15	G 16	G 17	G 18	G 19	G 20
Vazão do efluente nas condições normais, base seca	Nm ³ /h	46384	46115	47901	47556	47827	49836	49330	53133	47175	46561
Velocidade média dos gases na chaminé ou duto	m/s	31,5	31,3	31,7	32,1	31,3	32,2	33,2	34,4	33	34
Média das temperatura da chaminé	°C	34,9	34,8	34,3	35,8	32,9	31,7	35,0	34,8	34,6	36,3
Média das temperatura da chaminé	K	62,2	62,1	61,6	63,1	60,2	59,0	62,3	62,1	61,9	63,6



serviços industriais
calibração



Página 2 de 2

Certificado de Calibração

N° 41771/1

Resultados

Tipo do gás:		Oxigênio		INCERTEZA EXPANDIDA MEDIÇÃO			UNIDADE LEITURA
VALOR DE REFERÊNCIA	LEITURA NO INSTRUMENTO	DESVIO ENCONTRADO	VALOR	FATOR K	VEFF		
2,7	2,8	0,1	0,2	2,05	54	μmol/mol	
10,0	10,1	0,1	0,2	2,00	=		


Tipo do gás:		Monóxido de Carbono		INCERTEZA EXPANDIDA MEDIÇÃO			UNIDADE LEITURA
VALOR DE REFERÊNCIA	LEITURA NO INSTRUMENTO	DESVIO ENCONTRADO	VALOR	FATOR K	VEFF		
140	142	2	5	2,00	=	μmol/mol	
1.002	1.010	8	18	2,00	=		

Tipo do gás:		Oxido Nítrico		INCERTEZA EXPANDIDA MEDIÇÃO			UNIDADE LEITURA
VALOR DE REFERÊNCIA	LEITURA NO INSTRUMENTO	DESVIO ENCONTRADO	VALOR	FATOR K	VEFF		
793,0	773,2	-19,8	16,0	2,00	=	μmol/mol	

Observações

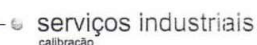
- 1 - Desvio encontrado = Leitura no instrumento - leitura de referência.
- 2 - Veff = graus de liberdade efetivos.
- 3 - A incerteza expandida de medição relatada é declarada como a incerteza padrão de medição multiplicada pelo fator de abrangência K (descrito acima), o qual para uma distribuição t-student com Veff (descrito acima) graus de liberdade efetivos corresponde a uma probabilidade de abrangência de aproximadamente 95%. Se Veff = ∞, então a distribuição é normal e K = 2.
- 4 - A incerteza padrão da medição foi determinada de acordo com a publicação EA-4/02.
- 5 - É proibida a reprodução parcial deste certificado, sem prévia autorização.
- 6 - Conversão de unidades: 1 μmol/mol = 1 ppm = 0,0001% mol/mol.
- 7 - Este certificado atende aos requisitos de acreditação pela Cgcre / INMETRO, o qual avaliou a competência do laboratório e comprovou sua rastreabilidade a padrões nacionais de medida ou ao Sistema Internacional de Unidades (SI).
- 8 - As unidades de leitura descritas acima referem-se somente aos respectivos valores de referência, leitura no instrumento, desvio encontrado e valor da incerteza de medição. Os valores do valor K e Veff são adimensionais.

Técnico Executante: Cássio Pereira Costa


 Signatário Autorizado
 Cássio Pereira Costa

Testo do Brasil - Instrumentos de Medição Ltda.

Rua Dr. Guilherme da Silva, 190 - Cambuí - CEP 13015-028 - Campinas - SP - Brasil
 Fone: 19 3731-5816 - Fax: 19 3731-5818 - E-mail: calibracao@testo.com.br - www.testo.com.br


Página 1 de 2

Certificado de Calibração
N° 41771/1
Dados do Cliente

Contratante: **AMBIMET ENGENHARIA LTDA.**
 Endereço: **AV. FERNANDES LIMA, 879 - SALA 04 FAROL - MACEIÓ - AL**
 Cliente: **O mesmo**

Dados do Instrumento

Instrumento: **Analizador de gases** Faixa(s) de Medição: **Oxigênio - 0..21 %mol/mol**
 Marca: **Testo** **Monóxido de Carbono - 0..4000 µmol/mol**
 Modelo: **330 - 1 LL** **Óxido Nítrico - 0..3000 µmol/mol**
 Identificação Cliente: **Não Consta**
 Identificação Fabricante: **0632 3205**
 Número de Série: **02172469**
 Id. Sensor/Sonda: **0600 9761**

Dados da Calibração

DATA DA CALIBRAÇÃO: **04/02/15** DATA DE EMISSÃO: **04/02/15**
 ORDEM DE SERVIÇO N°: **41771** CONDIÇÕES AMBIENTAIS: **Temperatura: 23 ± 5°C e Umidade: 45 à 70%ur.**
 LOCAL DA CALIBRAÇÃO: **Laboratório da Testo**

Dados do Procedimento

O analisador foi calibrado realizando seis leituras em cada gás de referência e expressa a média como resultado de cada ponto.
 Procedimento interno: **PO - 5.4-003 revisão 07**

Dados dos Padrões

Código	Descrição	Data Calibração	N° do Certificado	Laboratório	Validade	rastreabilidade
Padrão 11 - O2	Gás referência O2 2,70%	11/02/14	41133811	White Martins	fev-16	RBC
Padrão 12 - O2	Gás referência O2 10,0 %	13/10/14	41234500	White Martins	out-15	RBC
Padrão 11 - CO	Gás referência CO 140 ppm	11/02/14	41133811	White Martins	fev-16	RBC
Padrão 12 - CO	Gás referência CO 1000 ppm	13/10/14	41234500	White Martins	out-15	RBC
Padrão 13 - NO	Gás referência NO 800 ppm	17/02/14	41136759	White Martins	fev-15	RBC

Testo do Brasil - Instrumentos de Medição Ltda.

Rua Dr. Guilherme da Silva, 190 - Cambuí - CEP 13015-026 - Campinas - SP - Brasil
 Fone: 19 3731-5816 - Fax: 19 3731-5819 - E-mail: calibracao@testo.com.br - www.testo.com.br