



*Emissões Odoríferas Provenientes da  
Decomposição de Resíduos Sólidos  
Urbanos (RSU) em Centrais de Tratamento  
de Resíduos (CTR) – Estudo de Caso: CTR  
Seropédica, RJ, Brasil.*

José Coutinho de Carvalho Amorim

Projeto de Graduação apresentado ao Curso de  
Engenharia Ambiental da Escola Politécnica,  
Universidade Federal do Rio de Janeiro, como  
parte dos requisitos necessários à obtenção do  
título de Engenheiro.

Orientador: Luiz Francisco Pires Guimarães Maia

Rio de Janeiro - RJ

Agosto de 2013

## **Agradecimentos**

Agradeço de um modo geral a todos aqueles que estiveram presentes na minha vida pessoal e acadêmica, me apoiando direta e indiretamente neste trabalho.

Aos meus queridos pais a quem tanto devo e que sem eles nada disto seria possível.

As pessoas que passaram pela minha vida enquanto estudante, tanto na Universidade de Coimbra (UC) como na Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) e que eu jamais esquecerei. Tenho de salientar um nome que sempre esteve presente e me apoiou neste percurso e de que guardo com muito carinho, o Mestre Rafael Brito Abrantes.

Ao meu orientador, Doutor Luiz Francisco Pires Guimarães Maia pela ajuda e disponibilidade que mostrou, que além de ser uma pessoa maravilhosa e apesar do seu pouco tempo livre me apoiou incondicionalmente.

Ao grande Manoel, que me ajudou na minha pesquisa de vizinhança.

Aos meus amigos do dia-a-dia que fazem tudo ter significado, e que por mais perto ou mais longe que estejam, os levo sempre comigo.

A banca examinadora, especificamente ao Doutor Luiz Edmundo Costa Leite e à doutora Kátia Monte Chiara Danta por terem aceitado estarem presentes no dia da apresentação do trabalho.

E para finalizar a todo pessoal em geral da UC e da UFRJ que uns mais que outros eu recordo com muita simpatia. Obrigado a todos!

EMISSÕES ODORÍFERAS PROVENIENTES DA DECOMPOSIÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS  
URBANOS (RSU) EM CENTRAIS DE TRATAMENTO DE RESÍDUOS (CTR) – ESTUDO DE  
CASO: CTR SEROPÉDICA, RJ, BRASIL.

José Coutinho de Carvalho Amorim

PROJETO DE GRADUAÇÃO SUBMETIDA AO CORPO DOCENTE DO CURSO  
DE ENGENHARIA AMBIENTAL DA ESCOLA POLITÉCNICA DA  
UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO COMO PARTE DOS  
REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE  
ENGENHEIRO AMBIENTAL.

Examinada por:

---

Luiz Francisco Pires Guimarães Maia, D.Sc.

---

Luiz Edmundo Costa Leite, M.Sc.

---

Katia Monte Chiari Dantas, D.Sc.

Rio de Janeiro - RJ

Agosto de 2013

Amorim, Coutinho de Carvalho, José

Emissões odoríferas provenientes da decomposição de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) em Centrais de Tratamento de Resíduos (CTR) – Estudo de Caso: CTR Seropédica, RJ, Brasil/ José Coutinho de Carvalho Amorim. – Rio de Janeiro: UFRJ/ Escola Politécnica, 2013.

XV, 114 p; il.: 29,7 cm.

Orientador: Luiz Francisco Pires Guimarães Maia.

Projeto de Graduação – UFRJ/ POLI/ Engenharia Ambiental, 2013.

Referencias Bibliográficas: p. 56-57.

1. Emissões Odoríferas 2. Central de Tratamento de Resíduos (CTR) 3. Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) 4. Sulfeto de Hidrogênio (H<sub>2</sub>S)

I. Maia, Luiz Francisco Pires Guimarães. II. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola Politécnica, Curso de Engenharia Ambiental. III. Emissões odoríferas provenientes da decomposição de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) em Centrais de Tratamento de Resíduos (CTR) – Estudo de Caso: CTR Seropédica, RJ, Brasil

Resumo do Projeto de Graduação apresentado à Escola Politécnica/ UFRJ como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Engenheiro Ambiental

Emissões odoríferas provenientes da decomposição de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) em Centrais de Tratamento de Resíduos (CTR) – Estudo de Caso: CTR Seropédica, RJ, Brasil.

José Coutinho de Carvalho Amorim

Agosto/2013

Orientador: Luiz Francisco Pires Guimarães Maia

Curso: Engenharia Ambiental

Um dos maiores desafios com que se defronta a sociedade moderna é o equacionamento da geração excessiva e da disposição final ambientalmente segura dos resíduos sólidos. A preocupação mundial em relação aos resíduos sólidos, em especial os domiciliares, tem aumentado devido ao crescimento da produção, do gerenciamento inadequado e da falta de áreas de disposição final. É nesta fase de disposição final que entram as Centrais de Tratamento de Resíduos (CTRs) com vista a responder ao tratamento ambientalmente sustentável do grande número de resíduos gerados. Estes centros acarretam alguns problemas, incluindo a origem de odores incômodos a populações de áreas vizinhas a essas instalações, centrando no presente estudo.

No Rio de Janeiro vêm ocorrendo problemas de emissão de odores provenientes de Centrais de Tratamento de Resíduos (CTRs). Por essa razão, este trabalho tem por objetivo avaliar, num Estudo de Caso, a produção de odor proveniente da CTR Seropédica, que se situa a Sul do município de Seropédica, estado do Rio de Janeiro, bem como o incômodo na população vizinha. Para isso foi monitorado o sulfeto de hidrogênio ( $H_2S$ ), a partir da técnica de amostragem passiva da qualidade do ar, utilizado como indicador odorífero, bem como realizadas pesquisas de vizinhança para verificar os incômodos causados pelos odores emitidos pela CTR sobre a população.

Foi utilizado um procedimento composto pelas seguintes ações: (1) monitoramento das concentrações de H<sub>2</sub>S em dois pontos distintos (um próximo a CTR e outro próximo do centro urbano de Seropédica) para diferentes meses, mesmo antes da época de início de operação da CTR até à atualidade. (2) análise das condições meteorológicas da região; (3) estudo das queixas da população em geral e pesquisa de vizinhança no bairro Chaperó, centro urbano mais próximo da CTR.

A concentração média de H<sub>2</sub>S foi então monitorada para os seguintes meses de Jan-11 Mar-11, Jun-11, Ago-11, Mai-12, Set-12 e Mar-13. A variabilidade na concentração de H<sub>2</sub>S para os diferentes meses é creditada, principalmente, às variáveis externas, como direção e velocidade do vento, precipitação, temperatura e estabilidade atmosférica.

O monitoramento, juntamente com o estudo das condições meteorológicas, é importante para determinar os possíveis problemas resultantes das emissões odoríferas provenientes das CTRs. Foi detectada, para o Estudo de Caso da CTR Seropédica, uma correlação significativa entre as concentrações de H<sub>2</sub>S, as condições meteorológicas para cada mês e período do dia e os incômodos da população circunvizinha à CTR.

Como conclusão do estudo foi evidenciado que o monitoramento, por si só, sem o estudo das condições meteorológicas ou do registro dos incômodos das pessoas vizinhas pode não ser suficiente para avaliar a perturbação por odores nos arredores da CTR, apesar de haver uma conformidade entre os picos de concentração de compostos odoríferos com as queixas da população.

Palavras-chave: Emissões Odoríferas, Central de Tratamento de Resíduos, Resíduos Sólidos Urbanos, Aterro, Sulfeto de Hidrogênio.

Abstract of Undergraduate Project presented to POLI/UFRJ as a partial fulfillment of  
the requirements for the degree of Engineer

Odor emissions from the decomposition of municipal solid waste (MSW) in Waste  
Treatment Plants (CTR) - case study: CTR Seropédica, RJ, Brazil.

José Coutinho de Carvalho Amorim

Agosto/2013

Advisor: Luiz Francisco Pires Guimarães Maia

Course: Environmental Engineering

One of the biggest challenges facing modern society is addressing the excessive generation and environmentally safe disposal of solid waste. The global concern about solid waste, particularly household, has increased due to raise production of mismanagement and lack of disposal areas. At this stage is put into the final disposal of waste treatment centers (WTCs) in order to respond to environmentally sustainable treatment for a large number of waste generated. These centers cause some issues as the odors nuisance source for urban population who lives or works close to these facilities. This is the focus of our work.

In Rio de Janeiro are happening emissions odors problems from waste treatment centers (WTCs). Therefore, this study purpose is to evaluate in a Case Study, the odor production and the annoyance in the neighboring population in Seropédica WTC, in Rio de Janeiro's state. For this I monitored hydrogen sulfide ( $H_2S$ ) which I used as an indicator for odor and also conducted surveys to complete neighborhood about the negative WTC potential that the odor has on the population.

For this, It was used a procedure consists on the following actions: (1)  $H_2S$ 's concentration monitoring at 2 different points (one close to the WTC and another near to the Seropédica urban center) for different months from the time that did not exist

WTC until the present. (2) analysis of the weather conditions of the region, (3) study of population complaints and research in the Chaperó neighborhood, the nearest WTC urban center .

The average concentration of H<sub>2</sub>S was monitored for the following months: Jan-Mar-11, Jun-11-Aug 11-Aug 12 Sep-12 and Mar-13. The variability in the concentration of H<sub>2</sub>S for different months is credited mainly to external variables such as wind speed and direction, rainfall, temperature, atmospheric stability.

The monitoring study along with the weather conditions is very important to determine the possible problems arising from odor emissions from the WTCs. It was detected for the WTC Seropedica's Case Study a fairly good correlation between H<sub>2</sub>S monitoring the weather conditions for each month and each time of day and the population nuisance surrounding the WTC.

As a conclusion of the study set that monitoring alone, without the study of weather conditions or the inconvenience of registration of neighboring people may not be sufficient to evaluate the odor of the disturbance around WTC, although there is a good conformity between concentration peak of odorous compounds and the population complaints.

Keywords: Odor emission, Central waste treatment, municipal solid waste, landfill, Hydrogen Sulfide



## SUMÁRIO

<b>1 - INTRODUÇÃO.....</b>	<b>1</b>
<b>2 - OBJETIVOS.....</b>	<b>5</b>
<b>2.1 - OBJETIVO GERAL.....</b>	<b>5</b>
<b>2.2 - OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....</b>	<b>5</b>
<b>3 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>6</b>
<b>3.1 - RESÍDUOS E SUA COMPOSIÇÃO .....</b>	<b>6</b>
<b>3.2 - GERAÇÃO E COLETA DE RSU NO BRASIL E NO MUNDO ..</b>	<b>9</b>
<b>3.3 - DISPOSIÇÃO FINAL DE RSU .....</b>	<b>11</b>
3.3.1 - Lixão.....	12
3.3.2 – Aterro Controlado .....	12
3.3.3 – Aterro Sanitário .....	13
<b>3.4 - IMPACTO AMBIENTAL NA CTR. ....</b>	<b>16</b>
<b>3.5 - ODOR – POLUIÇÃO ODORÍFERA .....</b>	<b>17</b>
3.5.1 - Histórico sobre a gestão de odores .....	18
3.5.2 – Principais fontes de odorantes .....	20
3.5.3 - Efeitos de emissões odoríferas sobre a saúde.....	21
3.5.4 - Odores provenientes do RSU e do seu manuseamento. ....	22
3.5.5 - Análise de compostos odorantes – Monotorização/Percepção.....	23
<b>3.5.5.1 - Técnicas Sensoriais ou Olfatométricas .....</b>	<b>23</b>
<b>3.5.5.2 - Técnicas Analíticas/Químicas (Técnicas de Análise Odorífera).....</b>	<b>26</b>
<b>3.5.5.3 – Técnicas Físico-Químicas .....</b>	<b>28</b>
3.5.5.3.1 - Cromatografia Gasosa (CG) .....	29
3.5.5.3.2 - Tubos Colorimétricos .....	29
<b>3.5.5.4. Nariz Eletrônico .....</b>	<b>30</b>
3.5.5 - Legislação/Regulação do odor. ....	30
<b>3.6 - INDICADOR ODORÍFERO UTILIZADO (H<sub>2</sub>S).....</b>	<b>31</b>
3.6.1 - Origem.....	32
<b>3.7.1.1 – Origem de H<sub>2</sub>S pela decomposição da matéria orgânica –.....</b>	<b>33</b>
<b>reações químicas.....</b>	<b>33</b>

3.6.2 – Efeitos à saúde humana .....	33
3.6.3 – Legislação (H <sub>2</sub> S).....	35
<b>3.7 – DISPERSÃO DE POLUENTES ATMOSFÉRICOS .....</b>	<b>35</b>
3.7.1 - Velocidade e direção do vento .....	36
2.7.2 - Camada de Mistura.....	38
3.7.3 - Estabilidade atmosférica.....	39
3.7.4 - Precipitação .....	40
3.7.5 - Temperatura.....	40
<b>3.8 - DECOMPOSIÇÃO DE RSU (GASES ORIGINADOS) .....</b>	<b>41</b>
3.8.1. Fases da Decomposição .....	42
<b>3.8.1.1 – Lagoa de chorume (gases originados) .....</b>	<b>48</b>
3.8.2 – Fatores que afetam a produção de gás de aterro .....	49
3.8.3 - Fatores que afetam a migração do gás.....	51
<b>4 - METODOLOGIA .....</b>	<b>54</b>
<b>4.1 – LEVANTAMENTO DE CAMPO DA CTR SEROPÉDICA.....</b>	<b>54</b>
4.1.1 – Localização e acesso.....	54
4.1.2 – Central de Tratamento de Resíduos (CTR) Seropédica.....	58
4.1.3 – Aspectos Climatológicos .....	59
<b>4.2 – AMOSTRAGEM.....</b>	<b>60</b>
4.2.1 - Amostragem Passiva - Conceitos Gerais e Aplicações .....	62
4.2.1.2 - Princípio de Medição .....	63
<b>4.3 – PARÂMETROS CLIMÁTICOS .....</b>	<b>63</b>
4.3.1 – Direção e Velocidade do Vento - Software WRPLOT.....	63
4.3.2 – Precipitação e Temperatura - EXCEL .....	65
<b>4.4 - IMPACTOS DA CTR NA POPULAÇÃO LOCAL .....</b>	<b>66</b>
4.4.1 - Registo de queixas da população circunvizinha (jornais e .....	67
periódicos) .....	67
4.4.2 - Pesquisa de vizinhança (situação atual) .....	67
<b>5 – RESULTADOS.....</b>	<b>69</b>
<b>5.1 – TUBOS PASSIVOS (CONCENTRAÇÃO DE H<sub>2</sub>S).....</b>	<b>69</b>
<b>5.2 – DIREÇÃO E VELOCIDADE DO VENTO (WRPLOT) .....</b>	<b>71</b>

<b>5.3 – CARATERIZAÇÃO-METEOROLOGIA LOCAL</b> .....	72
5.3.1 – Direção e Velocidade do Vento (4 fases do dia) .....	72
5.3.2 – Precipitação e Temperatua.....	73
<b>5.4 – IMPACTO DA CTR NA POPULAÇÃO LOCAL</b> .....	74
5.4.1 – Registo de queixas da população circunvizinha (jornais e .....	74
periódicos) .....	74
5.4.2 – Pesquisa de Vizinhaça .....	77
<b>6 – DISCUSÃO DOS RESULTADOS</b> .....	79
<b>7 – CONCLUSÕES</b> .....	85
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	88

## ***ANEXOS***

Anexo I – Resultado do monitoramento de H <sub>2</sub> S dos tubos passivos para os meses: JAN-11, MAR-11, JUN-11, AGO-11, MAI-12, SET-12, MAR-13.....	98
Anexo II – Velocidade e Direção dos Ventos para os meses de monitoramento: JAN-11, MAR-11, JUN-11, AGO-11, MAI-12, SET-12, MAR-13.....	101
Anexo III – Direção e Velocidade do Vento na parte da madrugada (00h-06h) para cada mês de monitoramento: JAN-11, MAR-11, JUN-11, AGO-11, MAI-12, SET-12, MAR-13 (respectivamente da esquerda para a direita e de cima para baixo).....	103
Anexo IV – Direção e Velocidade do Vento na parte da manhã (06h-12h) para cada mês de monitoramento: JAN-11, MAR-11, JUN-11, AGO-11, MAI-12, SET-12, MAR-13 (respectivamente da esquerda para a direita e de cima para baixo).....	104
Anexo V – Direção e Velocidade do Vento na parte da tarde (12h-18h) para cada mês de monitoramento: JAN-11, MAR-11, JUN-11, AGO-11, MAI-12, SET-12, MAR-13 (respectivamente da esquerda para a direita e de cima para baixo).....	105
Anexo VI – Direção e Velocidade do Vento na parte da noite (18h-00h) para cada mês de monitoramento: JAN-11, MAR-11, JUN-11, AGO-11, MAI-12, SET-12, MAR-13 (respectivamente da esquerda para a direita e de cima para baixo).....	106
Anexo VII – Precipitação e total de Precipitação mensal para cada mês de monitoramento: JAN-11, MAR-11, JUN-11, AGO-11, MAI-12, SET-12, MAR-13 (respectivamente da esquerda para a direita e de cima para baixo).....	107
Anexo VIII – Temperatura, Temperatura Média e Temperaturas Max e Min para cada mês de monitoramento: JAN-11, MAR-11, JUN-11, AGO-11, MAI-12, SET-12, MAR-13.....	108
Anexo IX – Formulário da Pesquisa de Vizinhança utilizado no bairro de Chaperó no município de Itaguaí.....	109

Anexo X – Gráficos dos resultados da Pesquisa de Vizinhança: (1) periodicidade da sensação do odor; (2) período do dia com maior sensação do odor; (3) caracterização do odor; (4) possível origem do odor; (5) como identificar o odor e a percepção quanto à alteração do odor depois da abertura da CTR.....110

Anexo XI – Localização relativa da CTR e dos pontos de monitoramento com as suas respectivas concentrações ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) para cada mês de monitoramento e a direção e velocidade do vento para os meses de monitoramento.....111

## **INDICE DE FIGURAS**

Figura 1 - Composição do lixo domiciliar brasileiro.....	7
Figura 2 - Quantidade de lixo per capita (kg/dia) (adaptado de <a href="http://veja.abril.com.br/170399/p_060.html">http://veja.abril.com.br/170399/p_060.html</a> ).....	8
Figura 3 - Quantidade de RSU gerados no Brasil em 2009 (adaptado de Segantini, 2009).....	10
Figura 4 - Quantidade de RSU coletados no Brasil em 2009 (adaptado de Segantini, 2009).....	10
Figura 5 - Quantidade de RSU gerados em 2010 (adaptado de Castagnari, 2010). ....	11
Figura 6 - Quantidade de RSU coletados em 2010 (adaptado de Castagnari, 2010). ....	11
Figura 7 - Destinação final de RSU (t/dia) 2009-2010.....	14
Figura 8 - Destinação final de Resíduos Sólidos Urbanos .....	15
Figura 9 - Medição de odores, "Painel de Cheiradores" (adaptado de Van Harreveld et al. , 2001).....	24
Figura 10 - Relação entre concentração/intensidade de odor de dois odores diferentes (adaptado de Acey et al. , 2004). ....	25
Figura 11 - Escala de classificação do odor através do tom hedónico (adaptado de Campos, 2009).....	26
Figura 12 - Tom hedónico da concentração de três misturas de compostos odoríferos (adaptado de Van Harreveld et al., 2001).....	26
Figura 13 - Perfil vertical da velocidade do vento (adaptado de Lisboa, 2007).....	37
Figura 14 - Rosa-dos-ventos com velocidade e direção dos ventos (adaptado de <a href="http://enb110-clh-2012.blogspot.com.br/2012/10/wrplot-view-and-google-earth.html">http://enb110-clh-2012.blogspot.com.br/2012/10/wrplot-view-and-google-earth.html</a> )	38
Figura 15 - Gradientes verticais de temperatura (adaptado de Vieira, 2007).....	40
Figura 16 - Fases da produção de gases num aterro tipo (adaptado de Filho, 2005) . ...	44
Figura 17 - Fases geradas na geração de gases de aterro (adaptado de Filho, 2005) . ...	45
Figura 18 - Principais fases de decomposição dos resíduos em aterros (adaptado de Abushammala, Basri e Kadhum, 2009).....	47
Figura 19 - Níveis de concentração de H <sub>2</sub> S na atmosfera de uma área próxima a uma lagode chorume em um aterro sanitário (adaptado de Oliveira et al, 2007).....	49
Figura 20 - Localização da CTR no Município de Seropédica no estado do Rio de Janeiro (RJ), Brasil. (adaptado de Google Earth).....	56
Figura 21 - Limites da área da CTR Santa Rosa (adaptado de Google Earth).....	57
Figura 22 - Localização relativa da CTR ao município de Seropédica e a Chaperó, município de Itaguaí, (adptado de Google Earth).....	57
Figura 23 - Pontos de amostragem 1 e 2 e estação metorológica (INMET) (aptado de Google Earth). ....	61
Figura 24 - Representação esquemática de um amostrador passivo (adaptado de Shouter, 1995).....	63

Figura 25 - Representação da velocidade do vento (m/s) (Fonte: <a href="http://www.weblakes.com/products/wrplot/index.html">http://www.weblakes.com/products/wrplot/index.html</a> ). .....	64
Figura 26 - 16 Intervalos de Direção/Graús (adaptado de <a href="http://www.weblakes.com/products/wrplot/index.html">http://www.weblakes.com/products/wrplot/index.html</a> ). .....	64
Figura 27 - Software WRPLOT (adaptado de <a href="http://www.weblakes.com/products/wrplot/index.html">http://www.weblakes.com/products/wrplot/index.html</a> ). .....	65
Figura 28 - Localização de Chaperó relativamente à CTR (adaptado de Google Earth)	68
Figura 29 - Concentração de H <sub>2</sub> S para todos os meses de amostragem do Ponto 1. ....	70
Figura 30 - Concentração de H <sub>2</sub> S para todos os meses de amostragem do Ponto 2. ....	71
Figura 31 - Relação da precipitação com a temperatura para cada mês de monitoramento.....	74

## ***ÍNDICE DE TABELAS***

Tabela 1 - Composição percentual média dos resíduos sólidos domiciliares (Brasil e EUA) (adaptado de Bello, 2010).....	7
Tabela 2 - Quantidade de lixo (kg/hab/dia/cidade) (adaptado ABRELPE 2013).....	9
Tabela 3 - Quantidade de municípios por tipo de destinação final de RSU (adaptado de Castagnari, 2010).....	15
Tabela 4- Atividades poluidoras da atmosfera por emissão de odor (adaptado de Silva , 2009).....	20
Tabela 5 - Valores limite de detecção pelo olfato (adaptado de Vieira, 2007). ....	21
Tabela 6 - Valores limite para protecção da saúde humana (adaptado de Vieira, 2007). .....	22
Tabela 7 - Comparação das vantagens e desvantagens dos 4 métodos de monitorização da qualidade do ar (adaptado de Maia e Sales ,2009) .....	28
Tabela 8 - Métodos empregados para análise físico - química (Martin e Lafforte , 1991 apud Filho e Lisboa , 1998) (adaptado de Silva, 2007).....	29
Tabela 9 - Efeitos nos seres humanos por concentração de H <sub>2</sub> S (adaptado de Campos 2009).....	34
Tabela 10 - Coordenadas geográficas dos limites da área da CTR Santa Rosa. ....	56
Tabela 11 - Valores da concentração (µg/m <sup>3</sup> ) de H <sub>2</sub> S por mês. ....	70



## ***LISTA DE SIMBOLOS***

ABRELPE – Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais  
BRS – Bactérias Redutoras do Sulfato  
CEDAE – Companhia Estadual de Águas e Esgotos  
CETESB – Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental  
CH<sub>4</sub> - Metano  
CH<sub>3</sub>COOH – Ácido Acético  
CO<sub>2</sub> – Dióxido de Carbono  
CTR – Centro de Tratamento de Resíduos  
EIA – Estudo de Impacto Ambiental  
ETE – Estação de Tratamento de Esgotos  
FEEMA – Fundação Estadual de Engenharia do Meio Ambiente  
VOHs – Ácidos orgânicos Voláteis  
H<sub>2</sub>- Hidrogénio (gasoso)  
H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> – Ácido Carbónico  
H<sub>2</sub>S – Sulfeto de Hidrogénio  
INMET – Instituto Nacional de Meteorologia  
IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas  
MMA – Ministério do Meio Ambiente  
m/s – metro por segundo  
NH<sub>3</sub> – Amoníaco  
N<sub>2</sub> – Nitrogénio (gasoso)  
PEAD – Polietileno de Alta Densidade  
OMS – Organização Mundial de Saúde  
O<sub>2</sub> – Oxigénio  
RIMA – Relatório de Impacto Ambiental  
RSD – Resíduos Sólidos Domiciliares  
RSU – Resíduos Sólidos Urbanos  
µg/m<sup>3</sup> – micrograma por metro cúbico

## 1 - INTRODUÇÃO

Um dos maiores desafios com que se defronta a sociedade moderna é o equacionamento da geração excessiva e da disposição final ambientalmente segura dos resíduos sólidos. A preocupação mundial em relação aos resíduos sólidos, em especial os domiciliares, tem aumentado devido ao crescimento da produção (quantidade produzida absoluta *per capita* aumenta de dia para dia), do gerenciamento inadequado e da falta de áreas de disposição final (JACOBI; BESEN, 2011).

Jacobi e Besen (2011) dizem que o tema se tem mostrado prioritário desde a Conferência Rio 92 de uma maneira global, tanto nos países ricos quanto nos mais pobres, por contribuir direta ou indiretamente com o aquecimento global e as mudanças do clima. Desde a Rio 92, incorporaram-se novas prioridades à gestão sustentável de resíduos sólidos que representaram uma mudança paradigmática, que tem direcionado a atuação dos governos, da sociedade e da indústria. Incluem-se nessas prioridades a redução de resíduos nas fontes geradoras e a redução da disposição final no solo, a maximização do reaproveitamento, da coleta seletiva e da reciclagem com inclusão sócio produtiva de catadores e participação da sociedade, a compostagem e a recuperação de energia

Hoje, com o aumento populacional e mudança nos hábitos de vida das populações, a produção e descarte de resíduos transformou-se num grande problema para a sociedade, tendo em vista a superação da capacidade do meio em assimilar os resíduos descartados (BELLO, 2010).

À parte desse problema de falta de planejamento dos lixos domiciliares, isso acarreta outros grandes problemas. São estes resíduos que são depositados nas Centrais de Tratamento de Resíduos (CTRs) e que originam, devido à sua decomposição, odores incômodos às populações de áreas urbanas vizinhas a essas instalações. Além disso, os gases provenientes do chorume (líquido resultante dessa decomposição), que é recolhido e armazenado para posterior tratamento, contribuem em grande escala para esse problema. Devido a esta migração de compostos odoríferos para áreas urbanas, o

odor proveniente das CTRs origina muitas denúncias ambientais encaminhadas pela população aos órgãos de controle ambiental em todo o mundo.

A instalação de CTRs nas proximidades de áreas urbanas tem, segundo Veríssimo e outros (2007), muitos outros impactos negativos sobre o ambiente físico biótico e socioeconômico, como a geração de emissões atmosféricas e material particulado; aumento de ruídos e vibrações; modificação da morfologia do terreno; riscos de deslizamento de taludes; riscos de assoreamento e de enchentes nos corpos d'água; riscos de contaminação do lençol freático e das águas superficiais; evasão da fauna; aumento do tráfego rodoviário; variação do valor das terras e imóveis residenciais; incômodos a vizinhança; geração de resíduos e efluentes; modificação da paisagem. O presente estudo se baseia, principalmente, no impacto odorífero, sendo essa proliferação de odores ofensivos um dos principais motivos de reclamações contra as CTRs.

De acordo com o jornal de notícias “Cidade Olímpica” na edição de 12 de Maio de 2012, no artigo “Rio inaugura nova fase no tratamento de lixo”, no estado do Rio de Janeiro, há muito tempo que existem problemas no planejamento da coleta e disposição dos resíduos sólidos urbanos, sendo estes, no passado, depositados em lixões a céu aberto e só posteriormente depositados de uma maneira mais sustentável com a abertura do aterro controlado do Jardim do Gramacho, aterro que foi recentemente desativado depois de 34 anos de funcionamento por atingir o seu limite de disposição de resíduos. Naturalmente, tudo isto não funciona sempre da melhor maneira e isso provoca inúmeras reclamações públicas, inclusive pelo Ministério Público. Em vista disto, para ilustrar o presente estudo, foi escolhida a Central de Tratamento de Resíduos de Seropédica (CTR Seropédica), que, desde a sua inauguração em abril de 2011, tem apresentado problemas de emissões de odores para as comunidades vizinhas, estando os moradores circunvizinhos à CTR Seropédica sofrendo dessas consequências negativas.

De qualquer forma, mesmo perante o grande número de possíveis impactos, as CTRs são a maneira mais viável para dar resposta à grande quantidade de resíduos domiciliares produzidos todos os dias pela população, necessitando, então, ser avaliadas no aspecto da gestão de odores.

Assim, a importância da avaliação da produção de odor e do controle das emissões de gases odorantes está relacionada à qualidade de vida das pessoas, pois segundo Carmo (2005) tais gases podem levar a “stresses” psicológicos, insônias, perda de apetite, entre outros problemas (além claro como já referido de influenciar na depreciação do valor do terreno, provocando baixo *status* social e econômico e inibindo o crescimento econômico). Por isso, esses problemas relacionados a exposições contínuas ou em ocasiões esporádicas dos seres humanos a substâncias odorantes, como os trabalhadores de CTRs, moradores, transeuntes e trabalhadores em áreas próximas aos centros de tratamento, devem ser priorizados pelos agentes de saúde pública e ambiental.

O cheiro desagradável das CTRs, segundo Bello (2005), é proveniente de uma mistura complexa de moléculas com enxofre ( $H_2S$  e mercaptanas), moléculas com nitrogênio ( $NH_3$  e aminas), fenóis, aldeídos, álcoois e ácidos orgânicos. Normalmente os odores incômodos são causados por gases produzidos na decomposição da matéria orgânica em condições anaeróbias.

Entre todos os tipos de compostos odoríferos provenientes dos centros de tratamento de resíduos, o sulfeto de hidrogênio ( $H_2S$ ) é um dos principais gases de mau cheiro, pois é facilmente detectado pela maioria dos indivíduos em concentrações extremamente baixas e em curtos intervalos de tempo pelo sistema olfativo humano (GOSTELOW *et al.*, 2001).

Nesta pesquisa será dada ênfase na formação de  $H_2S$ , focalizando a questão como problema de qualidade de vida, buscando verificar que problemas estão relacionados à produção de odor na CTR Seropédica.

Souza (2007) afirma que toda a forma de matéria ou energia que possa tornar o ar impróprio ou ofensivo à saúde humana, causar inconvenientes ao bem-estar público, ou danos aos materiais, à fauna e flora pode ser considerada como poluente atmosférico. Continuando, Souza (2007) menciona ainda que a poluição do ar tem originado nas últimas décadas uma preocupação entre a comunidade científica e sociedade em geral. Atualmente, parte da poluição atmosférica é fruto de um crescimento acelerado e sem critérios ambientais da industrialização e da urbanização. Dentro dos poluentes

atmosféricos, os compostos responsáveis por maus odores aparecem como uma fonte de contaminação ambiental.

Para resumir, Campos (2009) concluiu que o aumento da consciência ambiental pela sociedade, de um modo geral, problemas ambientais anteriormente ignorados, como a qualidade do ar interno e os odores ambientais, passaram a ganhar cada vez mais atenção. Como exemplo dos efeitos à saúde humana que os compostos odoríferos podem ocasionar, tem-se os problemas causados pela concentração de H<sub>2</sub>S na atmosfera. Este gás é emitido por decorrência de diversos tipos de atividades e, além de causar desconforto, é potencialmente tóxico, dependendo da sua concentração, duração e frequência de exposição, atuando sobre o sistema nervoso, olhos e vias respiratórias. A aproximação cada vez mais frequente entre a população e fontes odoríferas faz com que surjam incômodos, reclamações, preocupações com a saúde e até mesmo conflitos.

Em função do exposto, o presente trabalho procura avaliar a produção de odor na CTR de Seropédica e seus problemas associados, analisando o H<sub>2</sub>S como indicador de mau cheiro e pesquisando sobre o incômodo do odor na população circunvizinha à CTR. Para alcançar o objetivo proposto será utilizada a técnica de amostragem passiva, a partir de tubos passivos, para assim monitorar o H<sub>2</sub>S presente na atmosfera circundante à CTR Seropédica, analisar notícias de reclamações das populações, devido ao mau cheiro, e aplicação de uma pesquisa de vizinhança nos lugares mais afetados.

## **2 - OBJETIVOS**

### **2.1 - OBJETIVO GERAL**

Esta pesquisa teve como objetivo avaliar a produção de odor na CTR de Seropédica e seus problemas associados, analisando o H<sub>2</sub>S como indicador de mau cheiro e pesquisando sobre o incômodo desse odor na população circunvizinha à CTR.

### **2.2 - OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

São constituídos os seguintes objetivos específicos da presente pesquisa:

- (1) Monitorar a concentração de sulfeto de hidrogênio em 2 pontos. Um próximo ao centro urbano de Seropédica e outro próximo à CTR.
- (2) Analisar os parâmetros meteorológicos da região, especificamente a direção e velocidade do vento (usando o software WRPLOT), precipitação e temperatura.
- (3) Analisar os incômodos causados pelas emissões de gases odorantes mediante a análise de percepção de odor pelos habitantes circunvizinhos à CTR, a partir de notícias retiradas de periódicos e de uma pesquisa de vizinhança.
- (4) Analisar a relação entre as concentrações de H<sub>2</sub>S, os parâmetros meteorológicos e os incômodos dos moradores circunvizinhos à CTR.

### **3 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

#### **3.1 - RESÍDUOS E SUA COMPOSIÇÃO**

Segundo a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT – NBR 10.004, 2004), resíduos sólidos são resíduos no estado sólido e semi-sólido, que resultam de atividades de origem industrial, domiciliar, hospitalar, comercial, agrícola, de serviço e de varrição. Dentre os resíduos sólidos encontram-se os resíduos sólidos urbanos nos quais são incluídos: o resíduo domiciliar, gerado nas residências, o resíduo comercial, produzido em escritórios, lojas, hotéis, supermercados, restaurantes e em outros estabelecimentos afins, os resíduos de serviços de poda e capina, oriundos da limpeza pública urbana, além dos resíduos de varrição das vias públicas, limpeza de galerias, terrenos, córregos, praias e feiras livres. Com relação aos resíduos sólidos domiciliares (RSD), podem ser definidos como aqueles originados na vida diária das residências, constituído por restos de alimentos, produtos deteriorados, jornais e revistas, garrafas, embalagens em geral, papel higiênico, fraldas descartáveis e uma grande diversidade de outras coisas (CEMPRE, 2000).

Os estudos de composição física dos resíduos sólidos domiciliares no Brasil têm mostrado predominância de materiais orgânicos, diferentemente dos países desenvolvidos, como os EUA, por exemplo, em que a composição de materiais descartáveis é maior como nos é apresentado pela tabela 1 que mostra a composição física média dos resíduos municipais gerados no Brasil e nos Estados Unidos (BELLO, 2010).

Essa grande quantidade de matéria orgânica influi diretamente nos impactos ambientais associados à disposição final em aterros sanitários, pois a sua decomposição gera chorume e gases de efeito estufa (BELLO, 2010).

Como foi visto, o lixo originado nas residências é denominado doméstico ou domiciliar e resulta de atividades do cotidiano sendo que no Brasil mais de 50% corresponde a sobras de alimentos, ou seja resíduos orgânicos, e o restante corresponde a materiais descartáveis (vidro, metal, plástico, papel) como vemos na figura 1.

Tabela 1 - Composição percentual média dos resíduos sólidos domiciliares (Brasil e EUA) (adaptado de Bello, 2010).

	Brasil	Estados Unidos
Matéria Orgânica	52,50%	0%
Metal	2,30%	7%
Plástico	2,90%	10%
Papel e Papelão	24,50%	44%
Vidro	1,60%	5,00%
Outros	16,20%	34%

Fonte: CEMPRE, Lixo Municipal – Manual de Gerenciamento Integrado (2000).

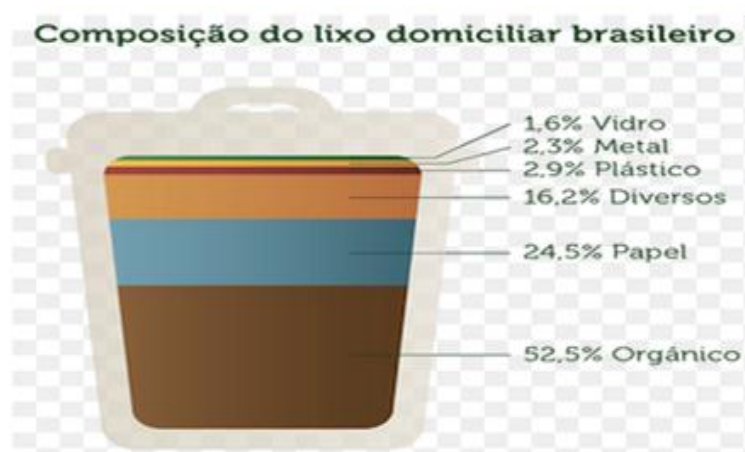


Figura 1 - Composição do lixo domiciliar brasileiro (adaptado de <http://www.jorabrasil.com.br/porque.html>).

O crescimento e a longevidade da população aliados à intensa urbanização e à expansão do consumo de novas tecnologias acarretam a produção de imensas quantidades de resíduos. Um dos maiores problemas em cidades densamente urbanizadas, especialmente nas regiões metropolitanas, é a falta de locais apropriados para depositar os resíduos adequadamente (JACOBI; BESEN, 2011).

Na edição de Abril de 1999 da revista *Veja* foi publicado um artigo bastante interessante que diz: “O lixo é um indicador curioso de desenvolvimento de uma nação. Quanto mais pujante for a economia, mais sujeira o país vai produzir. É sinal de que o país está crescendo, de que as pessoas estão consumindo mais”. Segundo um levantamento feito pela Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais, (ABRELPE), o brasileiro passou a produzir muito mais lixo durante os últimos anos.



Por dia, calcula-se que o brasileiro produza em média 1 quilo de lixo domiciliar. Ainda está longe dos americanos com seus inacreditáveis 3 quilos por pessoa, mas já ultrapassou países da União Europeia, como pode-se ver na figura 2. A questão é que as grandes cidades brasileiras não têm estrutura para encarar esse crescimento e se encontram perto de um limite. As prefeituras estão sem dinheiro para a coleta e já não há mais lugar onde colocar lixo. São Paulo, por exemplo, tem cinco dos seus sete aterros sanitários lotados. Os dois que restam, de acordo com as previsões mais otimistas, devem durar apenas mais quatro anos. Nesse momento, assemelham-se a uma panela de pipoca, onde o milho ameaça transbordar (LIMA, 1999).



Figura 2 - Quantidade de lixo per capita (kg/dia) (adaptado de [http://veja.abril.com.br/170399/p\\_060.html](http://veja.abril.com.br/170399/p_060.html)).

Segundo dados do Ministério do Meio Ambiente (MMA) do Brasil no ano de 1999, o Brasil produzia cerca de 90 milhões de toneladas de lixo por ano e cada brasileiro gerava, aproximadamente, 500 gramas de lixo por dia, podendo chegar a 1 kg, dependendo do local. Para notar este aumento de produtividade com dados atuais de acordo com o relatório da ABRELPE, o Brasil produz hoje, por dia, 177.995 toneladas de lixo, uma média de 1,097 kg por habitante podendo este valor ultrapassar mesmo os 1,5 kg por habitante como na cidade de Brasília. A maioria das cidades sedes da Copa do Mundo supera essa média como pode-se ver na tabela 2 pela quantidade média de lixo por kg/habitante/dia para cada cidade (CUNHA, 2013).

Tabela 2 - Quantidade de lixo (kg/hab/dia/cidade) (adaptado ABRELPE 2013).

<b><i>Cidade</i></b>	<b><i>Habitante/dia</i></b>
<b>Belo Horizonte</b>	1,254kg
<b>Brasília</b>	1,599kg
<b>Cuiabá</b>	1,044kg
<b>Curitiba</b>	1,290kg
<b>Fortaleza</b>	1,474kg
<b>Manaus</b>	1,338kg
<b>Natal</b>	1,243kg
<b>Porto Alegre</b>	1,233kg
<b>Recife</b>	1,157kg
<b>Rio de Janeiro</b>	1,300kg
<b>Salvador</b>	1,366kg
<b>São Paulo</b>	1,274kg

### **3.2 - GERAÇÃO E COLETA DE RSU NO BRASIL E NO MUNDO**

Nos países mais ricos, que geram maiores quantidades de resíduos e de lixo, existe mais capacidade de equacionamento da gestão, por um somatório de fatores que incluem recursos econômicos, preocupação ambiental da população e desenvolvimento tecnológico. Segundo Jacobi e Besen (2011), em cidades de países em desenvolvimento, com urbanização muito acelerada (caso do Brasil), verificam-se deficits na capacidade financeira e administrativa dessas em prover infraestrutura e serviços essenciais como água, saneamento, coleta e destinação adequada do lixo e moradia, e em assegurar segurança e controle da qualidade ambiental para a população. No decorrer do último século, a população mundial dobrou de tamanho, já são cerca de 6 bilhões de habitantes e todos produzindo lixo em maior quantidade. Em geral, quanto mais rico e industrializado for um país, maior será também a produção e o consumo de descartáveis; conseqüentemente, a quantidade de lixo produzido por seus habitantes será mais elevada, com plásticos, papéis e latas em abundância. (JACOBI; BESEN, 2011).

Este aumento populacional verifica-se de ano para ano, o que vai provocar cada vez mais o aumento da quantidade gerada de RSU, como pode ser visto nas figuras 3 e 5, que mostram o aumento da geração de RSU de um ano para o outro, mais concretamente de 2008 até 2010. A geração de RSU no Brasil registou um crescimento expressivo tanto de 2008 para 2009, como de 2009 para 2010, superando a taxa de crescimento populacional urbano que foi de cerca de 1% nesse período (fig. 3 e fig. 5).

Além do grande aumento de produção de RSU de ano para ano, surge outro problema, qual seja, a coleta de RSU não consegue responder à totalidade da sua geração, como pode ser visto pela comparação dos valores das Figuras 3 e 4 e das figuras 5 e 6, que refletem, respectivamente, a geração/coleta dos RSU entre 2008-2009 e 2009-2010. Enquanto, no 1º caso (2008-2009) quase 12 % ficam por serem coletados, enquanto no 2º caso (2009-2010) esse valor ultrapassa os 11 %. Estes valores correspondem, respectivamente, a cerca de 6,8 e 6,7 milhões de toneladas de RSU que deixaram de ser coletados nesses anos e, por consequência, tiveram destino impróprio.

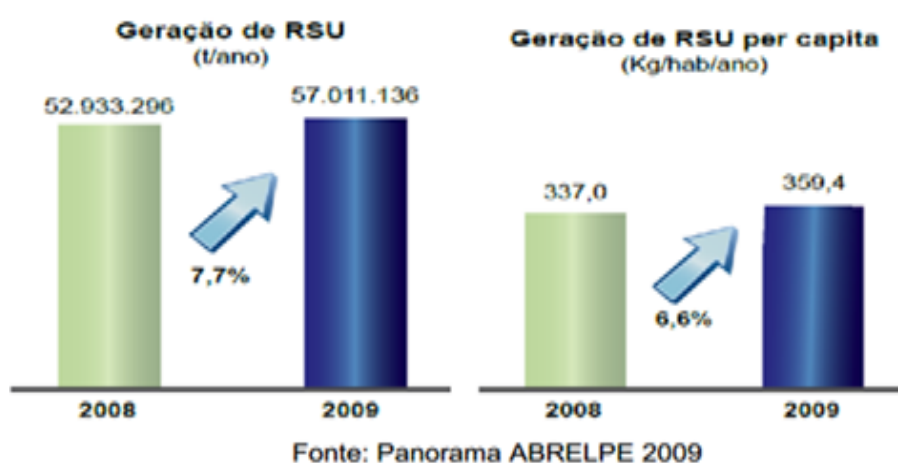


Figura 3 - Quantidade de RSU gerados no Brasil em 2009 (adaptado de Segantini, 2009).

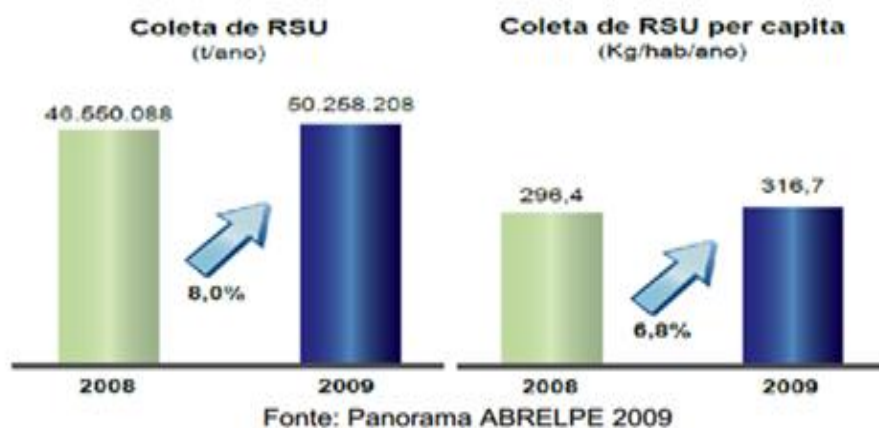
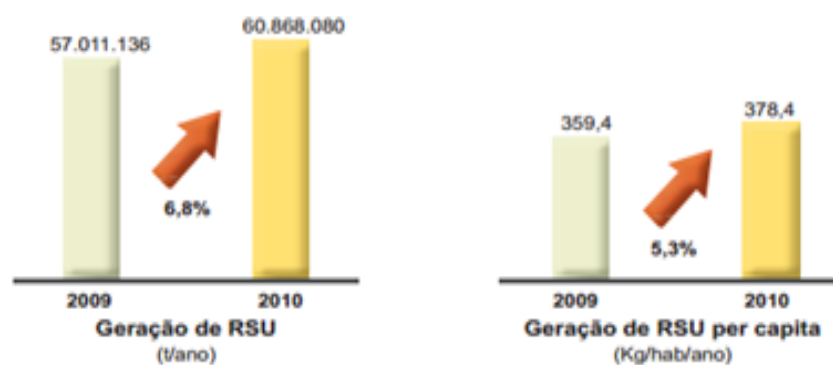
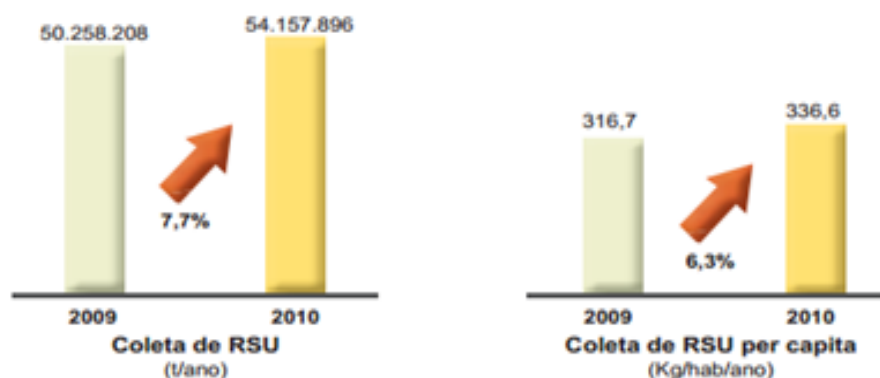


Figura 4 - Quantidade de RSU coletados no Brasil em 2009 (adaptado de Segantini, 2009).



Fontes: Pesquisas ABRELPE 2009 e 2010 e IBGE (contagem da população 2009 e Censo 2010)

Figura 5 - Quantidade de RSU gerados em 2010 (adaptado de Castagnari, 2010).



Fontes: Pesquisas ABRELPE 2009 e 2010 e IBGE (contagem da população 2009 e Censo 2010)

Figura 6 - Quantidade de RSU coletados em 2010 (adaptado de Castagnari, 2010).

### 3.3 - DISPOSIÇÃO FINAL DE RSU

A Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), aprovada em agosto de 2010, disciplina a coleta, o destino final e o tratamento de resíduos urbanos, perigosos e industriais, entre outros. A lei estabelece metas importantes para o setor, como a elaboração de planos municipais de resíduos e o fechamento dos lixões até 2014, sendo que a parte dos resíduos que não puderem ir para a reciclagem, os chamados rejeitos, só poderão ser destinados para os aterros sanitários (Portal Brasil). Apesar disto nos dias de hoje os resíduos sólidos urbanos (RSU) têm como principal destino final os lixões, os aterros controlados ou os aterros sanitários.

### **3.3.1 - Lixão**

Segundo Souza (2009) e o IPT (Instituto de Pesquisas Tecnológicas), lixão é uma forma inadequada de disposição final de resíduos sólidos, que se caracteriza pela simples descarga sobre o solo, sem medidas de proteção ao meio ambiente ou à saúde pública. Os resíduos assim lançados acarretam problemas à saúde pública, como proliferação de vetores de doenças (moscas, mosquitos, baratas, ratos, etc.), geração de maus odores e, principalmente, a poluição do solo e das águas superficiais e subterrâneas através do chorume (líquido de cor preta, mal cheiroso e de elevado potencial poluidor produzido pela decomposição da matéria orgânica contida no lixo), comprometendo os recursos hídricos. Acrescenta-se a esta situação o total descontrole quanto aos tipos de resíduos recebidos nestes locais, verificando-se até mesmo a disposição de dejetos originados dos serviços de saúde e das indústrias. Correntemente ainda se associam aos lixões fatos altamente indesejáveis, como a criação de porcos e a existência de catadores os quais, muitas vezes, residem no próprio local (FILHO, 2005).

### **3.3.2 – Aterro Controlado**

Aterro controlado é uma técnica de disposição de RSU no solo, sem causar danos ou riscos à saúde pública e à segurança, minimizando os impactos ambientais. Este método utiliza princípios de engenharia para confinar os resíduos sólidos, cobrindo-os com uma camada de material inerte (normalmente terra) na conclusão de cada jornada de trabalho. Esta forma de disposição produz, em geral, poluição localizada, pois similarmente ao aterro sanitário, a extensão da área de disposição é minimizada. Porém, geralmente não dispõe de impermeabilização de base (comprometendo a qualidade das águas subterrâneas), nem processos de tratamento de chorume ou de dispersão dos gases gerados (Souza, 2009). Filho (2005) diz ainda que esse método é preferível ao lixão, mas, devido aos problemas ambientais que causa e aos seus custos de operação, é inferior ao aterro sanitário

### 3.3.3 – Aterro Sanitário

É a forma de dispor o lixo sobre o solo, compactando-o com trator, reduzindo-o ao menor volume permissível e recobrando-o com camada de terra compactada, com a frequência necessária (pelo menos, diariamente), de modo a ocupar a menor área possível. Segundo Soares (2007) a técnica consiste basicamente na compactação dos resíduos no solo, dispondo-o em camadas que são periodicamente cobertas com terra ou outro material inerte, formando células, de modo a ter-se uma alternância entre os resíduos e o material de cobertura. A grande diferença entre aterros controlados e sanitários é que nestes últimos é feita uma impermeabilização do solo, para impedir a poluição do solo e das águas superficiais e subterrâneas através dos líquidos percolados (chorume), sendo esses líquidos também captados por drenos horizontais para posterior tratamento. É feita também a recolha dos gases liberados durante a decomposição dos lixos através de drenos verticais, evitando assim a poluição do ar e usando também certos gases, como o metano (CH<sub>4</sub>) para a produção de eletricidade. Segundo Fonseca (1999), o principal objetivo do aterro sanitário é dispor os resíduos sólidos no solo, de forma segura e controlada, garantindo a preservação do meio ambiente, a higiene e a saúde pública. Continua dizendo que os aterros também servem para recuperar áreas deterioradas, tais como: pedreiras abandonadas, grotas (abertura que as águas da enchente fazem na ribanceira de um rio), escavações oriundas de extração de argila e areia e regiões alagadiças. Filho (2005) concluiu que quando se tratar de áreas para atender os dois objetivos citados, devem ser feitos estudos apropriados para garantir as condições sanitárias do aterro e o não comprometimento do lençol freático da área em questão.

De acordo com o atlas de emissões de 2013 da ABRELPE, estima-se que no Brasil no ano de 2011 foram gerados aproximadamente 198 mil toneladas por dia de resíduos sólidos urbanos, o que equivale a aproximadamente 62 milhões de toneladas por ano. Do total de resíduos gerados, cerca de 90% são coletados, o que equivale a aproximadamente 180 mil toneladas por dia. Dos resíduos coletados em 2011, 58% (104,4 mil toneladas) foram destinados a aterros sanitários, 24% (43.2 mil toneladas) em aterros controlados e 17% (30,6 mil toneladas) em lixões. Isto significa que quase 75 mil toneladas diárias ainda têm destinação inadequada, sendo encaminhadas para

lixões ou aterros controlados, os quais não possuem o conjunto de sistemas e medidas necessários para proteção do meio ambiente contra danos e degradações (FILHO, 2012).

Ano após ano o Brasil está dando passos importantes do ponto de vista sanitário para disposição final dos resíduos sólidos urbanos como pode-se analisar na figura 7, que mostra a relação dos 3 tipos de destinação final de resíduos entre 2009 e 2010. Para melhor visualizar esta grande melhoria ao longo do tempo, foi analisado o artigo de Maurício Lima, “Um bebê é igual a 25 toneladas de lixo” da revista “Veja” da edição de 17 de Março de 1999, para assim comparar com os dias de hoje. Este diz que apesar das determinações legais e dos esforços, “No Brasil, só 1% do lixo é reciclado e quase 70% são coletados e jogados a céu aberto”. Prova-se assim então uma grande melhoria nesta matéria nos dias de hoje. Com base nos dados do parágrafo anterior e da figura 8 pode-se ver que, de 1999 a 2013, o lixo coletado e jogado a céu aberto teve uma grande diminuição (de cerca de 70% em 1999 para cerca de 20 % em 2013).



Figura 7 - Destinação final de RSU (t/dia) 2009-2010.



Figura 8 - Destinação final de Resíduos Sólidos Urbanos (FONTE IBGE, 2000).

Todas as regiões do Brasil, umas mais que outras, têm problemas de destinação final de RSU do ponto de vista ambiental. De acordo com os dados disponíveis para 2011, a região Sudeste concentram cerca de metade dos resíduos gerados no país, ou seja, 97 mil toneladas por dia, o que representa 49% do total de resíduos. A segunda região com maior geração de resíduos é a região Nordeste, onde são geradas diariamente em torno de 50 mil toneladas de resíduos, 25% do total. Em seguida, as regiões Sul, Centro Oeste e Norte geram entre 7 e 10% cada uma. Os dados disponíveis mostram que as regiões Sudeste e Sul contam com uma porcentagem maior de resíduos depositados em aterros sanitários (respectivamente, 72 e 70% respectivamente) em comparação com as outras regiões, enquanto a região Norte conta com o maior índice de destinação em lixões, 35% (Tab.3).

Tabela 3 - Quantidade de municípios por tipo de destinação final de RSU (adaptado de Castagnari, 2010).

Disposição Final	2010 – Regiões e Brasil					
	Norte	Nordeste	Centro-Oeste	Sudeste	Sul	BRASIL
Aterro Sanitário	85	439	150	798	692	2.164
Aterro Controlado	107	500	145	639	369	1.760
Lixão	257	855	171	231	127	1.641
<b>BRASIL</b>	<b>449</b>	<b>1.794</b>	<b>466</b>	<b>1.668</b>	<b>1.188</b>	<b>5.565</b>

Fonte: Pesquisa ABRELPE 2010



Apesar das melhorias ano após ano, o Brasil ainda é um país muito precoce na matéria de aterros sanitários, logo estes resíduos muitas vezes tem outra disposição final, como em lixões ou aterros controlados. Perante esta situação intolerável a curto prazo medidas tem de ser efetuadas. Castagnari (2010) fala que o crescimento desenfreado na produção e na deposição final de RSU são os principais problemas constatados na gestão de resíduos sólidos urbanos e como exemplo temos no Estado de São Paulo, onde são produzidos cerca de 28 mil toneladas diárias de RSD de acordo com dados da Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (CETESB) de 2008.

### **3.4 - IMPACTO AMBIENTAL NA CTR.**

Impacto ambiental deve ser entendido como um desequilíbrio provocado por um choque, um “trauma ecológico”, resultante da ação do homem sobre o meio ambiente. Pode-se diferenciar os impactos ambientais como local, regional e global (CIOCCARI, SAMPAIO et al, 2011).

Numa explicação mais pormenorizada, definimos Impacto Ambiental como uma ação ou atividade que produz alterações bruscas (ecológicas, sociais ou econômicas) no ambiente ou em alguns dos seus componentes, que também pode ser descrito como o preconizado na Resolução CONAMA Nº 001/86, Artigo 1º “qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente, afetam: a saúde, a segurança e o bem-estar da população; as atividades sociais e econômicas; a biota; as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente; a qualidade dos recursos ambientais”. Segundo a Deliberação CECA N.º1.078/87 são os seguintes tipos de impacto ambiental: positivo ou benéfico; negativo ou adverso; direto ou indireto; local, regional ou estratégico; imediato, a médio ou longo prazo; temporário, permanente ou cíclico; reversível ou irreversível (VERÍSSIMO, NAHAS et al, 2007).

No caso da CTR em estudo e pela análise do seu Estudo de Impacte Ambiental (EIA) e do Relatório de Impacto no Meio Ambiente (RIMA) pode-se referir os seguintes impactos ambientais de natureza negativa: geração de emissões atmosféricas e material

particulado; aumento de ruídos e vibrações; modificação da morfologia do terreno; riscos de deslizamento de taludes; riscos de assoreamento e de enchentes nos corpos d'água; riscos de contaminação do lençol freático e das águas superficiais; evasão da fauna; aumento do tráfego rodoviário; variação do valor das terras e imóveis residenciais; incômodos a vizinhança; geração de resíduos e efluentes; modificação da paisagem.

No presente estudo irá se focar no primeiro impacte ambiental referido, “geração de emissões atmosféricas e material particulado” mais propriamente nas emissões atmosféricas de carácter odorífero (emissões odoríferas) que tantos incômodos originam para a vizinhança dos lugares que produzem maus cheiros, por terem um efeito imediato na população.

### **3.5 - ODOR – POLUIÇÃO ODORÍFERA**

Segundo Schirmer, Lacey, Lisboa e outros (2007) entre todos os tipos de poluição ambiental, os maus odores estão entre os mais difíceis de regular, isto porque um cheiro desagradável é considerado algo subjetivo. Os odores ambientais sempre fazem parte de uma situação ou processo, provocando as mais diversas reações de desconforto em toda a população. O maior problema enfrentado, quando se tenta oferecer solução para as reclamações de odor feitas por uma comunidade, é a falta de padrões adequados para orientar as autoridades e administradores ambientais das empresas emissoras de tais poluentes.

Por definição, odor é a característica ou qualidade de uma substância que faz com que seja perceptível pela sensação do cheiro. Os experientes definem odor como “ a experiência de percepção quando um ou mais químicos entram em contacto com os receptores dos nervos olfativos e “estimulam” o nervo olfativo. Esta definição é útil no ponto em que o odor não é um químico ou um grupo de químicos, mas em vez disso uma reação do corpo humano a uma percepção de um ou mais químicos (compostos odoríferos). A concentração química de compostos odoríferos num volume de ar pode ser sistematicamente medida com resultados sistemáticos. De qualquer maneira a detecção e percepção dada por qualquer concentração de odorantes varia muito de

indivíduo para indivíduo, que podem ter diferentes sensibilidades odoríferas. Certos indivíduos podem detetar odores com níveis de concentração muito baixos e outros para a mesma concentração de substâncias odoríferas não detetar nada. Tem também variabilidade em termos da percepção do odor por um indivíduo como agradável, neutro, desagradável, ofensivo ou enjoativo, que também pode variar de indivíduo para indivíduo (CLARK, 2009).

Clark (2009) continua dizendo que a experiência da percepção do odor é complexa e pode ser tanto física como psicológica. Isso pode ser influenciado pelas experiências anteriores das pessoas. Por exemplo, uma pessoa que cresceu num ambiente rural pode ter diferente sensibilidade e percepção dos comuns odorantes de quintas que a pessoa que nasceu e viveu num ambiente urbano. Inversamente pode acontecer a esses mesmos indivíduos quando expostos a químicos geralmente encontrados no ar urbano.

Clark concluiu que por causa desta complexidade e variabilidade, o interesse na determinação de limiares e de métodos para detecção, classificação e quantificação de odores não podem ser reduzidos a uma simples medida de compostos químicos sozinhos. O odor tem de ser portanto avaliado com consideração na variação dos efeitos sobre uma gama de indivíduos.

### **3.5.1 - Histórico sobre a gestão de odores**

Historicamente, a percepção de odores na vizinhança das instalações responsáveis por esse impacto têm sido causa de preocupação para habitantes e autoridades de saneamento ambiental. Segundo Kaye e Jiang (2000), a nível mundial, as reclamações a respeito de odores já representam mais de 50% das denúncias ambientais encaminhadas pela população aos órgãos de controle ambiental (SCHIRMER et al, 2007).

Van Harreveld (2003) adianta que na Europa, e de um modo mais consistente, as preocupações com a presença de odores remontam ao período em que as pessoas e as atividades se começaram a concentrar de forma mais estável em aglomerados urbanos, desde há três ou quatro séculos atrás. O autor refere exemplos de cidades que estabeleciam a localização de atividades potencialmente geradoras de odores

incômodos, como eram o caso de matadouros e do curtimento de peles, fora das cidades ou a jusante dos rios que por elas passavam. Em cidades como Paris e Londres, os problemas de odores agravaram-se com a Revolução Industrial antes das redes de drenagem de águas residuais se tornarem mais comuns a partir da segunda metade do século XIX.

Vieira (2007) adianta que a localização de atividades potencialmente geradoras de odores incômodos e a resolução de conflitos continuaram, até cerca dos 30 anos, a ser baseados no senso comum e na experiência pessoal. O primeiro país na Europa a possuir regulamentação específica para a gestão de odores foi a Holanda que, em 1971, produziu uma regra prática para o sector das suiniculturas, estabelecendo uma distância mínima entre as zonas habitacionais e esse tipo de instalações. Em 1984, a legislação holandesa foi alargada a outros sectores industriais e passou a ser baseada em medições quantitativas dos níveis de odor. Países como a Alemanha e o Reino Unido começaram a regulamentar os níveis de exposição a odores no fim da década de 1980, princípios da década de 1990. Atualmente, outros países europeus como a Bélgica, a Dinamarca e a Irlanda já têm ou estão em vias de implementar legislação específica sobre a gestão de odores. Fora da Europa, países como a Austrália, o Canadá, os Estados Unidos, o Japão ou a Nova Zelândia também possuem legislação interessante sobre o assunto. Segundo Silva (2007) os países europeus, a Austrália e os Estados Unidos começaram a desenvolver regulamentação para o odor desde a década de 70 e essa regulamentação criou a necessidade de padronização dos métodos de medidas.

Segundo Schirmer, Lacey, Lisboa e outros (2007) a questão acerca da história de odores no Brasil ainda é bastante mais recente, sendo um pouco incipiente, tanto em nível académico quanto de legislação, tomando-se como exemplo países como Alemanha, França, Holanda e Estados Unidos, que já há alguns anos impõem medidas de minimização do impacto odorante nas suas atividades potencialmente poluentes. Prova disso é que a maior parte das metodologias de medida e avaliação de odores provém destes países.

### 3.5.2 – Principais fontes de odorantes

De acordo com Campos (2009) os maus odores são provenientes de uma mistura complexa de moléculas sulfurosas ( $H_2S$  e mercaptanas), moléculas nitrogenadas ( $NH_3$  e aminas), fenóis, aldeídos, álcoois, ácidos orgânicos. As emissões odorantes oriundas de fontes naturais e principalmente das atividades antropogênicas resultam de reações químicas e/ou biológicas. A tabela seguinte mostra as principais atividades poluidoras da atmosfera por emissão de odores.

Tabela 4- Atividades poluidoras da atmosfera por emissão de odor (adaptado de Silva , 2009).

Domínio	Tipo de atividade	Tipo de contaminante responsável pelo odor
Município	Depuração de esgotos	Compostos sulfurosos ( $H_2S$ , mercaptanas, etc.), composto azotados ( $NH_3$ , aminas, etc.), outros (ácidos graxos voláteis, aldeídos, etc.).
	Aterro sanitário	Compostos sulfurosos (disulfeto de dimetila, $H_2S$ , etc.).
	Papeleiras	Compostos sulfurosos ( $H_2S$ , $SO_2$ , disulfeto de dimetila, metil-mercaptana), terebentina.
Industrial	Refinarias de petróleo	$SO_2$ e outros compostos sulfurosos, compostos orgânicos voláteis (COV) variados.
	Fundições Alimentícia	Solventes orgânicos voláteis diversos (SOV) Variáveis.
	Tratamento de superfícies metálicas	Ácido sulfúrico, ácido nítrico, etc.
	Atelier de pintura	Metil-etil cetona, acetona, tolueno, xileno.
	Plásticos (moldagem, fibras de vidro, extrusão).	Estireno, SOV diversos.
Agrícola	Armazenagem de resíduos perigosos	Variáveis
	Granjas, tratamento de dejetos (e outros fertilizantes orgânicos), armazenamento de dejetos, armazenamento de pesticidas.	$NH_3$ , $H_2S$ , e outros compostos sulfurosos, aminas, ácidos graxos voláteis, indol, escatol, fenóis, etc.
	Ocupantes	Emanações biológicas
Ar interno	Tabaco	~ 5000 produtos químicos
	Materiais	Formaldeídos e diversos outros COV

### 3.5.3 - Efeitos de emissões odoríferas sobre a saúde

A antipatia a aromas desagradáveis é um mecanismo de defesa humana muito antigo. O nariz humano possui milhões de células receptoras que são excepcionalmente sensíveis a odores, capazes de detectar estes em concentrações muito baixas na atmosfera (MILLS, 1995). Pode-se ver pela tabela 5 e 6 respectivamente os valores do limite de detecção pelo olfato e os valores limite para proteção da saúde humana de três compostos odoríferos muito importantes presentes normalmente no ar com mau cheiro.

Tabela 5 -- Valores limite de detecção pelo olfato (adaptado de Vieira, 2007).

<b>Composto odorífero</b>	<b>Descrição do odor</b>	<b>Limite de detecção</b>
Amoníaco (NH <sub>3</sub> )	Azedo	0,7 ppm $\approx$ 0,5 mg/m <sup>3</sup>
Mercaptano de Metilo (CH <sub>3</sub> SH)	Comida em decomposição	0,5 ppb $\approx$ 1 $\mu$ g/m <sup>3</sup>
Sulfeto de Hidrogénio (H <sub>2</sub> S)	Ovos podres	0,5 ppb $\approx$ 0,7 $\mu$ g/m <sup>3</sup>

Os efeitos dos odores na saúde ainda são muito difíceis de serem quantificados, mas já foram relatados e documentados sintomas de náuseas, vômitos e dores de cabeça; falta de fôlego e tosse; distúrbios no sono e no apetite; irritação nos olhos, nariz e garganta; inquietação, tristeza e depressão; redução da sensação de bem-estar e do prazer de realização de atividades quotidianas como comer, passear etc. Há evidências, mostradas em estudos sob condições controladas, que determinados odores podem induzir a alterações fisiológicas e morfológicas, sobretudo do sistema respiratório cardiovascular (CARMO, 2005). Para uma melhor ideia desta situação, os valores limite baseados em critérios de proteção para a saúde humana segundo a legislação norte-americana estão presentes na tabela 6.

Tabela 6 - Valores limite para protecção da saúde humana (adaptado de Vieira, 2007).

<b>Composto odorífero</b>	<b>Período considerado</b>	<b>Valor guia</b>
Amoníaco (NH <sub>3</sub> )	1 hora	2400 µg/m <sup>3</sup>
	Ano	100 µg/m <sup>3</sup>
Mercaptano de Metilo (CH <sub>3</sub> SH)	1 hora	14 µg/m <sup>3</sup>
	Ano	2,3 µg/m <sup>3</sup>
Sulfeto de Hidrogénio (H <sub>2</sub> S)	1 hora	14 µg/m <sup>3</sup>
	Ano	2,0 µg/m <sup>3</sup>

### **3.5.4 - Odores provenientes do RSU e do seu manuseamento.**

O lixo proveniente de comidas tem frequentemente presente significantes desafios de odores e problemas durante o manuseio dos lixos sólidos das casas e dos lixos sólidos municipais. A maioria da população tem experimentado odores ofensivos provenientes de: peixe deteriorado, galinha, animais ou marisco; leite estragado, vegetais e fruta; e gordura rançosa. Todos estes lixos podem ser decompostos rapidamente e prontamente debaixo de certas condições e podem produzir odores que a maioria das pessoas considera irritantes e desagradáveis (CLARK, 2009).

Clark (2009) adianta que existem lixos comerciais e industrias que tal como o lixo proveniente de comidas são também fortemente putrescíveis ou podem produzir similares odores desagradáveis. Estes muitas vezes incluem lixos que libertam componentes de sulfeto ou nitrogénio (H<sub>2</sub>S) simultaneamente e são provenientes de processos de fabrico de papel, tratamento de esgotos sanitários, atividades agrícolas e processamento de comida.

O mesmo concluiu que as instalações de gerenciamento de lixos sólidos podem gerar uma complexa variedade de processos de odores debaixo de condições específicas. Em geral um experiente e treinado observador de odores pode identificar estes odores pelo tipo de processo.

### **3.5.5 - Análise de compostos odorantes – Monotorização/Percepção**

Odor pode ser medido como “odor total” causado pela mistura de vários componentes ou por um único odor específico causado por um componente. Os componentes específicos podem ser medidos usando diferentes métodos baseados em necessidades específicas do momento de análise. Os métodos geralmente consistem nos monitores de ar portáteis ou estacionários contínuos e em amostragens de ar com análises laboratoriais subsequentes (CLARK, 2009)

Segundo Schirmer (2007) os compostos odoríferos incluem as moléculas orgânicas e inorgânicas. As duas principais moléculas inorgânicas são o Sulfeto de Hidrogénio ( $H_2S$ ) e a amônia ( $NH_3$ ). Os odores inorgânicos são geralmente resultantes da atividade biológica, que ao decompor a matéria orgânica forma uma variedade de gases mal odorantes, tais como: indóis, escatóis, mercaptanas e aminas.

Como já referido anteriormente análise/medição de uma emissão odorífera é de grande dificuldade pois correlaciona espécies químicas com o sistema olfativo humano. Na maior parte dos casos os odores são causados por uma série de substâncias químicas que variam constantemente na sua concentração ao longo do tempo o que dificulta imensamente a sua padronização desses odores em bases de quantificação química.

Existem dois tipos principais de análises de odor, as Técnicas Sensoriais ou Olfatométricas e as Técnicas Analíticas/Químicas. Por vezes a melhor solução é usar as duas simultaneamente.

#### **3.5.5.1 - Técnicas Sensoriais ou Olfatométricas**

Na monotorização, percepção do odor o sistema sensorial é capaz de reconhecer quatro características distintas que estão relacionadas entre si (Vieira, 2007):

- 1) Detetabilidade (limite de detecção), atributo de caracterização mais utilizado, e refere-se à concentração mínima a que um composto ou uma mistura complexa de compostos odoríferos é perceptível pelo olfato. O limite de detecção é



determinado por diluição do odor até ao ponto em que, recorrendo a um painel de “cheiradores” (Fig. 9), 50% dos membros são capazes de o sentir e os restantes não. Como a maior parte das situações, os odores têm origem numa mistura complexa de compostos, a sua medição não pode ser baseada nas concentrações química (e.g. mg/l ou ppm) dos vários compostos odoríferos presentes no ar. Por definição, no limite de detecção pelo olfato, o nível de odor no ar, seja de um composto odorífero individual ou de uma mistura complexa de compostos odoríferos, é de 1.



Figura 9 - Medição de odores, "Painel de Cheiradores" (adaptado de Van Harreveld et al. , 2001).

- 2) Intensidade, medida de magnitude de percepção da sensação de odor, e aumenta com o aumento da(s) concentração(ões) do(s) composto(s) odorífero(s) (e.g. mg/m<sup>3</sup>). De uma forma genérica, o painel de “cheiradores” deve classificar o odor identificado numa escala de intensidade entre 0 e 6: 0 – odor não perceptível; 1 – odor muito fraco; 2 – odor fraco; 3 – odor nítido (ou distinto); 4 – odor forte; 5 – odor muito forte; 6 – odor extremamente forte. Para cada tipo de odor é possível estabelecer uma relação entre a concentração de compostos odoríferos e a intensidade do odor. O aumento da concentração de dois odores não tem a mesma proporcionalidade de aumento relativamente às suas intensidades. Por exemplo ao aumentar a concentração do odor 1 na mesma quantidade do aumento do odor 2, certamente que um vai ter um aumento de intensidade maior que outro. Como na figura 10 em que o odor do aviário para o mesmo aumento de concentração do odor da suinicultura tem um maior aumento da intensidade de odor.

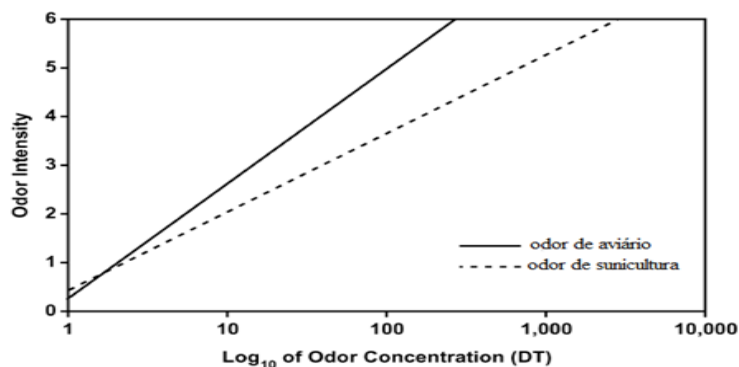


Figura 10 - Relação entre concentração/intensidade de odor de dois odores diferentes (adaptado de Acey et al. , 2004).

- 3) Qualidade, atributo que identifica o odor com base em “descritores”, isto é, palavras que descrevem o odor em causa. Os mais comuns são:  $\text{NH}_3$  que tem um odor azedo (ácido, picante);  $\text{H}_2\text{S}$  que faz lembrar o odor dos ovos podres; Mercaptano de Metilo ( $\text{CH}_3\text{SH}$ ) que se assemelha ao odor de verduras em decomposição. Este tipo de descrição pode ser bastante útil para a determinação da origem do odor e para o registo de queixas do público em geral.
  
- 4) Tom Hedónico, avaliação relativa ao agrado ou desagrado pela presença do odor e, tal como a intensidade, está relacionado com a concentração do odor. A escala do método de referência de medição do tom hedónico tem 11 níveis e classifica odores em: +5 muito agradável +4 – bastante agradável; +3 – agradável; +2 – moderadamente agradável; +1 – ligeiramente agradável; 0 – neutro/odor imperceptível; -1 – ligeiramente desagradável; -2 – moderadamente desagradável; -3 – desagradável; -4 – bastante desagradável; -5 muito desagradável (Fig. 11). Existem odores que até são agradáveis a concentrações baixas mas tornam se desagradáveis em concentrações elevadas, enquanto outros a concentrações muito baixas geram imediatamente uma sensação de desagrado (Fig. 12).

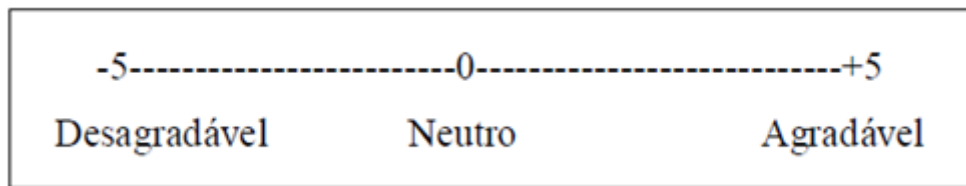


Figura 11 - Escala de classificação do odor através do tom hedônico (adaptado de Campos, 2009).

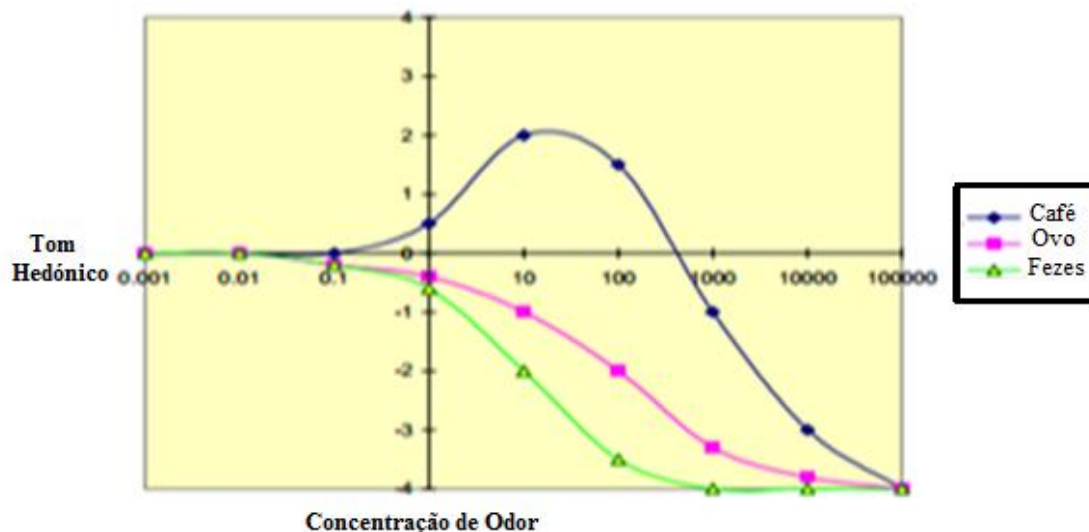


Figura 12 - Tom hedônico da concentração de três misturas de compostos odoríferos (adaptado de Van Harreveld et al., 2001).

Mais recentemente tem-se proposto um quinto atributo de caracterização, o “potencial de incômodo”, que pretende quantificar a predisposição de um odor em provocar incômodo, tendo também em consideração o período de exposição da população afetada. Sabe-se que esse potencial de incômodo diminui com o aumento do tempo de exposição, e estará ainda relacionado com os restantes atributos de caracterização. No entanto, a natureza exata dessas interações ainda não estão completamente clarificadas (VIEIRA, 2007)

### 3.5.5.2 - Técnicas Analíticas/Químicas (Técnicas de Análise Odorífera)

No monitoramento da qualidade do ar são enfocados os poluentes que se têm intenção de estudar, no meu caso o sulfeto de hidrogénio (H<sub>2</sub>S). O monitoramento da qualidade do ar envolve medições das concentrações reais dos poluentes no ar ambiente, num

dado local e durante um período estipulado. Uma variedade de técnicas, em diversos níveis de sofisticação, existe para medir as concentrações dos poluentes do ar. Os métodos existentes enquadram-se basicamente em quatro principais grupos:

- a) Amostragem passiva (empregando os tubos de difusão/tubos passivos);
- b) Amostragem ativa (por meio de filtros, etc.);
- c) Monitoramento automático;
- d) Monitoramento remoto de longo período.

Segunda Maia e Sales (2009) a seleção do método mais apropriado depende dos objetivos de monitoramento, da resolução dos dados requeridos, bem como dos recursos financeiros e mão-de-obra disponível. Tipicamente, os mais sofisticados métodos de monitoramento apresentam dados mais consistentes, entre muitas outras vantagens, embora ainda tenham um custo elevado de aquisição. Como resultado, uma prática frequente é a escolha de tecnologias mais simples ou alternativas, capazes de atender aos objetivos do monitoramento em termos de resolução e qualidade. A tabela 5 sumariza as principais vantagens e desvantagens desses quatro principais métodos de monitoramento.

No caso prático em estudo foi feita a avaliação por amostragem passiva, utilizando para isso os tubos passivos, também chamados de tubos de difusão.

Tabela 7 - Comparação das vantagens e desvantagens dos 4 métodos de monitorização da qualidade do ar (adaptado de Maia e Sales ,2009)

MÉTODO	VANTAGENS	DESVANTAGENS
Amostradores Passivos	<ul style="list-style-type: none"> <li>. Baixíssimo custo;</li> <li>. Muito simples;</li> <li>. Útil para avaliação inicial e estudos de distribuição espacial de concentrações de poluentes do ar.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>. Fornece somente valores médios do período amostral (dias, semanas ou mês).</li> </ul>
Amostradores Ativos	<ul style="list-style-type: none"> <li>. Baixo custo;</li> <li>. Fácil operação;</li> <li>. Formação de séries de dados históricos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>. Fornece médias diárias;</li> <li>. Trabalho intensivo de operação;</li> <li>. Análise laboratorial requerida.</li> </ul>
Analisadores automáticos	<ul style="list-style-type: none"> <li>. Alta performance operacional;</li> <li>. Dados em diversos intervalos (minutos, horas, dia)</li> <li>. Aquisição on-line de dados;</li> <li>. Baixos custos diretos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>. Infraestrutura complexa;</li> <li>. Custo relativamente elevado;</li> <li>. Alta tecnologia requerida.</li> </ul>
Sensores remotos de longo-período	<ul style="list-style-type: none"> <li>. Dados agrupados;</li> <li>. Útil próximos a fontes e para medições verticais na atmosfera;</li> <li>. Medições com multicomponentes.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>. Complexo e de custo elevado;</li> <li>. Difícil calibração e validação;</li> <li>. Nem sempre comparável Com analisadores convencionais.</li> </ul>

Fonte : Passam Ag – Suíça

### 3.5.5.3 – Técnicas Físico-Químicas

A análise físico-química tem por objetivo identificar e quantificar as substâncias presentes numa corrente gasosa ou no ar com odor. Em certas situações, em estudos de poluição atmosférica, uma pré-concentração é necessária, devido aos patamares de baixas concentrações partes por milhão (ppm) ou partes por bilião (ppb) observadas no ar ambiente. Este método possibilita identificar os compostos odorantes da mistura gasosa. Na quantificação e qualificação dos compostos a técnica mais apropriada é a cromatografia gasosa (SILVA, 2007). A tabela 6 mostra as principais técnicas de análise físico-química

Tabela 8 - Métodos empregados para análise físico - química (Martin e Lafforte , 1991 apud Filho e Lisboa , 1998) (adaptado de Silva, 2007).

<b>Compostos</b>	<b>Análise</b>	<b>Observações</b>
H <sub>2</sub> S	Iodométrico Gravimétrico Colorimétrico e CG	CG com detetor fotométrico de chama
Mercaptanas	Gravimétrico CG/SM	Deteção com fotômetro de chama
NH <sub>3</sub>	Volumétrica Calorimétrica	
Aminas	Volumétrica CG/SM	Deteção com ionização de chama
Aldeídos, cetonas álcoois	CG/SM	Deteção com ionização de chama

### 3.5.5.3.1 - Cromatografia Gasosa (CG)

A Cromatografia Gasosa é um método físico-químico amplamente utilizado para separar, quantificar e identificar amostras de odorantes. Espectrofotômetro de Massa são de uso corrente em situações quando não se tem conhecimento da composição de emissão de odorante. Os espectros obtidos são comparados com espectros de referência conhecidos (GOMES E OLIVEIRA, 2001, 2002). As principais dificuldades do método são que ele é ineficiente para detetar espécies inorgânicas como por exemplo a amônia e o sulfeto de hidrogênio e quando as concentrações das substâncias no ar podem estar abaixo da faixa de detecção do aparelho de cromatografia gasosa acoplada a espectrometria de massa (CG-MS) (IPCC H4 – Part 2, 2002).

### 3.5.5.3.2 - Tubos Colorimétricos

São tubos que contêm substâncias químicas que reagem com o analito gerando uma determinada cor característica. O tempo de análise pode variar de poucos minutos a algumas horas. Os limites de detecção desta técnica variam entre 0,2 e 1 ppm. Existe no mercado uma grande variedade de tubos cobrindo um grande número de substâncias. A grande desvantagem dos tubos colorimétricos é que substâncias com características

químicas semelhantes (aminas e amónia por exemplo) são detetadas simultaneamente no momento de análise, gerando assim medições incertas em relação a um componente específico (BALBINOT, 2007).

#### **3.5.4.4. Nariz Eletrônico**

Já quanto ao Nariz electrónico, Balbinot (2010) diz que foi desenvolvido para detecção automática e classificação de odores, vapores e gases. São instrumentos capazes de medir a concentração ou intensidade odorante de modo similar a um olfatómetro, porém sem as limitações odorantes do uso de painéis humanos, o que é altamente desejável. Tem sido aplicada em diversas áreas tais como análise de alimentos, controles ambientais e diagnósticos médicos. O nariz electrónico é composto por 2 elementos, um conjunto de sensores químicos e um algoritmo de reconhecimento. Após o sinal ser “cheirado”, um *software* interpreta e compara o espectro medido com os padrões armazenados na memória do computador para odores conhecidos. Portanto o nariz electrónico é composto por um sistema de aquisição de amostras, um arranjo de sensores e por um sistema de processamento e classificação de odores.

#### **3.5.5 - Legislação/Regulação do odor.**

A necessidade de legislação para emissão de gases odorantes é evidente no Brasil. Então, estudos devem ser realizados para tal regulamentação. De acordo com Silva (2007) apesar da crescente preocupação em relação a esta questão no Brasil, são poucos os estudos realizados em torno do tema. A maior parte das pesquisas, em Engenharia Sanitária, ainda se apoia sobre tratamento de resíduos sólidos e líquidos bem como águas de abastecimento. Nos últimos anos, vem-se dando maior importância ao tema, decorrente justamente do aumento da consciência pública em torno dessa questão e do aumento do número de reclamações junto aos órgãos ambientais.

Estudos de dose-resposta entretanto desenvolvidos, têm permitido a definição de critérios de exposição máxima a níveis de odor, que podem ser utilizados em processos de Avaliação de Impacte Ambiental para determinação da significância dos impactos.

Segundo Schiermer (2007) a legislação brasileira, em âmbito nacional, já há bastante tempo apresenta os odores como uma forma de poluição ambiental, onde o desconforto à população vizinha de potenciais emissores deve ser evitado. Com o aumento da consciência pública, as reclamações aos órgãos municipais tornaram-se frequentes, fazendo com que hoje o tratamento de odores seja abordado juntamente com o tratamento de esgotos.

Conforme Antunes (1999) já a Constituição Brasileira de 1988 foi dotada de um capítulo próprio para as questões ambientais. Além disso, ao longo de diversos outros artigos, trata das obrigações da sociedade e do Estado Brasileiro para o meio ambiente. Do ponto de vista puramente legislativo, a legislação brasileira para questões ambientais é considerada uma das mais avançadas do mundo, estando à frente de países desenvolvidos como França, Alemanha, Itália e Espanha. Entretanto, o país não está deixando destruir o meio ambiente e ferir impunemente as leis. Tal como segue referindo Antunes (1999) o Brasil possui uma base legal mínima capaz de assegurar a proteção legal ao meio ambiente. Todavia, o problema não é falta de leis que estabelecem regras rígidas e penas pesadas para os “criminosos ambientais”, o grande problema é a falta de estrutura para fiscalizar e punir os que não cumprem a lei.

Por exemplo é dito pelo Decreto 7967/01 | Decreto nº 7.967, que é proibido a emissão de substâncias odoríferas na atmosfera em medidas de concentração perceptíveis fora do limite da propriedade. Não sendo esta lei cumprida é constituída como infração ambiental com imposição de penalidade de multa emissão de substâncias odoríferas na atmosfera, perceptíveis fora dos limites da área da propriedade da empresa situação nociva ao meio ambiente constatada pelos técnicos da CETESB sendo o valor da multa aplicada ponderando e considerando a razoabilidade dos incômodos causados à população local apelo provido (JUS BRASIL, 2013)

### **3.6 - INDICADOR ODORÍFERO UTILIZADO (H<sub>2</sub>S)**

O sulfeto de hidrogênio (H<sub>2</sub>S) ou gás sulfídrico, é um gás incolor, de cheiro desagradável característico, extremamente tóxico e mais denso que o ar. É bastante inflamável e sua temperatura de autoignição é de 260°C, enquanto o limite de baixa



explosividade é da ordem de 4,3 % no ar (em volume). O seu odor característico lembra ovos podres quando se apresenta em baixas concentrações, porém inibe o sentido do olfato quando em elevadas concentrações. (MAINIER, VIOLA, 2005)

Mainier e Viola (2005) continuam dizendo que o H<sub>2</sub>S (34,08 g/mol) é ligeiramente mais pesado do que o ar (28,8 g/mol), condensa na forma líquida à temperatura de -62°C e é parcialmente solúvel em água e compostos orgânicos. A solubilidade em água a 20°C é de 3850 mg/L (0,385 %). Geralmente, a solubilidade em substâncias orgânicas é maior do que em água. A sua solubilidade em éter etílico é de 2,1 %, enquanto nos hidrocarbonetos é da ordem de 1,2 %. Normalmente a solubilidade decresce cerca de 2,5 % para cada grau de aumento da temperatura.

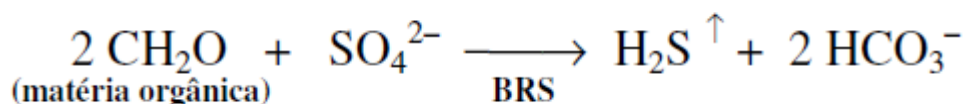
### **3.6.1 - Origem**

De acordo com Mainier e outros (2007), o H<sub>2</sub>S pode ser originada na própria natureza ou em processos industriais. O H<sub>2</sub>S é encontrado na natureza entre os gases vulcânicos, nas zonas pantanosas, na extração de sal (cloreto de sódio), nas águas subterrâneas, em esgotos sanitários, nas jazidas petróleo e carvão, no gás natural e como um produto de processos bacterianos formados da decomposição de plantas ou de proteína animal (será nestes últimos dois que o meu estudo sobre o H<sub>2</sub>S se vai centrar). Ou seja é originário de processos geológicos baseados em diversos mecanismos físicos-químicos ou microbiológicos.

Mainier e outros (2007) continuam dizendo que nos segmentos industriais a procedência do H<sub>2</sub>S é conhecida, geralmente, oriunda de processos de remoção química e/ou de lavagens de gases ácidos, de sistemas de tratamento de efluentes, de fermentações, de decapagens ácidas, etc. Em estações de tratamento de esgoto, o H<sub>2</sub>S é o principal composto causador de odores, sendo também responsável pela corrosão das tubulações de concreto (LILIAMTIS e MANCUSO, 2003).

### 3.7.1.1 – Origem de H<sub>2</sub>S pela decomposição da matéria orgânica – reações químicas

No estudo em questão irá se centralizar a origem de H<sub>2</sub>S proveniente da decomposição de matéria orgânica originária do lixo domiciliar. Esta produção de H<sub>2</sub>S pode se explicar quimicamente pela seguinte equação:



Os mecanismos de geração de H<sub>2</sub>S necessitam de uma fonte de enxofre, tal como o sulfato solúvel (SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>); um mediador como as bactérias ou as elevadas temperaturas de sub-superfície e um agente catalisador cuja presença implicará na velocidade da reação de oxi-redução. As bactérias redutoras de sulfato (BRS) são imprescindíveis, assim como outros parâmetros, pH, teor de matéria orgânica, salinidade, temperatura e ausência de oxigênio são fundamentais no desenvolvimento do processo de geração de H<sub>2</sub>S.

### 3.6.2 – Efeitos à saúde humana

Segundo Portela e outros (2007) o sulfeto de hidrogênio é responsável por fortes odores e sérios problemas à saúde humana e materiais. Devido à sua toxicidade é capaz de irritar os olhos e/ou atuar no sistema nervoso e respiratório dos seres humanos e, dependendo da concentração, pode mesmo matar um ser humano em questão de minutos. Consequentemente a sua eliminação é uma questão ambiental relevante, para a qual atualmente não existe uma solução ótima.

Como referido, o limiar de odor pode variar significativamente entre os indivíduos com base na sensibilidade olfactiva de a pessoa. Para muitos compostos, incluindo o H<sub>2</sub>S, existe uma grande variabilidade nos limiares de odor. Odores por si só não podem ser invocados para fornecer um aviso antecipado para elevadas concentrações de sulfeto de hidrogênio. Por exemplo em concentrações de cerca de 100 ppm o odor pode não ser

detetado devido a uma perda de sensação olfactiva, o que resulta em perda de propriedades de alerta podendo chegar a níveis letais (Schiermer, 2007).

Moraes e outros (2000) acrescentam que o grau de intoxicação depende da concentração no ar, da duração, frequência de exposição e a susceptibilidade individual. A tabela 7 apresenta os efeitos na saúde humana a várias concentrações de H<sub>2</sub>S.

Tabela 9 - Efeitos nos seres humanos por concentração de H<sub>2</sub>S (adaptado de Campos 2009).

<b>CONCENTRAÇÃO DE H<sub>2</sub>S (ppm)</b>	<b>TEMPO DE EXPOSIÇÃO</b>	<b>EFEITO NOS SERES HUMANOS</b>
0,05 - 5	1 min	Detecção do odor característico
10 - 30	6 - 8 h	Irritação dos olhos
50 - 100	30 min - 1 h	Conjuntivite, dificuldades respiratórias
150 - 200	2 - 15 min	Perda de olfato
250 - 350	2 - 15 min	Irritação dos olhos
350 - 450	2 - 15 min	Inconsciência, convulsão
500-600	2 - 15 min	Distúrbios respiratórios e circulatórios
700-1500	0 - 2 min	Colapso, morte.

*Fonte: Mainier et. al. (2007).*

O H<sub>2</sub>S, dependendo de sua concentração e período de exposição, pode afetar todos os órgãos, particularmente o sistema nervoso. Os seus efeitos podem ser desde irritação dos olhos e das membranas mucosas à morte súbita da pessoa exposta a elevadas concentrações. Segundo Mainier e Rocha (2003), quando se respira, o H<sub>2</sub>S penetra pelos pulmões e alcança a corrente sanguínea. Rapidamente o sistema de proteção oxida o H<sub>2</sub>S, transformando-o em um produto praticamente inócuo na corrente sanguínea. Mas também pode reagir com enzimas essenciais que contêm elementos metálicos, como o cobre, o zinco e o ferro formando sulfetos metálicos, e, conseqüentemente, acarretando a perda de sensibilidades importantes na vida do homem. Entretanto, à medida que a concentração de H<sub>2</sub>S aumenta rapidamente, o organismo não consegue oxidá-lo totalmente, e então, o excesso de H<sub>2</sub>S age no centro nervoso do cérebro que comanda a respiração, resultando na paralisação do sistema respiratório. Os pulmões param de

trabalhar e a pessoa asfixia se e acaba morrendo. Apesar do seu odor característico e desagradável, o H<sub>2</sub>S em teores acima de 150 ppm provoca a perda da sensação de odor, isso é devido à fadiga do sistema olfativo/sensitivo pela destruição dos nervos responsáveis por esta função. Algumas pessoas podem sentir o cheiro do sulfeto de hidrogênio (limiar de odor do indivíduo) a concentrações tão baixas como 0,5 (ppb) o que corresponde a 0,7 µg/m<sup>3</sup>. A literatura não é clara sobre os efeitos da exposição controlada de baixas concentrações de sulfeto de hidrogênio, se é cumulativa ou não, e, se os efeitos são completamente reversíveis (MAINIER e ROCHA, 2003).

Outras pesquisas, ainda, revelam que as populações humanas mais sensíveis à toxidez do H<sub>2</sub>S são: os fetos (dados obtidos com experimentos com animais cobaias), as crianças, as pessoas com doenças cardíacas, os indivíduos asmáticos e as pessoas que rotineiramente consomem bebidas alcoólicas. As crianças são mais suscetíveis as intoxicações provocadas pelo H<sub>2</sub>S em relação aos adultos, principalmente, pelo fato que aspiram maior volume de ar em relação ao seu peso (SANDRES, MAINIER, 2009).

### **3.6.3 – Legislação (H<sub>2</sub>S)**

De acordo com a Norma Regulamentadora 15 (NR-15) (Brasil, 1978), que dispõe sobre as atividades e operações insalubres, o limite de tolerância de exposição ao H<sub>2</sub>S é de 8 ppm (12 mg/m<sup>3</sup> ou 12000 µg/m<sup>3</sup>), para jornadas de trabalho de até 48 horas semanais. Entende-se por limite de tolerância, a concentração ou intensidade máxima, relacionada com a natureza e o tempo de exposição ao agente, que não causará dano à saúde do trabalhador, durante a sua vida laboral.

## **3.7 – DISPERSÃO DE POLUENTES ATMOSFÉRICOS**

Já dizia Filho (1989): “ Você já reparou que o ar pode parecer num dia poluído e noutro dia limpo, mesmo sabendo que pode estar ocorrendo a emissão da mesma quantidade de poluentes? “.

Vieira (2007) diz que após serem emitidos para a atmosfera, o transporte e a dispersão dos poluentes atmosféricos são dominados pelas condições meteorológicas, que atuam no sentido de influenciar os movimentos horizontais e verticais.

Nesta secção será estudada a relação entre as condições meteorológicas e a emissão de gases para a atmosfera. As condições atmosféricas dominantes são responsáveis pelo transporte, transformação e dispersão dos poluentes emitidos. Assim, como pelas possíveis ocorrências de situações críticas de poluição do ar, proveniente de fontes odoríferas. Os parâmetros meteorológicos (direção e velocidade do vento, camada de mistura, estabilidade atmosférica, pressão, temperatura, turbulência, etc.) podem aumentar ou reduzir os níveis de poluição em uma determinada região (SILVA, 2007).

### **3.7.1 - Velocidade e direção do vento**

De acordo com Silva (2007), Stern e outros (1994) observaram que a diluição contínua dos poluentes atmosféricos é função da velocidade do vento, sendo esta proporcional à diluição dos poluentes. Acrescentando que a velocidade do vento e a sua turbulência têm grande influência sobre a dispersão dos poluentes na atmosfera (SILVA, 2007).

Segundo Ferreira (2002) uma forte turbulência origina em geral uma boa distribuição de emissões. Na proximidade do solo resulta turbulência por atrito, que será proporcional à velocidade do vento e da rugosidade do terreno. A turbulência por atrito é responsável pelas variações bruscas da direção do vento e da sua velocidade. De acordo com a situação de emissões nas camadas de ar próximas do solo é determinada tanto pela quantidade de poluentes emitidos como pelas condições de dispersão no local observado, conjuntamente, com a realidade topográfica local consideram-se também influências meteorológicas, especialmente a disposição em camadas da atmosfera e a relação dos ventos (SILVA, 2007).

Segundo Vieira (2007) a velocidade do vento influencia a dispersão dos poluentes através de dois efeitos principais: provoca a diluição inicial dos poluentes atmosféricos à saída da fonte emissora e afecta a sobre-elevação, do centro da pluma de contaminação acima da altura da fonte emissora. Por outro lado o perfil vertical da

velocidade do vento também é influenciado pela cobertura do solo como pode-se ver na figura 13. As mudanças de direção em altura também podem ser importantes, em particular quando o terreno é acentuado e na presença de obstáculos (e.g. edifícios). Nesses casos, os padrões fluxo junto ao solo podem ser completamente diferente dos existentes em altura e condicionar a dispersão das plumas de contaminação.

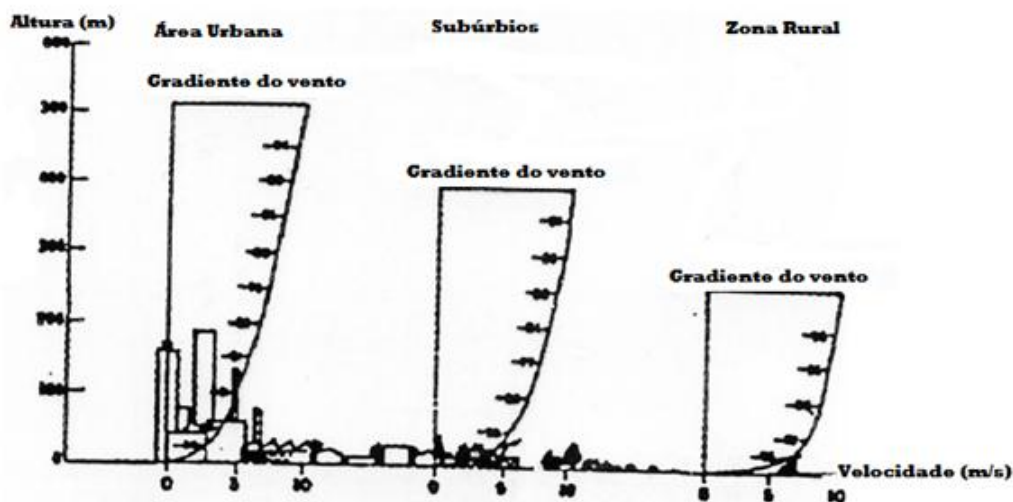


Figura 13 - Perfil vertical da velocidade do vento (adaptado de Lisboa, 2007).

A rosa-dos-ventos seguinte (Fig. 14) é uma figura que mostra as orientações das direções cardeais, que reúne a velocidade e direção dos ventos, apresentando os sectores preferenciais de predominância do campo do vento, para onde esteja soprando sobre determinada região.

É neste parâmetro, dispersão dos gases pela velocidade e direção dos ventos, que vou incidir principalmente o meu caso de estudo na matéria de dispersão de poluentes atmosféricos.

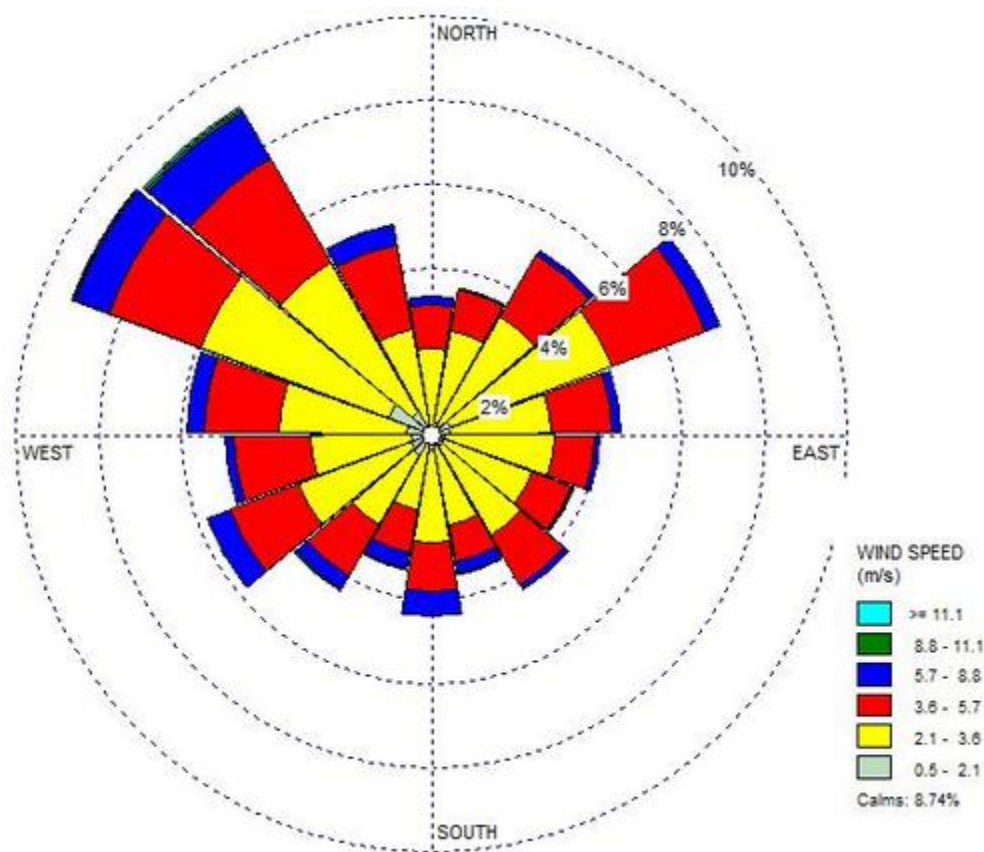


Figura 14 - Rosa-dos-ventos com velocidade e direção dos ventos (adaptado de <http://enb110-clh-2012.blogspot.com.br/2012/10/wrplot-view-and-google-earth.html>).

### 2.7.2 - Camada de Mistura

Lisboa (2007) diz que maioria dos fenômenos de poluição do ar ocorre na parte mais baixa da atmosfera, ou camada limite planetária. Esta cama é definida como a “região na qual a atmosfera sofre os efeitos oriundos da superfície através de trocas verticais de momento, calor e mistura de massa de ar”. A difusão e o transporte dos poluentes produzem se ao nível desta camada limite.

Já Vieira (2007) fala que camada de mistura pode ser definida como a camada da atmosfera junto ao terreno em que existe a mistura de poluentes por processos de turbulência. A altura da camada de mistura determina a extensão em que existe a dispersão dos poluentes, para emissões realizadas abaixo do limite da camada de mistura. Este tipo de dispersão é particularmente importante quando as emissões são realizadas em grandes altitudes porque pode condicionar a dispersão de poluentes na

atmosfera, ao contrário quando são emissões efetuadas junto ao solo normalmente não são influenciadas pela altura da camada de mistura.

### **3.7.3 - Estabilidade atmosférica**

A estabilidade atmosférica é uma forma relativamente simples de caracterizar o estado de turbulência da atmosfera. Refere-se a tendência que uma parcela de ar na atmosfera tem de resistir ou intensificar o movimento vertical, ou dito de outro modo, de suprimir ou aumentar a turbulência existente (LISBOA, 2007)

Vieira (2007) refere que uma atmosfera tem condições neutras quando o gradiente de temperatura vertical é igual ou próximo do gradiente de temperatura adiabático seco. Nestas condições, se a parcela de ar é forçada a subir ou a descer na atmosfera, a sua temperatura tende a ser a mesma que a do meio, e não existe tendência da parcela de ar ganhar ou perder flutualidade, pelo que a dispersão não é aumentada ou diminuída significativamente. Em condições instáveis, o gradiente de temperatura vertical é superadiabático, ou seja, é maior que o gradiente de temperatura adiabático seco. Quando a parcela de ar sobe na atmosfera, diminui naturalmente de temperatura, mas a um ritmo menor que as parcelas vizinhas na sua nova localização, pelo que a parcela de ar terá tendência a continuar a subir. Quando a parcela de ar é forçada a descer na atmosfera, a parcela de ar terá tendência a continuar a subir. Quando é forçada a descer na atmosfera, a parcela de ar tem uma temperatura menor que as suas vizinhas, e terá tendência a continuar a descer. Nestas condições, a dispersão vertical é aumentada significativamente. Em condições estáveis, o gradiente de temperatura vertical é inferior ao adiabático e denomina-se subadiabático. Na subida na atmosfera, como a parcela de ar tem tendência a seguir o gradiente de temperatura adiabático, arrefece mais rapidamente que as parcelas vizinhas. Nestas condições, a parcela de ar tem tendência a descer, a voltar ao ponto inicial, diminuindo a dispersão vertical dos poluentes atmosféricos nela contidos. Em situações de inversão térmica a temperatura da atmosfera não diminui, mas aumenta com a altitude. A dispersão vertical é extremamente limitada, o que pode conduzir à ocorrência de episódios graves de contaminação.



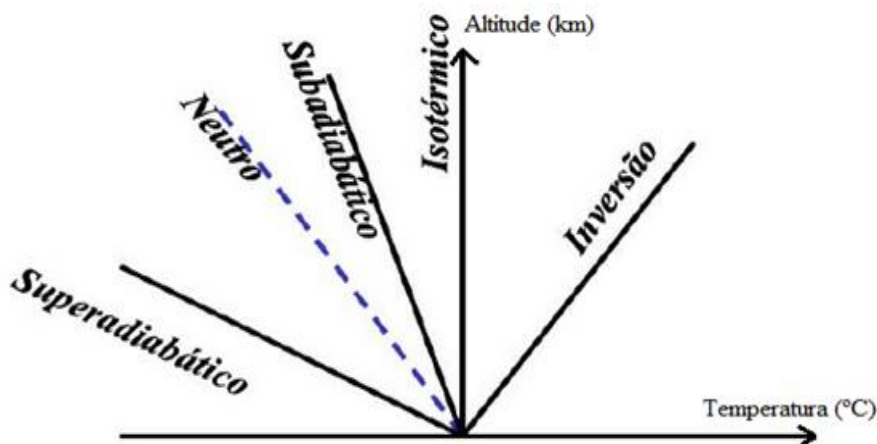


Figura 15 - Gradientes verticais de temperatura (adaptado de Vieira, 2007).

### 3.7.4 - Precipitação

Tal como o vento a precipitação pode ajudar à dispersão dos poluentes segundo Filho (1989). A precipitação não só remove o material particulado como ajuda na dissolução de gases (“limpeza” dos gases atmosféricos) concluiu Saldanha e Alvez (2005) no seu trabalho de pesquisa sobre dispersão de poluentes.

Segundo a CETESB, a ocorrência de precipitação pluviométrica, além de ser um indicador de que a atmosfera está instável, ou seja, com movimentos de ar que favorecem a dispersão de poluentes, promove a remoção dos mesmos, pois uma parcela significativa desses poluentes é incorporada à água da chuva.

### 3.7.5 - Temperatura

Segundo a Fundação Estadual de Engenharia do Meio Ambiente (FEEMA) (2009), a temperatura do ar é uma variável atmosférica que possui ciclo, tanto diurno quanto sazonal, em função dos movimentos de rotação e translação da Terra. A variação deste parâmetro pode estar associada a diversos fatores como: desenvolvimento de fenômenos meteorológicos nas mais diversas escalas de espaço temporal, topografia, uso do solo, posição geográfica, entre outros. No entanto, comportamento desta variável pode alterar significativamente a dispersão dos poluentes em uma dada região, uma vez que sua

variação pode influenciar diretamente na estabilidade atmosférica, fazendo com que seja criada uma região favorável à convecção. Caso esta condição (de instabilidade) seja verificada, esta promove uma maior mistura dos poluentes na camada limite atmosférica favorecendo uma maior dispersão dos poluentes. Além disso, caso haja disponibilidade de umidade, pode haver a formação de nuvens e muitas vezes, precipitação. É importante ressaltar que uma atmosfera estável atua dificultando a dispersão dos poluentes, aprisionando-os numa camada próxima à superfície.

### **3.8 - DECOMPOSIÇÃO DE RSU (GASES ORIGINADOS)**

Segundo o Apêndice A do relatório “Basics of Landfill Gas” (1997) o gás de aterro é produzido através da decomposição bacteriológica, volatilização e reações químicas. Maior parte do gás de aterro é produzido pela decomposição bacteriológica que ocorre quando o lixo sólido orgânico, comida (carne, vegetais), lixo de jardim, madeira, produtos de papéis, são decompostos pelas bactérias naturalmente presente nos lixos e nos sólidos. A volatilização gera gases de aterro quando certos lixos se transformam a partir dos líquidos ou dos sólidos em vapor. Reações químicas ocorrem quando diferentes tipos de materiais de lixo são misturados durante as fases de deposição. Adicionalmente, a umidade tem um papel importante na velocidade de decomposição. Geralmente, mais umidade, mais gás de aterro é gerado, tanto em condições aeróbicas como anaeróbicas.

O Apêndice A continua dizendo que em general, durante condições anaeróbicas, a composição do gás do aterro é aproximadamente de 50 % de metano ( $\text{CH}_4$ ) e 50 % de dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) com vestígios de nitrogénio ( $\text{N}_2$ ), oxigénio ( $\text{O}_2$ ), sulfeto de hidrogénio ( $\text{H}_2\text{S}$ ), hidrogénio ( $\text{H}_2$ ), amónia ( $\text{NH}_3$ ) e componentes orgânicos de metametano (NMOCs). Quanto mais lixo orgânico e umidade presente no aterro, mais gás de aterro será produzido pelas bactérias durante a decomposição. Quanto maior diversidade de compostos químicos presentes no aterro, mais componentes orgânicos voláteis e outros gases serão produzidos.

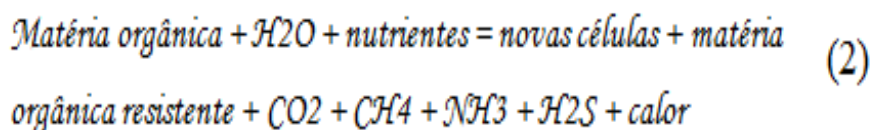
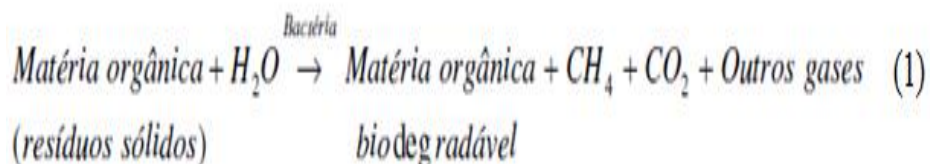
A avaliação da taxa de poluentes gasosos dos aterros de emissão de área é um processo muito difícil de controlar, devido ao elevado número de factores que afectam o processo

de emissão. Esses fatores incluem a taxa de produção de gás, as propriedades de migração de gás através das camadas de resíduos e através da camada superior do aterro sanitário, a eficiência de recolha de gás, e os factores que afectam a transferência de gás para a atmosfera como as condições meteorológicas (CERNUSCHI e GIUGLIANO, 1996).

As bactérias decompõem o lixo no aterro em 4 fases. A decomposição dos gases produzidos muda com cada das 4 fases de decomposição. Os Aterros muitas vezes recebem lixo com 20 a 30 anos, logo o lixo do aterro pode ser submetido a várias fases de decomposição até ao final da sua transformação. Isto significa que o lixo na mesma área pode estar em diferentes fases de decomposição devido ao lixo ter sido depositados mais recentemente do que em outra área (Basics Of Landfill Gas, 1997)

### 3.8.1. Fases da Decomposição

TCHOBANOGLIOUS et al., (1993) define a reação química geral para a decomposição anaeróbia de resíduos de maneira semelhante pelas equações (1) e (2):



Filho (2005) ressalta que a reação necessita da presença de água. Existem aterros que carecem de umidade, levando a uma condição de paralisação da decomposição. O processo de decomposição bacteriológica tem inúmeras descrições que diferem um pouco de autor para autor, mas na realidade o processo geral e o resultado final é idêntico em todos os casos. Vou referir alguns casos em que a divisão da decomposição é feita por fases que se relacionam entre si.

Pelo Apêndice A do relatório “Basics of Landfill Gas” (1997) é feita a divisão em apenas 4 fases. Durante a primeira fase de decomposição, bactérias aeróbicas que vivem só na presença de oxigênio, consomem este enquanto partem as longas cadeias moleculares dos carboidratos complexos, proteínas e lípidos que compõem o lixo orgânico. O primeiro produto deste processo é o  $\text{CO}_2$ . O  $\text{N}_2$  presente é alto no início desta fase, mas diminui ao longo das quatro fases. Aqui começa também a se formar  $\text{H}_2$  e com ele o  $\text{H}_2\text{S}$ . A fase I continua até o oxigênio disponível ser esgotado. A fase I de decomposição poderá durar dias ou meses, dependendo do quanto oxigênio estiver presente quando o lixo é depositado no aterro. A quantidade de oxigênio disponível dependerá da maneira como o resíduo foi depositado e se houve ou não compactação.

A fase II de decomposição começa depois do oxigênio no aterro ter sido totalmente utilizado. Usando processos anaeróbicos (processo que não requer oxigênio), a bactéria anaeróbica converte os componentes criados pela bactéria aeróbica em ácido acético, láctico, fórmico e álcoois tais como metanol e etanol. O aterro torna-se fortemente ácido. A mistura de ácidos com a umidade presente no aterro e certos nutrientes, dão origem a  $\text{N}_2$  e fósforo (P) disponível para o crescimento de diversas espécies de bactérias no aterro. Os produtos gasosos destes processos são o  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2$  e  $\text{H}_2\text{S}$ . Se o aterro é mexido ou se o oxigênio for introduzido por alguma razão dentro do aterro, os processos microbiológicos voltarão à fase I.

A fase III de decomposição começa quando certos tipos de bactérias anaeróbicas consomem os ácidos orgânicos produzidos na Fase II e o acetato fórmico e transformam em outro tipo de ácidos orgânicos. Este processo provoca um ambiente mais neutro dentro do aterro em que a bactéria de produção de  $\text{CH}_4$  começa a estabilizar-se a ela própria. O  $\text{CH}_4$  e a bactéria de produção de ácido têm uma relação simbiótica ou um mútuo benefício. A bactéria de produção de ácido cria componentes para a bactéria metanogénica consumir e a bactéria metanogénica consome o dióxido de carbono e o acetato, muito dos quais seriam tóxicos para as bactérias produtoras de ácido.

A Fase IV de decomposição inicia-se quando a composição e a taxa de produção de gás de aterro permanecerem relativamente constantes. A Fase IV normalmente contém os seguintes gases de aterro: cerca de 45 por cento para 60 por cento  $\text{CH}_4$ , em volume, de

40 por cento a 60 por cento de CO<sub>2</sub> e de 2 por cento a 9 por cento de outros gases, tais como o H<sub>2</sub>S. O gás é produzido a uma taxa estável na Fase IV, normalmente dentro de 20 anos, no entanto, o gás continua a ser emitida durante 50 anos ou mais após o resíduo ser colocado em aterro. A produção de gás pode durar mais tempo, por exemplo, se maiores quantidades orgânicas estiverem presentes nos resíduos.

Tal como referido em cima o Apêndice A “Basics of Landfill Gas” (1997) conclui então que devido ao facto dos resíduos serem colocados no aterro em momentos diferentes e estes serem constituídos por diferentes tipos lixo sólido com diferentes teores de umidade, todas as quatro fases de degradação podem estar ocorrendo simultaneamente dentro o aterro sanitário

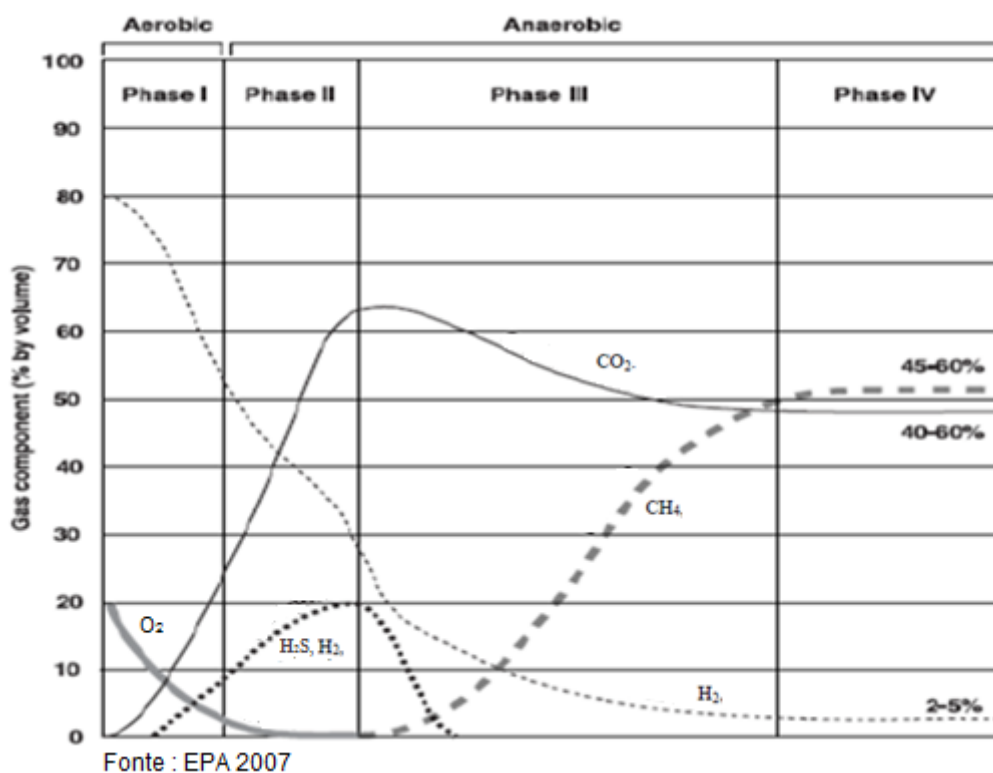


Figura 16 - Fases da produção de gases num aterro tipo (adaptado de Filho, 2005) .

Já Filho (2005) fala que a decomposição pode ser dividida também em 5 fases sequenciais em vez de apenas 4 (Fig. 17), com a diferença que aqui a fase aeróbia é dividida em duas fases. Estas 5 fases podem ser classificadas em:

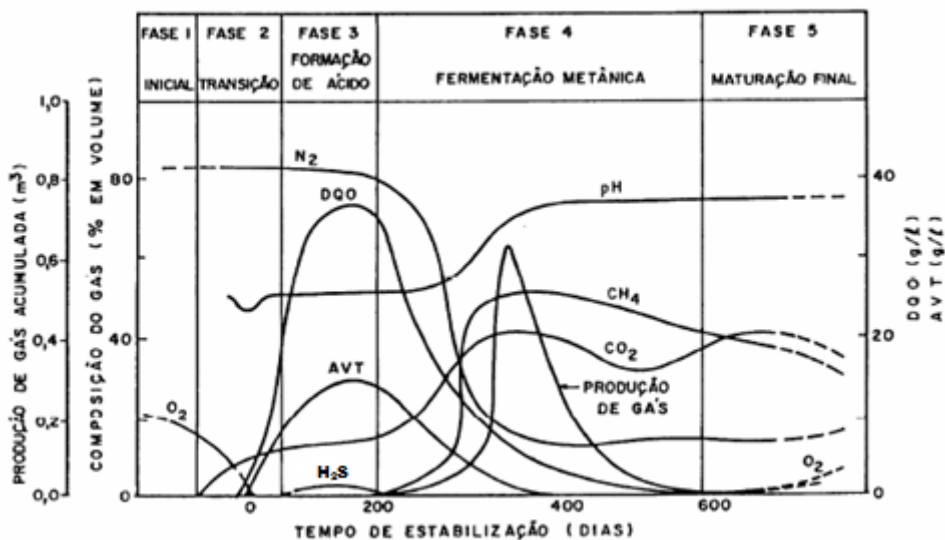


Figura 17 - Fases geradas na geração de gases de aterro (adaptado de Filho, 2005) .

Fase I (Fase de ajuste inicial) – Inicia-se a deposição do resíduo e o acúmulo de umidade. Bactérias presentes nos resíduos começam a se aclimatar ao ambiente do aterro. Com a abundância de substrato e nutrientes aproveitáveis, microrganismos aeróbios começam a degradar os resíduos, produzindo água, dióxido de carbono, ácidos orgânicos, e minerais inorgânicos. A decomposição aeróbia é mantida pelo oxigênio contido na massa de resíduo. Devido a fase I ser relativamente curta, e compreender a decomposição aeróbia, esta fase é algumas vezes associada com a Fase II, sendo reportadas conjuntamente como fase aeróbia.

Fase II (Fase de transição) – Nesta fase o oxigênio contido no aterro começa a se esgotar e o ambiente do aterro começa a mudar de um ambiente aeróbio para um anaeróbio. Já que a quantidade de oxigênio aprisionada é limitada, esta é uma fase relativamente curta (i.e., dura de alguns dias a alguns meses). Assim que o  $O_2$  é reduzido, é estabelecida uma condição redutora. Há a troca dos aceptores de elétrons do oxigênio para os nitratos e sulfatos. A redução destas últimas moléculas, sempre produzirá  $N_2$  e sulfeto de hidrogênio ( $H_2S$ ). Somando-se a isso, o nível de  $CO_2$  começa a aumentar causando a formação de ácido carbônico e a diminuição de pH do chorume para a faixa ácida. As temperaturas do resíduo são mais quentes durante esta Fase, alcançando 54 a 71°C.

Fase III (Fase ácida) – Nesta fase o resíduo é degradado anaerobiamente. A primeira perda é por hidrólise, na qual moléculas orgânicas maiores são convertidas em menores, e moléculas solúveis e hidrogênio são produzidos. As bactérias acidogênicas convertem então os compostos hidrolisados em ácidos orgânicos voláteis (VOAs). Os ácidos, por sua vez, causam uma mudança no pH (e.g., de 5,5 para 6,5) aumentando as concentrações de metais pesados no chorume. A biomassa disponível que cresce associada às bactérias metanogênicas, e o rápido consumo de substratos e nutrientes são uma característica predominante desta fase. O primeiro gás formado nesta fase é o CO<sub>2</sub>.

Fase IV (Fase de fermentação do metano) – Nesta Fase os VOAs e o H<sub>2</sub> produzidos na fase acidogênica são convertidos a metano pelas bactérias metanogênicas. Tanto a produção de ácidos quanto a fermentação do metano ocorre durante esta fase, contudo a fermentação do metano é predominante. As mais altas taxas de geração de gás ocorrem durante esta fase. À medida que os VOAs são utilizados, o pH do chorume aumenta a valores próximos ao neutro (e.g., de 6,8 para 8,0) e as concentrações de metais pesados diminuem. Sulfatos e nitratos são reduzidos para sulfetos e amônia. As temperaturas dos gases caem nesta fase para valores por volta de 38 a 54°C. A produção de gás provavelmente começa a diminuir quando valores menores que o menor valor da faixa de temperatura é atingido.

Fase V (Fase de maturação) – Houve a maturação do aterro e o material de rápida biodegradabilidade encontra-se estabilizado (i.e., foram convertidos para metano ou dióxido de carbono). A biodegradação é limitada pela falta de substratos facilmente biodegradáveis e nutrientes, logo a atividade biológica é reduzida. A taxa de produção de gás, conseqüentemente, também decresce. Ambos os gases dióxido de carbono e metano são produzidos, porém em taxas menores do que na Fase IV. Na última parte desta fase, o aterro pode retornar a condição aeróbica, com condição oxidante, e pequenas quantidades de O<sub>2</sub> e N<sub>2</sub> podem surgir. (FILHO ,2005)

De outro modo outros autores fazem a divisão em fases juntando os processos que ocorrem e os produtos que daí resultam referindo as vias de decomposição dos principais componentes inorgânicos ou orgânicos de resíduos biodegradáveis (ABUSHAMMALA, BASRI, KADHUM, 2009).

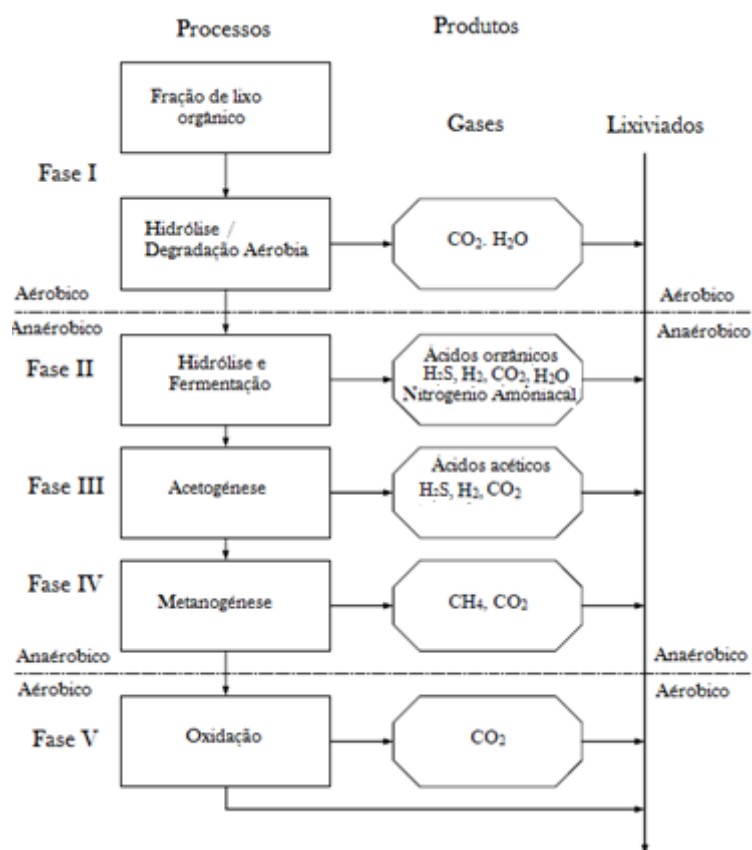


Figura 18 - Principais fases de decomposição dos resíduos em aterros (adaptado de Abushammala, Basri e Kadhum, 2009).

Abushammala, Basri e Kadhum (2009) dizem então que na primeira fase, as bactérias aeróbicas são responsáveis pela degradação da matéria orgânica e produzem CO<sub>2</sub>, água (H<sub>2</sub>O) e calor. O CO<sub>2</sub> pode ser liberado como um gás ou é adsorvido pela H<sub>2</sub>O para formar ácido carbônico (H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>), que dá acidez para a geração de chorume. Uma bactéria facultativa cresce durante a segunda fase, que pode sobreviver em condições aeróbicas e anaeróbicas. Os hidratos de carbono, proteínas e lípidos hidrolisados como açúcares, são decompostos em CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S, NH<sub>3</sub> e ácidos orgânicos. Os ácidos orgânicos a partir da segunda fase são convertidos em ácido acético (CH<sub>3</sub>COOH), H<sub>2</sub> e CO<sub>2</sub> por microrganismos acetogénicos disponíveis na terceira fase, sob condições anaeróbicas, tal como o H<sub>2</sub>S que é produzido pela redução dos compostos de sulfato (SO<sub>4</sub><sup>-2</sup>) pela bactéria de redução do sulfato (como já visto na secção 3.7.1.1.). A quarta etapa, considera o palco principal para a produção de biogás e é a fase mais longa. Os microrganismos metanogénicos sob condições anaeróbicas degradam os ácidos orgânicos e produzem a partir da terceira fase, CO<sub>2</sub> e CH<sub>4</sub>, enquanto um outro microrganismo



diretamente converte  $H_2$  e  $CO_2$  em  $CH_4$  e  $H_2O$ . Na quinta e última etapa e agora já em condições aeróbicas os com microrganismos aeróbios convertem o  $CH_4$  gerado na etapa anterior, em  $CO_2$  e  $H_2O$ , bem como o  $H_2S$  pode se formar a partir dos resíduos com elevada concentração de  $SO_4^{-2}$ .

Visto que os aterros são heterogêneos e que todos os resíduo não são colocados ao mesmo tempo, as fases descritas acima podem ocorrer simultaneamente em diferentes áreas e profundidades de um aterro ativo ou recentemente fechado. A separação entre fases é frequentemente mascarada quando um aterro está ativo e resíduos novos são adicionadas aos pré-existentes. A taxa de degradação dos resíduos é controlada pela quantidade, pelos tipos de materiais degradáveis, pela temperatura, pela umidade presente, e por outros fatores. Resíduos de alimentos podem degradar cinco vezes mais rápido do que resíduo de jardim, quinze vezes mais rápido do que resíduo de papel, e cinquenta vezes mais rápido do que madeira ou couro (USEPA, 2004). Com o aumento inicial da temperatura, devido à liberação de calor durante a degradação aeróbia, há o aumento da degradação (aumento da taxa de reação). Com a perda de calor pelos resíduos para o ambiente, há o decréscimo de temperatura ao longo tempo. Em aterros profundos, este calor é mantido mais facilmente, fazendo com que a degradação seja mais rápida nestes aterros do que em aterros rasos. A água que é produzida no processo de biodegradação aeróbia é utilizada pelo processo de biodegradação anaeróbia. Em adição, a água que se movimenta através de um aterro ajuda a misturar as enzimas, bactérias, e substratos. (USEPA, 2004)

### **3.8.1.1 – Lagoa de chorume (gases originados)**

O chorume, líquido resultante do processo de decomposição biológica da matéria orgânica do lixo, é um dos sérios problemas dos aterros sanitários. Antes de ser transportado para estação de tratamento, o local onde é armazenado mesmo sendo em algumas situações semi-fechado, é ponto de emissões odoríferas, as quais ferem as leis ambientais que proíbem quaisquer emissões de odores (Oliveira et al, 2007)

Bahé (2012) diz que a sua composição depende de muitos fatores, como: forma de disposição dos resíduos; tipo de resíduos; idade do aterro; tipo do solo, além de ser

fortemente influenciado por muitos fatores externos, como precipitação pluviométrica e temperatura ambiente. Fala também que o seu impacto ambiental é bastante acentuado e estudos recentes demonstram que efeitos adversos, como alterações na biota aquática e no solo, podem ser observados mesmo a distâncias superiores a 100 m do local de seu vazamento.

Um estudo efetuado por Oliveira et al (2007) em que efetuou o monitoramento da emissão fugitiva do composto inorgânico odorífero  $H_2S$ , proveniente de uma lagoa de armazenamento de chorume resultante de um aterro sanitário, obteve as seguintes conclusões: as concentrações de  $H_2S$  encontradas na atmosfera do aterro sanitário, próximo a uma lagoa de armazenamento de chorume, quando comparadas às diretrizes da Organização Mundial da Saúde (OMS) para evitar queixas substanciais de uma população exposta em relação ao odor, podem ser consideradas muito altas (6 a 10 vezes superior à recomendação), embora não cheguem a atingir níveis de concentração que provoquem efeitos sobre humanos; Na figura seguinte pode-se verificar essas medidas em um dos dias de amostragem, em intervalos de 3 minutos em diferentes horas do dia.

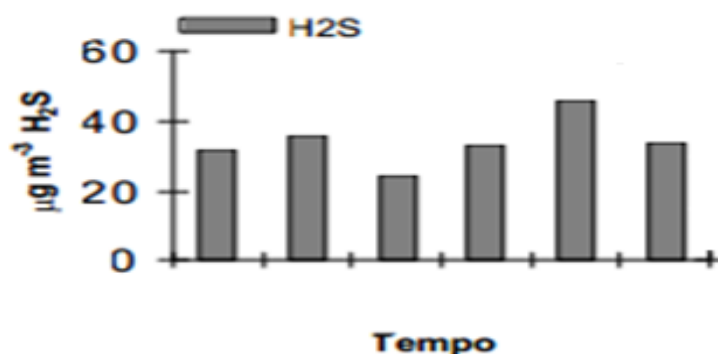


Figura 19 - Níveis de concentração de  $H_2S$  na atmosfera de uma área próxima a uma lagoa de chorume em um aterro sanitário (adaptado de Oliveira et al, 2007).

### 3.8.2 – Fatores que afetam a produção de gás de aterro

As taxas de produção de gás dependem da taxa de decomposição, que é afetado pela umidade presente nos resíduos, a temperatura, o pH, a permeabilidade da cobertura do solo, a quantidade de precipitação, a composição dos resíduos, a granulometria do lixo, a compactação presente, e as práticas de aterragem (Basic Landfill Gas, 1997).

Em muitos aterros, depois da composição gravimétrica dos resíduos, o teor de umidade é o fator mais significativo para a taxa de produção de gás no aterro. Quanto maior o teor de umidade, maior será a taxa de produção de gás, logo a precipitação influencia também bastante a geração de gás devido a aumentar o teor de umidade. O teor de umidade em um aterro convencional muda ao longo do tempo. Reações biológicas podem ser retardadas se o conteúdo de umidade for baixo e pode mesmo parar se o conteúdo de umidade for muito baixo. Assim, em climas muito secos, a decomposição terá uma pequena possibilidade de ocorrência. Alterações no teor de umidade do aterro podem resultar em mudanças na infiltração de águas superficiais e/ou influxo de águas subterrâneas, liberação de água como resultado da decomposição dos resíduos, e variações sazonais do teor de umidade dos resíduos. Teoricamente, a condição ideal para a geração de gás é a total saturação do resíduo. Por outro lado, se o resíduo estivesse saturado, a extração de gás de aterro seria extremamente difícil, se não impossível (FILHO, 2005).

Filho (2005) acrescenta que quanto menor a partícula do resíduo disposto, maior será a área da superfície específica. A partícula de resíduo com uma área superficial maior terá uma decomposição mais rápida do que uma partícula com uma área menor. Por exemplo, a decomposição de um tronco de madeira ocorrerá muito mais rápida se este for cortado em pedaços menores do que se for disposto inteiro. Por essa razão, um aterro que aceita pedaços de resíduo terá uma taxa de decomposição mais rápida e completa (i.e., rápida taxa de geração de gás) do que um aterro que recebe somente resíduos inteiros.

Segundo McBean e outros (1995) a faixa de pH ótimo para a maioria das bactérias anaeróbias é 6,7 a 7,5 ou próximo do neutro (pH = 7,0). Dentro da faixa ótima de pH, a metanogênese aumenta para uma taxa elevada de tal modo que a produção de CH<sub>4</sub> é maximizada. Fora da faixa ótima – um pH abaixo de 6 ou acima de 8 – a produção de metano fica estritamente limitada. A maioria dos aterros tende a ter ambientes levemente ácidos (FILHO, 2005).

Filho (2005) refere também que as condições de temperatura de um aterro influenciam os tipos de bactérias predominantes e o nível de produção de gás. A faixa ótima de

temperatura para bactéria mesofílica é 30 a 35°C, enquanto para as bactérias termofílicas é 45 a 65°C tal como afirma Mc Bean e outros (1995). As termofílicas geralmente produzem altas taxas de geração de gás; contudo, a maior parte dos aterros ocorre na faixa das mesófilas. As máximas temperaturas do aterro frequentemente são alcançadas dentro de 45 dias após a disposição dos resíduos como um resultado da atividade aeróbia microbiológica. Grandes flutuações de temperaturas são típicas nas camadas superficiais de um aterro como um resultado de mudanças na temperatura de ar ambiente. Os resíduos dispostos a uma profundidade de 15 m ou mais não sofrem a influência da temperatura externa, sendo as elevadas temperaturas de gás dentro de um aterro resultado da atividade biológica. As temperaturas típicas do gás produzido num aterro variam, tipicamente, entre 30 a 60°C, apesar de temperaturas mais altas como 70°C como foi observado por Mc Bean e outros (1995). A atividade metanogênica é severamente limitada para temperaturas abaixo de 15°C, ao passo que sua atividade ótima varia na faixa de 30 a 40°C, segundo Mc Bean e outros (2009). Por outro dado, as temperaturas lineares encontram-se na faixa de 20 a 25°C atentando para o fato de que o calor aumenta dentro da massa de resíduo. Logo pode-se relacionar um aumento da temperatura com um aumento da taxa de emissão de gases de aterro, devido ao aumento da atividade dos microrganismos decompositores presentes no aterro (FILHO, 2005).

Filho (2005) concluiu ainda que outros fatores podem influenciar a taxa de geração de gás como: os nutrientes, as bactérias, o potencial oxidação-redução, a densidade da produção gás, a compactação dos resíduos, as dimensões do aterro (área e profundidade), a operação do aterro e o processamento de resíduos variáveis.

### **3.8.3 - Fatores que afetam a migração do gás**

Já foi referido na secção 3.6 (Dispersão de poluentes atmosféricos) fatores que naturalmente afetam a migração do gás em grande escala, mas aqui vai ser feita outra análise e referir os factores que mais influenciam a migração de biogás para a atmosfera. Esses fatores podem ter tanto uma influência positiva como negativa. Sendo assim, a direção, velocidade e distância de migração do gás de aterro depende de inúmeros fatores:

- 1) Velocidade e direção do vento: Naturalmente o gás de aterro escapa para o ar pela superfície do aterro e é carregado pelo vento. O vento dilui o gás com ar fresco movendo o gás para outras áreas do aterro. A velocidade e a direção do vento determinam a concentração do gás no ar, a qual pode variar grandemente de dia para dia, até de hora para hora. Pela manhã, por exemplo, os ventos tendem a estar mais suaves levando a uma menor diluição e dispersão do gás para outras áreas, ao contrário do período tarde, noite, com ventos mais agitados (FILHO, 2005).
  
- 2) Precipitação: precipitação e a umidade estão diretamente relacionados, assim o conteúdo de água no solo influencia tanto a permeabilidade como a difusividade do solo, tendo assim a quantidade de precipitação um efeito sobre o processo de migração de biogás. Ao aumentar a umidade do solo o espaço poroso disponível para o transporte gasoso e de difusão é reduzido, bem como reduz a difusão de oxigênio a partir de cima, ao invés um teor de umidade baixo reduz a atividade biológica na cobertura do solo. Por outro lado a seca devido à baixa precipitação e o calor gerado pela oxidação na cobertura do solo são prováveis de reduzir o teor de água no solo dos poros. Isso por um lado facilita o transporte do gás do aterro para a cobertura superficial e posterior expulsão para a atmosfera, mas por outro também reduz a capacidade de oxidação, devido à inibição da atividade bacteriológica que exige uma percentagem de umidade ótima (ABUSHAMMALA, BASRI, KADHUM, 2009)
  
- 3) Temperatura do ar: A temperatura do ar tem efeitos diretos sobre a temperatura do solo, sendo que um aumento da temperatura do solo estimula o movimento da partícula de gás, tendendo também a aumentar a difusão do gás, desta forma, o gás pode se dispersar mais rápido em condições de temperatura mais elevada. Sem esquecer como vimos em cima o aumento da temperatura automaticamente vai diminuir a umidade que assim provoca uma diminuição da atividade biológica dos microrganismos decompositores (ABUSHAMMALA, BASRI, KADHUM, 2009).

- 4) Tipo de cobertura: Se a cobertura do aterro é constituída de material relativamente permeável, tal como cascalho ou areia, então o gás migrará provavelmente através da camada de cobertura. Se a cobertura do aterro consistir de siltes e argilas, a permeabilidade é menor, o gás então tenderá a migrar horizontalmente pelo subsolo. Se uma área do aterro é mais permeável do que o resto, o gás migrará através daquela área (FILHO, 2005).
  
- 5) Caminhos naturais e não naturais: A utilização de drenos, trincheiras, e passagens aterradas (túneis e dutos) podem atuar como condutores para a movimentação do gás. O tipo de geologia natural sempre provém caminhos em subsolo, tal como rocha fraturada, solo poroso, e canais aterrados, onde o gás pode migrar (FILHO, 2005).
  
- 6) Pressão atmosférica: A emissão dos gases de aterro é influenciada pela pressão atmosfera pois ela provoca um gradiente de pressão entre o aterro e a atmosfera, assim, qualquer variação da pressão atmosférica provoca uma diferença na taxa de emissão de biogás (ABUSHAMMALA, BASRI, KADHUM, 2009).

## **4 - METODOLOGIA**

A metodologia adotada para o estudo das emissões odoríferas provenientes da decomposição dos resíduos sólidos urbanos (RSU) na estação de tratamento de resíduos de Seropédica (CTR Seropédica) foi composta de 4 partes:

(1) Levantamento de campo da CTR Seropédica no município de Seropédica no estado do Rio de Janeiro, Brasil: localização geográfica do lugar e seu reconhecimento; tipo de processo de tratamento dos resíduos sólidos urbanos aí efetuados, bem como do chorume que resulta desse processo e estudo das características climáticas da região.

; (2) Parte analítica: consistiu na amostragem passiva a partir de dois pontos distintos (o primeiro no centro do município de Seropédica e o segundo próximo da estação de tratamento, na Av. Brasil) para determinar a concentração no ar de H<sub>2</sub>S nesses respectivos pontos, durante diferentes meses.

; (3) Análise dos parâmetros climáticos: direção e velocidade do vento, precipitação e temperatura. Usando o software WRPLOT para a velocidade e direção do vento, e execução de gráficos pluviométricos e de temperatura respectivamente para a precipitação e temperatura.

; (4) Impacto da CTR na população vizinha a partir da avaliação da percepção do odor e seus incômodos: registo de queixas da população circunvizinha à CTR pela análise de notícias em periódicos e jornais; atualidade dessa problemática através da realização de uma pesquisa de vizinhança junto aos moradores mais próximos à CTR.

### **4.1 – LEVANTAMENTO DE CAMPO DA CTR SEROPÉDICA**

#### **4.1.1 – Localização e acesso**

A área em estudo localiza se no município de Seropédica, mais propriamente a Sudoeste da cidade de Seropédica. O município de Seropédica localiza se geograficamente a 22°

44' 29" Sul, 43° 42' 19" Oeste e faz a divisão com os municípios Itaguaí, Nova Iguaçu, Japeri, Queimados e Paracambi. O município tem um único distrito-sede, ocupando uma área total de 268,2 Km<sup>2</sup>, correspondentes a 5,7% da área da Região Metropolitana do Estado do Rio de Janeiro. Localiza-se a oeste da Baixada Fluminense estando a uma altitude de 26 metros. Em 2009, segundo a contagem populacional realizada pelo IBGE, contava com 78.819 habitantes. A leste do município se encontra o município de Nova Iguaçu e a Sudeste o bairro carioca de Campo Grande. A RJ-099 o liga a Itaguaí, ao sul, e a RJ-125 acesso a Japeri ao Norte (Fig.20) (ROCHA, 2011).

A Central de Tratamento e Disposição Final de Resíduos Seropédica – CTR Seropédica apresenta cerca de 2.226.000 m<sup>2</sup> e como já foi referido está localizada no município de Seropédica, no estado do Rio de Janeiro, Brasil. As coordenadas referentes a esta área são apresentadas na tabela 8, como pode-se ver pela figura 21. O acesso à área em questão é efetuado, preferencialmente, pela Estrada do Chaperó (município de Itaguaí). O Centro urbano do município de Seropédica está a aproximadamente 10 km de distância da área, estando ao lado do município de Itaguaí (Fig. 22). A CTR Seropédica está localizada em terreno com características topográficas favoráveis à operação do aterro. O terreno possui grandes áreas planas que permitem a operação de aterros com geometria favorável, além de dispor de áreas com disponibilidade natural de solos argilosos que são usados como área de empréstimo para a cobertura diária dos resíduos. Outro ponto levado em consideração aquando da sua construção foi à localização da área que, embora fora do domínio urbano, apresenta proximidade com os centros geradores de resíduos, fato que oferece economia nos custos de transporte dos resíduos (EIA – SEROPÉDICA).



Tabela 10 - - Coordenadas geográficas dos limites da área da CTR Santa Rosa.

Ponto	Latitude	Longitude
1	22°47'1.60"S	43°46'27.89"W
2	22°46'45.89"S	43°46'7.86"W
3	22°47'14.28"S	43°45'14.30"W
4	22°47'41.82"S	43°45'34.57"W
5	22°48'1.57"S	43°45'11.10"W
6	22°48'20.61"S	43°45'33.86"W
7	22°48'4.08"S	43°45'48.92"W
8	22°47'45.03"S	43°45'37.52"W
9	22°47'10.85"S	43°46'9.39"W
10	22°47'13.98"S	43°46'19.97"W



Figura 20 - Localização da CTR no Município de Seropédica no estado do Rio de Janeiro (RJ), Brasil. (adaptado de Google Earth).

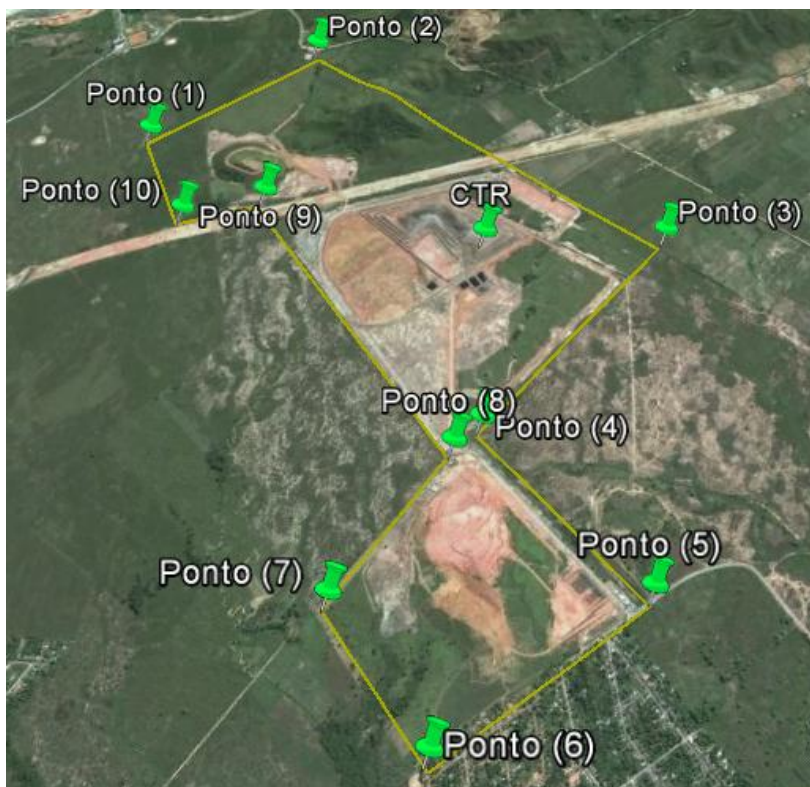


Figura 21 - Limites da área da CTR Santa Rosa (adaptado de Google Earth).



Figura 22 - Localização relativa da CTR ao município de Seropédica e a Chaperó, município de Itaguaí, (adptado de Google Earth).

#### **4.1.2 – Central de Tratamento de Resíduos (CTR) Seropédica**

A implantação da CTR Santa Rosa tem o objetivo de atender à demanda crescente por áreas destinadas à disposição adequada de resíduos sólidos urbanos e industriais de Classes I (perigosos) e II (não perigosos), conforme classificação definida pela ABNT - Norma Técnica nº 10.004 (EIA, 2007).

A CTR Seropédica foi inaugurada no dia 20/04/11 e de acordo com o Relatório de Impacte Ambiental (RIMA) de 2007 foi projetada para operar nos seguintes 20 anos com uma demanda de resíduos na média de 8.000 t/dia. Hoje e devido à crescente produção de resíduos pela população e CTR recebe em média 9 mil toneladas por dia (destino de todo o lixo dos municípios de Seropédica (39 toneladas/dia), Itaguaí (120 toneladas/dia), Mangaratiba (160 toneladas/dia), Angra dos Reis (200 toneladas/dia) e Rio de Janeiro (8.500 toneladas/dia). Passando assim a vida útil reduzida dos 20 para os 17 anos. A CTR ocupa uma área de 2 milhões e 200 mil metros quadrados, como 266 campos de futebol (ALERJ, 2013).

Segundo o Estudo de Impacto Ambiental (EIA) de 2007 o projeto de implantação da CTR Seropédica é de extrema importância para a conservação do ambiente, uma vez que reduz significativamente a contaminação da água, do ar e do solo. A implantação do aterro também reduz o índice de vetores de transmissão (ratos, baratas, mosquitos, etc...) de doenças para a população já que efetua o tratamento e a correta disposição dos resíduos, evitando-se, assim, áreas como lixões, propícias à proliferação de vetores.

O RIMA de 2007 acrescenta que é efetuada uma constante vigilância sobre as águas subterrâneas, águas superficiais e o solo. O projeto apresenta sistema impermeabilização de base visando evitar a contaminação do solo e das águas subterrâneas. Foi instalada uma camada dupla de argila compactada, a qual foi coberta com uma manta de PEAD (polietileno de alta densidade) com 1,5 mm de espessura e uma nova camada de solo para proteção da manta. Durante operação da CTR Seropédica é efetuada diariamente uma cobertura das células de resíduos com uma camada de solo de 20 cm de espessura. Tal procedimento evita a atração de animais, tais como barata, ratos e aves, além de prevenir o carreamento dos resíduos provocados por ventos ou chuvas. O RIMA (2007)

concluiu ainda que o aterro é dotado de sistema de drenagem de águas pluviais, de gases e de líquidos percolados (chorume) como de um sistema de monitoramento ambiental inclui, ainda, o monitoramento geotécnico que foi implantado paulatinamente ao longo da operação do aterro, visando assegurar a estabilidade do maciço de resíduos.

Em relação aos líquidos percolados (chorume) nos dias de hoje e segundo o jornal digital, “Jornal atua” de 24 de Junho de 2013 a CTR produz, por dia, 450 m<sup>3</sup> de chorume, ou o equivalente a 15 caminhões de resíduos líquidos. Atualmente a CTR Seropédica ainda não possui estação de tratamento para eles, logo estes são armazenados nas denominadas piscinas de chorume, para posteriormente serem tratadas. Hoje em dia este material é encaminhado para a Estação de Tratamento de Esgotos (ETE) de Icaraí, Niterói a 115 km de distância. Isto acarreta um grande risco de uma possível contaminação do meio ambiente ao longo do percurso, devido ao perigo de desabamento do líquido e por outro lado também provoca o aumento do trânsito (Revista 1+, 2013). O jornal digital, “Jornal atual” de 26 de Junho de 2013 fala mesmo que esta prática tem sido criticada por ambientalistas e pela prefeitura de Niterói, resultando em uma multa para a Ciclus (empresa que administra a CTR) de R\$ 252 mil, pelo Instituto Estadual do Ambiente.

Este problema de transporte do chorume pelos vistos a partir de Setembro de 2013 deverá ser melhorado, pois a CEDAE (Companhia Estadual de Águas e Esgotos) ficou de receber todo o rejeito para ser tratado na Estação Alegria, uma das maiores estações de tratamento de esgotos da América Latina, que fica no bairro do Cajú, Zona Norte do Rio. E depois sim, finalmente em Maio de 2014, pensa-se que a estação de tratamento local de chorume da CTR Seropédica deverá entrar em funcionamento (Revista 1+, 2013).

#### **4.1.3 – Aspectos Climatológicos**

A região é classificada como de clima subtropical, de inverno seco e verão quente, a tropical chuvoso, devido a sua posição geográfica, topografia (altas encostas), proximidade do mar e densa cobertura vegetal em setores da encosta costeira. O inverno é caracterizado por pouca chuva, com ativações cíclicas das frentes frias (massas

polares), e o verão chuvoso acarreta fortes enchentes geralmente entre os meses de fevereiro e março, com precipitação superior a 100 mm/dia. O mês mais seco é o de Julho e o mais chuvoso é o de Janeiro. A umidade relativa do ar média é de 80% e a evaporação média anual é de 700 mm. No verão é onde se tem a maior umidade relativa do ar que atinge até 80% nos meses de Dezembro e no inverno de 65% no mês de Setembro (ROCHA, 2011).

Para uma melhor visualização dos aspectos climatológicos a partir da análise do relatório anual da Qualidade do Ar do Estado do Rio de Janeiro de 2009 foi retirado os aspectos climatológicos da zona metropolitana do Rio, que incluiu o município de Seropédica.

Relativamente à avaliação do comportamento mensal da temperatura do ar, o relatório demonstra que as temperaturas médias mais altas são registadas no trimestre Janeiro/Fevereiro/Março e as mínimas foram observadas no período entre Junho e Setembro. Quanto à precipitação total pode-se identificar que na região os meses em que ocorre mais precipitação é nos meses mais quentes, durante o Verão. Também pode ser identificado um período mais seco que ocorre durante os meses de Inverno. Acerca da direção e velocidade dos ventos revela que a maior frequência dos ventos é do sector Sul-Sudeste e Nordeste durante quase todo o ano. Finalmente a um nível geral a umidade relativa do ar apresenta pouca variação entre os meses do ano, as médias de nebulosidade, foram verificados os mínimos nos meses de Julho e máximos em Agosto e Dezembro.

## **4.2 – AMOSTRAGEM**

O estudo de caso que é apresentado tem o objetivo de relacionar a emissão odorífera com a emissão proveniente da decomposição do RSU resultante da deposição dos RSU na CTR Seropédica. Para isso efetuam-se monitorizações em 2 pontos do terreno, um próximo ao centro urbano do município de Seropédica (Ponto 1) a cerca de 10 km da CTR e outro muito próximo à central de tratamento de resíduos (Ponto 2), perto do centro urbano de Chaperó, município de Itaguaí. Estes pontos têm as seguintes coordenadas geográficas:



PONTO 1 – Latitude: 22°44'53.85"S; Longitude: 43°42'3.56"O

PONTO 2 – Latitude: 22°48'30.80"S; Longitude: 43°45'42.76"O



Figura 23 - Pontos de amostragem 1 e 2 e estação meteorológica (INMET) (aptado de Google Earth).

Os pontos de monitoramento relativamente à CTR localizam-se a Nordeste e Sul desta respetivamente para o Ponto 1 e para o Ponto 2.

As análises químicas foram realizadas pelo Laboratório de Análises Ambientas “PASSAM AG” situado em Männedorf na Suíça. Os valores de concentração de H<sub>2</sub>S vêm em µg/m<sup>3</sup>. As amostragens passivas a partir da aplicação dos tubos passivos foram efetuadas entre Janeiro de 2011 e Março de 2013 num total de 13 amostragens (7 para o tubo 1 e 6 para o tubo 2). Foram então realizadas ao longo do tempo medidas de concentração sendo o indicador odorífero usado o H<sub>2</sub>S. Os primeiros registos tanto para o ponto 1 como para o ponto 2 datam Janeiro de 2011 e Março 2011 altura em que a CTR ainda não estava em operação (inauguração foi em Abril de 2011), para assim poder comparar as concentrações de pré e pós operação. O segundo registo foi de Março de 2011 igualmente para os dois pontos. As seguintes amostragens para os dois tubos datam respetivamente: Junho de 2011, Agosto de 2011, Maio de 2012, Setembro 2012 e

o último registro apenas para o tubo 1 (problema de ordem técnica no monitoramento do ponto 2) foi em Março de 2013.

#### **4.2.1 - Amostragem Passiva - Conceitos Gerais e Aplicações**

Os amostradores passivos têm sido amplamente utilizados em monitoramento de exposição pessoal e avaliações de saúde ocupacional. Para monitorar o ar ambiente, os amostradores passivos são particularmente úteis para pesquisas iniciais, avaliação de áreas, indicações de futuros monitoramentos e efetiva gestão da qualidade do ar no que respeita à distribuição espacial e/ou análise de tendências temporais. Podem também ser úteis quando usados em combinação com amostradores ativos ou analisadores automáticos. Em uso combinado, os amostradores passivos podem fornecer dados de qualidade do ar em maior resolução espacial, enquanto os mais sofisticados aparelhos fornecem informações sobre os picos de concentrações e variações diurnas. Podem ainda ser intercalados numa rede automática, resultando numa maior área de cobertura de monitoramento da qualidade do ar. Os amostradores passivos, tais como os tubos de difusão, são os métodos mais simples e de baixo custo para se monitorar a qualidade do ar. Além disso, permitem a obtenção de uma boa ideia do quadro dos níveis de poluição média numa determinada área (MAIA, SALES, 2009)

Maia e Sales (2009) dizem ainda que o método pode ser usado ainda por várias aplicações: a) Mapeamento; b) Operação de Rede Automática; c) Calibração de Modelos de Dispersão de Poluentes Atmosféricos; d) Avaliação de Impactos em Ecossistema

Por facilidade de transporte e instalação, os amostradores passivos podem ser aplicados em locais onde não seja conveniente ou mesmo possível a instalação de um equipamento de maior custo. Essas características permitem a realização de amostragens simultâneas em um grande número de pontos numa área geográfica de grandes dimensões. A experiência tem mostrado que a amostragem passiva tende a ser mais reveladora à medida que o número de campanhas seja maior, o que não invalida a prática de amostragens individuais de curto-período.

#### 4.2.1.2 - Princípio de Medição

O princípio da amostragem passiva se baseia no processo de difusão dos poluentes do ar num meio absorvente. A força indutora é o gradiente de concentração entre o ar vizinho e a superfície absorvente, onde a concentração do poluente é zero. A figura seguinte apresenta uma representação esquemática de um amostrador passivo.

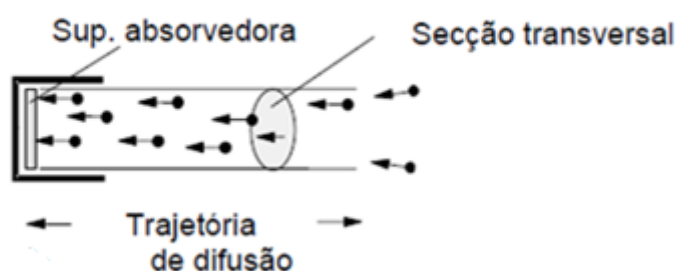


Figura 24 - Representação esquemática de um amostrador passivo (adaptado de Shouter, 1995).

### 4.3 – PARÂMETROS CLIMÁTICOS

Os valores usados para a caracterização climática como direção do vento, (°) velocidade do vento (m/s), precipitação (mm) e temperatura (°C) foram integralmente recolhidos dos dados da estação meteorológica automática de Seropédica para os dias em questão. A estação tem como coordenadas geográficas, latitude 22°45'29.28"S e longitude 43°41'4.94"W (Fig. 23) se situando a 34 metros de altitude e tendo sido inaugurada em 07/05/2000 (INMET).

#### 4.3.1 – Direção e Velocidade do Vento - Software WRPLOT

O WRPLOT é um programa gratuito que permite a construção da rosa-dos-ventos para dados meteorológicos de direção e velocidade do vento. A rosa-dos-ventos permite uma visão abrangente de como a velocidade e direção do vento são distribuídos em um determinado local. Apresentada em formato circular, a rosa-dos-ventos mostra a frequência da direção dos ventos e a velocidade com que esse vento sopra naquela direção. Para a velocidade os valores vão desde 0,5 m/s (ventos muito calmos) até valores maiores ou iguais a 11 m/s (ventos muito agitados). Estando este intervalo dividido em 6 sub-intervalos representados por cores (Fig. 25).



Já para a direção os valores estão divididos em 16 intervalos de 22,5° em 22,5° no intervalo entre 0° a 360°, correspondo cada direção a um sub intervalo de graus como representado na figura 26.

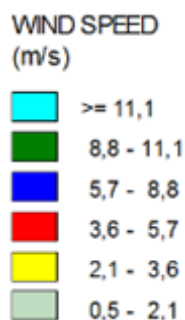


Figura 25 - Representação da velocidade do vento (m/s) (Fonte: <http://www.weblakes.com/products/wrplot/index.html>).

1	N	348,75 - 11,25
2	NNE	11,25 - 33,75
3	NE	33,75 - 56,25
4	ENE	56,25 - 78,75
5	E	78,75 - 101,25
6	ESE	101,25 - 123,75
7	SE	123,75 - 146,25
8	SSE	146,25 - 168,75
9	S	168,75 - 191,25
10	SSW	191,25 - 213,75
11	SW	213,75 - 236,25
12	WSW	236,25 - 258,75
13	W	258,75 - 281,25
14	WNW	281,25 - 303,75
15	NW	303,75 - 326,25
16	NNW	326,25 - 348,75

Figura 26 - 16 Intervalos de Direção/Graús (adaptado de <http://www.weblakes.com/products/wrplot/index.html>).

Este software permite também visualizar o vetor resultante das direções, conhecendo assim a direção predominante do vento durante o total dos dias de amostragem. Além disso dada também a velocidade média do vento.

Site do aplicativo: <http://www.weblakes.com/products/wrplot/index.html>.

O tutorial deste programa está disponível em : <https://sites.google.com/site/vanessavcos/cat/tutorialdeusodowrplot> (Fig. 27).



Figura 27 - Software WRPLOT (adaptado de <http://www.weblakes.com/products/wrplot/index.html>).

Para a construção das respectivas rosas-dos-ventos apenas são necessários os dados temporais (INMET) provenientes da estação meteorológica de Seropédica (Fig. 23): ano (yyyy), mês (1-12), dia (1-31), hora (00 – 23) e dos dados que caracterizam o vento: velocidade (m/s) e direção (°). E assim compilando estes dados para cada período pretendido para análise é produzida uma rosa-dos-ventos, que permite visualizar o comportamento do vento nos dias pretendidos.

No caso em estudo a análise para cada rosa-dos-ventos é feita sempre para 21 dias, (504 horas) que é a duração de exposição em campo das nossas amostras. Sendo estas divididas em 7 meses: Janeiro de 2011 (3 Jan – 23 Jan) , Março de 2011 (1 Mar – 21 Março), Junho de 2011 (3 Jun – 23 Jun) , Agosto de 2011 (9 Ago – 29 Ago), Maio de 2012 (9 Mai – 29 Mai), Setembro de 2012 (27 Set – 17 Out) e finalmente Março de 2013 (1 Mar – 23 Mar) .

#### **4.3.2 – Precipitação e Temperatura - EXCEL**

Para traçar os gráficos pluviométricos e os gráficos de temperatura também foi utilizado os dados do da estação meteorológica do INMET (Fig. 23) para precipitação (mm) e para a temperatura (°C) para cada dia em estudo, tal como no caso dos ventos: Janeiro de 2011 (3 Jan – 23 Jan) , Março de 2011 (1 Mar – 21 Março), Junho de 2011 (3 Jun –

23 Jun) , Agosto de 2011 (9 Ago – 29 Ago), Maio de 2012 (9 Mai – 29 Mai), Setembro de 2012 (27 Set – 17 Out) e finalmente Março de 2013 (1 Mar – 23 Mar) .

Aqui além de ser realizado os gráficos para os valores diários de cada mês foi feito também um gráfico com valores mensais de todos os meses para assim fazer uma avaliação comparativa. Também foi desenhado juntamente os gráficos pluviométricos e os gráficos de temperatura para cada respectivo mês para os relacionar entre si.

#### **4.4 - IMPACTOS DA CTR NA POPULAÇÃO LOCAL**

Lixo é igual à feira, ninguém quer na sua rua, apesar de a gente produzir lixo e ir à feira”

Carlos Roberto Osório, secretário municipal de Conservação e Serviços Públicas

*G1, Portal de Notícias da Globo, Rio de Janeiro, RJ, 16/04/2012*

A frase bem reflete a situação do tratamento de resíduos do Rio: enquanto a cidade encerra uma história de 30 anos de agressão ao meio ambiente, com o fechamento definitivo do aterro controlado de Gramacho, em Duque de Caxias, na Baixada Fluminense, o Centro de Tratamento de Resíduos de Seropédica, cidade na Região Metropolitana do Rio começou por receber 7 mil toneladas de lixo por dia do Rio, além dos resíduos de Seropédica e Itaguaí, e atingiu sua capacidade plena no início de maio de 2013, recebendo 9 mil toneladas de lixo diárias produzidas pelos cidadãos do Rio de Janeiro.

Para o secretário, Carlos Roberto Osório, a implantação da Central de Tratamento de Resíduos de Seropédica foi uma vitória para o Rio de Janeiro no rumo da sustentabilidade e a conquista de uma nova vocação econômica de Seropédica como polo de excelência no tratamento de resíduos sólidos – segundo Osorio, o CTR de Seropédica é o melhor, mais moderno e seguro da América do Sul.

Mas ao contrário disso, para os ambientalistas, o CTR constitui um crime ambiental, pondo em risco a segurança da água da região; e para produtores rurais que vivem perto do CTR, a realidade é a do mau cheiro e das moscas (G1, 16/04/2012)

#### **4.4.1 - Registo de queixas da população circunvizinha (jornais e periódicos)**

Foi feito um estudo relativamente ao impacto que a CTR teve desde a sua abertura em Abril de 2011. Para isso foram efetuadas pesquisas em periódicos, jornais, e afins que documentassem reclamações da população que vive nos arredores na CTR.

#### **4.4.2 - Pesquisa de vizinhança (situação atual)**

Para a determinação da situação atual foi feita uma pesquisa de vizinhança que foi realizada no dia 12 de Agosto de 2013 durante a parte da manhã entre as 10:00 e as 13:00 no bairro de Chaperó, município de Itaguaí, bairro esse que é o mais próximo à CTR Seropédica, situando-se a cerca de 2,5 km a Sul-Sudoeste desta. Sendo esse o local que tem apresentado maior número de queixas ao longo do tempo após a abertura da CTR (Abril de 2011). A pesquisa foi realizada apenas em pessoas que residem ou trabalham nesta região, principalmente em locais mais sensíveis como em escolas e creches (funcionários e crianças), mas também em outros locais, como cafés e casas. O formulário da pesquisa de vizinhança usado está no anexo IX e com ele foi pretendido fazer uma análise na população acerca principalmente dos seguintes pontos: periodicidade da sensação do odor; período do dia com maior sensação do odor; possível origem do odor; identificação do odor e da percepção quanto à alteração do odor depois da abertura da CTR até aos dias de hoje e também aspectos que pudessem ser feitos para a minimização do odor.



Figura 28 - Localização de Chaperó relativamente à CTR (adaptado de Google Earth).

## **5 – RESULTADOS**

Os resultados vão ser divididos em:

- (1) - resultados do monitoramento dos tubos passivos ( $H_2S$ )
- (2) - resultados da direção e velocidade do vento para os meses de monitoramento realizado pelo software WRPLOT com os dados pluviométricos do INMET Instituto Nacional de Meteorologia (Dados da Rede do INMET).
- (3) – caracterização da meteorologia local a partir da análise dos meses de monitoramento: (1) direção e velocidade dos ventos: divididos em 4 períodos por dia, madrugada (00-06), manhã (06-12), tarde (12-18), noite (18-00); (2) precipitação local: por dia do mês e total mensal (3) temperatura: durante cada mês, temperatura média mensal e temperatura máxima e mínima para cada mês a partir de dados obtidos do INMET.
- (4) – registo de queixas da população circunvizinha à CTR pela análise de notícias em periódicos e jornais; atualidade dessa problemática através da realização de uma pesquisa de vizinhança junto aos moradores mais próximos à CTR do bairro de Chaperó, município de Itaguaí.

### **5.1 – TUBOS PASSIVOS (CONCENTRAÇÃO DE $H_2S$ )**

Os resultados do monitoramento de  $H_2S$  tanto no ponto 1 como no ponto 2 são apresentados na tabela 9 como concentrações médias para cada mês ( $\mu g/m^3$ ). É sabido de ante mão também como já foi referido anteriormente que o monitoramento das concentrações para cada mês é constituída apenas por 21 dias.

Os meses onde as concentrações médias foram maiores nos dois pontos foi em AGO-11 e depois em MAI-12, verificando se as menores concentração médias no ponto 1 em JUN-11 e no ponto 2 em JAN-13. No mês de MAR-13 apenas foi possível fazer o monitoramento para o ponto 1, devido a possíveis problemas técnicos (Anexo I).

Tabela 11 - Valores da concentração ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) de H<sub>2</sub>S por mês.

Data	Ponto 1	Ponto 2
	Concentração ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Concentração ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
	H <sub>2</sub> S	H <sub>2</sub> S
Jan-11	1,3	0,6
Mar-11	0,4	1,1
Jun-11	0,3	0,7
Ago-11	2,6	2,8
Mai-12	1,4	2
Set-12	0,8	0,8
Mar-13	0,4	-

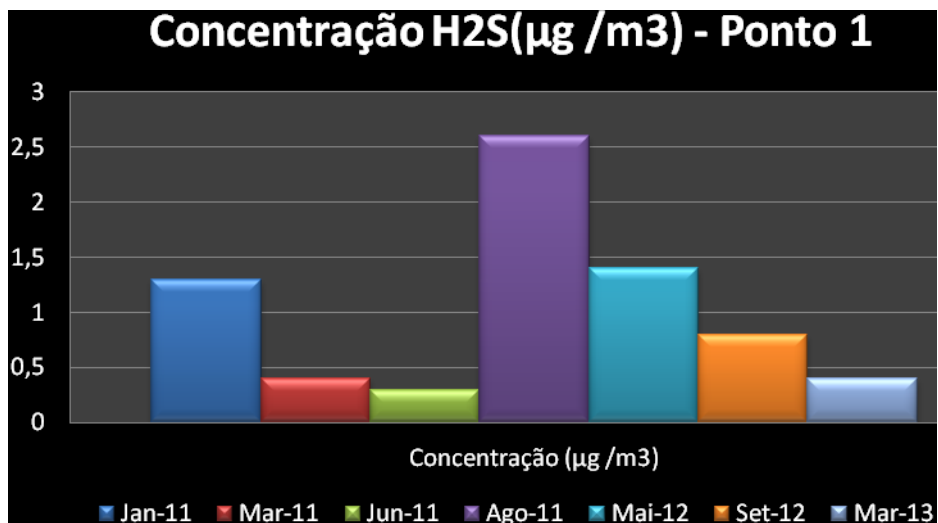


Figura 29 - Concentração de H<sub>2</sub>S para todos os meses de amostragem do Ponto 1.

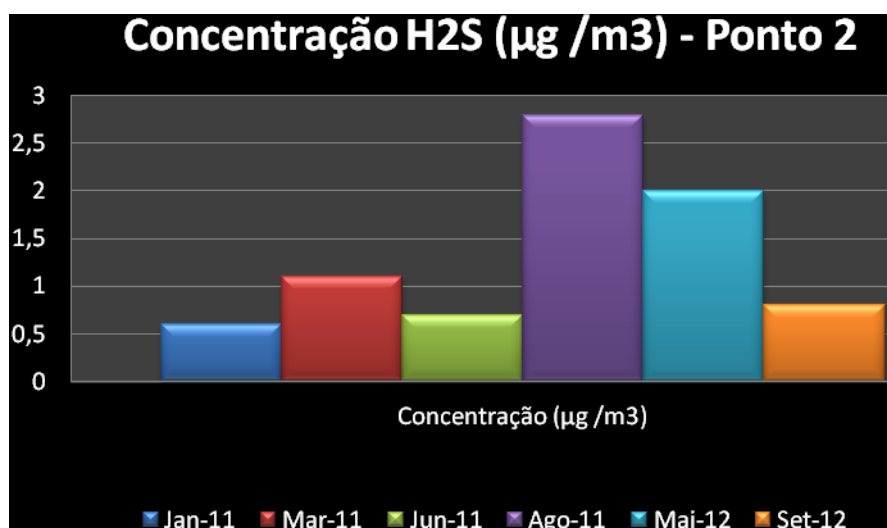


Figura 30 - Concentração de H<sub>2</sub>S para todos os meses de amostragem do Ponto 2.

## 5.2 – DIREÇÃO E VELOCIDADE DO VENTO (WRPLOT)

As Rosas-dos-ventos com a direção, velocidade e outros dados relevantes para a análise foram efetuadas para os meses de monitoramento de JAN-11, MAR-11, JUN-11, AGO-11, MAI-12, SET-12, MAR-13 (Anexo I), tendo em atenção que a monitoramento para cada mês é constituído apenas por 21 dias.

Em JAN-11, os resultados mostraram que ocorreu uma predominância na direção dos ventos de Norte-Nordeste. Uma direção resultante (linha em vermelho) indica uma direção aproximadamente de 0 °, sendo a velocidade média de 2,12 m/s.

Em MAR-11, os resultados mostraram que ocorreu uma predominância na direção dos ventos de Sul-Sudoeste. Uma direção resultante (linha em vermelho) indica uma direção aproximadamente de 225 °, sendo a velocidade média de 1,63 m/s.

Em JUN-11, os resultados mostraram que ocorreu uma predominância na direção dos ventos de Norte-Nordeste, apesar de os ventos com maiores velocidades apontarem para Sul-Sudoeste. Uma direção resultante (linha em vermelho) indica uma direção aproximadamente de 350 °, sendo a velocidade média de 1,97 m/s.



Em AGO-11, os resultados mostraram que ocorreu uma predominância na direção dos ventos em parte de Norte- Noroeste e em outra parte Sul-Sudoeste. Uma direção resultante (linha em vermelho) indica uma direção aproximadamente de 315 °, sendo a velocidade média de 2,46 m/s

Em MAI-12, os resultados mostraram que ocorreu uma predominância na direção dos ventos de norte-nordeste. Uma direção resultante (linha em vermelho) indica uma direção aproximadamente de 340 °, sendo a velocidade média de 1,78 m/s.

Em SET-12, os resultados mostraram que ocorreu uma predominância na direção dos ventos para Norte. Uma direção resultante (linha em vermelho) indica uma direção aproximadamente de 360 °, cuja velocidade média é de 2,64m/s.

Em MAR-13, os resultados mostraram que ocorreu uma predominância na direção dos ventos por uma parte Sul-Sudoeste e por outra parte Norte-Noroeste. Uma direção resultante (linha em vermelho) indica uma direção aproximadamente de 315 °, sendo a velocidade média de 1.88m/s.

## **5.3 – CARATERIZAÇÃO-METEOROLOGIA LOCAL**

### **5.3.1 – Direção e Velocidade do Vento (4 fases do dia)**

Para a caraterização dos ventos nas diferentes fases do dia, foi dividido o dia em 4 fases diferentes para cada mês de monitoramento: madrugada, das 00h até 6h (Anexo III); manhã, das 6h até 12h (Anexo IV); tarde, das 12h até 18 (Anexo V); noite, das 18h até 00h (Anexo VI).

No período de madrugada (00h até 06h) os ventos apresentam grande calmaria tendo todos os meses direção para Norte, à exceção do mês de MAR-11 que tem direção para Sudoeste.

No período da manhã (06h até 12) os ventos além de se apresentarem um pouco mais intranquilos (já se verificam em alguns meses ventos da ordem dos 5 m/s), continuam

no geral calmos. A direção dos ventos continua a ser preferencialmente para Norte, a exceção novamente do mês de MAR-11

Quanto ao período da tarde (12h-18h) aqui sim os ventos tornam-se bem mais intranquilos, apresentando em todos os meses ventos com velocidades superiores a 5 m/s chegando mesmo na maioria dos casos a velocidades da ordem dos 8m/s. Relativamente à direção nota-se bem que os ventos começam a migrar de Norte para Sudoeste.

Finalmente no período da noite (18h-00h) os ventos aumentam ainda mais a velocidade, apresentando em todos os meses velocidades na ordem dos 8m/s, chegando mesmo em casos pontuais a ultrapassar os 10 m/s. A direção aqui sim é notoriamente para Sudoeste.

### **5.3.2 – Precipitação e Temperatura**

Para a caracterização da precipitação local foram traçados os gráficos pluviométricos para cada mês de amostragem e noutro gráfico a precipitação total de cada mês para identificar os meses mais chuvosos e mais secos (Anexo VII).

Os meses onde ocorre maior precipitação são os meses de Verão (JAN 11, MAR 11 e MAR 13), e os meses mais secos os de Inverno (JUN 11, AGO 11 e SET 12).

Para a caracterização da temperatura local foi traçado os gráficos de temperatura para cada mês de amostragem, noutro gráfico a precipitação média para cada mês e ainda um gráfico com as temperaturas máxima e mínimas. Assim pode-se identificar os meses mais quentes e aqueles com temperaturas mais amenas (Anexo VIII).

Os meses onde a temperatura é maior correspondem aos meses de Verão (JAN 11, MAR 11 e MAR 13), e os meses com temperatura mais amena os de Inverno (JUN 11, SET 12) e o mês de MAI 12 que faz parte do Outono. Os registos de temperatura máxima se verificam tanto no Verão (JAN 11 e MAR 13) como no inverno (AGO 11).

Na figura seguinte é apresentado um gráfico que relaciona a precipitação total com a temperatura média para cada mês de monitoramento não esquecendo que cada mês é monitorado apenas para 21 dias, para assim ter uma ideia de como se comportam estas variáveis nesta região e assim determinar o tipo de clima desta região.

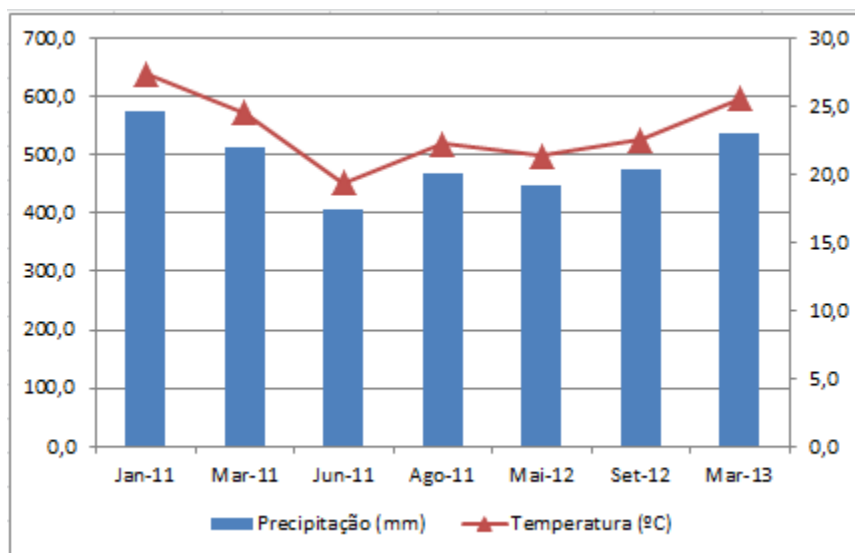


Figura 31 - Relação da precipitação com a temperatura para cada mês de monitoramento.

## 5.4 – IMPACTO DA CTR NA POPULAÇÃO LOCAL

### 5.4.1 – Registo de queixas da população circunvizinha (jornais e periódicos)

“Nossa rotina de vida e de trabalho foi alterada. Antes do início do funcionamento do CTR, a gente ficava na varanda de casa ao entardecer. Agora, a partir das 15h, o vento Sudoeste começa a trazer o mau cheiro e de tardezinha a gente tem que se trancar em casa, fechar as janelas, ligar ventilador”

*Isabel Michi Yamaguchi Xavier, produtor de orgânicos, sítio Bakamart,, Itaguaí, RJ  
G1, Portal de Notícias da Globo, Rio de Janeiro, RJ, 16/04/2012*

“Nossos filhos, duas meninas de 11 e 12 anos e um rapaz de 15, estão revoltados com o mau cheiro e as moscas e por terem de ficar trancados em casa. ‘Estragaram nossa vida’, diz o meu filho”, conta

*Augusto Batista Xavier, produtor de orgânicos, sítio Bakamart,, Itaguaí, RJ  
G1, Portal de Notícias da Globo, Rio de Janeiro, RJ, 16/04/2012*

“Além do cheiro de azedo do lixo, acho que deve ter algum produto químico misturado, porque arde a garganta”, diz ela amargurada, ressaltando que, para ela, “a vida acabou”.

*Ivanilda Souza de Aguiar, Itaguaí, RJ  
G1, Portal de Notícias da Globo, Rio de Janeiro, RJ, 16/04/2012*

“Na cozinha, é só começar a preparar a comida que a carne ou o peixe ficam pretos de moscas. Não se pode deixar uma panela aberta”, diz.

*Ivanilda Souza de Aguiar, produtora de orgânicos, Itaguaí, RJ  
G1, Portal de Notícias da Globo, Rio de Janeiro, RJ, 16/04/2012*

. “As moscas pousam no chorume e depois vêm infectar as crianças”, reclama ele

*Marco Antônio Patrocínio, ajudante de caminhão  
Jornal Atual, Itaguaí, 21/02/13*

“Depois que esse lixão veio, perdi o gosto de morar aqui. Era um bairro tranquilo, um paraíso. Não tenho mais vontade de ficar. Não dá para botar uma mesa no almoço de tanta mosca”, entristeceu-se a moradora.

*Sônia Regina, 25 anos, Chaperó, Itaguaí, RJ  
Jornal Atual, Itaguaí, 21/02/13*

“Passei do paraíso para o inferno. Agora não sei o que fazer; se saio ou se fico. A gente deita com o mau cheiro e levanta com dor de cabeça. Dependendo do vento, não se consegue nem dormir”, sustenta Zanini,

*Guilherme Zanini, aposentado.  
Jornal Atual, Itaguaí, 21/02/13*

“Os imóveis estão desvalorizados. A gente bota placa e ninguém quer comprar”, reclama.

*José Reinaldo Evangelista, militar reformado  
Jornal Atual, Itaguaí, 21/02/13*

“A implantação desse lixão vem causando prejuízo para a nossa comunidade. Já é caso de saúde pública. Minha esposa é um exemplo, pois está sofrendo de bronquite asmática e constantemente vem apresentando dificuldades de respiração. O cheiro é insuportável e mesmo durante a madrugada impede o sono. Fora o barulho dos caminhões, durante toda a noite”, irrita-se.

*Everaldo Eufrásio Francisco, Deputado Estadual do RJ, Itaguaí, RJ  
Jornal Atual, Itaguaí, 21/02/13*

“Nós queremos que interditem isso aqui, porque está afetando a saúde dos moradores, principalmente das crianças e das pessoas idosas. Meus filhos estão com problemas de saúde, com bronquite e sinusite e às vezes tenho de levá-los para o hospital. Eu mesma tenho tido crises constantes de bronquite e falta de ar.”

*Adriana dos Santos da Silva, dona de casa, Itaguaí, RJ  
Agência Brasil, Brasília, DF, 17/02/13*

“O cheiro é intolerável. Invade nossas casas. Não adianta fechar portas e janelas. Na hora do almoço nem dá para comer, de tanto enjoo. Eu tenho estômago fraco e sei o que passo ”, disse.

“A gente fica com vergonha. A minha casa é limpa, mas o cheiro ninguém aguenta.”, acrescenta.

*Solange de Oliveira, Itaguaí, RJ  
Agência Brasil, Brasília, DF, 17/02/13*

A Central de Tratamento de Resíduos é multada pelo Instituto Estadual do Ambiente (INEA) e pela Companhia Municipal de Limpeza Urbana (Comlurb). O motivo foi o mal cheiro provocado pela falta de tratamento do chorume (um líquido de odor forte e alto potencial de contaminação) que está afetando os moradores da região. Esta é a segunda multa aplicada pelo INEA (a primeira foi em setembro 2012). Ontem foi a vez da Comlurb.

Globo TV, Rede Globo, Rio de Janeiro, RJ, 22/02/13

O Prefeito Martinazzo solicitou a Secretaria de Ambiente que fizesse fiscalizações constantes no Centro de Tratamento de Resíduo (CTR) devido às centenas de reclamações que a Prefeitura de Seropédica tem recebido por causa do mal cheiro e o lixo que cai dos caminhões e fica espalhado pelas ruas.

Blog da Prefeitura de Seropédica, 23/07/13

#### **5.4.2 – Pesquisa de Vizinhança**

A partir dos resultados obtidos na pesquisa de vizinhança (Anexo IX) foram efetuados algumas relações entre eles: (1) periodicidade da sensação do odor; (2) período do dia com maior sensação do odor; (3) caracterização do odor; (4) possível origem do odor; (5) como identificaria o odor e a percepção quanto à alteração do odor depois da abertura da CTR (Anexo IX)

Quanto à quantidade de vezes que a população sente odor, o odor é sentido pelo menos uma vez por dia sem exceção em todos os indivíduos pesquisados, sendo maioritariamente sentido de forma periódica principalmente durante a tarde e a noite.

Relativamente à origem do odor mais de 90% dos inquiridos atribuíram a CTR como a culpada pelo mau cheiro, caracterizando o odor principalmente como um misto de um odor azedo e um odor de ovos podres.

Já sobre a melhoria ou pioria da situação de odor na localidade depois da abertura da CTR, foi praticamente unânime que nos 10 meses não houve grande alteração significativa no odor e chegando mesmo à totalidade dos 100 % dizerem que nos meses seguintes a situação do cheiro piorou. Com respeito aos últimos meses a população mostrou-se um pouco dividida, referindo uns que a situação melhorou em relação aos meses anteriores, e outra parte continuando a achar que a situação está ainda pior.

Durante a pesquisa foi também questionado às pessoas na opinião delas quais as possíveis medidas de mitigação poderiam ser implantadas, não sendo viável mudar a CTR de lugar como quase todos sugeriram, algumas pessoas sugeriram por exemplo: a plantação de árvores nas imediações do centro, a melhoria e maior periodicidade do

aterramento do lixo, um tratamento mais eficaz do lixo e a libertação de químicos para a atmosfera que diminuíssem o potencial odorífero dos compostos presentes no ar.

## 6 – DISCUSÃO DOS RESULTADOS

A relação entre a direção do vento (Anexo II) e a concentração média (Tab. 9) está bem patente nos resultados. As maiores diferenças de concentração média de H<sub>2</sub>S entre os dois pontos (P1 e P2) verificam-se nos meses de monitoramento em que a direção do vento tem pouca alteração, em que menos varia, pois isso evita que haja muita dispersão dos compostos, aumentando a concentração de H<sub>2</sub>S no ar. Isto verifica-se principalmente nos meses de JAN 11 e MAR 11. Já as menores diferenças de concentração correspondem a ventos com maior diversidade de direções durante o tempo de monitoramento, pois isso provoca um aumento da dispersão dos compostos e, conseqüentemente, diminuindo a concentração de H<sub>2</sub>S no ar. É o caso dos meses de AGO 11 e SET 12. Os meses com as maiores diferenças de concentração média entre os dois pontos ultrapassam 50 % de diferença entre um e outro ponto, enquanto os meses com menores diferenças não chegam a ultrapassar os 10 %, verificando-se mesmo no mês de SET 12 a mesma concentração média nos dois pontos, mês esse em que a direção do vento é tanto para Norte como para Sul. Os resultados do mês de JUN 11 mostra e prova que a velocidade dos ventos afeta mais a concentração de poluentes do que a direção. Pois aqui verifica-se que a direção é predominante para Norte, mas com ventos muitos calmos, enquanto que um menor número de ventos tem direção de Sul mas com velocidades muito superiores, e isso pode ser a razão para o Ponto 2 (mais a sul) ter maior concentração que o Ponto 1 (mais a Norte).

Complementarmente, a velocidade do vento (Anexo II) também tem uma boa relação com estas diferenças de concentrações, podendo relacionar os ventos com menor velocidade (mais calmos, menor dispersão de poluentes) a maiores diferenças entre os dois pontos, pois evitam a dispersão dos compostos no ar, e os ventos com maior velocidade (mais intranquilos, maior dispersão de poluentes) a menores diferenças entre os dois pontos, pois assim os compostos podem atingir diferentes distâncias, diminuindo a concentração dos compostos no ar por m<sup>3</sup>. A diferença entre JAN 11 e MAR 11 traduz bem esta relação direção/concentração, quando a direção do vento é para Norte/Nordeste (JAN 11) a concentração no Ponto 1, a Nordeste da CTR, é maior em relação ao Ponto 2. Enquanto que quando a direção do vento é para Sul-Sudoeste (MAR 11) a concentração no Ponto 2, a Sul da CTR, é maior relativamente ao



Ponto 1. Para relacionar a velocidade com a concentração pode-se olhar para os meses de MAI 12 e SET 12 que tem a mesma direção do vento (em parte para Norte e em parte para Sul). Como em SET 12 a velocidade é maior, associa-se uma maior dispersão de poluentes, resultando valores iguais de concentração média nos dois pontos. Já em MAR 12 sendo a velocidade menor existe uma diferença entre os dois pontos, verificando-se uma maior concentração no ponto mais próximo da CTR.

Já a relação precipitação (Anexo VII) com a concentração média (Tab.9) também é interessante, como mostrado na bibliografia a precipitação provoca uma diminuição da concentração no monitoramento de compostos no ar pois provoca a dispersão dos poluentes, isto por um lado é justificado pois a precipitação pluviométrica é um indicador de que a atmosfera está instável, ou seja, com movimentos de ar que favorecem a dispersão de poluentes, e por outro lado promove a remoção dos mesmos, pois uma parcela significativa desses poluentes é incorporada à água da chuva, provocando a dissolução dos gases (“limpeza” dos gases atmosféricos) e diminuído assim a sua concentração no ar ambiente. Isto pode ser visto comparando o mês de MAR 13 com o mês de AGO 12 ou mesmo MAI 12, que são meses com direção e velocidade de vento idênticas, mas devido a MAR 13 ter havido muito mais precipitação do que nos outros meses referidos, a concentração média de H<sub>2</sub>S é muito menor.

Apesar de a temperatura (Anexo VIII) poder ser um fator que também pode estar relacionado com o aumento das emissões odoríferas proveniente dos RSU, visto que uma temperatura elevada aumenta a taxa de decomposição do lixo, não foi encontrada nenhuma relação que tenha grande peso no aumento da concentração média de H<sub>2</sub>S. Isso pode ser explicado na forma que normalmente dias mais quentes provocam maior quantidade de precipitação (Fig. 31), que como referi em cima provoca a “lavagem” dos gases.

Comparando os valores de concentrações médias de H<sub>2</sub>S (Tab.9) antes da abertura da CTR e depois da sua ativação (Anexo XI), pode-se constatar que as concentrações médias se mostraram relativamente baixas antes de iniciar a operação da CTR (em função principalmente das emissões do tráfego de veículos pesados nas rodovias Presidente Dutra, em Seropédica, e Rodovia Rio – Santos e do Porto de Itaguaí, em

Itaguaí) e começaram a ser maiores a partir de AGO 11, isto provavelmente porque aqui o lixo já está em fase mais avançada de decomposição, pois como a CTR apenas abriu em ABR 11, o lixo ainda não tinha tido tempo suficiente de decomposição consequente emissão de H<sub>2</sub>S para o exterior (como se viu na bibliografia este processo demora de vários dias a alguns meses, dependendo da constituição do lixo).

Pela caracterização dos ventos da região pode-se ver que durante o período da madrugada (00-06h) (Anexo III) os ventos são calmos e com direção predominantemente para Norte. Ao longo do tempo os ventos vão começando a tornar-se mais agitados, verificando-se na parte da manhã (06-12h) (Anexo IV) ventos da ordem dos 5 m/s para todos os meses de monitoramento. A partir desta altura observa-se uma tendência geral dos ventos começarem a soprar para Sudoeste, já evidente na parte da tarde (12-18h) (Anexo V). Tornando-se esta evidência bem vincada na parte da noite (18-00h) (Anexo VI) onde a os ventos se apresentam com maior velocidade e com direção predominante para Sudoeste.

Pela caracterização do clima local pode-se ver que o município de Seropédica é determinantemente um clima tropical semi-húmido, como referido na metodologia, com chuvas nos meses de Verão e um Inverno seco (Fig,31). As maiores temperaturas médias (Anexo VIII) são nos meses de Verão, mas isso não impede que nos meses de Inverno se atinja temperaturas elevadas. A maior quantidade de precipitação corresponde aos meses de Verão, JAN 11 (117,6 mm), MAR 11 (130,4 mm) e MAR 13 (140 mm) e os meses de Inverno aqueles com menor quantidade de precipitação, JUN 11 (29,2), AGO 11 (15,2) SET 12 (32,6). As maiores temperaturas médias são naturalmente nos meses de Verão, JAN 11 (27,4 °C), MAR 11 (24,5 °C) e MAR 13 (25,6 °C) e as menores temperaturas médias nos meses de Inverno e Outono JUN 11 (19,4), MAI 12 (21,4 °C), AGO 11 (22,3 °C) e SET 12 (22,6 °C). Apesar desta tendência nos meses de Inverno também se podem registrar altas temperaturas, como vemos por exemplo nas máximas para os meses de AGO 11 (35,7 °C) e SET 12 (35,6 °C), temperaturas muito próximas das máximas nos meses de Verão, JAN 11 (36,2 °C) e MAR 13 (36,7 °C).

Comparando os resultados da concentração média do monitoramento do H<sub>2</sub>S (Tab. 9) com os valores limite de detecção pelo olfato (Tab.5) (0,7 µg/m<sup>3</sup>) e os valores

limite para proteção da saúde humana (Tab.6) ( $14 \mu\text{g}/\text{m}^3$  para períodos de exposição de uma hora e  $2,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$  para períodos de um ano) referentes ao composto odorífero em causa (Tab. 6 e 7) pode-se ver que quase todos os valores medidos de concentração média ultrapassam os limites de detecção, mas em quase nenhum são maiores que o limite para a proteção da saúde humana. Tendo em atenção que os resultados do monitoramento vêm em concentração média, muito provavelmente aconteceram situações em que as concentrações instantâneas de  $\text{H}_2\text{S}$  ultrapassaram esse limite.

De acordo com as notícias dos jornais e periódicos (secção 5.4.1.) pode-se ver que muitas são as queixas da população circunvizinha à CTR. Reclamações essas que principalmente são relativas à parte do dia da tarde e noite, dizendo as pessoas que à hora de almoço o cheiro começa a tornar se mais intenso, piorando no decorrer do dia. Atribuindo a razão disso ao vento que da parte da tarde se começa a fazer sentir. Pelo que já vimos anteriormente pela caracterização realizada dos ventos vemos nela uma boa relação, pois vimos que os ventos sendo calmos na parte da manhã começam a ficar mais agitados ao longo do dia.

Além do problema do cheiro as pessoas queixam-se de uma série de outras adversidades, como de falta de ar, de bronquite, sinusite, bem como dores de cabeça e dores de estômago. Como visto na bibliografia para o  $\text{H}_2\text{S}$  estes sintomas podem ser provocados por concentrações superiores ao normal deste e de outros compostos no ar ambiente. Outros problemas que poderão surgir são os psicológicos, pois o mau cheiro pode psicologicamente ter efeitos negativos para a população. Além disto também foi identificado pontualmente o problema do lixo que cai dos caminhões e fica espalhado pelas ruas.

Quanto à pesquisa de vizinhança (secção 5.4.2.) pode-se ver que toda a população de Chaperó sente odor, obviamente que uns mais que outros, de acordo com a sensibilidade de cada um. As pessoas dizem que esse mau cheiro prejudica o seu bem-estar e relacionam isso mesmo com a possibilidade de isso causar efeitos na saúde das crianças e dos idosos. É um ponto a ter em atenção pois nas proximidades da CTR encontram-se duas creches e uma escola, naturalmente onde muitas crianças passam grande parte do seu dia. Foi registrada também a preocupação das empregadas desses

estabelecimentos e mesmo mães que vivem nessa região relativamente à saúde das crianças.

O mau cheiro faz se sentir principalmente a partir da hora de almoço até à noite, muitos dos inquiridos referiam que desde as 16 horas até a noite o cheiro se torna muito mais intenso. Sabendo que Chaperó se situa a Sul-Sudoeste da CTR e que, como já visto os ventos que de manhã são mais calmos e tem uma direção preferencialmente para Norte, durante o decorrer do dia começam a migrar para Sudoeste, atingindo na parte da tarde e da noite velocidades superiores e direção bem clara para Sudoeste. Isto será a explicação para a alteração da sensação de odor pela população a partir da hora de almoço até à noite. A minha pesquisa foi realizada na parte da manhã (10h-13h), logo à exceção de pontos pontuais não foi identificado mau cheiro no ar, apesar de no decorrer do dia se verificar alguma alteração no cheiro, sendo mesmo no final da pesquisa (13h) identificado algum cheiro incômodo com maior frequência. É de ver que das pessoas que não vivem em Chaperó e que apenas trabalham aqui (período da manhã e da tarde), se de manhã identificam o cheiro com pouca frequência, da parte da tarde todas as inquiridas dizem que sentem mau cheiro.

Quanto à caracterização do odor também temos alguns resultados interessantes, apesar da definição do odor ser bem subjetivo e ser um aspecto que varia de pessoa para pessoa e que muitas vezes é mesmo difícil de relacionar com algum cheiro do dia-a-dia. Mesmo assim vemos que a maioria das pessoas identifica no ar um odor azedo e um odor característico de ovos podres, que como já referido na bibliografia estão intimamente relacionados respetivamente com os compostos odoríferos  $\text{NH}_3$  e  $\text{H}_2\text{S}$ .

A população atribuí com mais de 90 % dos casos a origem do mau cheiro, tendo os caminhões do lixo que fazem a transferência do lixo das localidades para o lugar de depósito uma pequena percentagem de culpabilidade. Com a visita à localidade e a partir de outras informações anteriores pode-se verificar que atualmente a empresa encarregue de fazer a transferência do lixo tem melhorado as condições dos caminhões com objetivo de evitar o possível vazamento de algum material e minimizar a emissão de odores incômodos para o ambiente. As queixas que anteriormente havia relativamente ao cheiro dos caminhões, como já visto aqui pelo registo de notícias têm vindo a diminuir ao longo do tempo.

De acordo com a melhoria ou piora do ar ambiente a nível odorífero após a abertura da CTR, em Abril de 2011, inicialmente nos primeiros meses a população não identificou nenhuma alteração significativa, situação que se alterou nos meses seguintes com 100 % das pessoas a dizer que a situação do mau cheiro piorou. Isso pode ser explicado pois nos primeiros meses ainda não tinha havido tempo de decomposição dos resíduos (que como já visto na bibliografia dependendo da constituição do lixo demora sempre algum tempo). Relativamente ao registo de alguma melhoria recente no odor ambiente pode-se relacionar com a provável atuação dos responsáveis da CTR, como melhoria nas técnicas de disposição e aterramento do lixo por exemplo ou mesmo de outro ponto de vista as pessoas estarem a começar a ficar um pouco acostumadas ao cheiro (como referido na bibliografia, quanto a hedonicidade do odor).

Relativamente às medidas de mitigação propostas pelas pessoas, a plantação de árvores nas imediações do centro foi aquela que mais foi referida, apesar de também ter sido referido algum processo artificial de lavagem dos gases emitidos tanto do aterro como das piscinas de chorume. Pessoalmente vejo como uma medida de caráter imeditato que muito provavelmente diminuiria as emissões odoríferas, o cobrir as piscinas de chorume, visto que na prática cobrir o aterro, seria uma medida irrealista devido às suas grandes dimensões.

## 7 – CONCLUSÕES

Após a caracterização meteorológica do local em estudo foi concluído que este realmente tem um clima tropical semi-húmido com chuvas nos meses de Verão, um Inverno secos e as maiores temperaturas médias no Verão. Os ventos nos meses de Verão são mais calmos que os ventos nos meses de Inverno, bem como a direção do vento no Verão sofre menos variações relativamente ao Inverno. De acordo com as diferentes partes do dia, de madrugada e durante a manhã os ventos se apresentam mais calmos e com direção predominantemente para Norte e com o decorrer do dia se tornam progressivamente mais agitados e começam a se orientar gradativamente para Sudoeste até ao final do dia.

Relativamente às concentrações de  $H_2S$ , os valores têm uma grande variância para os diferentes meses do ano. Isto pode ser explicado principalmente nas condições meteorológicas com maior peso da direção e velocidade do vento, bem como da precipitação. A alteração na direção provoca uma dispersão dos compostos no ar para uma maior área, diminuindo assim a concentração destes no ar, bem como a velocidade que influencia também a dispersão dos poluentes, maiores velocidades estão relacionadas a menores concentrações de compostos no ar. Por outro lado a velocidade faz com que os compostos atinjam lugares mais distantes da fonte de emissão. Já a precipitação esta relaciona com a diminuição desta concentração no ar, pois ela provoca a “lavagem” dos gases.

Relacionando os resultados das concentrações, das condições meteorológica e da pesquisa de vizinhança pode-se concluir que o vento é o aspecto meteorológico que mais afeta a distribuição das concentrações dos compostos odoríferos no ar ambiente, bem como dos incômodos à população circunvizinha. Ve-se uma excelente relação entre a direção e a velocidade do vento com os meses e épocas do dia mais críticos relativamente ao odor.

Um aspecto a ter em conta relativamente ao estudo das emissões odoríferas é a distância das diferentes localidades à CTR, obviamente quanto mais longe menor impacto terão os odores provenientes do centro de tratamento de resíduos, isso pode ser provado pois na zona urbana de Seropédica (a Nordeste da CTR) que fica a cerca de 10

km da CTR não há qualquer incômodo do mau odor, enquanto na zona urbana de Chaperó (a Sul-Sudoeste da CTR) que dista aproximadamente 2 km da CTR a população em geral reclama do mau cheiro. As épocas do dia em que as pessoas se queixam mais é principalmente a partir do almoço, aumentando os problemas com o decorrer do dia. Isto é devido tanto ao aumento da velocidade do vento que provoca a migração dos compostos para mais longe, como da direção do vento que progressivamente durante o dia migra de Norte para Sudoeste. Outro fator também a ter em conta é a idade do lixo, pois a decomposição dos RSU não é imediata e só emite odores passado algum tempo (de vários dias a alguns meses dependendo da constituição do lixo), por isso nos primeiros tempos depois da abertura da CTR as pessoas não sentiam incômodo, o que foi alterado nos meses seguintes com um grande número de queixas.

A concentração média do monitoramento do H<sub>2</sub>S realizada para os 2 pontos em quase todos os meses ultrapassa os limites de detecção de odor, mas em quase nenhum é maior que o limite para a proteção da saúde humana. Há que ter em conta aqui que os resultados do monitoramento vêm em concentração média, o que faz com que esses limites possam ter sido excedidos em algumas situações momentâneas.

Algumas medidas de mitigação podem ser propostas para uma possível diminuição do impacto das emissões odoríferas na população vizinha como por exemplo: a plantação de árvores nas imediações do centro e em toda a região, a melhoria e maior periodicidade do aterramento do lixo, a lavagem dos gases odoríferos expulsos da CTR, um tratamento mais eficaz do lixo e a libertação de químicos para a atmosfera que diminuíssem o potencial odorífero dos compostos presentes no ar.

Os dias potencialmente mais preocupantes quanto à presença no ar de um mau cheiro são aqueles em que se verifica: vento mais forte, ausência de precipitação e temperaturas mais elevadas.

O monitoramento juntamente com o estudo das condições meteorológicas é muito importante para determinar os possíveis problemas resultantes das emissões odoríferas provenientes das CTRs. Foi detetada uma bastante boa correlação entre o

monitoramento do H<sub>2</sub>S, as condições meteorológicas para cada mês e para cada altura do dia e os incômodos da população circunvizinha à CTR.

Pode-se então concluir que apesar de ser um bom indicador, o monitoramento, muitas vezes, por si só, sem o estudo das condições meteorológicas ou do registro dos incômodos das pessoas vizinhas pode não ser suficiente para avaliar a perturbação por odores nos arredores da CTR, embora haja uma conformidade entre os picos de concentração de compostos odoríferos e as queixas da população.



## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRELPE - Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais, *Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil* (2010), São Paulo, (SP), Brasil. Disponível em: <<http://pt.scribd.com/doc/55290624/Panorama2010>>. Acesso em 14/05/13.

ABRELPE - Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais, *Atlas Brasileiro de emissões de GEE e Potencial Energético na Destinação De Resíduos sólidos*, São Paulo, (SP), Brasil, 2013

ABUSHAMMALA, Mohammed F, M. BASRI, Noor, KADHUM, Abdul, *Review on Landfill Gas Emission to the Atmosphere*, Selangor, Malaysia, 2009.

Agência Brasil, *Moradores da região metropolitana do Rio denunciam problemas de saúde pública causados por novo aterro sanitário*, Brasília, DF, 17/02/13. Disponível em: < <http://agenciabrasil.ebc.com.br/noticia/2013-02-17/moradores-da-regiao-metropolitana-do-rio-denunciam-problemas-de-saude-publica-causados-por-novo-aterr>>. Acesso em : 03/08/13

ALERJ (Assembleia legislativa do Rio de Janeiro), *Aterro de Seropédica terá Estação de Tratamento de Chorume em 2014*, Rio de Janeiro, RJ, Maio de 2013. Disponível em: <[http://www.alerj.rj.gov.br/common/noticia\\_corpo.asp?num=44613](http://www.alerj.rj.gov.br/common/noticia_corpo.asp?num=44613)>. Acesso em 08/08/13

ANTUNES, Paulo de Bessa, *Direito ambiental.*, Rio de Janeiro: Lumen Juris. 1999. Disponível em <<http://www.lexml.gov.br/urn:urn:lex:br:redede.virtual.bibliotecas:livro:1998;000191770>>. Acesso em : 09-07-2013.

BALBINOT, Anderson, *Poluição Olfativa – Composição, Mensuração e Técnicas de Tratamento de Efluentes com Potencial Odorífero*, tese de B.Sc., UFRGS/DEQUI, Porto Alegre, RS, 2010. Disponível em:< <http://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/35184/000792957.pdf?sequence=1>>. Acesso em: 28/04/13

Basics of Landfill Gas - Appendix A Chapter 7 of Misstep's "*Landfill Technical Guidance Manual*", 1997, Disponível em: <<http://www.mass.gov/eea/docs/dep/recycle/laws/lfgasapp.pdf>>. Acesso em : 28/03/13.

BELLO, Paola Pasqualini Gayego, *Estudo da Composição e do Potencial Energético dos gases de Aterro Sanitário e sua relação com as Fases de Degradação Anaeróbia*, Tese de M.Sc., UNESP/IGCE, São Paulo, SP, Brasil, 2010. Disponível em: <[http://prope.unesp.br/xxi\\_cic/99\\_32385193876.pdf](http://prope.unesp.br/xxi_cic/99_32385193876.pdf)> Acesso em: 17/05/13.

Blog da Prefeitura de Seropédica, Secretaria Municipal de Ambiente e Agronegócio, Secretaria de Ambiente Autua Caminhões de Lixo da CTR Santa Rosa, 09/07/13. Disponível em: <<http://ambienteseropedica.blogspot.com.br/2013/07/secretaria-de-ambiente-autua-caminhoes.html>>. Acesso em: 15/08/13

CAMPOS, Priscila, *Avaliação do Tratamento de H<sub>2</sub>S através de Fotocatálise*., Tese de M.Sc., UFSC/CTC Florianópolis, SC, Brasil, 2009.

CARMO Jr, G. N. R., *Otimização e Aplicação de Metodologias Para Análises Olfatométricas Integradas ao Saneamento Ambiental*. Tese de D.Sc., UFSC/CTC, Florianópolis, SC, Brasil, 2005.

CASTAGNARI, Eduardo et al, *Panorama dos resíduos sólidos no Brasil*, São Paulo, Brasil 2010

CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental , OPERAÇÃO INVERNO – 2012 - QUALIDADE DO AR, São Paulo, SP, Brasil, 2013 Disponível em : < <http://www.cetesb.sp.gov.br/>>. Acesso em: 05/06/13.

CERNUSCHI, S., GIUGLIANO, M., *Emission and dispersion of landfill and till gas*, In: CHRISTENSEN, TH, COSSU, R, STEGMANN, R, *Landfilling of waste*. Biogas E & FN Spon, London, 2006 pp 214-233.

Cidade Olímpica, Jornal de Notícias, *Rio inaugura nova fase no tratamento de lixo*, Rio de Janeiro, 12/05/12. Disponível em: <http://www.cidadeolimpica.com.br/noticias/meio-ambiente-rio-inaugura-uma-nova-fase-no-tratamento-de-lixo/>. Acesso em: 13/08/13

COLLART, C. LEBRUN, V, *Air Monitoring Around Msw Sanitary Landfills in Wallonia: Feedback of 10 Years Field Surveys*, Liège, Bélgica, 2008.

CIOCCARI, Carmen, SAMPAIO, Ediane , CIOCCARI, Gabrielle et al, *Impactos ambientais: a lei e as ONGS que protegem o meio Ambiente*, Santa Maria, RS, Brasil, 2011

CLARK, Paula, Odor – *General discussion and Issue*. In: Report on Odor and Gas Management at Solid Waste Facilities. Maine Department of Environmental Protection, Augusta, Maine, 2009. Disponível em: < <http://www.maine.gov/tools/whatsnew/attach.php?id=365214&an=1>>. Acesso em : 03/04/13.

EIA, Estudo de Impacto Ambiental, Central de Tratamento e Disposição Final de Resíduos Santa Rosa – Seropédica, Rio de Janeiro, RJ, 2007.

FEEMA, *Relatório Anual de Qualidade do Ar – 2009*. Disponível : <[http://www.inea.rj.gov.br/downloads/relatorios/qualidade\\_ar\\_2009.pdf](http://www.inea.rj.gov.br/downloads/relatorios/qualidade_ar_2009.pdf)>. Acesso em : 22/07/13.

FELIPETTO, Adriana, CTR Nova Iguaçu II, Rio de Janeiro, Brasil, 2008

FILHO, João Baptista , *Poluição do Ar - Aspectos Técnicos e Econômicos do Meio Ambiente*, São Paulo, Brasil , 1989. Disponível em : [http://www.consultoriaambiental.com.br/artigos/poluicao\\_do\\_ar.pdf](http://www.consultoriaambiental.com.br/artigos/poluicao_do_ar.pdf). Acesso em : 06/07/13.

FILHO, Luís, Estudo de Gases em Aterros de Resíduos Sólidos Urbanos, Rio de Janeiro, M.Sc., COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 2005. Disponível em: <[http://www.getres.ufrj.br/pdf/FILHO\\_LFB\\_05\\_t\\_M\\_int.pdf](http://www.getres.ufrj.br/pdf/FILHO_LFB_05_t_M_int.pdf)>. Acesso em: 24/04/13

GOSTELOW, P., PARSONS, S. A. STUETZ, R. M., Odour Measurements for sewage treatment works, Cranfield, 579-597, UK, 2001. Disponível em : < <http://www.iwaponline.com/wst/04106/wst041060033.htm>>. Acesso em : 15/05/13

G1, Portal de Notícias da Globo, Jornal Atual, *Lixo do Rio em Seropédica divide opiniões*, Rio de Janeiro, RJ, 16/04/2012. Disponível em: <<http://g1.globo.com/rio-de-janeiro/rio-mais-limpo/noticia/2012/04/lixo-do-rio-em-seropedica-divideopinioes.html>>  
Acesso: 06/08/13

Globo TV, Rede Globo, *Central de tratamento do Lixo é multado pelo Instituto Estadual do Ambiente*, Rio de Janeiro, RJ, 22/02/2013. Disponível em: <<http://globo.com/rede-globo/rjtv-2a-edicao/t/edicoes/v/central-de-tratamento-do-lixo-e-multado-pelo-instituto-estadual-do-ambiente/2422428/>>. Acesso em: 05/08/13.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2010

INMET – Instituto Nacional de Meteorologia. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep>>.

JACOBI, Pedro Roberto; BESEN, Gina Rizpah, *Gestão de resíduos sólidos em São Paulo: desafios da sustentabilidade*, São Paulo, SP, Brasil, 2011. Disponível em : <[http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0103-40142011000100010&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0103-40142011000100010&script=sci_arttext)>.  
Acesso em : 13/05/13

Jornal Atual, *Novos ônus da polêmica CTR Santa Rosa*, Itaguaí, RJ, 21/02/13. Disponível em: <<http://jornalatual.com.br/portal/?p=39309>>. Acesso em 06/08/13

Jornal Atual, *Ciclus anuncia construção de estação de tratamento de chorume*, Itaguaí, RJ, 26/06/13. Disponível em: <<http://jornalatual.com.br/portal/?p=49967>>. Acesso em 08/08/13

Jus Brasil, Legislação, Legislação brasileira atualizada diariamente e de graça. Disponível em: <<http://www.jusbrasil.com.br/legislacao/>>. Acesso em 27/04/13

LACEY, R., ULLMAN, J. L., MUKHTAR, S., et al., A Review of Literature Concerning Odors, Ammonia, and Dust from Broiler Production Facilities: 1. Odor

Concentrations and Emissions, Texas, USA 2004. Disponível em : <[http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:3BVGRSGU1HcJ:www.researchgate.net/publication/228686182\\_A\\_review\\_of\\_literature\\_concerning\\_odors\\_ammonia\\_and\\_dust\\_from\\_broiler\\_production\\_facilities\\_4.\\_Remedial\\_management\\_practices/file/d912f51082f975eddc.pdf+&cd=3&hl=pt-PT&ct=clnk.](http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:3BVGRSGU1HcJ:www.researchgate.net/publication/228686182_A_review_of_literature_concerning_odors_ammonia_and_dust_from_broiler_production_facilities_4._Remedial_management_practices/file/d912f51082f975eddc.pdf+&cd=3&hl=pt-PT&ct=clnk.)>. Acesso em : 15/06/13

LILIAMTIS, T. B.; MANCUSO, P. C. S. A geração de maus cheiros na rede coletora de esgotos do município de Pereira Barreto: um problema de saúde pública. *Revista Saúde e Sociedade*. v.12, nº 2 , 2003.

LISBOA, Henrique de Melo, PAGE, Thierry, GUY, Christophe, *Gestão de odores: fundamentos do Nariz Eletrônico*, Florianópolis, SC, Brasil, 2009. Disponível em : <<http://www.scielo.br/pdf/esa/v14n1/v14n1a02.pdf>>. Acesso em : 09-07-2013

LISBOA, Henrique, *Controlo da Poluição Atmosférica* , Cap. VIII – *Meteorologia e Dispersão Atmosférica*, Montreal, Canadá, 2007. Disponível em : <<http://www.lcqar.ufsc.br/adm/aula/Cap%208%20Dispersao%20atmosferica.pdf>>. Acesso em 31/05/13.

LIMA, Maurício, “Um bebê é igual a 25 toneladas de lixo”, *VEJA*, v.1587, pag. 23-26, Mar, 1999.

MAIA, Luiz, SALES, José, Rio de Janeiro, Brasil, 2009. *Indicadores de Qualidade do Ar na Cidade do Rio de Janeiro a partir de diferentes Métodos de Monitoramento*: Disponível em <<http://www.cbmet.com/cbm-files/13-5ef025897734f6a8d64cfbaeb8f6d50b.pdf>> Acesso em 20/06/1

MAINIER, Fernando; VIOLA, Eliana, *O Sulfeto de Hidrogênio (H<sub>2</sub>S) e o Meio Ambiente*, Universidade Federal Fluminense, Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 2005. Disponível em : < [http://www.aedb.br/seget/artigos05/261\\_H2S.pdf](http://www.aedb.br/seget/artigos05/261_H2S.pdf)>. Acesso em : 27/03/13

MAINIER, F. B., SANDRES, G. C., MAIOR TAVARES, S. S. *Corrosão por*

*sulfeto de hidrogênio (H<sub>2</sub>S) e suas implicações no meio ambiente e na segurança industrial*. 8º Congresso Iberoamericano de Engenharia Mecânica. Cuzco, Peru, 2007. Disponível em : <http://congreso.pucp.edu.pe/cibim8/pdf/15/15-37.pdf>. Acesso em : 17/05/13

Jornal Atual, Ciclus compromete-se a apurar o que causa reclamações de moradores , 24/06/13. Disponível em: < <http://jornalactual.com.br/portal/?p=52767>>. Acesso em 08/08/13

MAINIER, F. B. e ROCHA, A. A. H<sub>2</sub>S: Novas rotas de remoção química e recuperação de enxofre. 2º Congresso Brasileiro de P&D em Petróleo & Gás. Rio de Janeiro-RJ, 2003. Disponível em : < <http://www.portalabpg.org.br/PDPetro/2/6074.pdf>>. Acesso em : 17/05/13

MARIANO, Glauber Lopes, MOURA, Marcos Antônio Lima , QUERINO, Carlos Alexandre dos Santos et al, *Comparação da Dispersão do Poluentes H<sub>2</sub>S e NH<sub>3</sub> do Lixão de Maceió – Al Simulada pelo Modelo Hysplit e por um Modelo Gaussiano – Estudo de Caso*, Universidade Federal de Alagoas (UFAL), Maceió, Al, Brasil, 2006 Disponível em : <<http://mtc-m17.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/mtc-m17%4080/2006/12.19.18.28/doc/Mariano.Compara%e7%e3o.pdf>>. Acesso em: 17/05/13.

McBEAN, E.A., ROVERS, F.A., FARQUHAR, G.J. Solid Waste Landfill Engineennig and Design Prentice Hall PTR, USA, 1995

MORAES, Hugo Tomás., BERNAUD Burnett, J. A., BARRETO Ornelas et al., *Fontes de Odores nas Estações de Tratamento de Esgoto do DF*. XXVII Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental. Porto Alegre, RS, 2000. Disponível em : < <http://www.bvsde.paho.org/bvsaidis/impactos/vi-002.pdf>>. Acesso em : 10/04/13.

MUNIZ, Ana, *Investigação do Limite de Percepção Olfativa por Olfatometria e por Cromatografia Gasosa-Espectrometria de Massa*, Tese de D.Sc., UFSC/CTC, Florianópolis, SC, 2007. Disponível em: <<http://www.lcqr.ufsc.br/site/>>

data/\_uploaded/file / Teses%20de%20Doutorado/Tese\_ACS%20Muniz.pdf>. Acesso em : 25/05/13

OLIVEIRA, Adriana S., ALVES, Eagles M., CAMPOS, Vânia P. et al, *Emissões fugitivas de compostos inorgânicos odoríferos (H<sub>2</sub>S e NH<sub>3</sub>) de uma lagoa de armazenamento de chorume em aterro sanitário*. 28a Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Química, Salvador, BA, 2005. Disponível em:<<http://sec.sbq.org.br/cdrom/30ra/resumos/T1099-2.pdf>>. Acesso em : 27-07.13

Portal Brasil, Meio Ambiente – Gestão do Lixo, Disponível em : <<http://www.brasil.gov.br/sobre/meio-ambiente/gestao-do-lixo>>. Acesso em : 25/08/13

PORTELA, R., SANCHEZ, B., CORONADO, J. M., CANDAL, R et al., *Selection of TiO<sub>2</sub>-support: UV-transparent alternatives and long-term use limitations for H<sub>2</sub>S removal*, pag. 223-230, Madrid, Spain, 2007. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0920586107005007>>. Acesso em: 15/07/13.

SOUZA, Rafaela, Migração de Poluentes Inorgânicos em Liners Compostos, Tese de M.Sc., USP/EESC, São Carlos, SP, 2009. Disponível em: <http://www.eesc.usp.br/ppgsgs/dissertes/rafaelafaciola.pdf>>. Acesso em: 25/05/13

Revista 1+, *CTR de Seropédica terá estação de tratamento de chorume em 2013*, Rio de Janeiro, RJ, 01/06/2013. Disponível em : <<http://revistaimais.com.br/noticias/2013/06/01/ctr-de-seropedica-tera-estacao-de-tratamento-de-chorume-em-2013.html>>. Acesso em : 08/08/13

Revista Veja, *Um bebê = 25 toneladas de lixo*, Maurício Lima, São Paulo, SP, 17/03/1999. Disponível em: <[http://veja.abril.com.br/170399/p\\_060.html](http://veja.abril.com.br/170399/p_060.html)>. Acesso em: <10/04/13>

RIMA, Relatório de Impacto Ambiental, Central de Tratamento de Resíduos Santa Rosa, Seropédica, RJ, 2007

ROCHA, Gisele, Condições Eletroresistivimétricas do Embasamento Cristalino e dos Sedimentos da Formação Piranema, na Região de Santa Rosa, Município de Seropédica, Rio de Janeiro, RJ, 2011. Disponível em : < <http://r1.ufrj.br/degeo/index.php?s=33>>. Acesso em : 05/05/13.

SALDANHA, Claudinéia, ALVES, Rita, Utilização de imagens de satélite e modelagem numérica para determinação de dias favoráveis a dispersão de poluentes, Goiânia, Brasil, 2005. Disponível em : < <http://mar.tepedi.inpe.br/col/ltid.inpe.br/sbsr/2004/11.17.14.16/doc/3301.pdf>>. Acesso em : 20/06/13

SANDRES, Gisele C. MAINIER, Fernando B., Sistema de Gestão integrado Interno Contra Vazamentos Acidentais de Sulfeto de Hidrogênio (H<sub>2</sub>S) em Refinarias de Petróleo, Universidade Federal Fluminense (UFF) , Niterói, Brasil , 2009. Disponível em:<[http://www.excelenciaemgestao.org/Portals/2/documents/cneg5/anais/T8\\_0156\\_0854.pdf](http://www.excelenciaemgestao.org/Portals/2/documents/cneg5/anais/T8_0156_0854.pdf)>. Acesso em : 10/06/13.

SCHIRMER, Waldir Nagel, LACEY, Marina Eller, LISBOA, Henrique de Melo, et al, Características, natureza e métodos de amostragem/ análise de gases odorantes emitidos em processos industriais: caso das lagoas de tratamento de efluentes, Canoas, Brasil, 2007. Disponível em : < [http://www.lcqr.ufsc.br/site/data/\\_uploaded/file/Artigos%20de%20Revistas/v2\\_03.pdf](http://www.lcqr.ufsc.br/site/data/_uploaded/file/Artigos%20de%20Revistas/v2_03.pdf)>. Acesso em : 20/05/13

SEGANTINI, Odair Luiz, Gestão de Resíduos Sólidos no Brasil: Situação e Perspectivas, Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE), São Paulo, SP, Brasil, 2009. Disponível em : [https://www.globalmethane.org/documents/events\\_land\\_20100917\\_2\\_segantini.pdf](https://www.globalmethane.org/documents/events_land_20100917_2_segantini.pdf). Acesso em : 13/05/13

SILVA, Alcione Batista, Avaliação da Produção de Odor na Estação de Tratamento de Esgoto Paranoá e seus Problemas Associados, Brasília, Bras Tese de M.Sc., Faculdade de Tecnologia da Universidade de Brasília (FT/UnB), Departamento de Engenharia Civil e Ambiental (ENC) , Brasília , (DF), Brasil, 2007.



SOARES, Liliane Gadelha da Costa; SALGUEIRO, Alexandra Amorim; GAZINEU, Maria Helena Paranhos, *Educação ambiental aplicada aos resíduos sólidos na cidade de Olinda, Pernambuco – um estudo de caso*, Centro de Ciências e Tecnologia CCT, Universidade Católica de Pernambuco (UNICAP), Recife, Pernambuco, PE, Brasil, 2007. Disponível em : <[http://www.unicap.br/revistas/revista\\_e/artigo5.pdf](http://www.unicap.br/revistas/revista_e/artigo5.pdf)>. Acesso em : 05/05/13

SHOUTER, D.: *A passive sampler for Hydrogen sulfide, Environmental Monitoring Assessment*, 11-23, 1995. Disponível em : <<http://libra.msra.cn/Publication/39777676/a-passive-sampler-for-hydrogen-sulfide>>

SOUZA, M. L. Avaliação de um biofiltro piloto para desodorização de compostos orgânicos voláteis de combustível, Tese de M.Sc., Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Florianópolis-SC, 2007. Disponível em : < <https://repositorio.ufsc.br/xmlui/handle/123456789/90767>>. Acesso em : 07/07/13

TCHOBANOGLIOUS, G.; THEISEN, H.; VIGIL S. *Integrated solid waste management: engineering principles and management issues*, USA, 1993.

VAN HARREVELD, Anton., *Odor regulation and the history of odor measurement in Europe*, Barcelona, Espanha, (2003). Pag 54-61 Disponível em : <[http://www.env.go.jp/en/air/odor/measure/02\\_1\\_3.pdf](http://www.env.go.jp/en/air/odor/measure/02_1_3.pdf)>. Acesso em : 10/04/13.

VAN ARREVELD, A., JONES, N., STOALING, Massessment of Community Response to Odours Emissions. In: R&D Technical Report P4-095, Environment Agency, Bristol, Reino Unido, 2001, Pag. 2-36

VIEIRA, João, *Avaliação do Impacte Ambiental da Dispersão de Composto Odoríferos*, Tese de M.Sc., Faculdade de Ciências e Tecnologia da Faculdade de Coimbra (FCTUC), Coimbra, Portugal, 2007.

VERÍSSIMO, Ed Wilson, NAHAS, Cláudio, NEHRER, Ricardo, et al., RIMA – Relatório de Impacto Ambiental, *Estudo de Impacto Ambiental Central de Tratamento e Disposição Final de Resíduos Santa Rosa - Seropédica – RJ*, Rio de Janeiro, RJ, Brasil,

2007. Disponível em : <[http://urutau.proderj.rj.gov.br/ inea\\_imagens/downloads/rima/RIMA\\_CTR\\_SantaRosa.pdf](http://urutau.proderj.rj.gov.br/inea_imagens/downloads/rima/RIMA_CTR_SantaRosa.pdf)>. Acesso em : 05/05/13.

USEPA, United States Environmental Protection Agency, USA, 2004 Disponível em: <[http://en.wikipedia.org/wiki/United\\_States\\_Environmental\\_Protection\\_Agency](http://en.wikipedia.org/wiki/United_States_Environmental_Protection_Agency)> Acesso em: 20/04/13

# Anexo I – Resultado do monitoramento de H<sub>2</sub>S dos tubos passivos para os meses: JAN-11, MAR-11, JUN-11, AGO-11, MAI-12, SET-12, MAR-13

## Measurement by Diffusive Samplers

### H<sub>2</sub>S

LEPA/UFRJ BRAZIL CTR

Period 03-01-2011 til 24-01-2011  
 Date of analysis: 04.03.11 blanc 0,015 color reagent: 04.03 4 SR 9°C ml/min 10,9

Site Code BFE	start		end		exposure		absorption brutto					concentration ug/m3			mean ug/m3	rel. SD %
	date	time	date	time	time	code	value 1	code	value 2	code	value 3	value 1	value 2	value 3		
CIEP 155	03-01-2011	14:30	24-01-2011	14:15	503,8	BFE117	0,067					1,3			1,3	
AV. DE MAIO	03-01-2011	16:00	24-01-2011	16:30	504,5	BFE149	0,038					0,6			0,6	

15-02-2011

### H<sub>2</sub>S

LEPA/UFRJ BRAZIL CTR

Period 03-06-2011 til 24-06-2011  
 Date of analysis: 08.08.11 blanc 0,011 15-06-2011 4 SR 9°C ml/min 10,9

Site Code BFE	start		end		exposure		absorption brutto					concentration ug/m3			mean ug/m3	rel. SD %
	date	time	date	time	time	code	value 1	code	value 2	code	value 3	value 1	value 2	value 3		
CIEP155	03-06-2011	09:50	24-06-2011	11:40	505,8	BFE11	0,024					0,3			0,3	
AV. DE MAJO	03-06-2011	12:00	24-06-2011	13:00	505,0	BFE12	0,038					0,7			0,7	

02-08-2011

## Measurement by Diffusive Samplers

### H<sub>2</sub>S

LEPA/UFRJ BRAZIL CTR

Period 01-03-2011 til 22-03-2011  
 Date of analysis: 06.04.11 blanc 0,011 color reagent: 04.03 4 SR 9°C ml/min 10,9

Site Code BFE	start		end		exposure		absorption brutto					concentration ug/m3			mean ug/m3	rel. SD %
	date	time	date	time	time	code	value 1	code	value 2	code	value 3	value 1	value 2	value 3		
CIEP 155	01-03-2011	15:38	22-03-2011	15:50	504,2	BFE178	0,027					0,4			0,4	
AV. DE MAIO	01-03-2011	16:50	22-03-2011	17:00	504,2	BFE179	0,055					1,1			1,1	

06-04-2011

Anexo I – Resultado do monitoramento de H<sub>2</sub>S dos tubos passivos para os meses: JAN-11, MAR-11, JUN-11, AGO-11, MAI-12, SET-12, MAR-13 (Cont.)

**Measurement by Diffusive Samplers**

**H<sub>2</sub>S**

LEPA/UFRJ BRAZIL CTR

Period 09-08-2011 til 30-08-2011

Date of analysis: 08.09.11 blanc 0,011 08-08-2011 4 SR 9°C ml/min 10,9

Site Code BFE	start		end		exposure time	code	absorption brutto			concentration ug/m3			mean ug/m3	rel. SD %	
	date	time	date	time			value 1	code	value 2	code	value 3	value 1			value 2
CIEP155	09-08-2011	16:30	30-08-2011	16:58	504,5	BFE13	0,106				2,6			2,6	
AV. DE MAIO	09-08-2011	17:20	30-08-2011	18:00	504,7	BFE14	0,114				2,8			2,8	

08-09-2011

**Measurement by Diffusive Samplers**

**H<sub>2</sub>S**

LEPA/UFRJ Brazil, Rio de Janeiro

Period ##### til 30.5.12

Date of analysis: 21.06.12 blanc 0,020 color reagent 235.0 4 SR 9°C ml/min 10,9

Site Code BFE	start		end		exposure time	code	absorption brutto			concentration ug/m3			mean ug/m3	rel. SD %	
	date	time	date	time			value 1	code	value 2	code	value 3	value 1			value 2
CIEP 155 - NELSON ANTELO ROMAR - SEROPÉDICA	#####	08:10	#####	08:45	504,6	BFE 11	0,073				1,4			1,4	
AV. 1º DE MAIO	#####	15:15	#####	14:50	503,6	BFE 12	0,098				2,0			2,0	

date of arrival ##### Detection limit 0,2 ug/m<sup>3</sup> 14 days

The values are representativ for the immediate measuring site only. Conclusions to remote points with reservation  
 These data are part of a long-term measuring serie and it is not allowed to publish partly without permission of passsam ltd.

Anexo I – Resultado do monitoramento de H2S dos tubos passivos para os meses: JAN-11, MAR-11, JUN-11, AGO-11, MAI-12, SET-12, MAR-13 (Cont.)

**Measurement by Diffusive Samplers**

**H2S**

Maja Brazil, Rio de Janeiro

Period  til

Project: CTR

Date of analysis: 15.11.12 blanc  color reagent: 15.11 4 SR 9°C ml/min 10,9

Site	start date	time	end date	time	exposure	code	value 1	absorption brutto code	value 2	code	value 3	concentration ug/m3 value 1	value 2	value 3	mean ug/m3	rel. SD %
CIEP 155 - NELSON ANTELO ROMAR - SEROPÉDICA	*****	15:45	*****	16:10	480,4	BFE 13	0,051					0,8			0,8	
AV. 1º DE MAIO	*****	16:38	*****	16:50	480,2	BFE 14	0,052					0,8			0,8	

date of arrival: \*\*\*\*\* Detection limit 0,2 ug/m<sup>3</sup> 14 days

The values are representativ for the immediate measuring site only. Conclusions to remote points with reservation  
 These data are part of a long-term measuring serie and it is not allowed to publish partly without permission of passam ltd.

**Measurement by Diffusive Samplers**

**H2S**

Maja Brazil, Rio de Janeiro

Period  til

Project: LEPA/UFRJ Brazil

Date of analysis: 25.04.2013 blanc  Color reagent: 25.04.13 4 SR 9°C ml/min 10,9

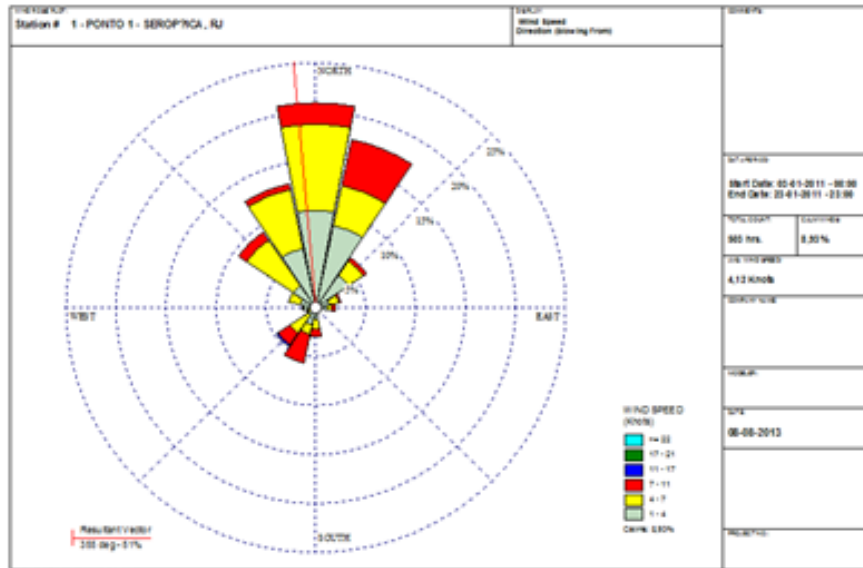
Site	start date	time	end date	time	exposure	code	value 1	absorption brutto code	value 2	code	value 3	concentration ug/m3 value 1	value 2	value 3	mean ug/m3	rel. SD %
CIEP 155 - NELSON ANTELO ROMAR - SEROPÉDICA	*****	10:30	*****	11:30	505,0	BFE 15	0,037					0,4			0,4	

Date of arrival: 18.04.2013 Detection limit 0,2 ug/m<sup>3</sup> 14 days

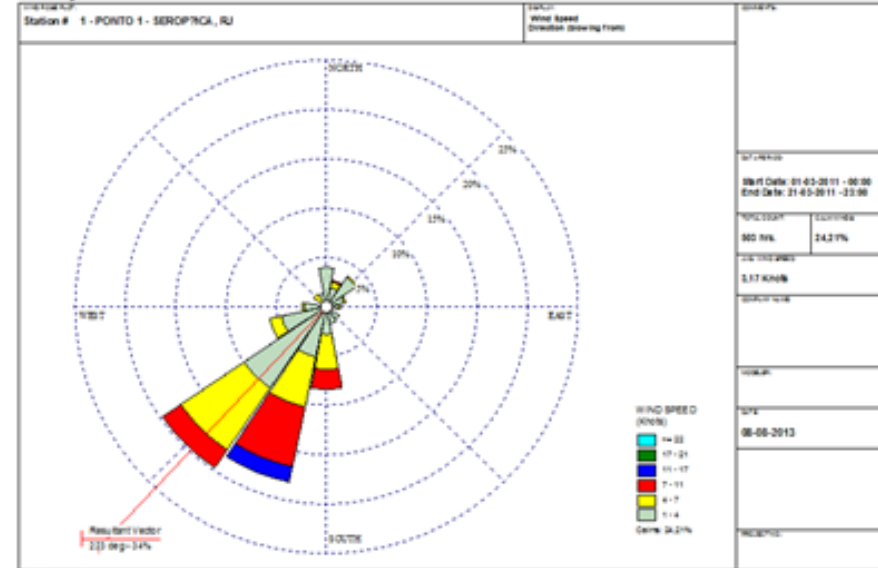
The values are representativ for the immediate measuring site only. Conclusions to remote points with reservation  
 These data are part of a long-term measuring serie and it is not allowed to publish partly without permission of passam ltd.

Anexo II – Velocidade e Direção dos Ventos para os meses de monitoramento: JAN-11, MAR-11, JUN-11, AGO-11, MAI-12, SET-12, MAR-13

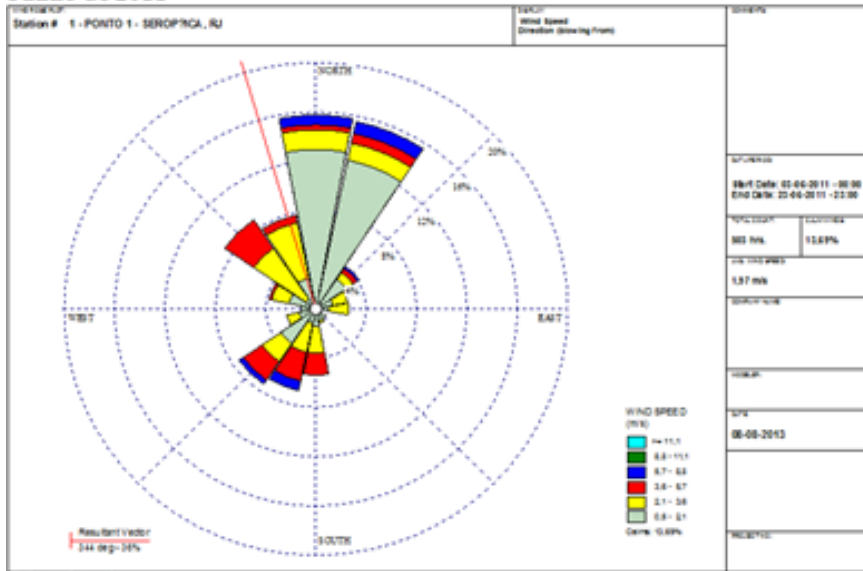
**Janeiro de 2011**



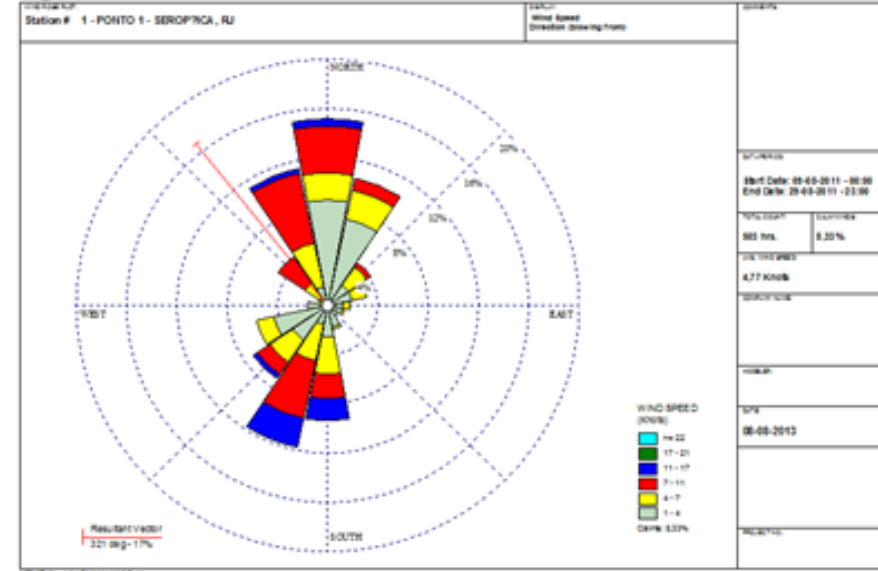
**Março de 2011**



**Junho de 2011**

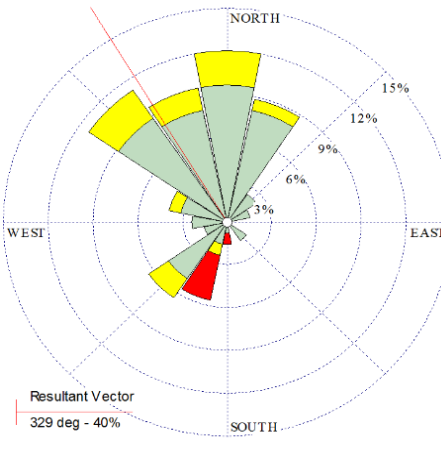
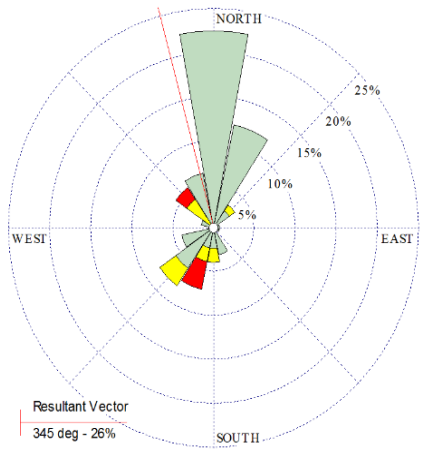
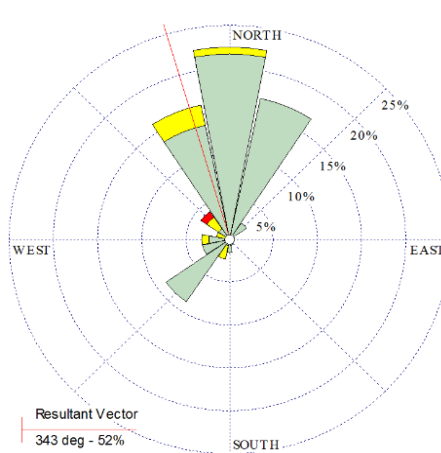
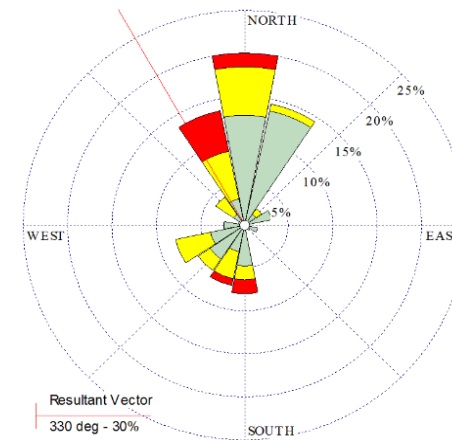
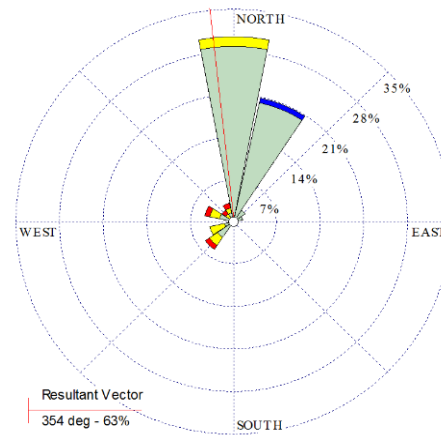
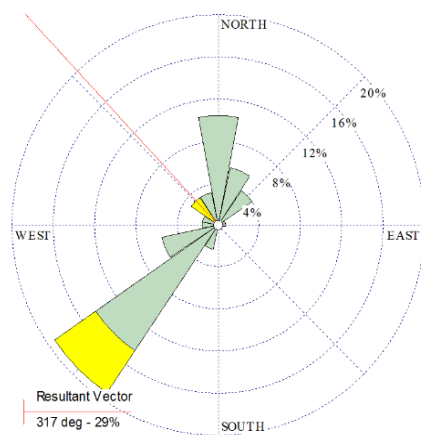
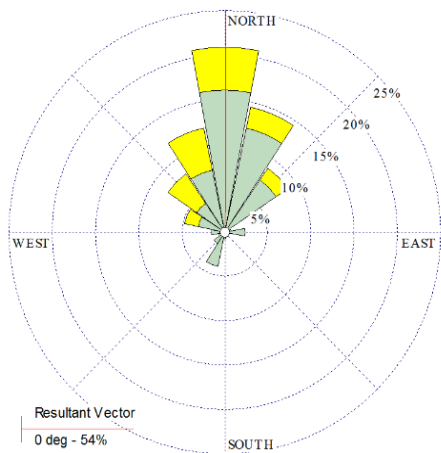


**Agosto de 2011**



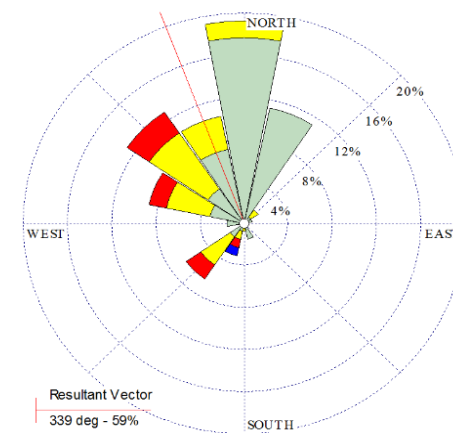
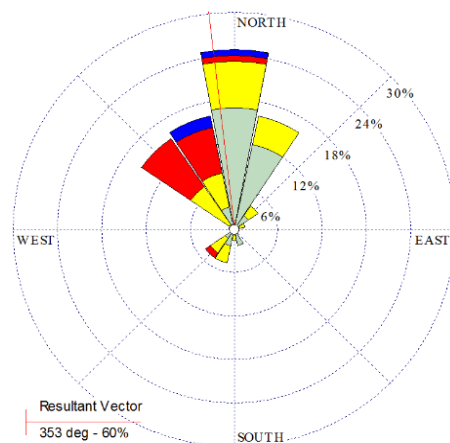
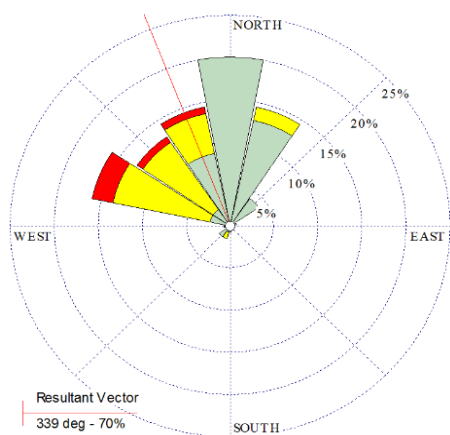
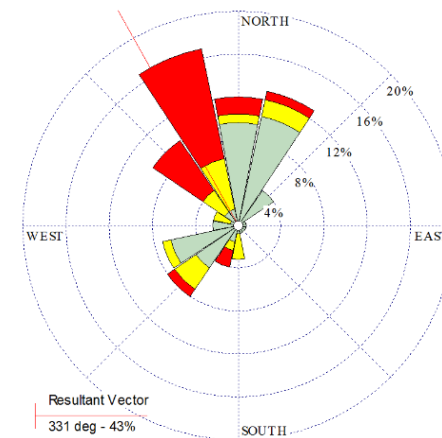
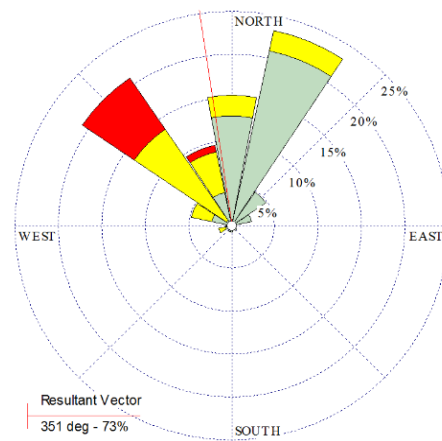
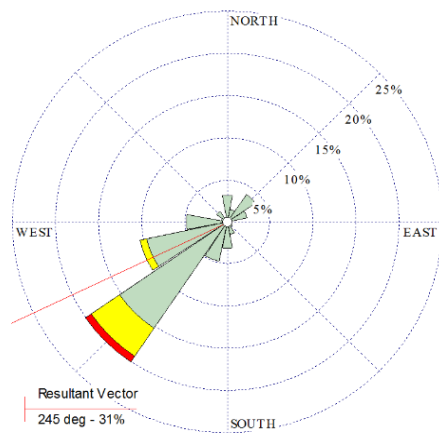
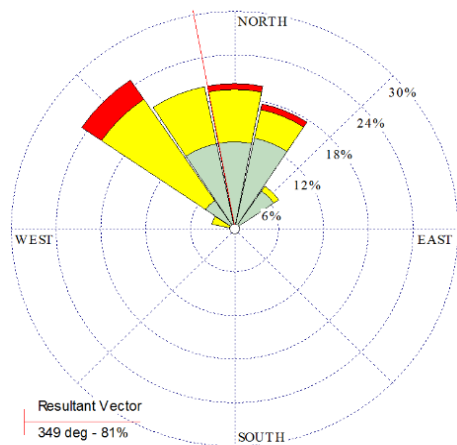


Anexo III – Direção e Velocidade do Vento na parte da madrugada (00h-06h) para cada mês de monitoramento: JAN-11, MAR-11, JUN-11, AGO-11, MAI-12, SET-12, MAR-13 (respetivamente da esquerda para a direita e de cima para baixo).

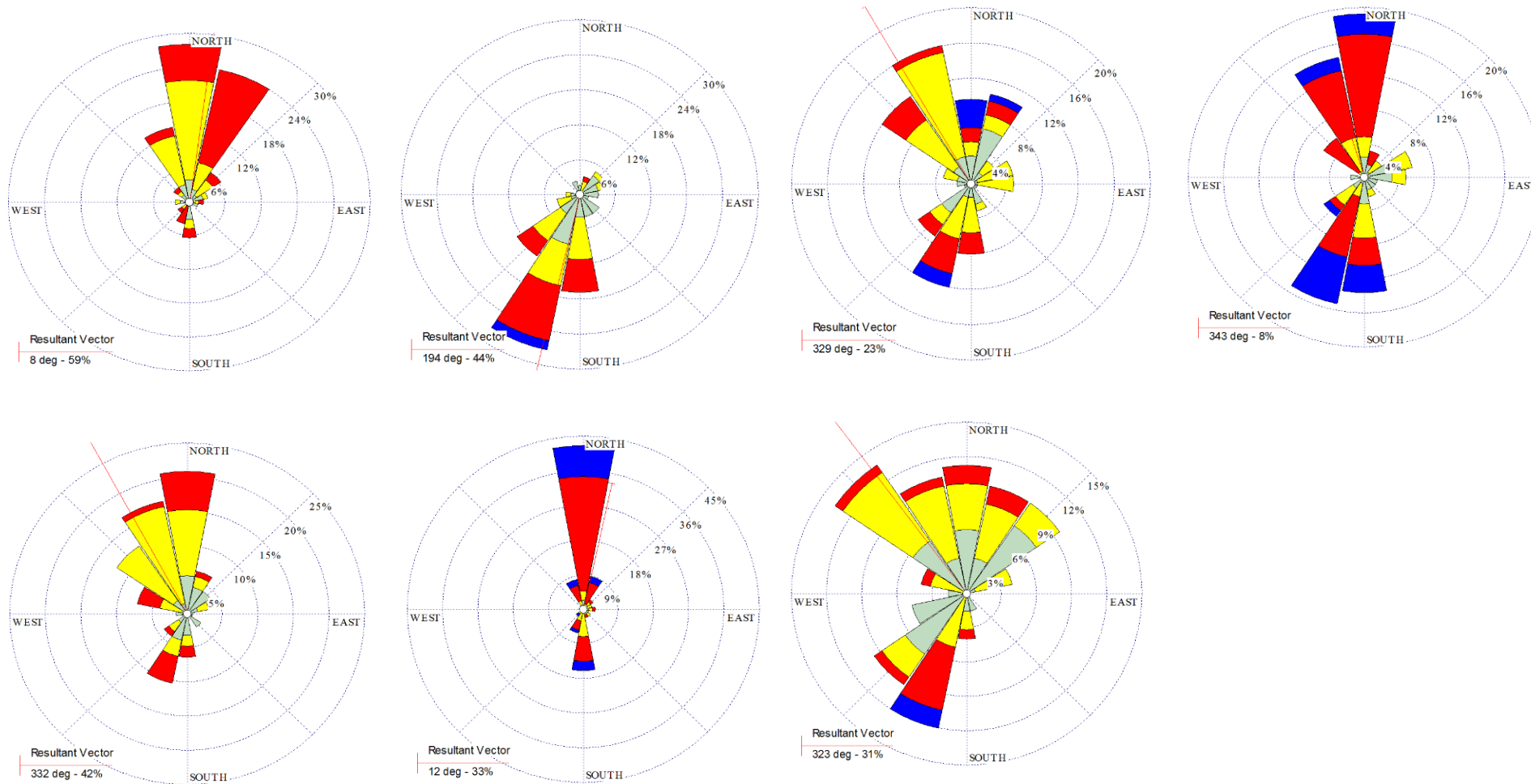




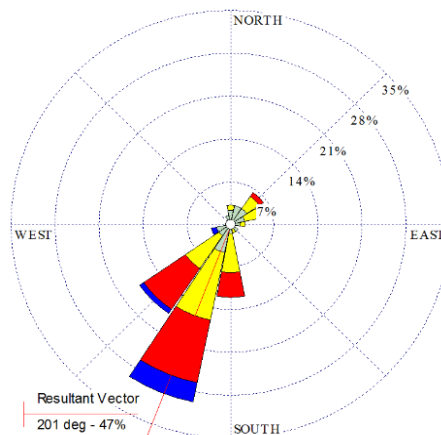
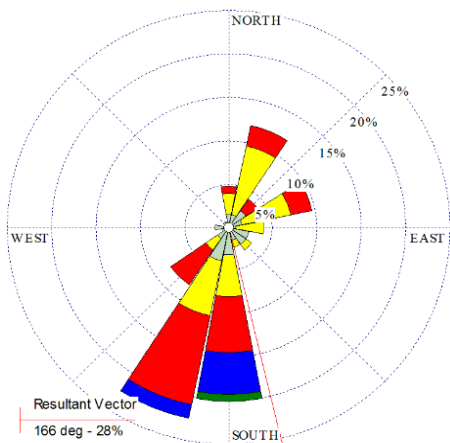
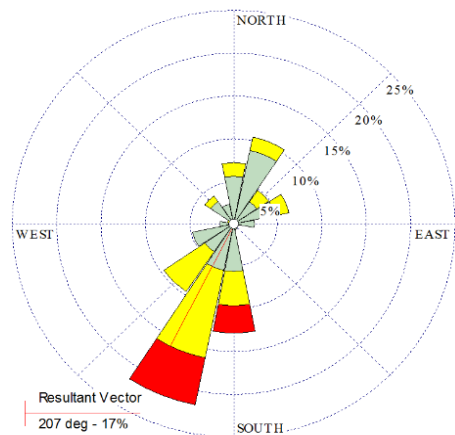
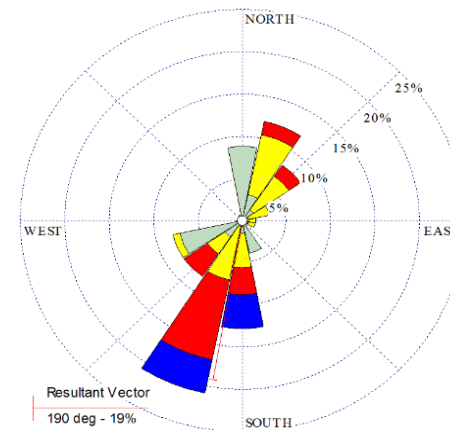
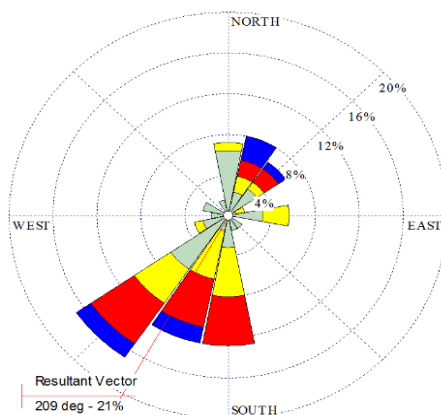
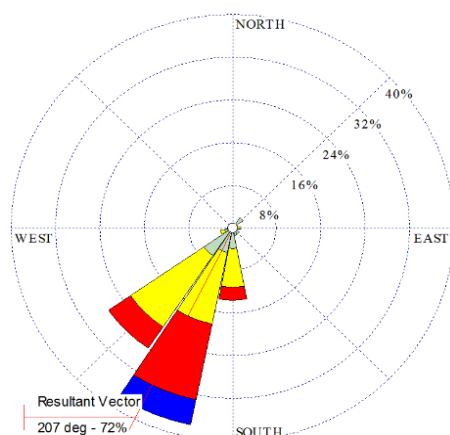
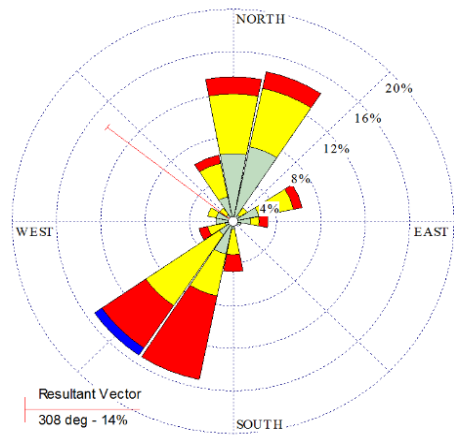
Anexo IV – Direção e Velocidade do Vento na parte da manhã (06h-12h) para cada mês de monitoramento: JAN-11, MAR-11, JUN-11, AGO-11, MAI-12, SET-12, MAR-13 (respetivamente da esquerda para a direita e de cima para baixo).



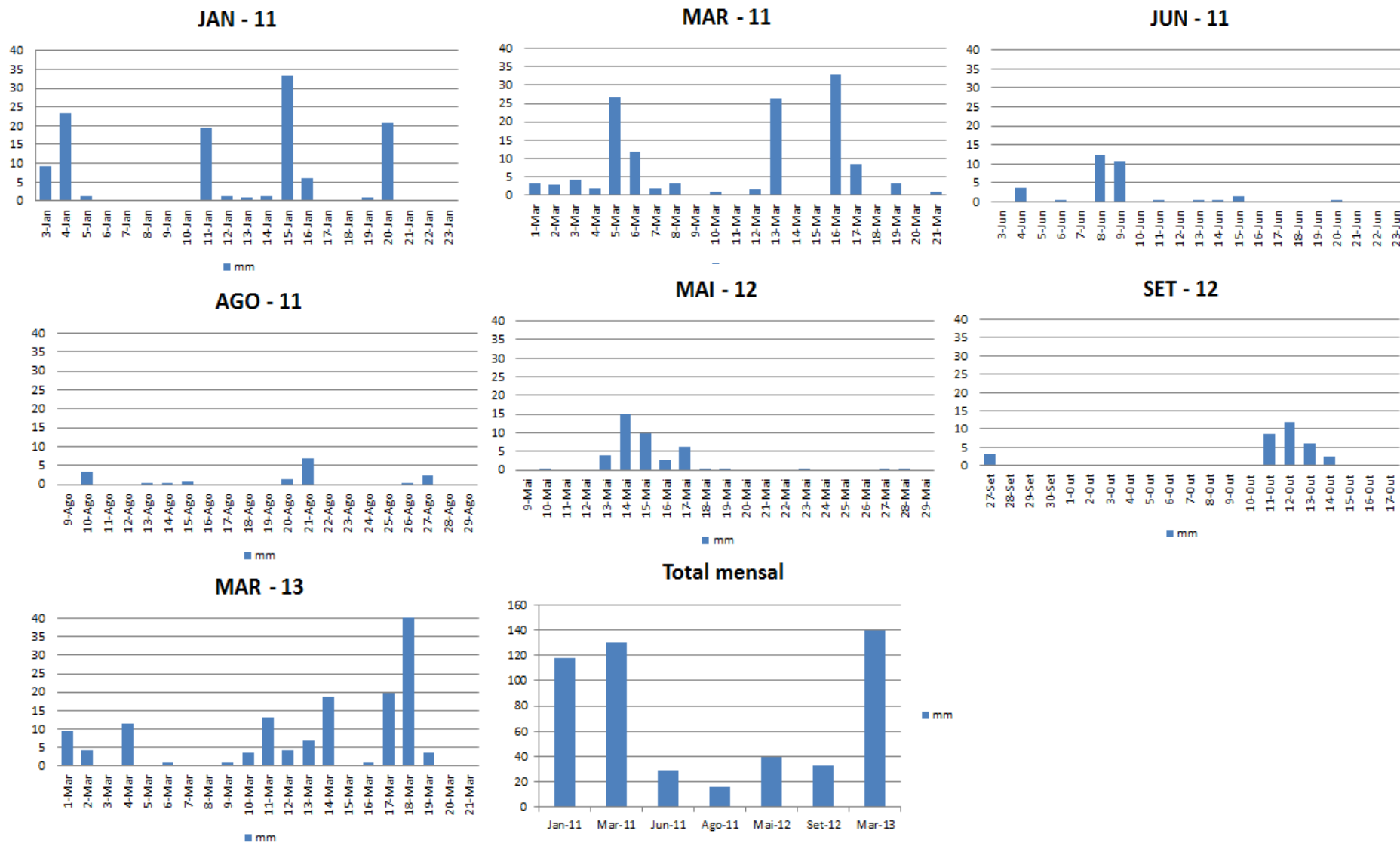
Anexo V – Direção e Velocidade do Vento na parte da tarde (12h-18h) para cada mês de monitoramento: JAN-11, MAR-11, JUN-11, AGO-11, MAI-12, SET-12, MAR-13 (respetivamente da esquerda para a direita e de cima para baixo).



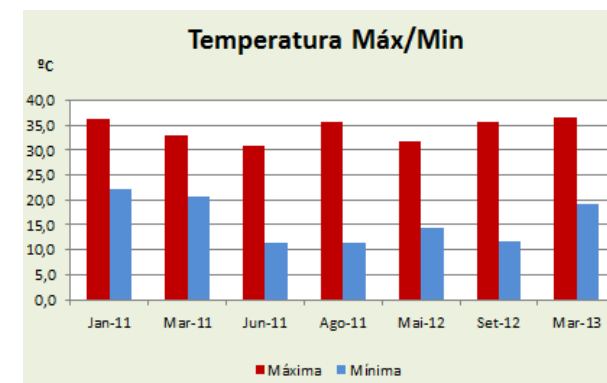
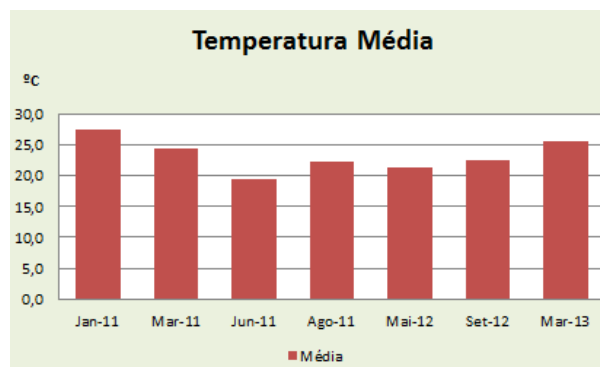
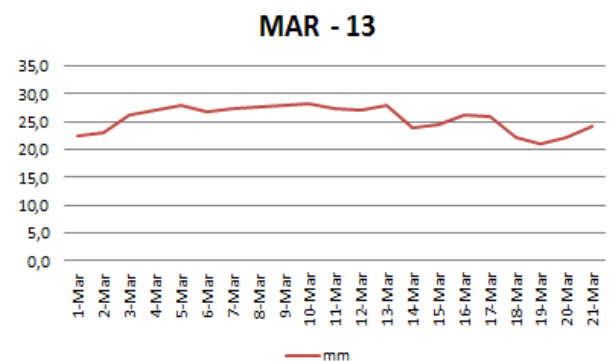
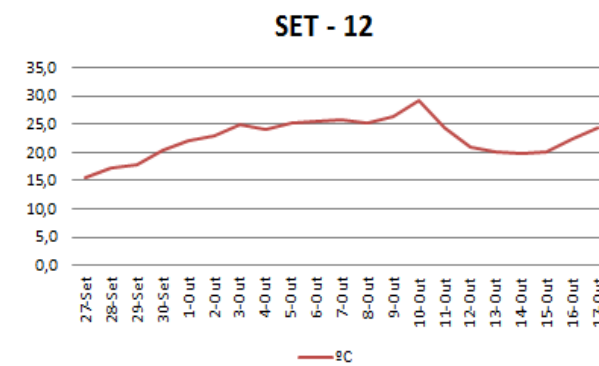
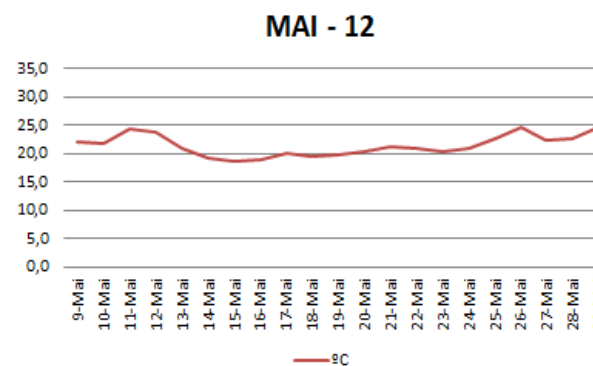
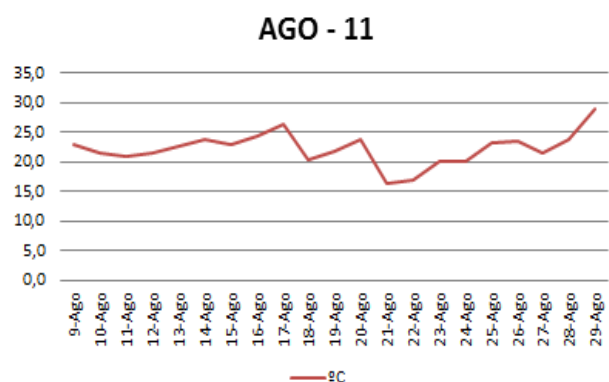
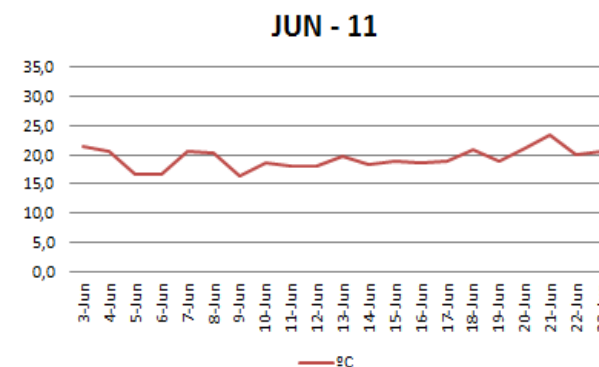
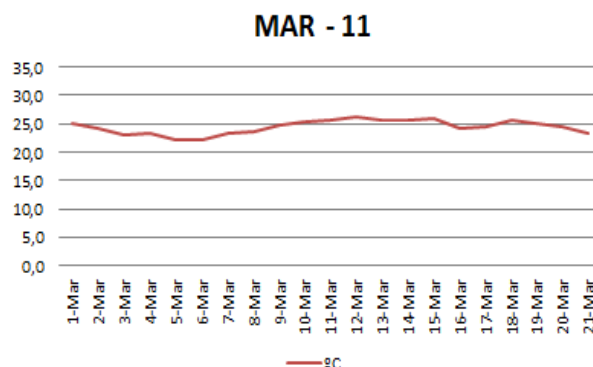
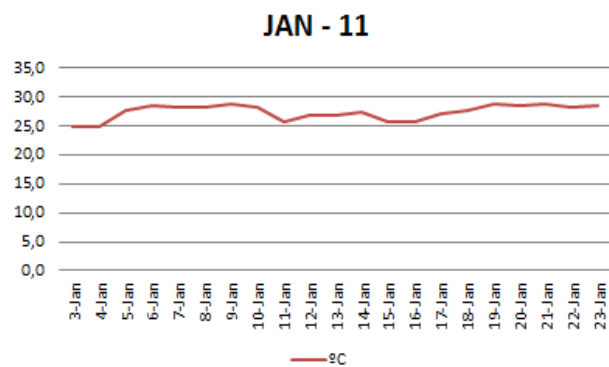
Anexo VI – Direção e Velocidade do Vento na parte da noite (18h-00h) para cada mês de monitoramento: JAN-11, MAR-11, JUN-11, AGO-11, MAI-12, SET-12, MAR-13 (respectivamente da esquerda para a direita e de cima para baixo).



Anexo VII – Precipitação e total de Precipitação mensal para cada mês de monitoramento: JAN-11, MAR-11, JUN-11, AGO-11, MAI-12, SET-12, MAR-13 (respetivamente da esquerda para a direita e de cima para baixo).



Anexo VIII – Temperatura, Temperatura Média e Temperaturas Max e Min para cada mês de monitoramento: JAN-11, MAR-11, JUN-11, AGO-11, MAI-12, SET-12, MAR-13 (respetivamente da esquerda para a direita e de cima para baixo).

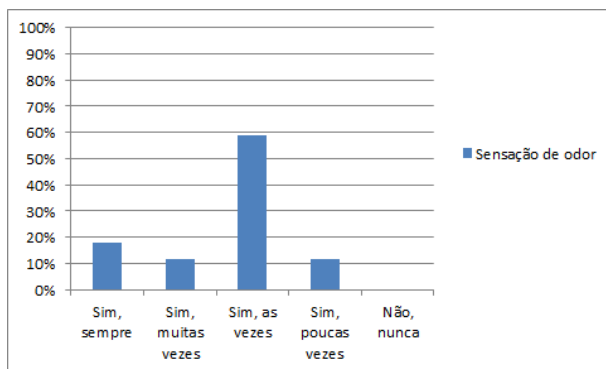


Anexo IX – Formulário da Pesquisa de Vizinhança utilizado no bairro de Chaperó no município de Itaguaí.

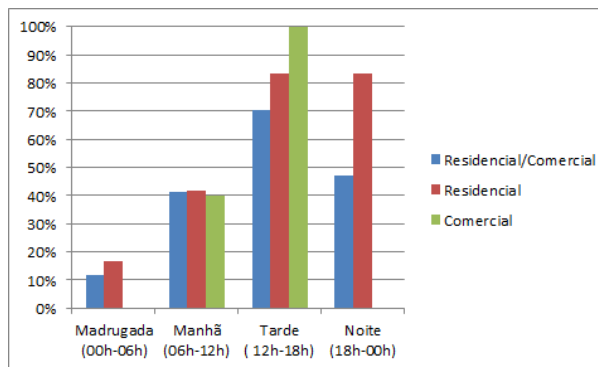
IDENTIFICAÇÃO			
NOME DA PESSOA ENTREVISTADA:		DATA	
ENDEREÇO DA PESSOA ENTREVISTADA:		HORA DA PESQUISA	
		TIPO DE IMÓVEL: ( ) RESIDENCIAL ( ) COMERCIAL	
QUESTIONÁRIO			
GERAL	TEMPO QUE RESIDE (TRABALHA) NO LOCAL	PERÍODO QUE PERMANECE NA RESIDÊNCIA (ESTABELECIMENTO) ( ) MANHÃ ( ) TARDE ( ) NOITE	
	SENTE ODOR NO AR QUE RESPIRA ? ( ) SIM, SEMPRE ( ) SIM, MUITAS VEZES ( ) SIM, ÀS VEZES ( ) SIM, POUCAS VEZES ( ) NÃO, NUNCA		
ESPECÍFICO PARA CASOS COM PERCEPÇÃO DE ODORES NO AR	PRIMEIRA VEZ QUE SENTIU ODORES INCÔMODO ( ) DESDE SEMPRE ( ) HÁ MUITO TEMPO ( ) HÁ MAIS DE UM ANO ( ) HÁ MENOS DE UM ANO ( ) RECENTEMENTE		
	DIAS DE MAIOR INCÔMODO: ( ) 2ª FEIRA ( ) 3ª FEIRA ( ) 4ª FEIRA ( ) 5ª FEIRA ( ) 6ª FEIRA ( ) SÁBADO ( ) DOMINGO ( ) TODOS OS DIAS		
	PERÍODO QUE MAIS SENTE ESTE INCÔMODO: ( ) MANHÃ (06h-12h) ( ) NOITE (18h-00h) ( ) TARDE (12h-18h) ( ) MADRUGADA (00h-06h)	HORA DE MAIOR INTENSIDADE:	
	QUAL A POSSÍVEL ORIGEM DO ODORES? ( ) CENTRAL DE TRATAMENTO DE RESÍDUOS ( ) RODOVIA ( ) CAMINHÕES DE LIXO ( ) OUTRO .....		
	ESTE ODORES PREJUDICA O SEU CONFORTO E BEM-ESTAR ? ( ) SIM ( ) NÃO	CAUSA ALGUM EFEITO SOBRE A SAÚDE DAS CRIANÇAS OU PESSOAS IDOSAS ? ( ) SIM ( ) NÃO	
	COMO IDENTIFICARIA O ODORES? ( ) ODORES AZEDOS ( ) ODORES DE OVOS PODRES ( ) ODORES DE ALIMENTOS EM DECOMPOSIÇÃO ( ) OUTRO .....		
	OPINIÕES SOBRE AS CONDIÇÕES DO AR LOCAL DURANTE A PESQUISA: ENTREVISTADO(A): ( ) AR COM ODORES ( ) AR SEM ODORES PESQUISADOR: ( ) AR COM ODORES ( ) AR SEM ODORES		
	CONDIÇÕES DO TEMPO DURANTE A PESQUISA: ( ) CÉU CLARO ( ) CÉU NUBLADO ( ) CÉU ENCOBERTO  ( ) SEM CHUVA ( ) COM CHUVA  ( ) SEM VENTO/CALMARIAS ( ) COM VENTO	CONDIÇÕES DE TRÁFEGO DA VIA DE ACESSO AO LOCAL DA PESQUISA: ( ) MUITO INTENSO ( ) INTENSO ( ) MODERADO ( ) LEVE	
	IDENTIFICAÇÃO DE VAZAMENTO DE MATERIAL OU DEPÓSITOS DE LIXO NO LOCAL DA PESQUISA ( ) MUITOS ( ) PONTUAIS ( ) NENHUM		
	PERCEPÇÃO DA PESSOA ENTREVISTADA QUANTO À ALTERAÇÃO ODORES DEPOIS DA ABERTURA DA CTR (ABRIL 11) PRIMEIRO/SEGUNDO MÊS: ( ) MELHOROU ( ) PIOROU ( ) NÃO HOUVE ALTERAÇÃO SIGNIFICATIVA MESES SEGUINTE: ( ) MELHOROU ( ) PIOROU ( ) NÃO HOUVE ALTERAÇÃO SIGNIFICATIVA ÚLTIMOS MESES ( ) MELHOROU ( ) PIOROU ( ) NÃO HOUVE ALTERAÇÃO SIGNIFICATIVA MÊS PASSADO ( ) MELHOROU ( ) PIOROU ( ) NÃO HOUVE ALTERAÇÃO SIGNIFICATIVA		
NO CASO DE IDENTIFICAÇÃO DA ALTERAÇÃO, O QUE PODERIA SER FEITO PELO RESPONSÁVEL PARA A SUA MINIMIZAÇÃO.			

ANEXO X – Gráficos dos resultados da Pesquisa de Vizinhança: (1) periodicidade da sensação do odor; (2) período do dia com maior sensação do odor; (3) caracterização do odor; (4) possível origem do odor; (5) como identificaria o odor e a percepção quanto à alteração do odor depois da abertura da CTR.

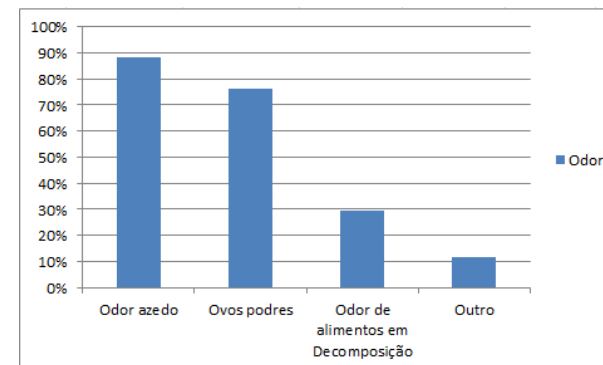
1 - PERIODICIDADE DA SENSÇÃO DE ODOR



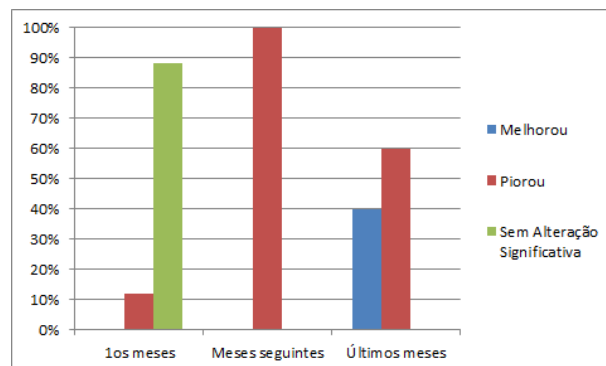
1 - PERÍODO DO DIA COM MAIOR INCÔMODO



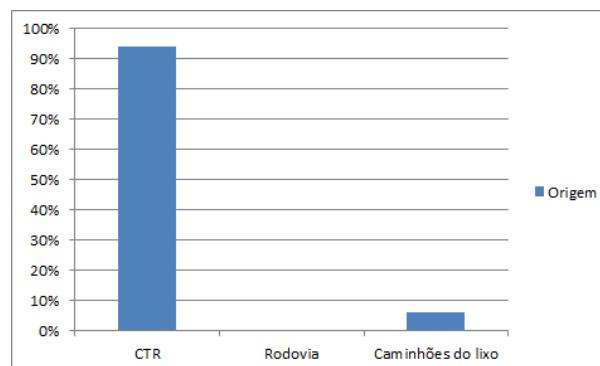
3 - CARACTERIZAÇÃO DO ODOR



2 - ODOR DEPOIS DA ABERTURA DA CTR



3 - ORIGEM DO ODOR





ANEXO XI – Localização relativa da CTR e dos pontos de monitoramento com as suas respectivas concentrações ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) para cada mês de monitoramento e a direção e velocidade do vento para os meses de monitoramento

