UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAPÁ
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E GRDAUAÇÃO - PROGRAD
DEPARTAMENTO DE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO
CURSO DE CIÊNCIAS AMBIENTAIS

AVALIAÇÃO DO SISTEMA DE GESTÃO E MONITORAMENTO DE EMISSÕES ATMOSFÉRICAS DA UTE SANTANA - AP/BRASIL

Benilda do Rêgo Santos
Moisés Albuquerque de Almeida

Macapá/ AP
2013

Benilda do Rêgo Santos
Moisés Albuquerque de Almeida

AVALIAÇÃO DO SISTEMA DE GESTÃO E MONITORAMENTO DE EMISSÕES ATMOSFÉRICAS DA UTE SANTANA - AP/BRASIL

Trabalho de Conclusão de Curso, apresentado como exigência do colegiado para obtenção de título de bacharel em Ciências Ambientais pela Universidade Federal do Amapá - UNIFAP.

Orientador: Prof. Dr. Alan Cavalcanti da Cunha.

Macapá – Amapá

2013
Benilda do Rêgo Santos
Moisés Albuquerque de Almeida

AVALIAÇÃO DO SISTEMA DE GESTÃO E MONITORAMENTO DE EMISSÕES ATMOSFÉRICAS DA UTE SANTANA - AP/BRASIL

Trabalho de Conclusão de Curso, apresentado como exigência do colegiado para a obtenção do título de Bacharel em Ciências Ambientais, pela Universidade Federal do Amapá – UNIFAP, com nota final de 8.5, conferida pela Banca Examinadora formada pelos professores.

Aprovado (a) em 28 de Junho de2013.

Banca examinadora

_____
Dr. Alan Cavalcanti da Cunha
Unifap

_____
MSC. Eldo da Silva dos Santos
Unifap

_____
MSc. Jefferson Erasmo de Souza Vilhena
Unifap

Macapá - Amapá
2013.

DEDICATÓRIA

Eu, Benilda do Rêgo Santos dedico este trabalho ao meu irmão Silvio do Rêgo Santos (In memória) que embora partindo tão cedo do meio de nós, sempre acreditou no desenvolvimento para o bem da sociedade, mais que infelizmente não pôde estar aqui nesse momento; a meu pai, Edmundo Libânio dos Santos e minha mãe Dorcilina do Rêgo Santos que apesar das dificuldades da vida, criaram 09 filhos com honestidade e bom caráter; a meus outros 04 irmãos e 03 irmãs que com amor e fraternidade me ajudaram nessa caminhada, os quais são muito importantes nesse momento de tamanha felicidade; a meus sobrinhos e sobrinhas do convívio do dia a dia para que saibam o quanto é importante a obtenção do conhecimento, e, a todos que sempre me deram forças para chegar até aqui. Dedico especialmente a meu companheiro, Benonis Santana Cordeiro Filho, por todos os momentos de apoio e compreensão, amo todos vocês!

AUTORIZAÇÕES E AGRADECIMENTOS

Primeiramente e especialmente a Deus, por estarmos aqui neste plano com saúde, amor e vida;

Às nossas famílias pelo apoio do dia-a-dia;

À Instituição: Universidade Federal do Amapá;

Ao Professor Dr. Alan Cavalcanti da Cunha, por nos propor este desafio e encará-lo conosco;

Às Centrais Elétricas do Norte do Brasil, Regional de Produção e Comercialização do Amapá, pelo apoio e permissão para realização desta pesquisa em suas instalações, nas pessoas do: Engº. Marcos da Silva Drago, Gerente Regional de Geração e Transmissão do Amapá; Denis Marques de Oliveira, coordenador do Sistema de Gestão Ambiental; Willington Lima Gomes, Analista de Laboratório; Jedilson Santa Bárbara de Oliveira, Técnico em Laboratório, por colaborarem e disponibilizarem dados e informações para parte da elaboração deste trabalho;

Ao Instituto de Meio Ambiente e Ordenamento Territorial do Estado do Amapá (IMAP) e a Secretaria de Meio Ambiente (SEMA).

Aos professores membros da banca examinadora, MSc. Eldo Silva dos Santos e Jefferson Erasmo de Souza Vilhena, pela avaliação e contribuição na banca de qualificação, e ao professor MCs. Marcelo Oliveira e a professora MCs. Regina Celis (Unifap), pela avaliação e colaboração parcial deste trabalho;

À todos os professores que fizeram e fazem parte do colegiado do Curso de Ciências Ambientais, pelo esforço em repassarem um conhecimento tão rico e especial ao alunos;

À turma do curso de Ciências Ambientais do ano de 2009 a qual estivemos juntos neste aprendizado durante todos esses anos;

Eu, Benilda, agradeço especialmente à Benônis Santana Cordeiro Filho, companheiro, colaborador e incentivador de todas as horas.

SANTOS, Benilda do Rêgo. **ALMEIDA**, Moisés Albuquerque de. **AVALIAÇÃO DO SISTEMA DE GESTÃO E MONITORAMENTO DE EMISSÕES ATMOSFÉRICAS DA UTE SANTANA - AP/BRASIL.** Trabalho de Conclusão de Curso, pela Universidade Federal do Amapá – UNIFAP, sob a orientação do professor Dr. Alan Cavalcanti da Cunha.

RESUMO

A presente investigação teve como objetivo estudar as principais etapas gerenciais concernentes ao sistema de monitoramento de emissões atmosféricas de chaminés da Usina Termelétrica (UTE) no município de Santana - Amapá. Dois aspectos gerências foram estudados: 1) avaliação quali-quantitativa dos padrões de emissões em relação à Resolução CONAMA 003/90, que rege sobre os padrões da qualidade do ar; e 2) avaliação do sistema de gerenciamento de monitoramento em relação aos requisitos legais e de fiscalização para o controle de emissões atmosféricas da UTE. A metodologia de investigação compreendeu três etapas principais: 1) coleta e análise de documentos fornecidos pela empresa Eletronorte e pelo órgão ambiental Instituto de Meio Ambiente e Ordenamento Territorial do Estado do Amapá (IMAP); 2) visitas de campo para acompanhamento de procedimentos de coleta e análise de emissões gasosas, com dados fornecidos pela empresa, referente aos gases O_2, CO, CO_2, SO_2, NO, NO_2, NO_x e *Índice de Fumaça*, complementadas pela quantificação de fluxos de chaminé; e 3) avaliação simplificada do sistema de gerenciamento, divulgação e publicidade das informações, com ênfase nos procedimentos básicos de geração de informação do Sistema de Gestão Ambiental (SGA) da UTE Santana. Observou-se que as concentrações de gases de chaminé medidas "in loco", durante a pesquisa, foram registradas oficialmente pelo sistema de monitoramento. Contudo, por indisponibilidade de dados anteriores ao ano de 2010, somente foram efetivamente analisados os dados de 2011 e 2012. Portanto, percebeu-se algumas falhas no processo de divulgação de informações, estendendo-se aos órgãos ambientais de fiscalização, ao longo da série histórica observada de emissões gasosas. No geral, comparando-se todas médias de dados de emissões para 2011 e 2012, verificou-se não haver diferenças significativas entre ambos os anos, conforme teste (*t-student,* $p<0,05$). Conclui-se que o sistema de monitoramento, incluindo-se as etapas internas

da empresa, e externas dos órgãos fiscalizadores, não atenderam rigorosamente as recomendações gerenciais de monitoramento, principalmente no quesito publicidade das informações, justamente as de maior interesse das populações diretamente afetadas pelas emissões gasosas.

Palavras-chave: Usinas Termelétricas, Emissão de Gases, Poluição Atmosférica, Monitoramento, Sistema de Gestão Ambiental, Amapá.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Mapa 1: Mapa de Situação e Localização da UTE Santana

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Fontes geradoras de energia elétrica no Brasil em 2012

Tabela 2: Padrões Nacionais da Qualidade do ar

Tabela 3: Critérios para Episódios Agudos de Poluição do AR

Tabela 4: Padrões Nacionais do índice da Qualidade do Ar

Tabela 5: Limites máximos para poluição com óleo combustível

Tabela 6: Médias do monitoramento das emissões gasosas no ano de 2011

Tabela7: Médias do monitoramento das emissões gasosas no ano de 2012

Tabela 8: Médias anuais de chuvas no Rio Araguari

Tabela 9: Testes de hipóteses comparando as variações (Janeiro à Dezembro) dos parâmetros para 2011 e 2012

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: UTE Santana

Quadro 2: UHE Coaracy Nunes

Quadro 3: Referência da NBR ISO 14.0001:04

Quadro 4: Referência da NBR ISO 14.0001:04 PR-SGA – 1.0004

Quadro 5: Principais gases monitorados na UTE Santana

LISTA DE EQUAÇÃO

Equação 1: Representação matemática do Índice da Qualidade do Ar

LISTA DE IMAGENS

Fotografia 1: Parque Térmico da UTE Santana

Fotografia 2: Certificação implantada pela UTE Santana

Fotografias 3, 4 e 5: Fontes geradoras de energia da UTE Santana

Fotografias 6, 7 e 8: Áreas da Eletronorte visitadas durante a pesquisa

Fotografia 9: Calibração do medidor de emissão de gases

Fotografia 10: Atividades no Laboratório de Química

Fotografias 11, 12 e 13: Práticas de monitoramento na UTE Santana

LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICOS DAS MÉDIAS DOS MONITORAMENTOS DAS EMISSÕES GASOSAS NOS ANOS DE 2011 E 2012

Gráfico 1: Para **O_2 (%)**

Gráfico 2: Para **CO (ppm)**

Gráfico 3: Para **CO_2 (%)**

Gráfico 4: Para **SO_2 (mg/m^3)**

Gráfico 5: Para **NO (mg/m^3)**

Gráfico 6: Para **NO_2 (mg/m^3)**

Gráfico 7: Para **NO_x (mg/m^3)**

Gráfico 8: Para **Índice de Fumaça (%)**

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica

AP - Amapá

CEA - Companhia de Eletricidade do Amapá

CETESB - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo

CH_4 - Gás Metano

CO - Monóxido de Carbono

CO_2 - Dióxido de Carbono

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente

COV- Compostos Orgânicos Voláteis

CPA - Controle da Poluição Atmosférica

EIA - Estudo de Impacto Ambiental

ELETRONORTE - Centrais Elétricas do Norte do Brasil

HFCs - Hidrofluorcarbonetos

IMAP - Instituto de Meio Ambiente e Ordenamento Territorial do Estado do Amapá

IQA - Índice da Qualidade do Ar

ISO - International Organization for Standardization

KM - Kilometro

KW - Quilowatts

M - Metro

m/s - Metros por segundos

MW - Megawatts

NBR - Norma Brasileira de Regulamentação

NO - Óxido Nítrico

NO_2 - Dióxido de Nitrogênio

NO_X - Óxidos de Nitrogênio

O_2 - Oxigênio Molecular

OAP - Departamento de Operação do Amapá

ºC - Graus Celsius

NOS - Operador Nacional de Sistema

PNMA - Política Nacional do Meio Ambiente

ppm - partículas por milhão

PRONAR - Programa Nacional de Controle da Poluição do Ar

RIMA - Relatório de Impacto Ambiental

SE - Subestação

SEMA - Secretaria do Meio Ambiente

SF_6 - Hexafluoreto de Enxofre

SGA - Sistema de Gestão Ambiental

SIN - Sistema Interligado Nacional

SO_2 - Dióxido de Enxofre

UHE's - Usinas Hidroelétricas

UHECN - Usina Hidroelétrica Coaracy Nunes

UTE's - Usinas Termoelétricas

SUMÁRIO

Ordem Descrição Página

1 INTRODUÇÃO 12

1.1 A importância da geração térmica e a problemática ambiental 12

1.1.1 Justificativa 14

1.2 Problema e hipótese 16

1.3 Objetivos: Geral e Específicos 17

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA 18

2.1 Geração térmica no Brasil e na Amazônia 18

2.2 Geração hidrotérmica no Amapá em sistema isolado 19

2.3 Legislação de emissões gasosas 21

2.4 Certificação ISO 14.001 26

2.5 Sistema de Gestão Ambiental da Eletronorte 27

2.6 Monitoramento de emissões gasosas 29

3 MATERIAL E MÉTODOS 32

3.1 Área e períodos de estudos 32

3.2 Delineamento amostral dos parâmetros da qualidade do ar 36

3.3 Coleta e análise dos parâmetros de qualidade do ar – base de dados 37

3.4 Procedimentos Estatísticos 38

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO 39

4.1 Obtenção dos dados de monitoramento da qualidade do ar 39

4.2 Apresentação gráfica da evolução dos parâmetros da qualidade do ar em 2011 e 2012

40

4.3 Alguns testes de hipóteses para comparação das emissões mensais 46

5 CONCLUSÃO 50

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS 52

7 REFERÊNCIAS 54

1 INTRODUÇÃO

1.1 A IMPORTÂNCIA DA GERAÇÃO TÉRMICA E A PROBLEMÁTICA AMBIENTAL

A energia elétrica tornou-se um elemento essencial, tanto para o desenvolvimento econômico, quanto para o social na vida humana. A energia elétrica é a maior, a mais revolucionária e útil fonte de desenvolvimento já descoberta. Contudo, com o crescimento exagerado da demanda, particularmente no último século, este tão importante benefício tem a ameaça de ser transformado na grande lacuna aos paradigmas da qualidade de vida propostos pelo mundo sustentável de hoje (ENERGIA ELETRICA, 2013).

Opta-se ainda na maior parte do mundo pela energia elétrica gerada nas Usinas Termoelétricas (UTEs) ou Usinas Térmicas, por suas versatilidades construtivas, sua simplicidade e rapidez de produção (ENERGIA, 2013).

Os sistemas termelétricos são constituídos de 2 partes: uma térmica, onde se produz muito vapor a altíssima pressão e outra elétrica onde se produz a eletricidade. Os mesmos podem ser instalados próximos aos centros de consumo e dispensam linhas de transmissão de longo percurso. Nos países desenvolvidos, cerca de 70% da energia elétrica ainda é produzida em usinas desse tipo. Mesmo com o custo de produção do quilowatt maior (o dobro, em média) que o de uma usina hidroelétrica é, porém bem menor que o de uma usina nuclear.

Segundo Reis (2003), as UTEs, por operarem a partir da queima de combustíveis fósseis, em sua maioria derivado de petróleo ou carvão mineral,

> acarretam diversos impactos negativos no meio ambiente como: a) efluentes aéreos (maiores responsáveis pelo problema do aquecimento global, sendo superado apenas pelo setor de transporte); b) efluentes líquidos, que podem afetar física e/ou quimicamente o solo e as águas superficiais e subterrâneas (sistemas de refrigeração); c) efluentes provenientes de vazamentos de tanques de combustíveis, rompimento de selos de bombas, falhas de válvulas, efluentes sanitários e de drenagem, etc. As centrais a diesel são muito utilizadas em demandas cujas potências não ultrapassam 40 Mega Watts, para alimentação de

> sistemas isolados, ou regiões longínquas sem outra fonte de geração, como na Amazônia, em especial, no Estado do Amapá. Nos locais onde são instaladas, apresentam, no entanto, limitações relacionadas com potência, ruído e vibração, além de problemas com a dificuldade na aquisição de peças de reposição e seu transporte e, principalmente, os elevados custos de transporte dos combustíveis. Suas principais vantagens são: sua rápida entrada em carga, a simplicidade de operação e o fácil plano de manutenção.

Segundo Lora (2002) o consumo de combustíveis fósseis responde pela maior parte da poluição ambiental, onde se tem a percentagem das emissões emitidas pelos cinco poluentes mais importantes que são: CO_2 (Dióxido de Carbono - 100%); COV (compostos orgânicos voláteis - 73%), CO (monóxido de carbono - 70%), SO_2 (Dióxido de enxofre - 95%) e NOx (óxidos nitrosos - 95%). Verifica-se que 95% de todos os óxidos de enxofre e nitrogênio, assim como o dióxido de carbono (causa principal do efeito estufa), são de origem antropogênicas e de produtos de combustão de combustíveis fósseis. São por estes motivos que o acréscimo no consumo de energia tem um impacto ambiental considerável.

Sabe-se que o CO_2, entre tantos outros gases como o metano (CH_4), é um gás poluente que causa o efeito estufa e que aumenta a temperatura média da terra. Segundo Reis (2003), por exemplo, os efeitos mais comuns da poluição atmosférica são: efeito estufa, alteração da camada de ozônio, acidificação, eutrofização, *smog*, eliminação de metais pesados, formação carcinogênese, etc...

Mihelcic e Zimmerman (2012) descrevem que alguns dos impactos da poluição atmosférica podem ocorrer na saúde humana. Dentre os principais, o aumento das taxas de mortalidade, aumento nos custos de despesas com saúde, diminuição da produtividade e da qualidade de vida. Por outro lado, o sistema respiratório humano tem várias defesas contra a poluição do ar, particularmente contra partículas grandes. As principais categorias de doenças humanas causadas por poluentes do ar são: irritação (queimaduras de baixo nível da superfície dos tecidos), danos celulares (desencadeiam diversas doenças), alergias (sensibilidades nos olhos), fibrose (cicatrizes permanentes nos tecidos do sistema respiratório) e oncogênese (crescimento anormal e maligno de tecidos).

Conforme afirma Vesiling (2011), as fontes de combustão estacionárias, emitem poluentes em forma de particulados como as cinzas em suspensão, a fumaça, o enxofre e o

óxido de nitrogênio. A maior parte do conhecimento dos efeitos da poluição do ar nas pessoas tem origem nos estudos de episódios de intensa poluição do ar.

A maior desvantagem das UTEs é a emissão de gases na atmosfera, onde o acúmulo dos mesmos causam a poluição atmosférica, impactos ambientais locais e podem até atingir a camada de ozônio. Os gases mais comuns resultantes desses processos são o dióxido de carbono (CO_2) e a fuligem, que formam uma névoa preta.

Um aspecto relevante nesta dicotomia, entre geração de energia e prevenção da poluição está a empresa e o meio ambiente. Por exemplo, segundo Lora (2002), a empresa não é uma organização isolada na sociedade. Ela precisa interagir com o mercado, com as instituições que desenvolvem tecnologia, com os órgãos de controle ambiental e com a sociedade como um todo.

(Chanlat et al., AL1992 *apud* Almeida, 2006), o crescimento econômico e a preservação do meio ambiente são considerados objetivos contrários. Contudo, há evidências mostrando que a industrialização e a urbanização pressionam a base natural da economia, seja pelo uso acelerado dos recursos naturais nas produções, seja pela geração da poluição que causa degradação ao meio, onde o setor energético tem uma grande responsabilidade por isso. Mas, foi assim que grandes nações desenvolvidas alcançaram níveis satisfatórios de crescimento e servem de referencial àquelas que ainda buscam esse padrão de desenvolvimento.

Segundo Lora (2002), somente através do Sistema de Gestão Ambiental (SGA) utilizado como um mecanismo de controle, que será desenvolvido o melhoramento do desempenho ambiental de uma empresa, cujas principais diretrizes são: **a)** uma declaração de políticas que indique o comprometimento geral da empresa-política com o melhoramento do desempenho ambiental, incluindo a conservação e proteção dos recursos naturais, a minimização de resíduos, o controle da poluição e a melhoria contínua. **b)** um conjunto de planos e programas para implementar a política ambiental em toda a organização, incluindo a extensão dos mesmos a fornecedores e clientes - (plano de ação, objetivos e metas); **c)** integração dos planos ambientais no dia-a-dia operacional da organização; **d)** medição de desempenho da gestão ambiental em relação aos planos e programas (monitoramento e auditorias); e **e)** Aperfeiçoamento do sistema de gestão ambiental - redefinição de objetivos e melhoria contínua.

A presente pesquisa está contextualizada com a diretriz **d),** a qual está relacionada principalmente com o monitoramento das emissões gasosas na UTE Santana – Amapá e seu SGA.

1.1.1 Justificativa

A energia considerada "limpa" é aquela produzida através das águas, do sol e dos ventos, por apresentar baixos índices de produção de poluentes em todas as fases de produção, distribuição e consumo. Mesmo com todas as vantagens dessas fontes energéticas, mas devido ao alto custo, atualmente o sistema escolhido para suprir as demandas emergências são as Usinas Termoelétricas, uma instalação que produz energia elétrica a partir da queima de carvão, óleo combustível ou gás natural em uma caldeira projetada para esta finalidade específica (VESILING et al., 2011).

No Amapá para suprir a demanda energética crescente, e devido as limitações e isolamento do sistema hidráulico, foi necessário implantar um Parque Térmico de geração energética, a partir da queima de óleo diesel, que é a Usina Termelétrica de Santana - UTE Santana (ELETRONORTE, 1992). A UTE Santana, portanto, visa complementar o sistema termohidráulico do Estado do Amapá, principalmente nos períodos hidrológicos de estiagem, bem como a UHE Coaracy Nunes, complementa o sistema térmico nos períodos de cheias do Rio Araguari (CUNHA et al., 2013).

Desta forma, as fontes potencialmente poluidoras concentram-se na UTE de Santana, gerando quantidades significativas de emissões atmosféricas, o que é um tema de interesse das instituições de fiscalização governamentais, mas também e principalmente da comunidade do entorno que desconhece os riscos e impactos da poluição de gases atmosféricos lançados ao ar durante os períodos de produção. Por este motivo é tão importante avaliar o nível de

efetividade dos relatórios frente aos órgãos de fiscalização e como estas informações alcançam o público afetado em geral.

Assim o presente estudo visa tão somente a avaliação dos padrões de emissões e da qualidade do ar do seu entorno, a partir de dados fornecidos pela empresa Eletronorte e pelo órgão público de fiscalização, o Instituto de Meio Ambiente e Ordenamento Territorial do Estado do Amapá (IMAP). Portanto, a importância da pesquisa foi contribuir com descrições sobre como as informações dos processos de monitoramento e fiscalização do referido empreendimento - Parque Térmico de Santana da Eletronorte no Estado do Amapá alcançam o conhecimento da sociedade amapaense.

O presente trabalho contou com a colaboração da empresa Eletronorte Regional Amapá que forneceu a maior parte das informações históricas do empreendimento UTE Santana, bem como o detalhamento de funcionamento do sistema de geração, desde sua implantação. Além disso, a empresa permitiu acesso dos autores às dependências das instalações com o objetivo de acompanhar os procedimentos de coleta de dados do monitoramento das emissões gasosas.

Desta forma, as etapas metodológicas destacaram os procedimentos operacionais de monitoramentos ao longo de dois anos de operação, 2011 a 2012. Nas visitas técnicas também foram observadas algumas das etapas de análises das concentrações dos gases, objeto principal do estudo. Como resultado, os relatórios de monitoramentos foram utilizados como base para comparação com parâmetros da legislação da Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA 003/90). Em primeira instância, com o intuito de observar a conformidade das emissões gasosas registradas pelo SGA implantado pela empresa na UTE Santana e, em segunda instância, compreender o sistema de monitoramento como um todo.

Foi feito um estudo de caso de uma termelétrica na Amazônia, com foco no Estado do Amapá, a UTE Santana. Portanto, são mostradas as análises resultantes do monitoramento sistemático realizado pelo setor ambiental da Eletronorte - AP durante os anos de 2011 e 2012, com vistas a dois focos principais: a) se houve variação mensal a cada ano e b) se houve infração dos níveis de concentração dos gases de emissão segundo a Resolução CONAMA 003/90 para emissões gasosas de fontes fixas.

1.2 PROBLEMA E HIPÓTESES

A Eletronorte vem cumprindo sua parte na transmissão e geração no atendimento energético do Estado do Amapá, ora equacionado pela implantação da UTE Santana. Mas levando em conta o potencial desse empreendimento, sua implantação e todo o período de atuação, foi elaborada a seguinte hipótese:

- ➢ A UTE Santana durante o período de atuação no Estado do Amapá, é considerada como uma alternativa energética emergencial e importante, porém, apresenta consequências ambientais significativas como a poluição atmosférica, através das emissões gasosas. Será que os padrões de emissões gasosas e seus monitoramentos, durante este período de geração e transmissão de energia, foram mantidos e cumpriu-se com todas as exigências gerenciais e legais previstas pela legislação CONAMA 003/90?

1.3 OBJETIVOS:

Geral:

Analisar os procedimentos operacionais do sistema de monitoramento de emissões atmosféricas da UTE Santana e sua conformidade legal vigente bem como avaliar seus padrões junto à legislação vigente para a qualidade do ar.

Específicos:

1) Descrever o funcionamento e a importância do monitoramento de gases de combustão da UTE;
2) Verificar "in loco", as principais etapas metodológicas de monitoramento das emissões atmosféricas nas etapas de coletas e análises de gases de chaminé junto ao SGA da empresa Eletronorte;

3) Analisar os relatórios concernentes às concentrações das emissões gasosas dos parâmetros: O_2, CO, CO_2, SO_2, NO, NO_2, NO_x e Fumaça em dois anos consecutivos, 2011 e 2012, avaliando-se etapas gerenciais do SGA vinculadas ao monitoramento de efluentes atmosféricos na UTE, inclusive considerando no curto prazo a futura desativação da UTE Santana.

2. REVISÃO DA LITERATURA

2.1 GERAÇÃO TÉRMICA NO BRASIL E NA AMAZÔNIA

Segundo Bermann (1992), o setor elétrico brasileiro era inicialmente de controle privado, passando, nas décadas de 40 e 50, para o controle estatal, modelo consolidado somente em 64, nos governos militares, cabendo a Eletrobrás, fundada em 1962, o papel de empresa "holding" do setor.

Conforme a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL, 2005), o Brasil produz aproximadamente 70% de sua energia através das hidrelétricas, porém por estes empreendimentos levarem um longo período para serem instalados, o país se vê em uma situação insustentável do ponto de vista de suprir no curto prazo a crescente demanda existente.

A tabela 1 mostra o percentual de fontes geradoras de energia elétrica no Brasil no ano de 2012, apontando o setor de energia térmica em 2º lugar, como fonte fornecedora de energia elétrica no país.

Tabela 1: Fontes geradoras de energia elétrica no Brasil em 2012.

Fontes	**%**
Hidrelétrica	77,6
Térmica	13,9
Nuclear	1,7
Eólica	1,7
Outras	5,1

Fonte: ONS e consultorias (2012).

De acordo com Di Lascio (2009) a indústria de energia apresenta particularidades que torna mais conveniente sua exploração no âmbito do direito administrativo. Em primeiro lugar não existe possibilidade de competição nessa indústria, ao menos nos segmentos de transmissão e distribuição de energia.

Atualmente na divisa do Brasil com o Paraguai, no rio Paraná, em Foz do Iguaçu, localiza-se a Usina binacional Hidrelétrica de Itaipu, maior fonte de geração energética renovável do mundo (BRASIL ESCOLA, 2013). Mesmo com essa realidade, o Brasil ainda sofre com a carência de energia elétrica em todas as regiões, principalmente nos locais mais distantes, como o sistema hidroenergético do Estado do Amapá. Em regiões isoladas, a maioria nas zonas rurais da Amazônia apenas uma parcela das moradias está eletrificada por extensão de rede, ou, a partir do Sistema Interligado Nacional (SIN), muitas vilas ainda estão isoladas e são dotadas de grupos geradores a diesel (DI LASCIO, 2009).

A eficiência de geração energética está distante das populações consumidoras necessitadas de energia elétrica, que somente tem sido sanadas ou superadas pelas instalações térmicas em conjunção com a geração hidráulica, tanto em áreas urbanas quanto nas cidades menores, com características mais rurais, como no Estado do Amapá.

2.2 GERAÇÃO HIDROTÉRMICA NO AMAPÁ EM SISTEMA ISOLADO

Conforme a Eletronorte (1992), a empresa chegou ao Amapá em 1974, 13 meses depois de sua criação, com o objetivo de concluir as obras da Usina Hidrelétrica Coaracy Nunes (UHECN), no Rio Araguari. A primeira usina da Empresa na Amazônia, a Coaracy Nunes foi inaugurada em janeiro de 1976, marcando o início da trajetória da Eletrobrás Eletronorte na região de plena Amazônia (CUNHA et al., 2013).

Segundo a Eletronorte (2006), o Estado do Amapá, situado à margem esquerda do Rio Amazonas, tem a desvantagem estrutural de não pertencer ao chamado Sistema Elétrico Interligado Nacional (SIN). Este fato representa um aspecto negativo do ponto de vista da competitividade dos investimentos empresariais que alavancam o desenvolvimento e permitem a geração de emprego e renda em larga escala. Somente com a futura chegada do "Linhão de Tucuruí", obra prevista para estar concluída no final do ano de 2013, possibilitará a interligação definitiva do Amapá com o SIN.

Eletronorte (1992) informa que no Estado do Amapá, o mercado de energia elétrica abrange dois sistemas distintos,

> um é atendido por pequenas *usinas dieséletricas* e o outro é o *Sistema de Geração e Transmissão Elétrica do Amapá – "Sistema Amapá"*, que atende a capital e cidades circunvizinhas através de uma usina hidrelétrica e complementação térmica, correspondente a cerca de 96% do consumo total no Estado. Na caracterização sócio-econômica, evidencia-se a importância da região de Macapá-Santana que, neste estudo, constitui a área de influência da UTE Santana, de caráter estratégico para garantir condições adequadas ao suprimento energético do Amapá, além da condição essencial para se dar continuidade ao seu desenvolvimento.

Os quadros 1 e 2 mostram a geração térmica em potência total e a quantidade de máquinas que operam na UTE Santana, as quais atuam em complementação com a Usina Hidrelétrica Coaracy Nunes, suprindo assim a demanda energética do Amapá.

Quadro 1: UTE Santana

	Potência Total (MW)		**Potência Total (MW)**			**Total Unidades Usinas**
	Aneel (*)	**Efetiva**	**Unidades**	**Nominal**	**Efetiva**	
Geração Térmica	178,1	156,4	SAUGG - 01 SAUGG - 02 SAUGG - 03 SAUGG - 04 SAUGG - 05	21,5 21,5 21,5 15,60 15,60	18,0 18,0 18,0 15,60 15,60	3 x TG LM 2500 4 x MD Wartsila

			SAUGG - 06 SAUGG - 07 GEBRA	15,60 51,2	15,60 40,00	32 x 1.6 MW GEBRA
			Totais	178,1	156,4	

Fonte: CEA (2012)

Quadro 2: UHE Coaracy Nunes

Potência Total (MW)		**Potência (MW)**			**Total Unidades Usina**
Aneel (*)	**Efetiva**	**Unidades**	**Nominal**	**Efetiva**	
78,0	78,0	CNUG H-01	24,0	24,0	2 x 24,0
		CNUG H-02	24,0	24,0	
		CNUG H-03	30,0	30,0	1 x 30,0
		Totais	78,0	78,0	

Fonte: CEA (2012).

Conforme informação da Eletronorte, tanto a UHCN quanto a UTE, mesmo ambas trabalhando em complementação (em determinados períodos), nem todas as máquinas operam ao mesmo tempo, por isso não se utiliza a potência total dessa geração.

Eletronorte (1992) descreve que dentre várias fontes alternativas de energia estudadas, foram consideradas,

> a *energia solar e a eólica* como as que talvez fossem viáveis para a região norte. Para o Estado do Amapá, a alternativa com tecnologia existente selecionada foi, porém, a instalação de unidades *termelétricas*. Os critérios básicos, adotados na escolha do local de implantação foram, a minimização do investimento no sistema de transmissão associado e a garantia da manutenção de condições ambientais adequadas na área de influência da mesma.

Segundo (IMAP, 2012), o Parque Térmico de Santana detém uma capacidade de geração energética de 178,1 megawatts (MW), com 03 unidades aeroderivativas que podem gerar 64,5 MW, 04 motores de combustão interna de 62,4 MW e 32 motores para gerar 51,2 MW, Fotografia 1.

Fotografia 1: Parque Térmico da UTE Santana

Fonte: autores (2012).

Conforme observado na Fotografia 1, há no Parque Térmico de Santana, além das máquinas geradoras, as linhas de transmissão e toda a logística necessária, com profissionais capacitados para sua operação local.

2.3 LEGISLAÇÃO DE EMISSÕES ATMOSFÉRICAS

O Brasil estabeleceu a Política Nacional do Meio Ambiente (PNMA) e seus instrumentos por meio da Lei nº. 6.938/81e reconheceu também a necessidade de se dispor de informações atualizadas sobre a qualidade ambiental.

Para os fins previstos nesta Lei, no Art. 3º, entende-se por:

I - *Meio Ambiente*: conjunto de condições, leis, influências e interações de ordem física, química e biológica, que permite, abriga e rege a vida em todas as suas formas;

IV - *Poluidor*: a pessoa física ou jurídica, de direito público ou privado, responsável, direta ou indiretamente, por atividade causadora de degradação ambiental;

V - *Recursos Ambientais*: a atmosfera, as águas interiores, superficiais e subterrâneas, os estuários, o mar territorial, o solo, o subsolo e os elementos da biosfera.

No território brasileiro a Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA - 003/90) rege e dita regras para o monitoramento da qualidade do ar, determinando:

Art. 1º - São padrões de qualidade do ar (tabela 2), as concentrações de poluentes atmosféricos que, ultrapassadas, poderão afetar a saúde, a segurança e o bem-estar da população, ou, ocasionar danos à flora e à fauna, aos materiais e ao meio ambiente em geral.

Parágrafo único - entende-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:

I - Impróprio, nocivo ou ofensivo à saúde;

II - Inconveniente ao bem-estar público;

III - Danoso aos materiais, à fauna e a flora.

IV - Prejudicial à segurança, ao uso e gozo da propriedade e às atividades normais da comunidade.

A tabela 2 descreve os Padrões Nacionais de Qualidade do Ar. Os quais a Resolução CONAMA 003/90, determina que o tempo não deve ser excedido mais que uma vez ao ano.

Tabela 2: Padrões Nacionais da Qualidade do Ar

Poluente (mg/m^3)	**Tempo médio**	**Padrão primário**	**Padrão Secundário**
MPS	24h (MGA)	80 - 240	60 -150
SO_2	24h (MAA)	80 - 365	40 – 100
	1h	4NM00 (35 ppm)	4NM00 (35 ppm)
CO	8h	1NM00 (9 ppm)	1NM00 (9 ppm)
O_3	1h	160	160
Fumaça	24h (MAA)	60 - 150	40 – 100
Part. Inaláveis	24h	50 -150	50 – 150
NO_2	1h	100 - 320	100 – 190

MGA: Média Geométrica Anual; MAA: Media Aritmética Anual; A condição de referência para as concentrações é de 25ºC e, de pressão de 760 mmHg (1.013,2 milibares).

Fonte: Res. CONAMA 003/90

Dentro do *Art. 5º,* está atribuído aos estados o monitoramento da qualidade do ar.

O Art. 6º , determina os níveis para a elaboração do Plano de Emergência de Episódios Críticos da Poluição do Ar.

§1º, considera-se Episódio Crítico, as altas concentrações de poluentes na atmosfera em curto período de tempo, resultante da ocorrência de condições meteorológicas desfavoráveis à dispersão dos mesmos (tabela 3), os Níveis de Atenção, Alerta e Emergência não devem ser excedido mais que uma vez ao ano, do tempo estabelecido pela Resolução.

§ 4º, determina quais as providências a serem tomadas a partir da ocorrência dos Níveis de Atenção e de Alerta com o objetivo de evitar que o Nível de Emergência seja atingido.

Tabela 3: Critérios a serem atendidos para episódios agudos de poluição do ar.

Parâmetros	Atenção	Alerta	Emergência	Tempo
Partículas Totais em Suspensão (μg/m³)	375	625	875	24 h
Partículas Inaláveis (μg/m³)	250	420	500	24 h
Fumaça (μg/m³)	250	420	500	24 h
Dióxido de Enxofre (μg/m³)	800	1.600	2.100	24 h
SO_2 x PTS (μg/m³)(μg/m³)	6.5000	261.000	393.000	24 h
Dióxido de Nitrogênio (μg/m³)	1.130	2.260	3.000	1 h
Monóxido de Carbono	15	30	40	ppm
Ozônio (μg/m³)	400	800	1.000	1 h

Fonte: Res. CONAMA 003/90.

A Resolução CONAMA (003/90), determina ainda o modelo do Índice da Qualidade do Ar, que vem sendo usado pela CETESB desde 1981. Este índice foi concebido com base no "PSI – Pollutant Standards Index", cujo desenvolvimento se baseou numa experiência acumulada de vários anos nos Estados Unidos e Canadá (CPA, 2013).

Na Tabela 4 são apresentados os padrões que devem ser atendidos para todo monitoramento de Índice da Qualidade do Ar (IQA).

Tabela 4: padrões do Índice da Qualidade do Ar

IQA	Qualidade do ar
0 – 50	Boa
51 – 100	Aceitável
101 – 199	Adequada
200 – 299	Má
299 – 300	Péssima
Acima de 400	Crítica

Fonte: Res. CONAMA 003/90

A qualidade do ar de uma estação é determinada pelo pior caso. Os índices da qualidade do ar na Tabela 4 partem da situação boa à crítica e devem ser mantida no máximo na qualidade adequada.

A equação 1 representa matematicamente o valor que determina o índice da qualidade do ar.

$$IQA = \frac{\text{Concentação do Poluente}}{\text{Padrão Primário de Qualidade}} x100\% \tag{1}$$

Determinado pela Equação 1, o índice da qualidade do ar é igual à concentração do poluente, dividido pelo padrão primário, multiplicado em cem por cento (%).

A RESOLUÇÃO CONAMA nº 5, de 15 de junho de 1989, complementada pelas Res. CONAMA nºs 003 e 008/90, dispõe sobre o Programa Nacional de Controle da Poluição do Ar (PRONAR),

> como um dos instrumentos básicos da gestão ambiental para proteção da saúde e bem-estar das populações e melhoria da qualidade de vida com o objetivo de permitir o desenvolvimento econômico e social do País de forma ambientalmente segura, pela limitação dos níveis de emissão de poluentes por fontes de poluição atmosférica, com vistas a, uma melhoria na qualidade do ar; o atendimento aos padrões estabelecidos; o não comprometimento da qualidade do ar em áreas consideradas não degradadas. A estratégia básica do PRONAR é limitar, em nível nacional, as emissões por tipologia de fontes e poluentes prioritários, reservando o uso dos padrões de qualidade do ar como ação complementar de controle.

A RESOLUÇÃO CONAMA nº 005/89 complementada pela Resolução 008, de 6 de dezembro de 1990, dispõe sobre o estabelecimento de limites máximos de emissão de poluentes no ar para processos de combustão externa de fontes fixas de poluição.

Segundo a RESOLUÇÃO CONAMA nº 382 de 2006, ANEXO I - trás os limites de emissão para poluentes atmosféricos proveniente de processo de geração de calor a partir da combustão externa de óleo combustível, que é utilizado no processo de geração de energia na Termoelétrica de Santana. Conforme a tabela 5, ficam estabelecidos os seguintes limites máximos de emissão para poluentes atmosféricos provenientes de processos de geração de calor a partir da combustão externa de óleo combustível.

Tabela 5: Limite máximo para emissão de poluente de óleo combustível.

Potência Térmica Nominal (MW)	**MP(1)**	**NOx(1) (comoNO_2)**	**SOx(1)(comoSO_2)**
Menor que 10	300	1600	2700
Entre 10 e 70	250	1000	2700
Maior que 70	100	1000	1800

(1) Os resultados devem ser expressos na unidade de concentração mg/Nm^3, em base seca e 3% de excesso de oxigênio.

Para Oliveira (2007), atualmente as legislações ambientais estão cada vez mais exigentes e uniformes e, ainda confrontam-se com a pressão do mercado e com um consumidor que no papel de ecologicamente correto, ambientalmente sustentável e socialmente equilibrado, já se propõe a pagar mais por produtos que não provoquem danos ao meio ambiente. Com isso as empresas de setores críticos como as do setor energético, se vêem em meio a um fogo cruzado entre sociedade e conformidades legais.

Conforme Almeida (2008), os dados de qualidade ambiental, atualmente geradas no país encontram-se dispersos e sem padronização metodológica que permita uma compatibilidade, tanto em escala nacional, quanto internacional, ademais para muitas áreas estes dados não são sequer coletados. Além disso, junto as mudanças da política nacional nos últimos anos, o setor elétrico brasileiro sofreu alterações, passando de um monopólio estatal para formar um conjunto em que estão incluídas concessionárias privadas, e que está baseada no mercado e nas regulamentações ambientais (DI LASCIO, 2009).

Conforme Energia Elétrica (2013), os principais gases que provocam a poluição atmosférica e consequentemente o aquecimento global são: Dióxido de Carbono (CO_2), Gás Metano (CH_4), Óxido Nitroso (NO_2), Perfluorcarbonetos, Hexafluoreto de Enxofre (SF_6), e Hidrofluorcarbonetos (HFCs).

De acordo com (EDP SERVIÇO UNIVERSAL, 2013), há vários outros gases poluentes nocivos à saúde humana, além das partículas que liberadas juntamente com o dióxido de enxofre podem provocar problemas respiratórios, o efeito estufa e as chuvas ácidas que causam um impacto negativo ao meio ambiente mais próximo.

Gartland (2010), assevera que as marcantes modificações climáticas provocadas pela urbanização é o aumento da temperatura do ar, em relação ao seu entorno rural adjacente.

A formação das Ilhas de Calor Urbana, por exemplo, não resulta da ação de um simples fator, e sim, devido à influência de muitas características do sistema da atmosfera urbana, entre eles: o poder de produção de calor dos materiais de construção; a redução da área de superfícies de evapotranspiração; a prisão das radiações de ondas longas, devido às grandes emissões de gases que causam a poluição atmosférica, entre outras. (OKE e MAXWELL 1975).

O Estado do Amapá ainda não tem uma legislação específica para instalações de fontes energéticas e seus monitoramentos de poluição, assim na maioria das vezes, para licenciamentos de empreendimentos com significativos impactos ambientais, bem como os seus monitoramentos, o Estado baseia-se em normas e regulamentos e suas conformidades legais vigentes no Brasil como as Resoluções do CONAMA que possam colaborar com leis como a Lei Complementar nº 0005 de 18 de agosto de 1994, em vigor desde 1999 que dispõe o Código Ambiental do Estado do Amapá, onde se tem disposições válidas para a proteção do meio ambiente amapaense.

Conforme esta Lei (Art 7º) - a instalação de empreendimentos ou atividades causadoras de degradação ambiental deverá, ser precedida de aprovação do Estudo de Impactos Ambientais (EIA) e respectivo Relatório de Impactos Ambientais (RIMA), a que se dará prévia publicidade, garantindo a realização de audiências públicas.

Art. 98 - fica proibida toda e qualquer ação poluidora ou pertubadora causada por agentes, bem como a liberação ou lançamento de poluentes sobre o meio ambiente.

2.4 CERTIFICAÇÃO ISO 14.001

A Norma International Organization for Standardization (ISO), sediada em Genebra na Suiça, é uma organização internacional não-governamental, sem fins lucrativos, composta por mais de 100 países membros. É uma organização internacional de padronização. A ISO 14.0001, dita e rege sobre as especificações e diretrizes para uso do SGA de uma empresa. Publicada em 1996 e revisada em 2002 (NBR ISO 14.001:04).

Segundo Matriz Energética (2013), a ISO 14.001 é uma norma internacionalmente reconhecida que define o que deve ser feito para estabelecer um Sistema de Gestão Ambiental

(SGA) efetivo. Isto significa que devem ser identificados os aspectos de seu negócio que impactam o meio ambiente e compreender a legislação ambiental relevante à sua situação. Trata-se de uma certificação relevante para todas as organizações.

Em fevereiro de 2005, através do Departamento de Operações do Amapá, a Eletronorte implantou a sua ISO 14.001/96. A partir de 2008 passou a adotar a ISO 14.001 versão 2004 (Fotografia 2). Seu SGA determina ciclos de planos estratégicos, objetivos e desdobramentos corporativos, vislumbrando se preparar cada vez mais para os desafios inerentes a sustentabilidade empresarial, buscando resultados com fatores de desempenho econômico-financeiro, social e ambiental (ELETRONORTE - OAP, 2011)

Fotografia 2: certificação implantada na UTE Santana

Fonte: autores (2012)

Esta implementação norteou o sistema de monitoramento de emissões de gases da UTE Santana.

2.5 SISTEMA DE GESTÃO AMBIENTAL DA ELETRONORTE

Castro (1998) considera que gestão ambiental é a fronteira estratégica que move ordenamento espacial, conservação da natureza e qualidade ambiental. A gestão ambiental passa a estabelecer relações de equilíbrio regional, ordenamento espacial e proteção ao meio ambiente, representando uma interface entre ambiente e desenvolvimento, construído em um aspecto de sustentabilidade.

De Backer (1995), apresenta uma definição abrangente para gestão ambiental, que consiste na Administração do uso dos recursos ambientais por meio de ações ou medidas econômicas, investimentos e providências institucionais e jurídicas, com a finalidade de manter ou recuperar a qualidade dos recursos e o desenvolvimento social.

Conforme (ELETROONORTE - OAP, 2011),

> Em 2002, a Eletronorte, implantou em sua estrutura uma secretaria para coordenar a implantação do Sistema de Gestão Ambiental, com a finalidade de identificação do tratamento dos impactos socioambientais oriundos dos processos de geração e transmissão. Os impactos socioambientais reais e potenciais associados aos processos, as atividades, aos produtos e serviços da unidade são identificados e caracterizados de acordo com os procedimentos, conforme quadro 3:

Quadro 3: Referência da Norma Brasileira de Referências ISO 14.001:04

Impactos	Procedimentos
Ambientais	PR-SGA-1.0003 – Procedimento de identificação e avaliação de aspectos e impactos ambientais
Sociais	PR-SGA- 1.0005 – procedimento de comunicação interna e externa
Socioambientais	Identificados – eliminados, minimizados ou compensados por meio de programas próprios ou parcerias e convênios com instituições de pesquisas e/ ou de fomentos.

Eletronorte - OAP (2011).

São programas com seus diagnósticos atendidos tanto na UHE Coaracy Nunes, quanto na UTE Santana,

- Desde 2003, são desenvolvidos os Programas de:
- ✓ Conservação e Uso do Reservatório e Seu Entorno;
- ✓ Educação Ambiental da OAP;
- ✓ Limnologia e ictiofauna da UHE Coaracy Nunes;
- ✓ Além de manter uma sistemática para a Identificação e Acesso à Legislação Ambiental aplicável as suas Atividades e Serviços, Requisitos Legais e Outros Requisitos pelas instalações de geração e transmissão de energia elétrica, conforme quadro 4:
- A partir de 2012, estão sendo implementados os programas de:
- ✓ Efluentes Industriais e Sanitários;
- ✓ Ruído Ambiental;
- ✓ Emissões Atmosféricas e Seqüestro de Carbono de fontes fixas, e futuramente de todas as emissões da Regional do Amapá.
- Com foco Socioambiental, está em fase de elaboração:

- ✓ Um viveiro de espécies florestais (comerciais, frutíferas e não madeireiras), envolvendo a comunidade na capacitação direta, e potencializando arranjos Produtivos Locais e Familiares;
- ✓ Fomento a agricultura familiar na faixa de servidão.

Quadro 4: Referência da NBR ISO 14001:04 - PR-SGA-1.0004

item	Doc.	Tema	Assunto	Alíneas	Requisitos	Situação	Evidências
4	Lei 6.938 de 31/08/81	Licenciamento	Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente - Proíbe a poluição e obriga o licenciamento. - Determina a Utilização adquada dos Recursos Ambientais	Artigos 10, 14, 17-b, 17-c e 17-d	1. Determina que a construção,instalação, ampliação e funcionamento de estabelecimentos e atividades potencialmente poluidoras dependerão de prévio licenciamento por Órgão estadual competente (art. 10).	Atendido	1. Licenças de Operação das Instalações

Fonte: Eletronorte – OAP (2011).

2.6 MONITORAMENTOS DE EMISSÕES ATMOSFÉRICAS

Segundo Botkin e Keller et al., (2011), a melhor forma de controlar a poluição do ar é eliminar a fonte da mesma, pois quase sempre essa é a solução mais econômica para o problema da poluição do ar. A escolha do equipamento de tratamento adequado exige uma combinação das características do poluente com os recursos do aparelho de controle, divididos em duas classes: a) aplicáveis ao controle de particulados e b) aplicáveis ao controle de poluentes gasosos. Tal fato decorre principalmente devido ao tamanho dos poluentes. As moléculas dos gases têm diâmetros de cerca de 0,0001 mícron; já os particulados variam de tamanhos a partir de 0,1 mícron.

Segundo Eletrosul (1990) a composição das emissões atmosféricas são fortemente influênciadas por três fatores: a qualidade e natureza do combustível utilizado na queima, os processos de beneficiamneto a que este combustivel é submentido e o método de combustão adotado pela usina. Os resíduos menores dos poluentes emitidos à atmosfera podem se manifestar de diferentes modos, podendo ser inalados, absorvidos pela pele ou depositados em animais e plantas e posteriormente consumidos pelo homem.

A emissão de gases poluentes lançados na atmosfera tem provocado nas últimas décadas inúmeras mudanças climáticas que desde agora estão se tornando e, nas próximas

décadas, poderão ser extremamente prejudiciais ao meio ambiente e à todo tipo de vida no planeta Terra (ENERGIA ELÉTRICA, 2013).

De acordo com Vesilind (2011) a poluição do ar tem sido historicamente associada à fumaça – quanto mais escura, maior a poluição. A medição dos particulados é feita, utilizando-se um *amostrador de grande volume (Hi-vol). A análise realizada é a gravimétrica*.

No contexto do controle da poluição do ar, os poluentes gasosos incluem substâncias que são gases a uma temperatura e pressão normais, assim como vapores de substâncias líquidas ou sólidas, também sob condições normais. Um poluente do ar pode ser um gás ou um particulado. A concentração de gases pode ser medida em partes por milhão (ppm) com base em uma relação de volumes, ou, em microgramas por metro cúbico ($\mu g/m^3$).

Segundo Lora (2002) as emissões de poluentes atmosféricos classificam-se em: *Antropogênicas, que são* aquelas provocadas pelo homem e; *Naturais, aquelas* causadas por processos naturais. *A geração de energia e a metalúrgica* constituem as atividades econômicas que maior quantidade de poluentes gasosos emitem à atmosfera. *Filosoficamente* o controle da poluição do ar pode ser realizado através dos seguintes mecanismos:

- Padrões de emissões;
- Padrões de qualidade do ar;
- Impostos ou taxas por emissão de poluentes;
- Análise custo/beneficio.

Segundo Energia Elétrica (2013), em se tratando de poluição atmosférica, algumas soluções já são apontadas para diminuir o aquecimento global como: diminuir o uso de combustíveis fósseis como a gasolina, o diesel e outros; aumentar o uso de biocombustíveis; Instalação de sistemas de controle de emissão de gases poluentes nas indústrias; reduzir ou eliminar as queimadas de matas e florestas.

Segundo (BOUBEL, 1994; BRAGA, 2002; BAIROL, 2002 e VESILING Et Al., 2011) os mais comuns poluentes particulados (diâmetros > 100 μ) podem ser removidos por câmaras, ciclones e filtros de saco, e até os precipitadores eletrostáticos, devido a eletricidade estar facilmente disponível, sendo que a eficiência dos referidos equipamentos dependem do tamanho das partículas. Por outro lado, o controle envolve a remoção de poluentes das emissões gasosas, uma alteração química no poluente, ou uma alteração no processo de produção deste (depuradores úmidos, métodos de adsorção, incineração ou chamamento).

Por exemplo, o controle de óxidos sulfurosos podem ser implementados mediante as seguintes providências: mudança de combustível com baixa emissão de enxofre; dessulfurização do carvão; construção de chaminés altas e dessulfurização de gases da chaminé.

Vesiling et al., (2011), descrevem que as condições atmosféricas determinam prioritariamente a dispersão dos poluentes do ar. Dispersão é o processo de espalhar a emissão sobre uma ampla área. Assim, o efeito da estabilidade atmosférica em uma pluma pode ser influenciada pelas condições locais, sofrendo, por exemplo, inversão térmica. Normalmente os parâmetros físicos que determinam a altura da pluma sobre o topo da chaminé (m) são: a velocidade média do vento (m/s); taxa de queda prevalecente, ou a variação da temperatura com a elevação (^{o}C/m); diâmetro da saída da chaminé (m); aceleração da gravidade (m/s^2); temperatura da atmosfera (^{o}C); temperatura do gás da chaminé (^{o}C); fluxo de flutuação (m^4/ s^2).

Em relação aos padrões da qualidade do ar, historicamente as comunidades demonstram ter evitado promulgar leis rígidas para a poluição do ar por medo de espantar a instalação das indústrias. Considerando a oferta de locais com custos mais baixos e menos restritivos, as fábricas poderiam ameaçar deixar a cidade, levando consigo muitas vagas de emprego. Segundo Vesiling et al., (2011), nos Estados Unidos da América por exemplo, apenas as leis federais foram capazes de impedir este tipo de chantagem.

A pergunta que fica no ar será: qual deveria ser a posição ética da indústria? Se ela se negar a investir nas regiões mais pobres, estes ficarão desprovidos de renda e benefícios. Se, por outro lado, a indústria investir neles e construir plantas industriais, ela precisa ter alguma vantagem, como por exemplo, poucas normas de controle de poluição, ou redução dos níveis de exigência dos padrões ambientais para fazer o investimento valer a pena.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 ÁREA E PERÍODOS DE ESTUDO

O local escolhido para a instalação da UTE Santana situa-se próximo ao centro de consumo, em região praticamente isolada, não havendo núcleos residenciais nas cercanias do empreendimento. Assim limitam-se os eventuais impactos da mesma sobre o meio ambiente e, sobretudo, no que se refere às interferências com a população residente no entorno da usina.

A mesma está localizada no Km 17 da Rodovia Duque Serra, que liga Macapá à Santana, conforme assinalado no mapa 1, ao lado da Subestação (SE) Santana, que recebe as linhas de transmissões de 183kw, oriundas de Coaracy Nunes, rebaixando a tensão para 69kv que servem Macapá e 13kv que abastece Santana (ELETRONORTE, 92).

O terreno é de propriedade da Eletronorte, incorporando elementos positivos de economias externas tais como infraestrutura rodoviária, ferroviária.

Mapa 1: Amapá - Mapa de Situação e Localização da UTE Santana.

Fonte: www.eletronorte.gov.br (2011)

A UTE Santana fica próxima ao distrito Industrial. Nas mediações desta área caracteriza-se uma situação já bastante alterada e degradada pela ação antrópica. A mesma atende 13 dos 16 municípios do Estado, atendendo aproximadamente 500 mil habitantes que representam 92% da população no Estado do Amapá.

A metodologia desenvolvida para obtenção dos dados neste trabalho foi realizada com coleta de dados fornecidos pelo IMAP e pela Eletronorte nos Municípios de Macapá (sede) e de Santana (UTE), no Estado do Amapá. Para tanto foi necessário a seguinte providência para adentrar na área de produção:

- ✓ Permissão para registros fotográficos, acesso a todos os pontos dentro da UTE possíveis de registrar, como o Parque Térmico da Eletronorte, imagens das bases de gerações energéticas implantadas pelo Produtor Independente, Máquinas Wartsila e Soenergy, fotografias 3, 4 e 5;

Fotografias 3, 4 e 5: fontes geradoras de energia na UTE Santana.

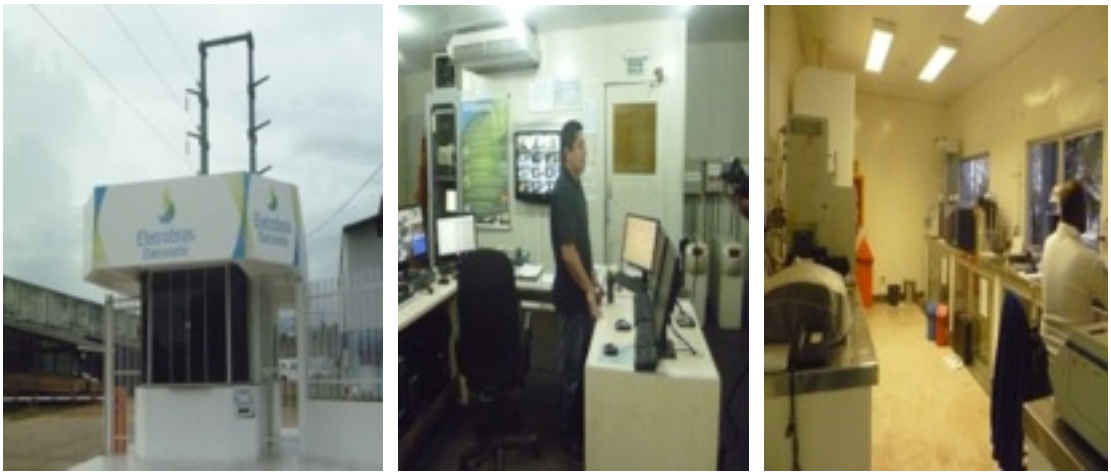
Fontes: autores (2012)

A UTE de Santana, com base nas diretrizes da ISO 14001, busca manter-se dentro dos padrões legais de emissões gasosas e particuladas. Mas nesta pesquisa não foi possível a obtenção de dados de séries históricas dos monitoramentos de anos anteriores a 2010. Por esta razão, foram estudados apenas os dados de monitoramento de 2011 e 2012, disponibilizados pela Eletronorte e idem pelo IMAP. Esta restrição impediu uma análise mais profunda das séries mensais, limitando não só algumas conclusões, mas também um conjunto de avaliações acerca de todo o funcionamento do sistema de monitoramento das emissões atmosféricas.

No entanto, foram feitos os seguintes procedimentos para a obtenção dos dados:

- ✓ Visitas alternadas "in loco", nas áreas de administração, operação, apoio logístico e laboratorial da UTE, fotografias 6, 7 e 8;

Fotografias 6, 7 e 8: Áreas da Eletronorte visitadas na pesquisa.



Fonte: autores (2012)

Segundo o Departamento de Operações no Amapá (OAP, 2011), a Eletronorte tem a responsabilidade de gerar e transmitir energia no sistema isolado do Estado do Amapá, representada pelas unidades regionais de Produção e Comercialização e de Planejamento e Engenharia.

- ✓ Acompanhamento dos monitoramentos dos gases com o aparelho de análise UNIGÁS 3.000 e análises no laboratório, fotografias 9 e 10. Analisador de gás utilizado até o final do ano de 2012;

Fotografias 9: calibração do aparelho

Fotografia 10: atividades no laboratório

Fonte: autores (2012)

Ao começo de cada atividade de monitoramento, o aparelho precisa ser zerado e calibrado antes de cada medição. As fotografias 9 e 10 mostram o técnico calibrando o aparelho medidor de gases e atividades no Laboratório de Química da empresa.

A metodologia de investigação, portanto, foi fundamentada pela obtenção de dados de análises dos relatórios de monitoramento das emissões de gases poluentes da UTE. Os parâmetros de qualidade das emissões analisadas foram: Oxigênio Molecular (O_2), Monóxido de Carbono (CO), Dióxido de Carbono (CO_2), Dióxido de Enxofre (SO_2), Óxido Nítrico (NO), Dióxido de Nitrogênio (NO_2), Óxidos de Nitrogênio (NO_x) e fumaça no contexto do SGA da Empresa Eletronorte.

✓ Práticas "in loco" de monitoramentos, fotografias 11, 12 e 13;

Fotografias 11, 12 e 13: práticas de monitoramento de chaminés na UTE Santana

Fonte: autores (2013).

As fotografias 11, 12 e 13 mostram as medições gasosas com o aparelho analisador 8.000, o qual mede até 8 parâmetros simultaneamente e a sonda em inox que suporta até 850ºC. Instrumentos de monitoramento adquiridos no começo do ano de 2013.

✓ Levantamento e fundamentação teórica para pesquisa bibliográfica relacionada ao tema de estudo, tais como livros, artigos científicos, tese de mestrado, resoluções relacionadas à legislação e atuação dos órgãos reguladores, consultas aos *sites* da internet, periódicos especializados disponíveis dentro da área de conhecimento, com a

intenção de se chegar às conclusões mais prováveis possíveis que possibilitaram a análise de dados, como por exemplo dos registros dos relatórios de monitoramentos emitidos pelo Laboratório Químico da UTE aos órgãos ambientais;

- ✓ Entrevistas estruturadas dos coordenadores de Laboratório e do gerente do Sistema de Gestão Ambiental, para se obter informações sobre dados estatísticos referentes aos programas de eficiência energética, política ambiental, consumo de combustível, produção de energia gerada, potencias instaladas, Programas Ambientais em execução, através das Áreas de Meio Ambiente e da Coordenação do Programa de Operações da empresa, possibilitando assim a realização de análise qualitativa.

Todos os registros foram feitos nos períodos da manhã e tarde.

A principal estratégia do trabalho, partindo das hipóteses é elaborar análises das concentrações de emissões gasosas atmosféricas da usina termoelétrica de Santana, através de dados sobre monitoramento, obtidos na empresa.

Os dados obtidos foram analisados de acordo com a disposição temporal em frequência mensal. Isto é, a somatória dos fluxos mensais médios de cada parâmetro da qualidade das emissões gasosas medidas ao longo de 2010 a 2012, destacando-se que o aprofundamento das mesmas ocorreu somente para os dois últimos anos, pelos motivos de insuficiência dos mesmos no ano de 2010.

Além disso, neste tópico de análise de resultados foram aplicados métodos simples descritivos (médias e variâncias) e inferências como teste de hipótese de igualdade entre médias (KIRKUP, 2002; AYRES et al., 2007; LEVINE et al., 2005).

3.2 DELINEAMENTO AMOSTRAL DE PARÂMETROS DE QUALIDADE DO AR

Conforme informado anteriormente, devido as limitações da abrangência temporal do estudo (apenas 2011 e 2012) e de acordo com a legislação CONAMA 003/90, foram elaboradas duas estratégias de avaliação dos dados (parâmetros de concentrações ou medidas da qualidade do ar): 1) uma análise descritiva simples, com cálculos das médias e variâncias mensais das concentrações e 2) comparações entre padrões de emissões médias mensais/ anuais. Apesar de ter sido disponibilizado os dados de emissões de 2010, este foi notadamente incompleto para serem utilizadas na análise, como utilização de indicadores estatísticos para avaliação da significância dos resultados da pesquisa (LEITE, 2008).

3.3 COLETAS E ANÁLISES DOS PARÂMETROS DE QUALIDADE DO AR – BASE DE DADOS

Os dados quantitativos coletados foram tabulados em planilhas eletrônicas do *Microsoft Excel*, com geração de uma planilha de dados com valores mensais de concentrações dos gases e índice de fumaça. Os gráficos e tabelas que resultaram da tabulação foram utilizados testes de hipóteses t-student para fundamentar as discussões (KIRKUP, 2002).

Como resultado, foram comparadas as informações relacionadas à emissão de poluentes de 08 parâmetros durante períodos consecutivos de monitoramento de 24 meses (2011 e 2012), individualmente para cada um deles. Isto permitiu a realização de testes comparativos entre os padrões anuais.

Para fins de comparações com os padrões da legislação de emissões atmosféricas, foram relacionados a seguir, os principais poluentes atmosféricos monitorados na UTE Santana, suas funções, coloração e cheiro, quadro 5.

Quadro 5: principais gases monitoramentos na UTE Santana.

Gás	**Função**	**Cor/ Odor**
O_2	Indispensável à vida	Incolor e inodoro
CO	Produto de combustão incompleta. Venenoso	Incolor e inodoro
CO_2	Formado na combustão completa	Incolor
SO_2	Provoca asfixia. Altamente solúvel em água se formando em ácido sulfuroso H_2SO_3	Incolor / forte
NO	Produzido em combustão a alta temperatura e pressão; oxida para o NO_2	Incolor
NO_2	Principal componente na formação da névoa fotoquímica	Marrom e alaranjado
NO_X	Derivado da queima da combustão orgânica	Incolor
Fumaça	Partículas solidas formadas pela combustão incompleta de materiais carbónaces.	Geralmente escura

Fonte : Eletronorte (2013)

3.4 PROCEDIMENTOS ESTATÍSTICOS

De acordo com Kirkup (2002), Levine et al (2005) e Ayres et al (2007), a estatística tornou-se um método de análise quantitativa, de importância sempre crescente, equivalendo-se hoje com sofisticados recursos computacionais viabilizados por *softwares* razoavelmente acessíveis como o BioEstat e o aplicativo de Análise de Dados do Excel.

Santos et al. (2009), explica que as variações climáticas locais podem ser medidas por meio de análises de séries históricas de variáveis meteorológicas.

A título de ilustração, na presente análise só foram comparadas sempre pares de médias, considerando-se atendidas as premissas básicas (normalidade dos dados, independência, etc), foi aplicado o teste t-Student, o qual realiza comparações entre duas médias reais, com base em uma distribuição probabilística normal, com grau de liberdade (*n-1* amostras), variâncias e médias de ambas as amostras KIRKUP (2002), LEVINE et al (2005) e AYRES et al., (2007).

Assim, os resultados foram comparados entre si, com o objetivo de elaborar um processo comparativo da qualidade do ar em 2011 e 2012, segundo suas operações de monitoramento mensais.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 OBTENÇÃO DOS DADOS DE MONITORAMENTOS DA QUALIDADE DO AR

Este tópico do trabalho apresenta os principais resultados de parâmetros da qualidade do ar da UTE de Santana. Estes poluentes apresentam relevância para o estudo porque representam a carga ou concentração de poluentes lançados para a atmosfera quando o sistema entra em operação ao longo do ano.

A partir das tabelas 6 e 7 observa-se, os resultados das concentrações dos parâmetros da qualidade do ar a partir dos dados sobre emissões gasosas informados pela empresa Eletronorte e pelo órgão ambiental IMAP. A definição temporal estabelecida justificou-se pela disponibilidade de dados dos relatórios de monitoramento. Nas referidas tabelas os dados foram descritos na sequência temporal de coleta mensal entre janeiro de 2011 a dezembro de 2012, configurando-se em 24 meses sequenciais de dados.

A sistemática de cálculo dos referidos parâmetros foi desenvolvida em projeção para emissão dos poluentes, considerando a média aritmética simples de cada mês, para projeção da quantidade emitida por cada parâmetro, tal como expostas nas tabelas 6 e 7.

Tabela 6: Médias do monitoramento das emissões gasosas no ano de 2011

Parâmetro	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
$O_{2\%}$	9,80	14,09	14,6	13,16	11,35	12,6	11,9	10,8	10,1	NM	NM	10,711
CO_{mg}/m^3	24,5	36,08	15,72	132,22	133,6	115,5	81,7	111,7	103,3	NM	NM	312,4
$CO_{2\%}$	8,07	4,97	4,58	72,70	6,96	6,1	6,5	7,4	7,9	NM	NM	7,43
SO_{2mg/m^3}	9,11	19,08	0,5	3,9	10,2	148,5	224,79	159,5	159,4	NM	NM	11,2
NO_{mg}/m^3	1027,3	1093,6	1002,8	1016,8	1032	1150	1380,8	1366,9	1405	NM	NM	548,75

NO_{2mg/m^3}	31,5	34,21	29,5	31,5	31,8	663	795,30	788,6	814	NM	NM	32,9
NO_{Xmg/m^3}	1044,5	1127,3	1033,6	1048,3	1065,9	1792	2177,2	2143,8	2219	NM	NM	1097,5
Fumaça%	20	20	20	20	20	20	20	20	20	NM	NM	20

Fonte: Eletronorte (adaptada)

Tabela 7: Médias do monitoramento das emissões gasosas no ano de 2012

Parâmetro	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
$O_{2\%}$	0,0	10,59	11,20	9,86	13,35	NM	NM	NM	11,00	NM	NM	NM
CO_{mg}/m^3	0,0	333,81	444,23	608,67	195,95	NM	NM	NM	84,22	NM	NM	NM
$CO_{2\%}$	0,0	7,5	7,09	8,03	5,51	NM	NM	NM	7,20	NM	NM	NM
SO_{2mg/m^3}	0,0	19,8	13,22	3,03	14,4	NM	NM	NM	20,92	NM	NM	NM
NO_{mg}/m^3	0,0	1032,80	1019,53	1034,65	1028,5	NM	NM	NM	474,03	NM	NM	NM
NO_{2mg/m^3}	0,0	32,1	31,46	31,77	31,83	NM	NM	NM	14,63	NM	NM	NM
NO_{Xmg/m^3}	0,0	1064,9	1022,96	1066,48	1060,33	NM	NM	NM	488,66	NM	NM	NM
Fumaça%	0,0	20	20	20	20	NM	NM	NM	20	NM	NM	NM

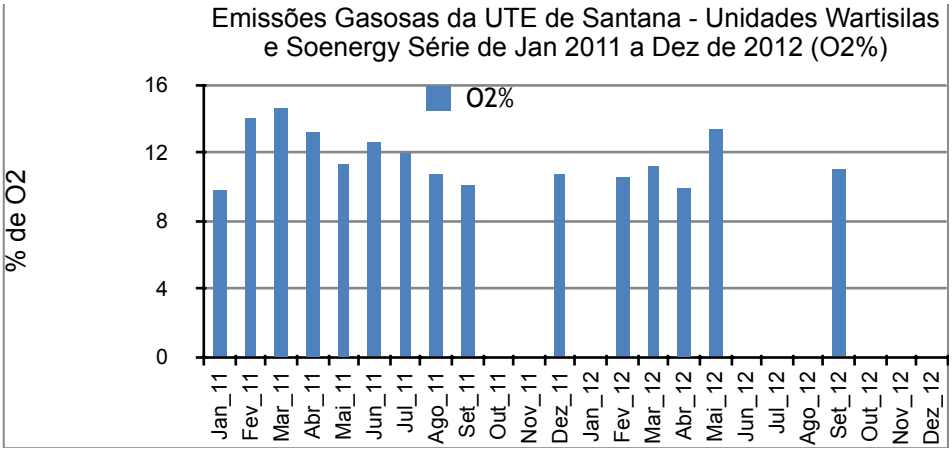
Fonte: Eletronorte (adaptada)

Os dados das Tabelas 6 e 7 foram selecionados, considerando q ue (0) significa não monitorado pela empresa, pois o sistema estava desligado no momento das atividades. Os mesmos foram tratados por métodos estatísticos simples, tais como teste de hipótese com uso do teste t-Student (KIRKUP, 2002; LEVINE et la., 2005).

4.2 APRESENTAÇÃO GRÁFICA DA EVOLUÇÃO DOS PARÂMETROS DA QUALIDADE DO AR EM 2011 E 2012.

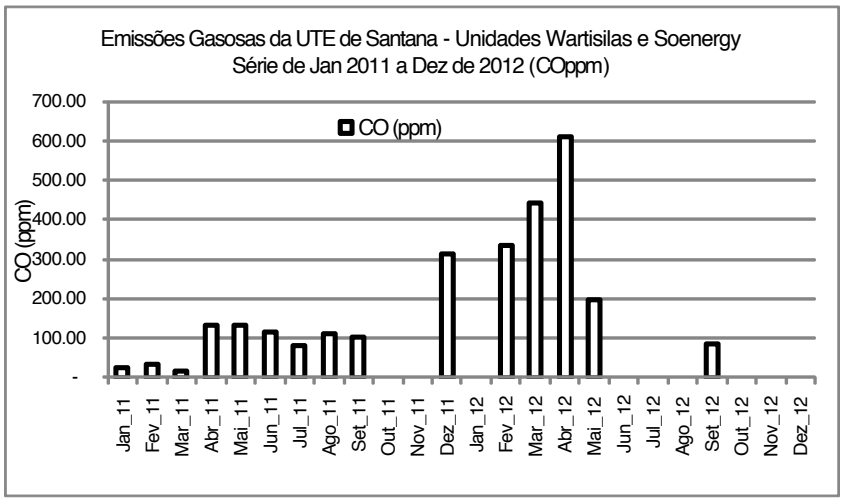
De acordo com os gráficos de 1 a 8, abaixo, as emissões gasosas da UTE de Santana, das Unidades Wartisilas e Soenergy, são apresentadas e analisadas.

Gráfico 1: Parâmetro **oxigênio O_2 (%)** em percentual volumétrico da amostra do monitoramento das médias das emissões gasosas no ano de 2011 e 2012.



Verificou-se que os parâmetros se comportaram com pouca variação ao longo do período de dois anos, com atenção aos períodos de outubro a novembro de 2011, Janeiro, junho a agosto e outubro a dezembro de 2012, em que as máquinas estavam desligadas. Período climático de seca, onde houve uma menor quantidade de chuva (2011) e no declínio do período chuvoso para seco e de maior seca (2012). Sendo este período onde há a maior demanda de energia térmica.

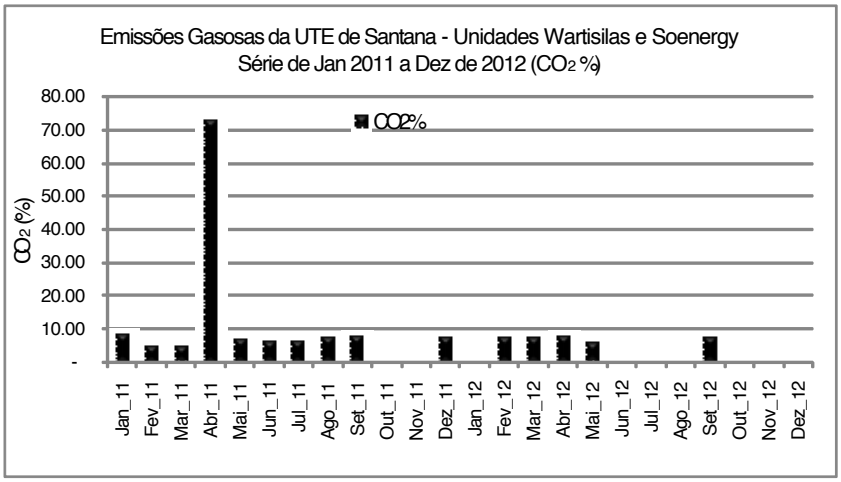
Gráfico 2: Parâmetro de monóxido de carbono **CO (ppm)** da amostra do monitoramento das médias das emissões gasosas no ano de 2011 e 2012.



Estes parâmetros comportaram-se com bastante variação ao longo do período de dois anos, com atenção aos períodos de outubro a novembro de 2011, Janeiro, junho a agosto e outubro a dezembro de 2012, em que as máquinas estavam desligadas. Períodos climáticos de seca em 2011 e período de transição e seco em 2012. Novamente, no período de maior

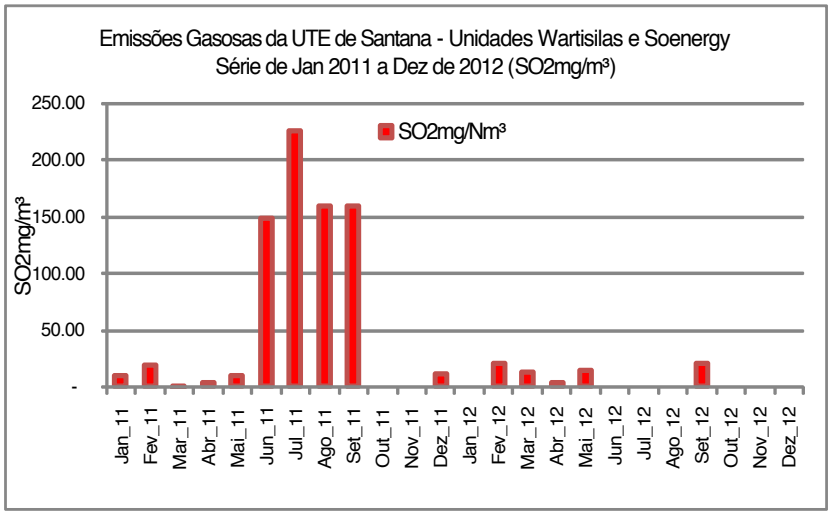
demanda de energia térmica os parâmetros encontraram-se, em menores valores de concentração para o CO (paradoxo), ainda assim, o mesmo se encontra em conformidade com os limites que a lei determina, onde a concentração média de (CO) deverá ser em 08:00 horas de 1NM00mg/m^3 que equivale à (9 ppm) e, não deve ser excedida mais de uma vez por ano, podendo ser classificado como nível de qualidade do ar boa.

Gráfico3: Parâmetro dióxido de carbono **CO_2 (%)** da amostra do monitoramento das médias das emissões gasosas no ano de 2011 e 2012.



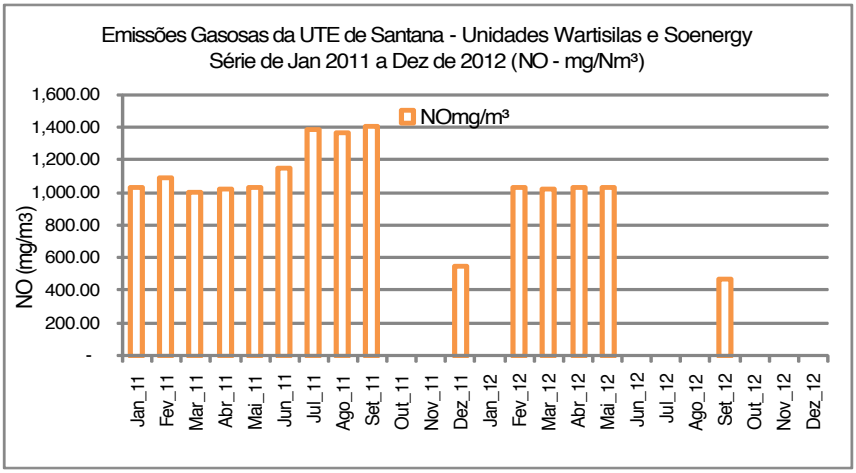
Verificou-se que apenas em abril de 2011 os valores da concentração de CO_2 foram muito mais elevados do que o restante dos demais períodos. Estes parâmetros comportaram-se com bastante homogeneidade ou constância ao longo do período de dois anos. Novamente, nos períodos de maior demanda de energia térmica encontraram-se os menores valores e o não monitoramento de concentração para o CO_2 em outubro e novembro de 2011, janeiro, junho a agosto e outubro a dezembro de 2012.

Gráfico 4: Parâmetro dióxido de enxofre **SO_2 (mg/m^3)** da amostra do monitoramento das médias das emissões gasosas no ano de 2011 e 2012.



Os parâmetros de SO_2, também tiveram bastante variação ao longo do período de dois anos, com atenção aos períodos de emissão elevada entre junho a setembro de 2011, não sendo significativos nos demais períodos. Chama a atenção que as emissões mais significativas ocorreram nos períodos de transição de chuvoso para o início de seco. Portanto, na maior demanda de energia térmica em 2011 e 2012, se observa os menores valores e o não monitoramento das concentrações para SO_2, quando se esperava valores máximos.

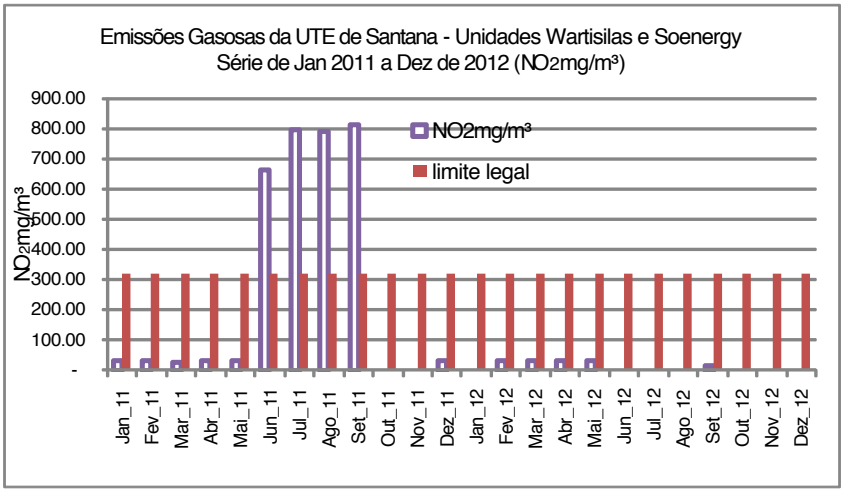
Gráfico 5: Parâmetro óxido nitroso **NO (mg/m³)** da amostra do monitoramento das médias das emissões gasosas no ano de 2011 e 2012.



Parâmetros com comportamentos mais homogêneos nos períodos chuvosos e menores níveis de concentração em 2012. Mas, em outubro e novembro de 2011, janeiro, junho a agosto e outubro à dezembro de 2012, os valores das emissões não foram medidos. Durante

os períodos de transição de chuvoso para seco, houve uma certa homogeneidade ou constância dos valores por volta de 1.000 mg/m^3. Este fato sugere que as emissões diminuíram justamente durante o período mais seco de ambos os anos, quando as máquinas estavam desligadas. Períodos de maior demanda de energia térmica.

Gráfico 6: Parâmetro dióxido de nitrogênio **NO_2 (mg/m^3)** da amostra do monitoramento das médias das emissões gasosas no ano de 2011 e 2012.

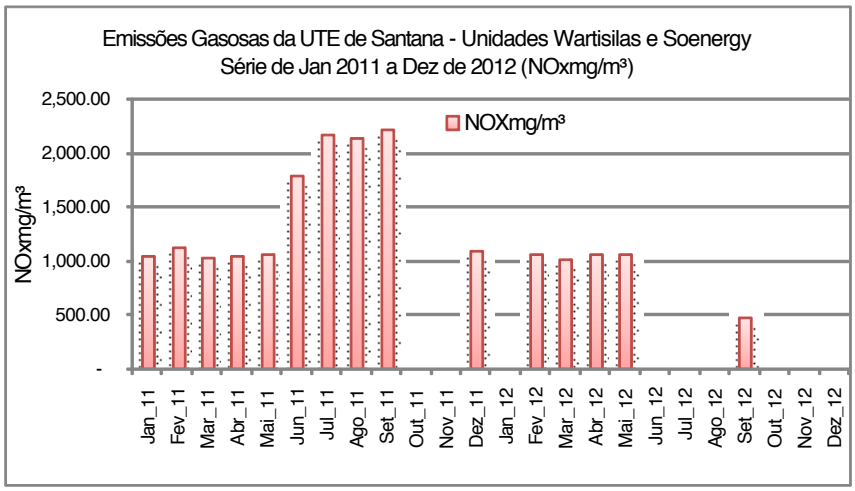


Estes parâmetros comportaram-se de modo constante e com baixo nível de geração, com picos de 650 a 880 mg/m^3 entre junho a setembro de 2011. Excepcionalmente, este foi o único parâmetro monitorado que extrapolou os limites quando comparados à legislação de emissões gasosas, chegando a 310 mg/m^3. Mas, em termo de níveis de qualidade do ar anual e os efeitos sobre a saúde, este parâmetro ser encontra ainda em condição regular.

Fora os meses de junho a setembro de 2011, as demandas por energia térmica foi muito aquém e muito abaixo do preconizado pela legislação, de acordo com os padrões do CONAMA (003/90).

O gráfico acima também fornece as médias mensais para o parâmetro NO_2 entre os anos de 2011 e 2012, quando houve um aumento significativo em relação ao período de cerca e período chuvoso em consequência do aumento da produção da energia térmica. Período hidrologicamente desfavorável pela diminuição das águas dos reservatórios da UHE Coaracy Nunes.

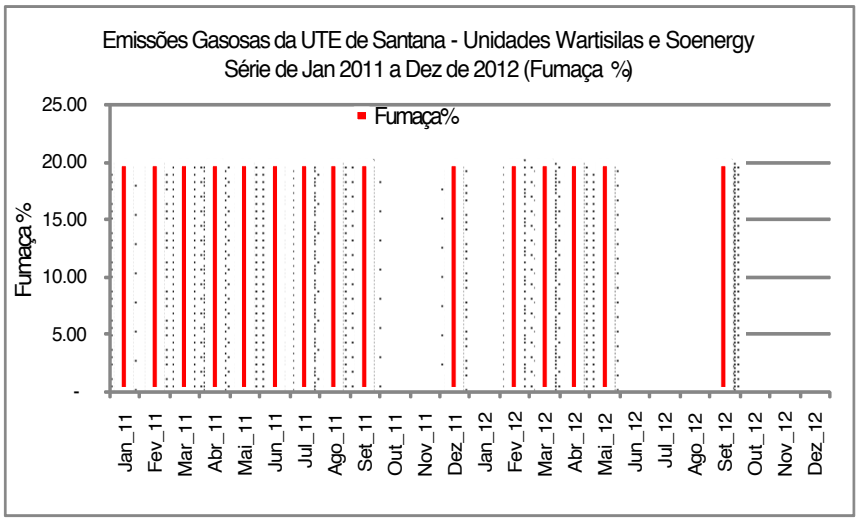
Gráfico 7: Parâmetro óxidos de nitrogênio **NO_x (mg/m³)** da amostra do monitoramento das médias das emissões gasosas no ano de 2011 e 2012.



Os parâmetros comportaram-se de modo variável, com picos de 1.750 a 20250 mg/m³ entre junho a setembro de 2011, muito semelhante ao parâmetro NO_x anteriormente analisado. No entanto, novamente nos períodos secos entre outubro e novembro de 2011, janeiro (chuvoso), junho a agosto (transição de chuvoso para seco) e outubro a dezembro de 2012

(seco e início do período chuvoso) as demandas não foram monitoradas. Fora os anteriormente mencionados, as emissões ficaram na faixa de aproximadamente 1.000 mg/m^3.

Gráfico 8: Parâmetro **índice de fumaça (%)** da amostra do monitoramento das médias das emissões gasosas no ano de 2011 e 2012.



Verificou-se que estes parâmetros comportaram-se estranhamente constante, igual a 20%, e sem monitoramentos durante os períodos seco (outubro e novembro), transição e seco (junho a agosto e outubro a dezembro de 2012). O termo "estranho" vem da observação da série de valores constantes no gráfico, pois parece ser estatisticamente "impossível" para este tipo de evento experimental. Quando comparados com a legislação os mesmos não ultrapassam o padrão diário (150 µg/m^3) e nem o padrão anual (60 µg/m^3), podendo ser classificando assim como nível de qualidade do ar boa.

Em síntese, de acordo com os padrões da Res. CONAMA 003/90, ao serem feitas as comparações entre as concentrações médias encontradas e relacionadas dos dados dos 8 gráficos em 2011 e 2012 com os padrões da qualidade do ar, ficou constatado que não houve infrações para os parâmetros nos períodos analisados, pois os mesmos encontram-se em conformidades com os limites que a legislação determina. Ressaltando que os períodos de outubro e novembro de 2011, janeiro, junho a agosto e outubro a dezembro de 2012, não apresentam os monitoramentos das emissões.

4.3 ALGUNS TESTES DE HIPÓTESES PARA COMPARAÇÕES DAS EMISSÕES MENSAIS

A tabela 9 faz comparações das médias entre todos os parâmetros medidos (linhas) em todos os períodos (colunas) com uso do teste **t-student**, considerando variâncias distintas para as emissões gasosas no ano de 2011 e variâncias distintas para as emissões gasosas no ano de 2011 e 2012. Mostra ainda, uma sequência de comparações (testes de hipóteses entre médias iguais) entre os parâmetros monitorados mês a mês. O teste aqui utilizado foi o teste **t-student** considerando a hipótese de "variâncias distintas" para as respectivas emissões mensais gasosas entre os anos de 2011 e 2012.

Como resultado, as análises foram realizadas comparando o SGA da empresa com as conformidades Legais e Resoluções específicas como a CONAMA 003/90, considerando os aspectos técnicos, econômicos e sociais.

Tabela 9: Testes de hipóteses comparando as variações mensais (janeiro a dezembro) dos parâmetros para 2011 e 2012.

A interpretação das análises de teste t-Student presentes na tabela 9 é a seguinte: Foram comparados para cada mês do ano o padrão geral das emissões gasosas (O_2 %, CO ppm, CO_2 %, SO_2 mg/m^3, NO mg/m^3, NO_2 mg/m^3, NO_x mg/m^3, Fumaça%).

Nas tabelas comparativas (mês a mês em 2011 e 2012) quando o valor de $\mathbf{t_{calc}} < \mathbf{t_{crítico}}$, então interpretamos que as médias são iguais ou não são significativamente diferentes, para um nível de significância $p < 0,05$ (ou 95% de confiança). Apesar de que na maioria dos casos não existir diferença alguma e, em outros, a análise sequer pôde ser implementada (colunas com zeros que ocasiona nenhuma variação da variância ou variância zero).

De qualquer modo, para o nível de significância $p < 0,05$, todos os resultados comparativos, mês a mês, foram nulos (hipótese nula ou médias estatisticamente iguais). Contudo, para uma significância de $p < 0,10$ (ou 90% de confiança), os resultados seriam significativos para as médias dos meses de junho ($p_{(junho)} = 0,076$; $p_{(julho)} = 0,079$; $p_{(agosto)} = 0,080$; $p_{(dezembro)} = 0,1094$, em caráter limite!).

Estes testes, apesar de não serem os mais adequados estatisticamente (premissas da normalidade das distribuições, independência entre as médias e homossedasticidade (variâncias homogêneas), etc), representam simplesmente uma avaliação didática quanto às diferenças de comportamento das médias mensais de 2011 e 2012.

Em resumo, as análises informam que para uma confiança de 95% todos os meses comparados ano a ano foram iguais ou considerados idênticos. Contudo, "afrouxando" o rigor do intervalo de confiança, para apenas 90%, os meses de junho, julho, agosto, setembro e, excepcionalmente, no limite, dezembro de 2011 e 2012, apresentaram médias distintas.

A principal consequência desta análise é que os dados considerados como zeros (valores dos parâmetros iguais a 0,0) parecem influenciar os resultados da análise, como ocorreu nos testes da tabela 9. Estes fatos são comuns de serem apresentados em relatórios como zeros (0,0), mas na verdade apenas não foram realizados ou são inexistentes (NE).

Enfim, para que se obtenha uma previsão da qualidade futura do ar em várias situações é necessário o estudo com simulação e modelagem matemática da dispersão dos poluentes (ELETROSUL, 1990). Nestes casos, há o envolvimento de parametrização meteorológica complementada por parâmetros de engenharia - como a produção, vazão, taxa de queima, níveis de concentração do efluente gasosos impostos por legislação, etc.

5. CONCLUSÃO

Com base na hipótese levantada foi possível afirmar que o sistema de monitoramento da UTE Santana apresenta regularidade e conformidade com a legislação em relação aos parâmetros analisados no período entre 2011 e 2012. Os limites máximos dos padrões da qualidade do ar para O_2, CO, CO_2, SO_2, NO, NO_x e índice de fumaça foram atendidos em conformidade com a Resolução CONAMA, com a exceção do NO_2 que apresenta sua concentração descumprida, segundo a norma, numa etapa entre junho a setembro de 2011, mesmo assim manteve os níveis de concentrações em termos anuais. Isto é, apresentam conformidade com a legislação CONAMA 003/90. Conforme análises, o sistema monitorado atende aos níveis de concentração dos parâmetros da qualidade do ar.

Porém, apesar de registrar-se 20 anos de emissão de poluentes ao ar do Estado do Amapá só foi possível obter a série de dados entre 2010 e 2012, sendo que a de 2010 não foi possível aproveitar para fins de análises mais profundas. Desta forma, os dados das séries

históricas utilizadas nas análises estatísticas foram somente as de 2011 e 2012. Infelizmente, estas não estavam disponíveis à população ou autoridades fiscalizadoras e foi difícil obtê-las.

Este fato chamou a atenção na presente pesquisa porque as fontes de geração, bem como o montante das emissões registradas nas duas últimas décadas, não poderiam ser rastreadas em análise mais crítica ou aprofundada em relação ao seu funcionamento, com o objetivo de avaliar a dimensão global das emissões num contexto temporal mais abrangente, como em simultaneidade à co-geração hidráulica da UHE Coaracy Nunes.

Neste contexto, constatou-se na presente investigação de que há falhas significativas nos canais de comunicação entre a empresa, os órgãos fiscalizadores e principalmente com a população. O ciclo de informação prevista pelo SGA prevê que esta é importante para se ter uma visão crítica acerca das concentrações dos poluentes das emissões gasosas e índices de fumaça regularmente gerados, e posteriormente enviadas ao órgão fiscalizador. Mas ficou claro que este objetivo não alcançou a população nem qualquer outro agente interessado na informação resultante.

Assim, verificou-se que os dados da qualidade do ar do estado do Amapá são coletados, mas não disponibilizados à população ou efetuada quaisquer tipo de análise de acompanhamento crítico em relação a estas variáveis monitoradas.

Não é objeto da pesquisa, apontar onde exatamente tem ocorrido esta falha de comunicação.

A comunidade não tendo conhecimento sobre como o sistema funciona e em que nível de risco e ameaça ela se encontra em relação a UTE, não fará a menor ideia de como reclamar ou cobrar providências, em casos de algum tipo de alteração nas concentrações dos gases, como ocorreu com o NO_2 em 2011. Se houve algum risco nestes últimos 20 anos, a população nunca foi informada ou nunca se registrou tal fato. Observou-se que os órgãos ambientais responsáveis também parecem incorrer no mesmo erro em relação ao problema.

A indisponibilidade acerca dos dados de toda a série histórica se configurou em uma falha considerável do sistema de monitoramento da Eletronorte Amapá (como a prevista pela Norma PR-SGA- 1.0005 – procedimento de comunicação interna e externa da ISO 14001).

Concluímos que é necessário integrar as informações geradas pelo monitoramento, para que as mesmas sejam avaliadas de modo objetivo, transparente e com a necessária acessibilidade das informações junto à população. Em última análise é esta a maior interessada e efetivamente quem precisa saber sobre os potenciais riscos de saúde associados

às emissões gasosas, principalmente quando exposta durante longos períodos, como foi o caso das duas últimas décadas avaliadas.

6 CONSIDERAÇÕES GERAIS

Em face às conclusões, os órgãos fiscalizadores precisam atentar-se aos fatos e questões que envolvam riscos aos materiais, à fauna e à flora, bem como à toda população e, estabelecer as adequações necessárias em relação ao controle, mitigação e recuperação dos impactos causados nos ambientes de entorno. No presente estudo, a "compensação ambiental" não se fez presente nem como informação básica sobre os riscos ambientais, nem sobre a população. Os órgãos fiscalizadores do Estado do Amapá não têm exercido seus poderes fiscalizadores em sua plenitude. Estas falhas governamentais ao serem corrigidas poderão torna - se uma oportunidade para futuras melhorias, mesmo se tendo o conhecimento de que a

UTE Santana irá paralisar suas operações em 50% de geração com a chegada do Linhão de Tucuruí, onde os outros 50%, ficará à disposição para eventuais necessidades.

As empresas também precisam melhorar estas falhas dentro de seus gerenciamentos, de modo a se tornarem aptas ao cumprimento de padrões de qualidades das emissões. Assim, devem ajustar suas ISOs não só às conformidades legais, mas também em relação às populações diretamente afetadas, com a organização de metas e diagnósticos bem traçados, transparência, um forte canal de comunicação, o que criaria novos desafios ao sistema de monitoramento. A competitividade das empresas deve oferecer qualidade ambiental na imagem e na prática como fundamento primordial de mercados sustentáveis.

Por exemplo, no Estado do Amapá, somente agora, 20 anos após a instalação da Usina Hidrelétrica Coaracy Nunes, começam novamente a despontar grandes empreendimentos do setor hidroenergético, com a construção da Hidrelétrica da Cachoeira de Santo Antônio, e a chegada do Linhão do Tucuruí que trará energia suficiente para abastecer 15 municípios amapaenses. Os benefícios são enormes, mas, o legado das Térmicas ficarão para sempre registrados como a única forma de oferecer energia rápida, mas à um alto custo à população amapaense neste período.

A energia gerada pela Eletrobrás Eletronorte é distribuída pela Companhia de Eletricidade do Amapá (CEA), a empresa atende 12 dos 16 municípios do Amapá, os demais são atendidos por pólos de geração descentralizada.

A Usina Térmica de Santana tornou-se para o Estado do Amapá uma solução prática ao problema energético durante todo esse período de operação e transmissão, sendo a fonte de energia local mais viável. Porém, por apresentar através das emissões gasosas, consequências ambientais significativas como a poluição atmosférica e por falta de dados para se fazer uma comparação histórica, neste estudo não foi possível afirmar que os padrões de emissões gasosas e seus monitoramentos durante este período de geração e transmissão de energia, foram mantidos nem se foram cumpridas as exigências gerenciais e legais previstas pela legislação CONAMA 003/90. Confirmando apenas em parte a hipótese do trabalho.

7 REFERÊNCIAS

ALMEIDA, Josimar Ribeiro de, 1950 – Gestao ambiental para o desenvolvimento sustentável / Josimar Ribeiro de Almeida. – Rio de Janeiro: Thex Ed., 2006.

ALMEIDA, Josimar Ribeiro de, 1950 – Ciências Ambientais / Josimar Ribeiro de Almeida. – 2ª Ed. – Rio de Janeiro: Thex, 2008.

AMAPÁ, LEIS. CÓDIGO AMBIENTAL DO ESTADO DO AMAPÁ – Lei Complementar nº 0005 de 18 de Agosto de 1994 (Artigos 7º e 98, p. 53). Macapá. Secretaria de Estado do Meio Ambiente, 1999.

ANEEL. Banco de informações de geração da Agência Nacional de Energia Elétrica, 2005. Disponível em: http://www.aneel.gov.br/aplicações/capacidadebrasil/fontedeenergia.asp. Acesso em 13.03 2013, 22:15.

AYRES, Manuel *et al* . **Referencias de Análise Estatística**. BioEstat. Versão 3.4.1. Sociedade Civil Mamirauá, MCT – CNPq. Belém: 2007.

BERMANN, C. Os limites dos aproveitamentos energéticos para fins elétricos, 1991. Tese (Doutorado) – Unicamp, Campinas, 1992.

BOTKIN, D. B. KELLER, E. A. Ciências Ambiental: Terra, um planeta vivo. Rio de Janeiro-RJ, Gênio-LTC, Sétima Edição. Tradução Vecchia, L. et al, 2011.

BOUBEL, R., FOX, D. L. E TURNER, D. B. Fundamental of Air Pollution. 3th Ed. Academic Press. San Diego – CA. EUA. 574 p. 1994.

BRAGA, B.; HESPANHOL, I.; CONEJO, J. G. L.; BARROS, M. T. L.; SPENCER, M.; PORTO, M.; NUCCI, N.; JULIANO, N.; EIGER, S. Introdução à Engenharia Ambiental. São Paulo, SP: Prentice Hall. 305 p. 2002.

BRASIL ESCOLA (2013). O Impasse sobre a Usina de Itaipu. Disponível em <http:// www.brasilescola.com/brasil/o - impasse - sobre – usina – Itaipu.htm>. Acesso em 02.04.2013, 22:00.

CASTRO, M. C. Desenvolvimento sustentável e gestão ambiental na formulação de políticas públicas: a experiência do Estado do Amapá. Amapá: CEFORH/SEMA, 1998.

CENTRAIS ELÉTRICAS DO NORTE DO BRASIL – ELETRONORTE. Plano de Atendimento de Energia Elétrica. 2007 – 2016. Brasília, 2006.

BAIRD, Colin. Química Ambiental. Tradução Maria Angeles Lobo Recio; Luiz Carlos Marques Carrera. 2ª Edição. Porto Alegre Bookman, 2002.

COMPANHIA DE ELETRICIDADE DO AMAPÁ – CEA. Assessoria de Planejamento Empresarial – ASPE, 2012.

CONTROLE DA POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA (CPA). Henrique de Melo Lisboa e Mauricy Kawano. Capitulo IV – Monitoramento de Poluentes Atmosféricos. Montreal, 1ª versão. Dezembro ,2007. Disponível em < http// WWW.epa.gov/ttn/emc. Acesso em Maio de 2013.

CUNHA, A.C; PINHEIRO, L.A.R e CUNHA, H.F.A. Modelagem e simulação do escoamento e dispersão sazonais de agentes passivos no rio Araguari AP: cenários para o AHE Ferreira Gomes-I - Amapá/Brasil. Revista Brasileira de Recursos Hídricos - RBRH. Vol 18, N.1. Jan/ Mar. 2013.

DE BACKER, P. Gestão Ambiental: a administração verde. Rio de Janeiro, Qualitymark Ed., 1995, p. 14.

DI LASCIO, Marco Alfredo. Energia e Desenvolvimento Sustentável para a Amazônia Rural Brasileira: eletrificação de comunidades isoladas/ marco Alfredo Di Lascio, Eduardo José

Fagundes Barreto; com a colaboração, Daniel Pioch, Écio Rodrigues. Brasília: Ministério de Minas e Energia, 2009, P. 12, 145, 152.

EDP. SERVIÇO UNIVERSAL (2013). Origens da Eletricidade. Disponível em <http:// www.edpsu.pt/pt/origemdaenrgia/ Pages/Origensda energia.aspx>. Acesso em 27.02.2013, 19.25.

ELETRONORTE. Estudos de Impactos Ambientais da Usina Terméletrica de Santana. Brasilia, 1992. 86p. Ilust.

_____. Instituto de Meio Ambiente e Ordenamento Territorial do Estado do Amapá (IMAP). Relatório de Monitoramento Ambiental da UTE Santana, 2012.

_____. Departamento de Operações do Amapá (OAP). NBR ISO 14.0001:04. SGA-PR's, 2011.

ELETROSUL (1990). Diretrizes ambientais para Usinas Termelétricas a carvão mineral nacional. Versão Preliminar, Florianópolis, SC, Brasil, páginas 84, 90, 99.

ENERGIA ELÉTRICA (2013). Saiba o que é fontes de energia elétrica, produção, usinas hidrelétricas, transmissão. Disponível em <http://www.suapesquisa.com/ o_que_é/ energia_eletrica.htm>. Acesso em 03.03.2013, 11:15.

GARTLAND, L. *Ilhas de Calor: como mitigar zonas de calor em áreas urbanas*. Tradução Silvia Helena Gonçalves. São Paulo: Oficina de Textos. 248 p. 2010.

KIRKUP, L. **Data analysis with Excel: an introduction for physical sientists**. Cambridge University Press. Univ. of Tec. , Sydney. 445 p. 2002.

LEI 6.938, de 31 de Agosto de 1981. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente. Artigo 3º, I, IV e V.

LEITE, Francisco Tarciso. **Metodologia Científic**a: métodos e técnicas de pesquisa: monografias, dissertações, teses e livros. Idéias & Letras, – Aparecida, SP: 2008.

LEVINE**,** David *et al.* **Estatística-Teoria e Aplicações Usando O Microsoft Excel**. LTC, São Paulo: 2005.

LORA, Electo Eduardo Silva. Prevenção e controle da poluição nos setores energético, industrial e de transporte. Editora Interciência, 2ª Edição. Rio de janeiro: 2002.

MATRIZ ENERGÉTICA. COP 16. Disponível em brasilescola.com.br/cop/panorama/o-que-o-brasil-esta-fazendo/matriz energética. Acesso em 17.04.2013, 11:15.

MIHELCIC, J. R. e ZIMMERMAN, J.B.. Engenharia ambiental: fundamentos, sustentabilidade e projeto. LTC. Rio de Janeiro. 2012.

NORMAS BRASILEIRAS DE REFERÊNCIAS (NBR) - ISO 14.001:04. Sistema de Gestão Ambiental – Especificação e diretrizes de uso.

OKE, T. R.; MAXWELL, G.B. Urban heat island dynamics in Montreal ans Vancouver. Atmospheric Environment, n.9, 1975, p.191-200.

OLIVEIRA, Denis M. de. Gestão de aspectos e potenciais impactos ambientais da Usina termoelétrica de Santana – AP – Brasil – 2007. Dissertação de Mestrado em Desenvolvimento Regional do Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Regional pela Universidade Federal do Amapá – UNIFAP, 2007.

REIS, L. B. Geração de energia elétrica: tecnologia, inserção ambiental, planejamento, operação e análise de viabilidade. Editora Manole, 3a Edição. Barueri - SP. 323, p. 2003.

RESOLUÇÃO CONAMA nº 003 de 28 de junho de 1990. Artigos 1º, parágrafo único, I, II, III, IV, Art. 5º e 6º, § 1º e 4º.

_____ nº 005 de 15 de Junho de 1989, complementada pelas Resoluções CONAMA nºs 003 e 008/90, dispõe sobre o Programa Nacional de Controle da Poluição do Ar (PRONAR),

_____ nº 008, de 06 de dezembro de 1990 complementada pela Resolução nº 005/89, dispõe sobre o estabelecimento de limites máximos de emissão de poluentes no ar para processos de combustão externa de fontes fixas de poluição.

_____ nº 382 de 2006, ANEXO I - trás os limites de emissão para poluentes atmosféricos proveniente de processo de geração de calor a partir da combustão externa de óleo combustível, que é utilizado no processo de geração de energia na Termoelétrica de Santana.

SANTOS C. A. C. et al.,Tendências do Índices de Precipitação no Estado do Ceará. Rev. Bras. Meteorol. vol.24 no.1 São Paulo Mar. 2009. 19 p.

VESILIND, P. A. E MORGAN, M.S. Introdução à engenharia ambiental. Susan M. Morgan, revisão técnica Carlos Alberto de Moura Figueira Netto, Lineu Belico dos Reis. Tradução da 2ª edição norte-americana. — São Paulo: Cengage Learning, 437 p. 2011.