

**Universidade Federal de Santa Catarina
Curso de Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental**

**ANÁLISE DO COMPORTAMENTO DOS DADOS DE NARIZES
ELETRÔNICOS EM UM SÍTIO DE COMPOSTAGEM**

Amanda Bordin

**FLORIANÓPOLIS, (SC)
MARÇO/2009**

**Universidade Federal de Santa Catarina
Curso de Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental**

**ANÁLISE DO COMPORTAMENTO DOS DADOS DE NARIZES
ELETRÔNICOS EM UM SÍTIO DE COMPOSTAGEM**

Amanda Bordin

**Trabalho apresentado à Universidade
Federal de Santa Catarina para
Conclusão do Curso de Graduação em
Engenharia Sanitária e Ambiental**

**Orientador
Prof. Dr. Henrique de Melo Lisboa**

**FLORIANÓPOLIS, (SC)
MARÇO/2009**

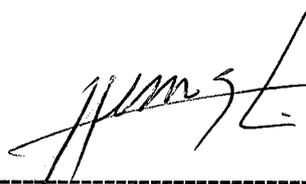
**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO TECNOLÓGICO
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL**

**ANÁLISE DO COMPORTAMENTO DOS DADOS DE NARIZES ELETRÔNICOS
EM UM SÍTIO DE COMPOSTAGEM**

AMANDA BORDIN

**Trabalho submetido à Banca Examinadora como parte dos requisitos para
Conclusão do Curso de Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental
(TCC II)**

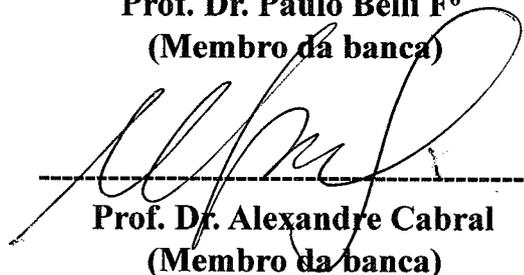
BANCA EXAMINADORA:



**Prof. Dr. Henrique de Melo Lisboa
(Orientador)**



**Prof. Dr. Paulo Belli Fº
(Membro da banca)**



**Prof. Dr. Alexandre Cabral
(Membro da banca)**

**FLORIANÓPOLIS, (SC)
MARÇO/2009**

*Aos meus pais Milton e Valvet, meus grandes incentivadores,
aos meus irmãos Amadeu e Mateus
e ao meu namorado Leandro,
por todo amor, compreensão e paciência.*

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus pais por me incentivarem a conquistar meus objetivos e me ajudar a realizar todos os meus sonhos.

Agradeço aos meus irmãos pelos momentos de companheirismo, risadas e apoio.

Agradeço ao meu namorado Leandro Weigmann, meu grande incentivador que me acompanhou durante toda a minha trajetória na faculdade. Pelo amor e carinho que sempre me dedica e pelas palavras de ânimo.

Aos meus especiais amigos: Antônia Guerra, Fabíola Cremonese, Ana Carolina Bernardes, Gabriel Bez, Fernando Reis, Camila Rebelatto, Marcus Vinicius Arantes, Juliana Muller, Gabriela Forte e Joarle Magalhães, pelas festas, boas risadas e boa companhia, nos bons e maus momentos a qualquer hora e qualquer lugar.

Aos meus novos amigos, Carlos Mendes e Magnun Vieira, pelo companheirismo em Montreal e por toda ajuda e apoio durante o meu estágio.

O meu sincero agradecimento ao meu orientador, Henrique de Melo Lisboa, pelos ensinamentos e pela oportunidade de realizar o meu estágio no exterior.

À Thierry Pagé por ter me recebido na Odotech Inc. e ter me proporcionado uma nova experiência e o começo de uma vida profissional.

À Bruno Fécil pelo suporte prestado e pelo companheirismo.

Agradeço também a todas as demais pessoas que direta ou indiretamente tiveram alguma participação na realização deste trabalho.

RESUMO

Para controlar a poluição atmosférica e analisar compostos odorantes há diversas técnicas. Visando o controle de odores através do monitoramento das concentrações de poluentes presentes no ar e buscando identificar a substância ou composto causador do odor há um instrumento que vem sendo cada vez mais utilizado, o nariz eletrônico. Um nariz eletrônico é geralmente composto por um sistema de sensores químicos e um sistema eletrônico, associado à inteligência artificial, para reconhecimento.

O presente trabalho é fruto de uma parceria do Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da Universidade Federal de Santa Catarina com a empresa canadense Odotech, no Canadá, para avaliar o comportamento dos narizes eletrônicos voltados para analisar e caracterizar odores. Estes narizes eletrônicos são usados para monitorar a segurança e qualidade ambiental de um processo com respostas instantâneas e, distinguir uma variação de intensidade odorante, assim como diferenciar gases que são indistintos para os seres humanos, auxiliando no monitoramento para permitir que se possam tomar ações mitigadoras imediatas de modo pró-ativo, tentando impedir que os odores alcancem a vizinhança. Neste trabalho é descrita a realização de um estudo de caso que visa a compreensão do funcionamento de um nariz eletrônico voltado para o monitoramento ambiental de um sítio de compostagem localizado na França.

Palavras-chave: Odores, Nariz Eletrônico, Compostagem.

ABSTRACT

To control the air pollution and analyze the odor compounds there are several techniques. For the control of odors by monitoring the concentration of pollutants in the air and to identify the substance or compound causing the odor there is a tool that is being increasingly used, the electronic nose. An electronic nose is generally composed by a system of chemical sensors and an electronic system, combined with artificial intelligence, used for recognize the odor analyzed.

This paper is the result of a partnership of the Department of Sanitary and Environmental Engineering at Federal University of Santa Catarina with the Canadian company Odotech, to evaluate the performance of the electronic noses aimed to analyze and characterize odors. These electronic noses are used to monitor the safety and environmental quality of a process with instant answers and to distinguish a change in odor intensity, as well as gases which humans can't distinct, helping to enable the monitoring so we can do pro-active immediate mitigating action, to prevent the odors to reach the neighborhood. This paper describes the implementation of a case study aimed to understand the operation of an electronic nose toward to environmental monitoring of a compost site, located in France.

Keywords: Odors, Electronic Nose, Compostage.

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO.....	1
2.	OBJETIVOS.....	2
2.1	OBJETIVO GERAL.....	2
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	2
3.	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	3
3.1	A QUALIDADE DO AR ATMOSFÉRICO E OS PRINCIPAIS POLUENTES.....	3
3.2	ODORES.....	4
3.2.1	<i>Aparelho Olfativo Humano.....</i>	<i>5</i>
3.2.2	<i>Características dos Odores.....</i>	<i>7</i>
3.2.3	<i>Principais Fontes Odorantes.....</i>	<i>9</i>
3.3	MEDIÇÃO DE ODORES.....	11
3.3.1	<i>Análise Olfaométrica.....</i>	<i>11</i>
3.3.2	<i>Análise Físico-química.....</i>	<i>14</i>
3.3.3	<i>Nariz Eletrônico.....</i>	<i>15</i>
4.	METODOLOGIA.....	25
4.1	LOCAL DE TRABALHO.....	25
4.2	ESTUDO DE CASO.....	26
4.3	AMOSTRAGEM.....	28
4.4	MÉTODO DE ANÁLISE ESTATÍSTICA DOS DADOS.....	29
4.4.1	<i>Dados que faltam dos narizes eletrônicos.....</i>	<i>29</i>
4.4.2	<i>Coefficiente de Correlação.....</i>	<i>29</i>
4.4.3	<i>Estudos dos Dados dos Narizes Eletrônicos e da Torre Meteorológica.....</i>	<i>31</i>
4.4.4	<i>Rosa de Concentrações.....</i>	<i>32</i>
5.	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	33
5.1	ANÁLISE ESTATÍSTICA DOS DADOS.....	33
5.1.1	<i>Dados que faltam dos narizes eletrônicos.....</i>	<i>33</i>
5.1.2	<i>Coefficiente de Correlação.....</i>	<i>34</i>
5.1.3	<i>Estudos dos Dados dos Narizes Eletrônicos e da Torre Meteorológica.....</i>	<i>41</i>
5.1.4	<i>Rosa de Concentrações.....</i>	<i>46</i>
6.	CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....	48
7.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	49
8.	APÊNDICES.....	54

LISTA DE FIGURAS

Figura 1:	Sistema olfativo humano.....	6
Figura 2:	Roda de descrição do odor.....	8
Figura 3:	Escala arbitrária para a classificação de odores pelo nível hedônico.....	8
Figura 4:	Variação intensidade odorante de um corpo puro em função da concentração	9
Figura 5:	Esquema do princípio de um nariz eletrônico.....	16
Figura 6:	Respostas dos sensores de um nariz eletrônico.....	16
Figura 7:	Algumas aplicações de narizes eletrônicos em diferentes tipos de indústrias...	20
Figura 8:	Comparação da análise de odores por humano e por narizes eletrônicos.....	21
Figura 9:	Linha de base sem alteração dos polímeros.....	22
Figura 10:	Alteração da linha de base dos polímeros.....	22
Figura 11:	Nova alteração da linha de base dos polímeros.....	23
Figura 12:	Comparação das taxas de emissão odorante pelo olfatômetro e rede neural....	24
Figura 13:	Nariz eletrônico OdoNose.....	27
Figura 14:	Posicionamento dos narizes eletrônicos e torre meteorológica.....	28

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1:	Porcentagem dos dados que faltam para os narizes eletrônicos.....	34
Gráfico 2:	Relação entre a temperatura e a concentração de odor do NE1.....	39
Gráfico 3:	Relação entre a umidade relativa e a concentração de odor do NE1.....	40
Gráfico 4:	Relação entre a pressão barométrica e a concentração de odor do NE1.....	40
Gráfico 5:	Relação entre a velocidade do vento e a concentração de odor do NE1.....	41
Gráfico 6:	Histograma da concentração de odor do nariz eletrônico 1.....	43
Gráfico 7:	Médias horárias das concentrações de odor do NE1.....	44
Gráfico 8:	Média das concentrações de odor do NE1 durante uma semana	45
Gráfico 9:	Média das concentrações de odor do NE1 durante uma semana.....	46
Gráfico 10:	Rosa de concentrações dos narizes eletrônicos 1 e 2.....	47

LISTA DE TABELAS

Tabela 1:	Porcentagem dos dados que estão faltando para os narizes eletrônicos.....	33
Tabela 2:	Coefficientes de correlação entre os dados meteorológicos do sitio.....	35
Tabela 3:	Correlação entre as concentrações de odor e os dados meteorológicos (NE1).	36
Tabela 4:	Correlação entre as concentrações de odor e os dados meteorológicos (NE2).	36
Tabela 5:	Correlação entre as concentrações de odor e os dados meteorológicos (NE3).	37
Tabela 6:	Correlação entre as concentrações de odor e os dados meteorológicos (NE4).	37
Tabela 7:	Correlação entre as concentrações de odor e os dados meteorológicos (NE5).	38
Tabela 8:	Resumo das concentrações de odor para o sítio de compostagem X.....	42

LISTA DE SÍMBOLOS E ABREVIATURAS

CEN	Comitê Europeu de Normatização
CG	Cromatografia Gasosa
CG-EM	Cromatografia Gasosa acoplada com uma unidade de Espectrometria de Massa
cm ²	Centímetros quadrados
CO	Monóxido de carbono
CO ₂	Dióxido de carbono
COV	Composto Orgânico Volátil
HPLC	Cromatografia líquida de alta eficiência
Log	Logaritmo
m/s	Metros por segundo
NE	Nariz(es) Eletrônico(s)
NH ₄	Amônia
NO	Monóxido de Nitrogênio
O ₃	Ozônio
PTS	Partículas Totais em Suspensão
RNA	Rede Neural Artificial
SO ₂	Dióxido de Enxofre
U.O./m ³	Unidades de Odor por metro cúbico

1. INTRODUÇÃO

O ar puro, que se comporia apenas de oxigênio e de nitrogênio, não existe na natureza. Ele está sempre misturado a outros gases. O ar contém vários compostos gasosos, como o vapor d'água e o gás carbônico, indispensáveis à vida, enquanto outros são considerados como poluentes, mais ou menos nocivos. Entre as diferentes fontes de poluentes distinguem-se as fontes naturais (emissões pela vegetação, oceanos, vulcões...) e as fontes antrópicas, que resultam da atividade humana (MOUVIER, 1997).

O controle da poluição atmosférica caracteriza-se como um fator de grande importância na busca da conservação do meio ambiente e na implementação de uma política de desenvolvimento sustentável, uma vez que afeta de diversas formas, a saúde humana, os ecossistemas e os materiais. A poluição ambiental, por emissões gasosas odoríficas, produzidas pelos diferentes tipos de atividades industriais, converteu-se num problema preocupante, de difícil solução, sendo cada vez mais frequentes as queixas e o desconforto ambiental.

A percepção dos odores possui sua complexidade, pois é uma resposta sensitiva de pessoas quando expostas a eles, que apresentam um comportamento psicofísico em função de aspectos ambientais, de saúde e tipo de emissão, entre outros. Os odores, de acordo com o tempo de exposição e ligados a fatores do meio ambiente, podem causar diversos efeitos na saúde que são difíceis de serem quantificados, como náuseas, irritações, estresse, dores de cabeças e outras implicações à saúde ambiental. Estes efeitos na saúde estão relacionados com as condições de exposições das pessoas e dos fatores odorantes. (BELLI Fº & DE MELO LISBOA, 1998; SHERIDAN et al, 2004).

Um grande número de atividades industriais, agrícolas ou domésticas é responsável pelos incômodos olfativos, gerados por diferentes processos químicos ou biológicos, tais como: as decomposições térmicas, processos aeróbios ou anaeróbios. Para mensurar o odor, e conseqüentemente a poluição atmosférica causada, e analisar compostos odorantes há diversas técnicas, como análises olfatométricas, análises físico-químicas e o uso narizes eletrônicos. Visando o controle de odores através do monitoramento das concentrações de poluentes presentes no ar e buscando identificar a substância ou composto causador do odor foi utilizado um instrumento que vem sendo cada vez mais utilizado para este propósito, o nariz eletrônico, que tem sido desenvolvido para a detecção automática e classificação de odores, vapores e gases. Um nariz é geralmente composto por um sistema

de sensores químicos e um sistema eletrônico, associado à inteligência artificial, para reconhecimento.

Existem várias aplicações dos narizes eletrônicos em inúmeros campos das atividades humanas e industriais como diagnósticos médicos, sistemas de segurança, controle da qualidade de produtos alimentícios e monitoramento do meio ambiente.

O presente trabalho é fruto de uma parceria do Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da Universidade Federal de Santa Catarina com a empresa canadense Odotech, na província do Quebec, no Canadá, para avaliar o comportamento dos narizes eletrônicos voltados para analisar e caracterizar odores. Estes narizes eletrônicos são usados para monitorar a segurança e qualidade ambiental de um processo com respostas instantâneas e distinguir uma variação de intensidade odorante, assim como diferenciar gases que são indistintos para os seres humanos, auxiliando no monitoramento para permitir que se possam tomar ações mitigadoras imediatas de modo pró-ativo, tentando impedir que os odores alcancem à vizinhança.

Tendo em vista este controle, o presente trabalho desenvolvido, analisou os dados provenientes de narizes eletrônicos de um cliente da empresa Odotech, juntamente com os dados da estação meteorológica, com o intuito de correlacioná-los. Procurou-se fazer também uma análise do comportamento dos odores em função das estações do ano, horas do dia e durante a semana. Neste trabalho é descrita a realização de um estudo de caso que visa a compreensão do funcionamento de um nariz eletrônico voltado para o monitoramento ambiental.

Os dados foram retirados do programa utilizado para o monitoramento dos narizes eletrônicos da empresa Odotech durante o período de 01 de junho de 2007 à 31 de março de 2008, de um sítio de compostagem localizado na França.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Identificar a correlação entre os dados dos narizes eletrônicos com os dados meteorológicos e analisar o comportamento dos dados dos narizes eletrônicos em um sítio de compostagem.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Extrair os dados dos narizes eletrônicos e dos dados meteorológicos do programa de armazenamento utilizado pela Odotech;

Fazer análises estatísticas do comportamento e possível correlação dos dados extraídos;

Analisar os dados de concentração de odor dos narizes eletrônicos em função das estações do ano, hora do dia e durante a semana;

Analisar se existe uma relação com os dados de concentração de odor provenientes dos narizes eletrônicos e a direção do vento, utilizando a rosa de concentração.

3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1 A QUALIDADE DO AR ATMOSFÉRICO E OS PRINCIPAIS POLUENTES

A qualidade do ar é o termo que se usa, normalmente, para traduzir o grau de poluição no ar atmosférico. Ocorre poluição do ar quando resíduos, sejam eles gasosos, líquidos ou sólidos, modificam o aspecto estético, a composição ou a forma do meio físico, enquanto o meio é considerado contaminado quando existir a mínima ameaça à saúde humana, plantas e animais. A poluição do ar é provocada por uma mistura de substâncias químicas, lançadas no ar ou resultantes de reações químicas, que alteram o que seria a constituição natural da atmosfera. Estas substâncias poluentes podem ter maior ou menor impacto na qualidade do ar, consoante a sua composição química, concentração na massa de ar e condições meteorológicas. Assim, por exemplo, a existência de ventos fortes ou chuvas poderão dispersar os poluentes, ao passo que a presença de luz solar poderá acentuar os seus efeitos negativos (ÁLVARES Jr. et al., 2002).

As fontes emissoras dos poluentes atmosféricos são numerosas e variáveis, podendo ser antropogênicas (que resultam das atividades humanas) ou naturais (englobam fenômenos da natureza, tais como emissões provenientes de erupções vulcânicas ou fogos florestais de origem natural) (LYRA, 2001).

O nível de poluição do ar é medido pela quantificação das substâncias poluentes nele encontradas. Considera-se poluente qualquer substância presente no ar e que pela concentração possa torná-lo impróprio, nocivo ou ofensivo à saúde, inconveniente ao bem estar público, danoso aos materiais, à fauna e à flora ou prejudicial à segurança, ao gozo da propriedade e às atividades normais da comunidade. O transporte, dispersão e deposição

destes poluentes são fortemente influenciados pelas condições meteorológicas. Determinar as concentrações dessas substâncias é medir o grau de exposição dos receptores como o homem, as plantas e os materiais. Os poluentes incluem qualquer elemento ou composto químico natural ou artificial, capaz de permanecer em suspensão ou ser arrastado pelo vento. Essas substâncias podem existir na forma de gases, no estado líquido, em formas de gotas ou partículas sólidas (ÁLVARES Jr. et al., 2002).

Os principais poluentes são: partículas totais em suspensão (PTS); monóxido de carbono (CO); dióxido de enxofre (SO₂); oxidantes fotoquímicos expressos como ozônio (O₃); compostos orgânicos voláteis (COV) e; dióxidos de nitrogênio (NO₂) (LYRA, 2001).

Os efeitos destes poluentes atmosféricos variam em função do tempo e das suas concentrações. Este fato faz com que, normalmente, se fale em efeitos crônicos e agudos da poluição atmosférica. Os efeitos agudos traduzem as altas concentrações de um dado poluente que, ao serem atingidas, podem ter logo repercussões nos receptores. Os efeitos crônicos estão relacionados com uma exposição muito mais prolongada no tempo e a níveis de concentração mais baixos. Embora este nível seja mais baixo, a exposição dá-se por um período prolongado, o que faz com que possam aparecer efeitos que derivam da exposição acumulada a esses teores poluentes.

Um dos problemas mais complexos de poluição atmosférica está ligado aos incômodos olfativos causados pelos maus odores. Várias atividades econômicas são as causas de liberação de odores na atmosfera, tornando-se fonte de poluição em sua circunvizinhança (BELLI et al., 2003).

3.2 ODORES

Os odores são devido à presença no ar de uma mistura complexa de moléculas orgânicas ou minerais voláteis com propriedades físico-químicas distintas, lançadas na atmosfera na forma de gases ou particulados que afetam sensorialmente a mucosa nasal. As fontes destes lançamentos podem ser as mais variadas, destacando-se as de origem industrial, compostagem, tratamento de esgotos, refinarias de petróleo, entre outros (BELLI et al., 2003).

Segundo Zhang et al. (2001), o odor é uma variável psicofísica complexa, não uma simples variável física ou química, pois a sensação que cada pessoa tem sobre o odor varia de acordo com a sua idade, sexo, ciclo menstrual, experiências passadas (lembrança), estado emocional estado físico e mental.

Como cada substância odorífera se difere em forma molecular e família. O tipo de resposta que o organismo humano tem também varia conforme o tipo de composto presente na atmosfera. Esta resposta pode ser uma reação de agrado, desagrado ou indiferença, que o indivíduo apresenta em relação ao composto ao até a mesmo a sua percepção em si.

Os compostos odoríferos incluem as moléculas orgânicas e inorgânicas. As duas principais moléculas inorgânicas são o ácido sulfídrico e a amônia. Os odores inorgânicos são geralmente resultantes da atividade biológica, as quais decompõem a matéria orgânica e formam uma variedade de gases mal odorantes, tais como: indols, escatoles, mercaptanas e aminas (WEF, 1994).

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 cotidianas como comer, passear etc., ou seja, efeitos que podem induzir alterações fisiológicas à população envolvida.

3.2.1 APARELHO OLFATIVO HUMANO

O sistema olfativo é um sistema sensorial especializado na detecção, discriminação e identificação de compostos odorantes. O olfato humano possui em torno de 10 bilhões de receptores aptos a captar a percepção de aproximadamente 100 mil odores ou cheiros diferentes proporcionados por substâncias e compostos denominados odorantes ou odoríferos.

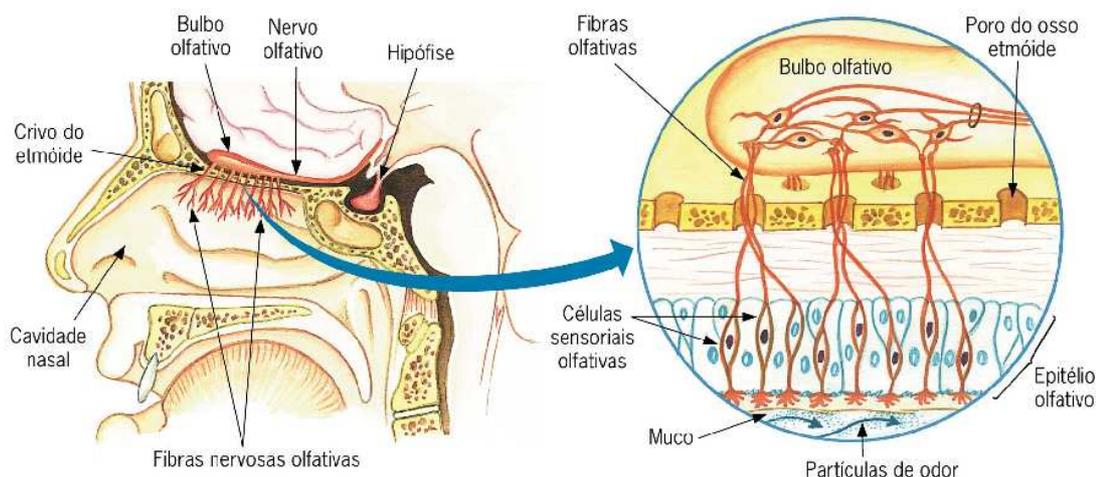
Silva (2002) cita que o sistema olfativo humano conduz ao cérebro informações sobre as substâncias químicas presentes no ambiente. Este participa da localização de alimentos, identifica congêneres e ainda estabelece relações de comunicação com conseqüências importantes sobre a organização social humana e animal, onde informações olfativas são responsáveis por numerosos e variados comportamentos.

No homem, o nariz é dividido em regiões distintas: o septo mediano, as cavidades esquerda e direita, que se comunicam com as narinas exteriores. O epitélio olfativo do nariz, onde se localizam os neurônios sensoriais olfativos, possui uma área superficial de 2 a 3 cm² e se encontra na região mais alta das fossas nasais.

Substâncias presentes no ar quando são aspiradas, “carregam” o ar para a cavidade nasal e estes compostos então se ligam à receptores específicos nos cílios destes neurônios.

Esta circunstância dá origem à uma cascata de eventos que culmina na geração de potenciais transmitidos para o bulbo olfatório, que processa e refina a informação obtida (AIRES, 1999).

O acesso do ar à cavidade nasal também pode ser feito via retro-nasal. Isto é realizado na degustação de alimentos, através dos movimentos de deglutição seguidos de movimentos de expiração (SILVA, 2002). A figura 1 ilustra o sistema olfativo humano.



Fonte: César e Sezar, 2002.

Figura 1: *Sistema olfativo humano*

Segundo Laffort (1994), os diferentes componentes e as intensidades de compostos odorantes perceptíveis pelo homem têm sido estudados por bastante tempo através de questionários realizados com pessoas em procedimentos experimentais e através do tratamento estatístico das respostas para que fatores psicológicos sejam neutralizados. Os dados obtidos podem ser considerados puramente sensitivos.

As pesquisas desenvolvidas neste intuito estão sendo feitas para o desenvolvimento de narizes eletrônicos, aparelhos que com a função similar das atividades desempenhadas pelo nariz humano.

Um fator importante sobre o sistema olfativo humano na sua aplicação para estudos de impacto de odor é a sua capacidade de fornecer uma resposta rápida, a percepção instantânea.

Um sistema olfativo humano com o passar do tempo em exposição de uma mesma concentração e mesma substância odorante, a intensidade do sinal de percepção humana decresce. Em outras palavras, se a concentração de um odor for constante, o corpo humano

não dá uma resposta também constante para este estímulo. Ocorre assim uma adaptação ao odor, que após um determinado período passa a não mais ser percebido pelo indivíduo.

Desta forma, pode-se dizer que o nariz humano não é sensível para concentrações médias, e sim para variações na concentração e, principalmente, para picos de concentração, mesmo que sejam instantâneos (Guy e Pagé, 2000).

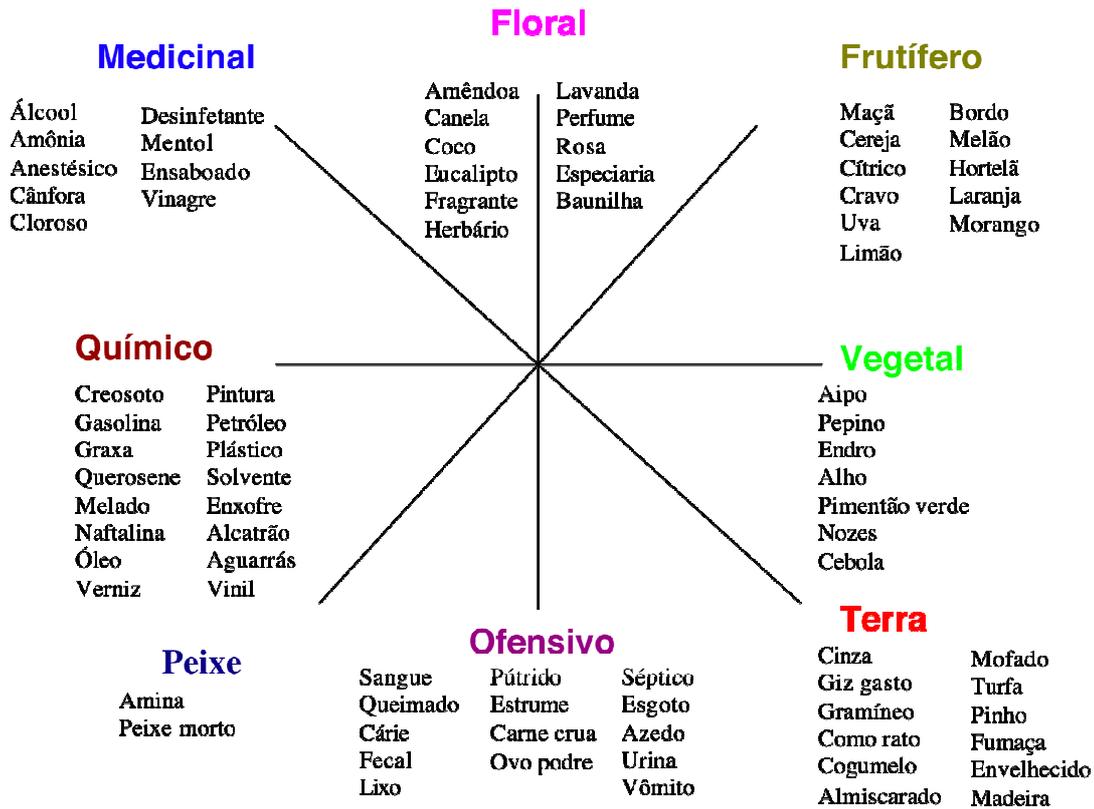
3.2.2 CARACTERÍSTICAS DOS ODORES

A sensação provocada pela percepção de um odor pode ser avaliada sob três aspectos: qualidade, hedonicidade (agradável ou desagradável) e intensidade-concentração.

Qualidade de um Odor

A qualidade de uma substância odorante é uma medida inteiramente subjetiva. Nela usa-se uma linguagem de analogia, baseada em interpretações pessoais (ex. cheiro de fruta, de peixe, de ovos, de menta). Essa característica influencia significativamente as respostas aos odores. O cheiro se “parece” com uma determinada substância (STUETZ e FRENCHEN, 2001).

Numerosos padrões de descrição do odor estão disponíveis para o uso como vocabulário de referência. McGinley e McGinley (2002) destacam oito categorias reconhecidas da descrição do odor, em que são ilustradas como a “roda de odor”: vegetal, frutífero, floral, medicinal, químico, piscoso, ofensivo e térreo. São listadas descrições específicas do odor para cada categoria, como mostra a Figura 2.



Fonte: Mc Ginley e Mc Ginley (2002).

Figura 2: Roda de Descrição do Odor.

Hedonicidade de um odor

Segundo Gostelow et al. (2001), o tom hedônico de um odor é subjetivo, ou seja, é associado à individualidade de cada pessoa (estado fisiológico, idade, sexo, cultura e hábitos de vida). Ele representa o grau de agradabilidade que o odor apresenta ao indivíduo. Tipicamente, pode-se medi-lo usando uma larga escala numérica variando do mais agradável ao mais desagradável, como representado na escala arbitrária de 21 pontos para a classificação dos odores pelo valor hedônico de McGinley e McGinley (2002), conforme a ilustração da Figura 3:

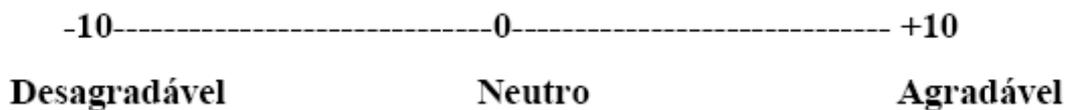


Figura 3: Escala arbitrária de 21 pontos para a classificação de odores pelo nível hedônico.

Intensidade de um odor

O parâmetro de intensidade de um odor refere-se a percepção da força ou magnitude da sensação de odor.

A intensidade é uma função crescente da concentração dos odores no ar respirado. A relação entre a concentração de odor e a intensidade percebida ou fisiológica é representada pela equação da Lei de Stevens:

$$\text{Log } I = b \cdot \text{log } C + \text{log } a$$

Em que:

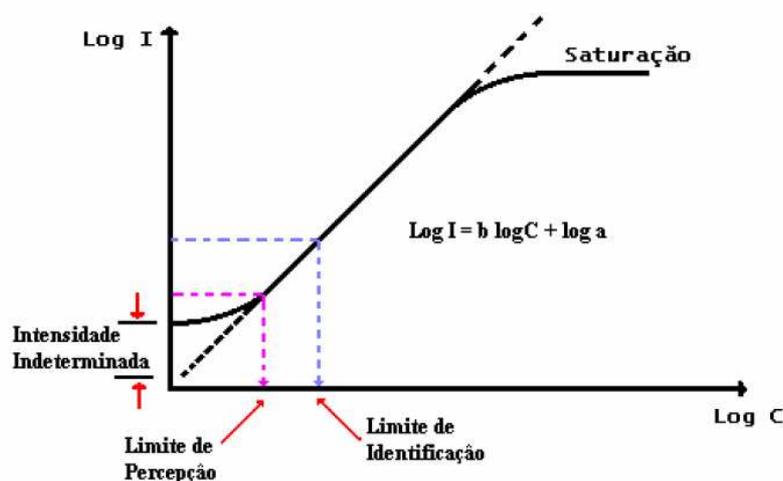
a = constante de Stevens;

b = traduz o crescimento da intensidade odorante em função da constante (valor entre 0,2 a 0,8);

I = intensidade;

C = concentração odorante.

A variação da intensidade de um corpo puro, em função de sua concentração, é representada pela curva de Stevens mostrada na Figura 4.



Fonte: BELLI e DE MELO LISBOA (1998).

Figura 4: *Variação da Intensidade Odorante de um Corpo Puro em Função da Concentração.*

3.2.3 PRINCIPAIS FONTES ODORANTES

Le Cloirec et al. (1991) e Teetaert (1999) dividem as fontes odorantes em duas grandes categorias:

- Os odores provenientes da fermentação, ou seja, da transformação de substâncias minerais ou orgânicas em moléculas voláteis em meio aeróbio ou anaeróbio. Neste caso em particular encontram-se, todas as indústrias ligadas a resíduos sólidos ou líquidos, mas também atividades que requeiram processos biológicos.

- Os odores de indústria de transformação, por exemplo, a indústria agroalimentar, química, perfumaria, etc. Neste caso, os odores podem ser da matéria-prima, ou do produto intermediário ou final, ou do subproduto. Essas fontes são de diferentes linhas de produção: armazenamento, síntese, secagem, manutenção, etc.

Odores em um Sítio de Compostagem

Segundo Tuomela et al. (2000), a compostagem é um processo biológico natural de degradação da matéria orgânica realizado espontaneamente no ambiente pelos microrganismos aeróbios, onde suas atividades metabólicas levam à mineralização e à humificação parcial das substâncias orgânicas, que são utilizadas pelos microrganismos como fonte de carbono e nitrogênio. Trata-se de uma decomposição biológica e estabilização de substratos orgânicos, sobre condições controladas, para produzir um produto final que possa ser benéficamente aplicado ao solo.

Por se tratar de um processo biológico aeróbio, ou seja, os microrganismos responsáveis pelas transformações características da compostagem são aeróbios ou anaeróbios facultativos. A oxidação da matéria orgânica até gás carbônico (CO₂) faz com que ocorra a disponibilização de nutrientes na massa que está sendo compostada (JAHNEL et al., 1999). Os principais produtos da compostagem são gás carbônico, água, íons minerais e matéria orgânica estabilizada (húmus) (TUOMELA et al., 2000).

Segundo Jahnel et al. (1999), a matéria orgânica estável, contém nutrientes como o nitrogênio, fósforo e potássio em formas passíveis de serem assimilados pelos vegetais, que retornam como fontes utilizáveis para o ambiente, acelerando o crescimento das plantas, aumentando a matéria orgânica do solo e melhorando o controle da erosão. A prática da compostagem visa a redução do volume de resíduos e a obtenção de um produto final mais homogêneo com maior valor fertilizante e higienicamente seguro (BARI e KOENIG, 2001). Assim, por definição, composto é um condicionador orgânico de solo que foi estabilizado até um produto livre de viáveis patogenicidades a humanos, plantas e sementes de plantas, que não atraia insetos e vetores, que seja trabalhado e estocado sem emitir odores. O potencial odorante da compostagem na sua fase final deve ser nulo, visto que a matéria orgânica já está totalmente degradada.

Os compostos de biossólidos são geralmente obtidos pela mistura da fração orgânica dos resíduos sólidos urbanos e lodo de estações de tratamento de esgotos.

Por ser um processo biológico, a compostagem é afetada de forma indireta por determinados fatores que atuam diretamente sobre as populações microbianas envolvidas no processo, interferindo nas suas atividades vitais. A umidade, a aeração, a temperatura, a disponibilidade de nutrientes (relação carbono/nitrogênio), o pH e o tamanho das partículas são os fatores predominantes para o estabelecimento da microbiota (TUOMELA et al., 2000). A umidade possui ligação direta com a manutenção da temperatura na compostagem. A contínua queda na umidade da massa sendo compostada é uma indicação de que a decomposição ainda está em curso, por causa da elevação de temperatura ainda presente (TIQUIA et al., 1998).

3.3 MEDIÇÃO DE ODORES

Segundo Pagé e Guy (1997), os métodos utilizados para a medição de odores são:

Métodos Sensoriais: métodos psicofísicos que utilizam o aparelho olfativo em condições particulares: é a aplicação da olfatométrie (LE CLOIREC et al., 1991).

Métodos Físico-Químicos: permitem identificar e quantificar com a ajuda de instrumentos analíticos os diferentes compostos químicos presentes no ar, utilizando Cromatografia Gasosa (CG), métodos de absorção química ou, nariz eletrônico.

Métodos combinados: métodos sensoriais combinados aos resultados de uma CG ou métodos sensoriais combinados à um nariz eletrônico ou à uma rede de narizes eletrônicos.

3.3.1 ANÁLISE OLFATOMÉTRICA

É a metodologia de avaliação da resposta de um júri a um estímulo olfativo referente a um odor (SNEALTH, 2001). A olfatométrie se baseia na importância das mucosas olfativas como os únicos captadores disponíveis na avaliação dos odores. Nestes estudos, o detector para avaliação dos odores é o sistema olfativo do ser humano, encarregando-se de discriminar e identificar os corpos odorantes (BELLI F^o e DE MELO LISBOA, 1998).

A olfatométrie inclui técnicas que possibilitam a determinação da diluição do limite de percepção odorante de uma mistura gasosa e a determinação da intensidade dos odores. Por ser uma medida psicofísica, sofre limitação pelo fato de que o nariz humano é essencialmente um instrumento qualitativo, permitindo obter as medidas quantitativas somente com o uso de instrumentos suplementares. Desta forma, a olfatométrie permite converter a remoção odorante em números de escalas e unidades que são fixadas.

Geralmente, utiliza-se o butanol, composto com concentração padrão expressa em ppm (CARVALHO, 2001).

Segundo Perrin (1994), a olfatometria consiste em medir:

- a concentração da mistura odorante, expressa em unidade de odor por metro cúbico;
- a intensidade odorante de uma atmosfera, normalmente expressa em relação aos níveis de odores em uma escala de referência.

A olfatometria é aplicada pelos laboratórios e órgãos de vigilância para estudo de impacto e para medida de eficiência de processos de tratamento. Usualmente, a primeira amostra (mistura) apresentada a um júri de odor é diluída com um grande volume de gás diluente (inodoro). Neste estágio da análise, a diluição do odor não deve ser detectável pelo olfato humano. Nas apresentações subsequentes, o volume de diluente é diminuído por um fator predeterminado. Este processo continua até que cada jurado alcance o limite de detecção para o odor. O fator de diluição, ou seja, o volume do odor diluído pelo volume de ar de mistura, é considerado como o limite de detecção dos jurados (ZHANG et al., 2002).

Olfatômetro

É o instrumento utilizado na olfatometria. Este aparelho permite a realização da diluição de uma mistura odorante por um gás inodoro e apresentação da mistura diluída a um júri de pessoas a fim de se determinar o limite de percepção. O princípio geral da olfatometria com olfatômetro consiste em confinar o gás odorante em um recipiente e dirigir a mistura de gás obtida à um observador ou jurado, que detectará o momento em que começar a perceber o odor (CARMO Jr., 2005).

Segundo Zurita (1999), testes sensoriais com o uso do olfatômetro são utilizados para avaliar o odor presente no ambiente segundo sua intensidade, detectividade, qualidade e nível de agrado. Pode-se assim determinar, através das técnicas olfativas com uso de olfatômetros, os seguintes limites (DE MELO LISBOA, 1996):

- *Limite de percepção olfativa (K_{50}):* Concentração de odor numa amostra onde 50% do júri de pessoas é capaz de percebê-lo. Pode ser determinado para um composto puro ou para uma mistura de compostos. É expresso por um número adimensional;

- *Limite de caracterização olfativa:* É a concentração de odor onde 50% do júri de pessoas é capaz de reconhecer nominalmente um produto odorante;

- *Limite de identificação olfativa*: Constitui-se da concentração de odor na qual 100% dos membros de um júri de pessoas caracterizam o odor analisado. Corresponde a uma possibilidade de reconhecimento da presença do composto e da sua natureza.

Além desses limites, pode-se, através da olfatometria, avaliar a *eficiência* de um sistema de tratamento de gases odorantes. A avaliação é realizada antes e depois do tratamento dos gases. Outra medida é a *análise da percepção ambiental referente a incômodos olfativo*: é um método de pesquisa, por questionamentos da população, para avaliar a existência de incômodo ocasionado pelo odor na comunidade. Residentes de um local selecionado são perguntados sobre a percepção de odor em um determinado momento e o seu grau de incômodo. Esta pesquisa serve para quantificar o incômodo causado pelo odor, medir o índice de incômodo dos residentes em uma área definida para investigação (CARMO Jr, 2005).

Amostragem

As principais exigências, para os processos utilizados na coleta de amostras odorantes, são que a técnica utilizada para amostragem não modifique as características da amostra, seja representativa da fonte de emissão e que preserve a amostra para análise (FRENCHEN, 2000).

A olfatometria tem desenvolvido técnicas de amostragem de odor cada vez mais aperfeiçoadas. Atualmente, é possível transportar uma amostra odorante para um laboratório sem afetar significativamente a concentração do odor ou intensidade durante o transporte (JIANG e KAYE, 2001).

Existem basicamente existem duas técnicas de amostragem para análise com um olfatômetro:

- Amostragem dinâmica: um fluxo parcial da amostragem a ser investigado é transportado continuamente para o olfatômetro. O olfatômetro é conectado ao duto de amostragem e abastecido continuamente com um volume adequado da amostra odorante;

- Amostragem estática: um recipiente é preenchido com a amostra odorante e é conectado ao olfatômetro para investigação.

O princípio de amostragem para odores é descrito em Le Cloirec et al. (1991). Segundo os autores, as amostragens de ar podem ser realizadas pelas técnicas direta ou indireta.

Na amostragem direta, a coleta é realizada por bombeamento da amostra de ar para dentro do saco de amostragem.

Na amostragem indireta, o saco de amostragem é colocado em um vaso fechado (ou caixa pulmão). O vaso é conectado, para sucção, em uma bomba de ar, provocando depressão. A amostra de ar é aspirada para dentro do saco, reduzindo a pressão no interior do vaso. O vaso de amostragem pode ser equipado com uma tampa limpa de policarbonato, ou uma janela para possibilitar a observação do enchimento do saco durante a amostragem.

3.3.2 ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS

As medidas analíticas de concentração de odores têm potencialmente a vantagem da objetividade, repetibilidade e exatidão (GOSTELOW et al., 2001).

Os métodos físico-químicos para análise de compostos odorantes permitem a identificação de impressão digital do odor, ou seja, identificar os produtos químicos da mistura gasosa. Na quantificação e qualificação dos compostos, a técnica analítica mais apropriada é a cromatográfica gasosa, podendo estar acoplada a uma unidade de desorção térmica e outra de espectrometria de massa.

Cromatografia Gasosa (CG)

A Cromatografia Gasosa é uma técnica de separação onde uma amostra de gás é carregada através de uma coluna por um gás de arraste que separa os contaminantes. Quando o gás emerge da coluna, ela passa por um detector que fornece a resposta. As respostas são gravadas em função do tempo requerido pela amostra ao passar pela coluna. A resposta da amostra é comparada com uma resposta padrão para determinar a identidade do contaminante e sua concentração. Entre os métodos analíticos existentes, a cromatografia é o que mais se destaca, existindo em várias técnicas, como a cromatografia em coluna, a cromatografia em camada delgada e a cromatografia líquida de alta eficiência (HPLC).

Há um método analítico que combina a cromatografia gasosa com o método de espectrometria de massa (CG-EM). Neste método, a cromatografia gasosa separa os contaminantes e a espectrometria de massa por sua vez, identifica a sua provável composição, comparando o espectro de massa de cada composto da amostra com pesos relacionados na biblioteca do computador.

A análise físico-química consiste em separar e em identificar os compostos constituintes do odorante, mas não permite estimar o caráter odorante ou identificar os compostos suscetíveis a serem odorantes em uma mistura (TEETAERT, 1999).

É por esta razão que a acoplagem da análise físico-química com a olfatométrica, surge, atualmente, como uma técnica interessante para unir informações químicas dos compostos e seu impacto sensorial. A cromatografia gasosa (CG) é a técnica mais usual que permite a separação.

3.3.3 NARIZ ELETRÔNICO

Narizes Eletrônicos têm sido desenvolvidos para detecção automática e classificação de odores, vapores e gases. Um Nariz Eletrônico é geralmente composto por um sistema de sensores químicos e um sistema eletrônico, associado à inteligência artificial, para reconhecimento (PIOGGIA, 2007).

O primeiro equipamento construído para detectar odores foi criado em 1961, por Moncrief. Esse sistema era mecânico. Os primeiros narizes eletrônicos foram criados por Wilkens e Hatman em 1964 e; Dravnieks e Trotter em 1965. Entretanto, foi com os trabalhos de Persaud e Dodd em 1982, e com os de Ikegami e Kaneyasu em 1985, que surgiu o conceito de nariz artificial como um sistema inteligente dotado de sensores químicos para a classificação de odores. O Instituto de Pesquisa Olfativa na Universidade de Warwick desenvolveu um protótipo de nariz eletrônico, no meio dos anos 80.

Devido aos recentes avanços na química orgânica, na tecnologia dos sensores, na eletrônica, e inteligência artificial, a medida e caracterização dos odores pelos Narizes Eletrônicos estão se transformando numa realidade comercial (OUELLETTE, 1999).

Segundo Gardner e Bartlett (1999), nariz eletrônico é um instrumento composto de um arranjo de sensores eletrônico-químicos, que apresentam especificidade parcial e um sistema de reconhecimento de padrões apropriado, capaz de identificar odores simples e complexos. Na Figura 5 pode-se visualizar o princípio de um nariz eletrônico.

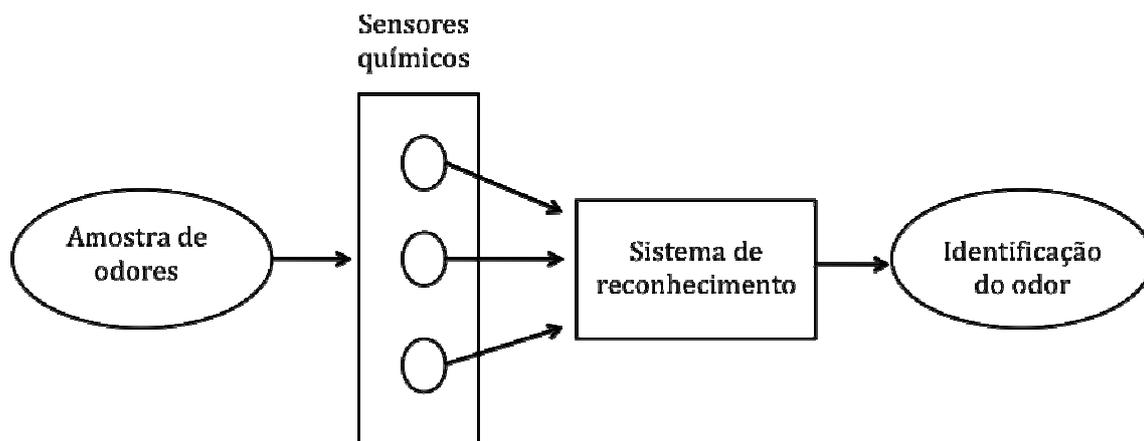


Figura 5: *Esquema do princípio de um nariz eletrônico.*

O princípio de funcionamento de um nariz eletrônico é a utilização de vários sensores não seletivos que registram a presença de compostos, formando assim uma pegada característica de uma mistura odorante em estudo. A função do sistema de reconhecimento dos compostos é vincular esta pegada eletrônica a um odor conhecido, através de um tratamento matemático dos dados que foi implantado em um microprocessador. Através dessa aplicação, é possível então identificar, detectar ou discriminar diferentes odores. A Figura 6 ilustra a resposta dos sensores de um nariz eletrônico, formando uma pegada eletrônica característica de um composto.

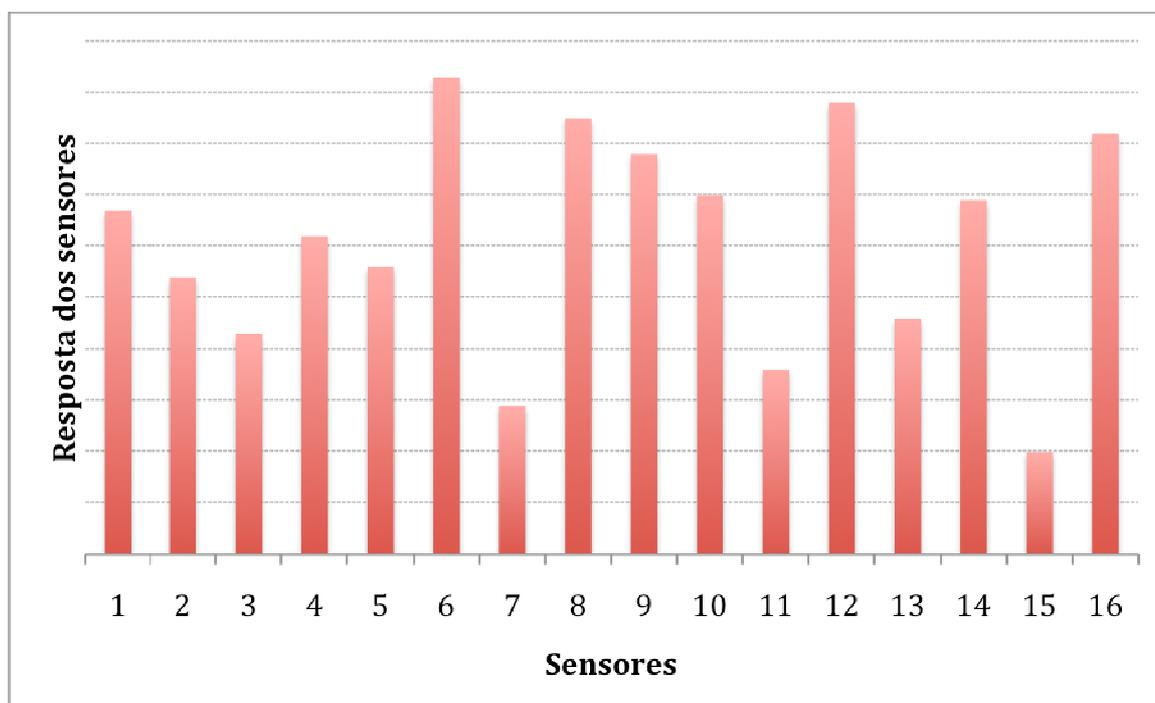


Figura 6: *Resposta dos sensores de um nariz eletrônico.*

O Nariz Eletrônico consiste numa ferramenta relativamente nova, que pode ser usada para monitorar a segurança, qualidade ou monitoramento de um processo, com respostas instantâneas que poderiam levar dias para serem apresentadas por outros procedimentos, tais como a olfatométria (STETTER, 2007).

Este método possibilita, por um lado, obter, de maneira rápida, a impressão da mistura contida nos compostos odorantes e por outro lado, assinalar uma variação de intensidade odorante freqüentemente medida em controle de qualidade ambiental. Assim, os captadores convêm perfeitamente para análises de rotina (TEETAERT, 1999).

O Nariz Eletrônico é especialmente útil onde uma resposta de qualidade sobre a emissão ou impacto odorante tem que ser mantida sobre períodos de tempos longos, ou onde a exposição repetida a uma amostra põe em risco a saúde dos painelistas de um júri olfatométrico. Embora o Nariz Eletrônico seja também eficaz para produtos químicos puros, os métodos analíticos convencionais são freqüentemente mais práticos (STETTER, 2007).

Aplicações de Narizes Eletrônicos

Os narizes eletrônicos têm sido utilizados com grande sucesso em diversas aplicações em campos da produção industrial e atividades humanas (KELLER et al., 1995). O interesse por melhoria na sua tecnologia e investimento em pesquisa é alto em razão do grande número de aplicações de interesse comercial que podem ser desenvolvidas.

Um Nariz Eletrônico ser aplicado em análise de alimentos, bebidas e cosméticos; robótica; segurança; em controles ambientais e; diagnósticos médicos. Do ponto de vista ambiental, sistemas de Narizes Eletrônicos têm sido usados para monitorar a qualidade do ar e detectar fontes e emissões odorantes (PIOGGIA, 2007).

Aplicações usuais dos Narizes Eletrônicos (DE MELO LISBOA, 2007):

- Identificação de vazamento de produtos químicos comercializados (Guarda Costeira dos EUA);
- Classificação da qualidade de grãos armazenados;
- Análises de água e esgotos;
- Identificação da origem e qualidade do café;
- Monitoramento de processos cozimentos;
- Medida da qualidade do óleo de oliva;

- Detecção e diagnóstico de infecções pulmonares;
- Diagnósticos de úlceras por testes do hálito;
- Qualidade do pescado;
- Processos de controle de qualidade de queijos, linguiças, cerveja e pães;
- Controle do crescimento bacteriano em alimentos, tais como carne e vegetais frescos;
- Monitoramento ambiental de odores.

Atualmente o maior mercado de narizes eletrônicos é na indústria alimentícia, que inclui a inspeção de alimentos, garantindo a qualidade do mesmo, inspeção do frescor dos pescados, controle no processo de fermentação, inspeção dos recipientes de bebidas, controle automatizado de sabor, entre outros (PIOGGIA, 2007).

O Nariz Eletrônico tem também sido usado na indústria de alimento para monitorar a produção do café, da cerveja, do vinho e do pão, para determinar se o produto e/ou os ingredientes são aprovados (RYAN, 2007).

Narizes Eletrônicos também podem ser usados como uma ferramenta preciosa no diagnóstico de algumas doenças, através da análise dos odores provenientes do corpo humano (respiração, líquidos corporais, feridas entre outros). A análise de odores exalados da respiração pode ser utilizada como um indicativo de problemas gastrointestinais, sinusite, problemas no fígado ou diabetes, por exemplo.

Um Nariz Eletrônico poderá um dia ser usado diagnosticar a asma, pois ele possui sensores químicos sensíveis aos vapores, que reagem à presença de compostos orgânicos voláteis, ou COV, exalados pela respiração de uma pessoa. A respiração humana contém uma mistura de grande quantidade de COV, o que pode ser usado como marcador de doenças pulmonares (KELL e MARTIN, 2007).

Atualmente, um nariz eletrônico tem sido utilizado no South Manchester University Hospital, Londres para descobrir o nível de glicose em diabéticos e detectar condições patológicas.

Uma enorme quantidade de resíduos (nucleares, químicos e diversos) foi gerado nos últimos 40 anos. O Laboratório Nacional do Noroeste Pacífico dos Estados Unidos está explorando tecnologias com um custo relativamente baixo e desempenho efetivo para auxiliar na restauração do meio ambiente e no gerenciamento de resíduos. A tecnologia que está sendo requerida e estudada deve ser portátil e deve ser capaz de identificar os compostos de contaminação em tempo real. Para este tipo de desempenho no

monitoramento ambiental e em muitos outros casos, o Nariz Eletrônico se encaixa perfeitamente.

O nariz artificial pode ser útil para realizar o controle ambiental uma vez que ele pode ser utilizado para fazer a identificação em tempo real no campo de resíduos tóxicos, análises de misturas de combustível, detecção de vazamento de óleo, detecção de gás, identificação de odores domésticos, monitoramento da qualidade do ar e poluentes de água. (KELLER et al., 1995).

Um Nariz Eletrônico pode significativamente melhorar a avaliação da fonte e a qualidade do monitoramento, verificar a eficácia das medidas de controle do odor e propor níveis máximos de emissão dos odores (DI FRANCESCO et al., 2001).

O Nariz Eletrônico deve ser usado para identificar as substâncias cujos padrões são conhecidos (DE MELO LISBOA et al., 2007). Entretanto, pesquisas têm sido dirigidas ao desenvolvimento de um modelo computacional que possa dar respostas a qualquer polímero ou analito, sem que se tenha que testar centenas de polímeros. Isto significa que se poderia identificar respostas desconhecidas. Tal Nariz Eletrônico podia identificar gases ou vapores inesperados em ambientes abertos ou confinados (MILLER, 2007).

A indústria de perfumaria é outra área que investe muito no desenvolvimento de narizes artificiais para fazer a discriminação de perfumes. A robótica é outra área que vem crescendo em razão da existência de robôs que podem detectar objetos através do cheiro.

Recentemente eles têm despertado especial interesse da indústria petrolífera, onde podem ser utilizados como dispositivos de segurança na detecção e reconhecimento de gases tóxicos. Em companhias petrolíferas, os narizes artificiais podem trabalhar na prevenção de vazamentos em dutos de transporte e em plataformas de extração e refino de derivados de petróleo. Posicionados em locais estratégicos, estes dispositivos podem detectar e identificar vazamentos químicos em estágios iniciais, antes que a concentração de gases tóxicos alcance níveis perceptíveis e perigosos para os seres humanos e natureza. (ZANCHETTIN e LUDERMIR, 2005).

Além das aplicações citadas, os narizes eletrônicos podem ainda ser utilizados para aumentar ou até mesmo substituir especialistas humanos e reduzir a quantidade de análises químicas que é realizada na produção de alimentos. Existe, portanto, uma grande demanda para instrumentos eletrônicos que possam imitar o sentido humano do olfato e fornecer baixo custo e informação sensorial rápida e precisa.

A Figura 7 esboça algumas aplicações de narizes eletrônicos.



Fonte: Adaptado de Leon (2005).

Figura 7: Algumas aplicações de narizes eletrônicos em diferentes tipos de indústrias.

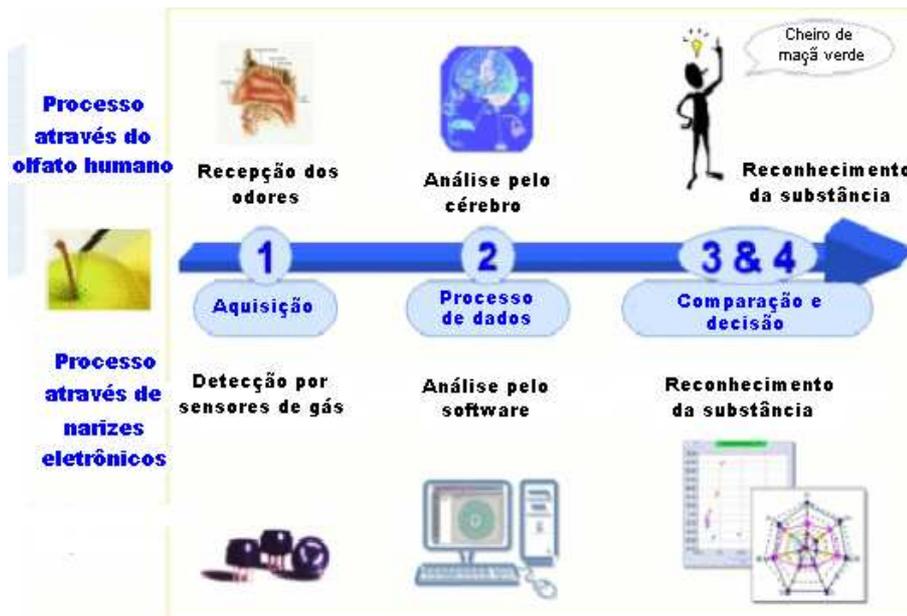
Funcionamento de Narizes Eletrônicos

O Nariz Eletrônico é um instrumento que funciona de um modo similar ao sistema olfativo humano. O nariz humano contém milhões de células receptoras, ou sensores, que atuam em conjunto em complexas operações para identificação de moléculas odorantes. O cérebro é capaz de interpretar estes padrões a fim de distinguir os diversos tipos de odores.

Entretanto, um Nariz Eletrônico consiste em um número muito menor de sensores, normalmente entre 8 e 32, conectados a uma rede neural capaz de reconhecer padrões de moléculas. Uma rede neural consiste num conjunto de processos computacionais que funcionam de modo similar a um cérebro humano.

O desenvolvimento de narizes artificiais ou eletrônicos poderá ser útil em muitas aplicações. Apesar da tentativa de imitar o nariz biológico, o nariz artificial apresenta diferenças em relação a este. Narizes artificiais oferecem algumas vantagens sobre o natural em algumas situações, como a capacidade de trabalhar vinte e quatro horas por dia. Apesar das vantagens não consegue detectar uma grande quantidade de substâncias como os narizes naturais (OLIVEIRA, 2002).

Ou seja, Narizes Eletrônicos trabalham de modo análogo ao sistema olfativo humano, mas menos sensíveis e mais seletivos. A Figura 8 ilustra a comparação da análise de odores pelo ser humano e por narizes eletrônicos.



Fonte: Adaptado do site Alpha M.O.S.

Figura 8: Comparação da análise de odores por humano e por narizes eletrônicos.

Materiais utilizados nos Narizes Eletrônicos

Narizes eletrônicos são compostos por um arranjo de sensores de “banda larga”, por um sistema de aquisição de amostras e por um sistema de processamento e classificação de odores (PIOGGIA, 2007). Os sensores (receptores) geralmente são feitos com polímeros (plásticos projetados para conduzir eletricidade), ao entrar em contato com as moléculas de odor, enviam informações a uma placa de aquisição de dados em um computador. Os dados são então analisados por uma rede neural. Após ser "treinada" com um cheiro, a rede aprende a identificá-lo. As moléculas alteram a condutividade elétrica do sensor. Assim, odores diferentes geram sinais diferentes, permitindo identificá-los (LUDERMIR, 2007).

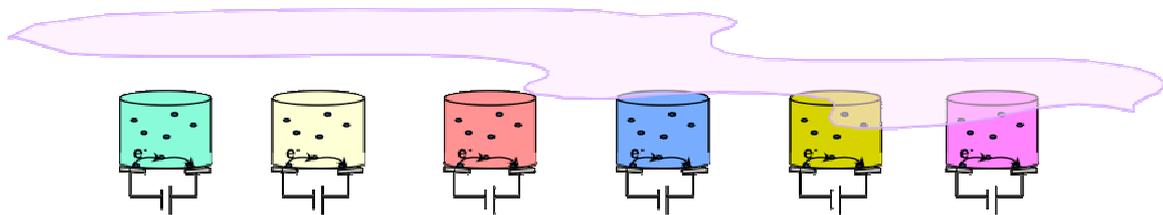
Portanto, o Nariz Eletrônico é composto por um arranjo de sensores de “banda larga”, por um sistema de aquisição de amostras e por um sistema de processamento e classificação de odores. Durante a operação do Nariz Eletrônico uma amostra odorante ou gasosa é soprada sobre o conjunto de sensores, o sinal é digitalizado e alimenta um computador, quando então o sistema de processamento identifica os compostos (PIOGGIA, 2007). Os sensores geralmente são feitos com filmes poliméricos, especialmente projetados para conduzir eletricidade.

Os sensores funcionam da seguinte maneira (MILLER, 2007; RYAN, 2007):

Quando uma molécula odorante que está na atmosfera é absorvida nos filmes poliméricos, eles se expandem levemente e estas mudanças implicam em condução de

eletricidade, e o filme incha ou encolhe, implicando em mudança da resistência medida entre os eletrodos. Cada sensor (geralmente há em um nariz eletrônico no mínimo 16 sensores) é constituído por um filme polimérico carregado com carbono no qual é depositada sobre um par de eletrodos. Se não houver nenhuma mudança na composição do ar, os sensores permanecem na resistência da linha de base e não há nenhuma mudança percentual.

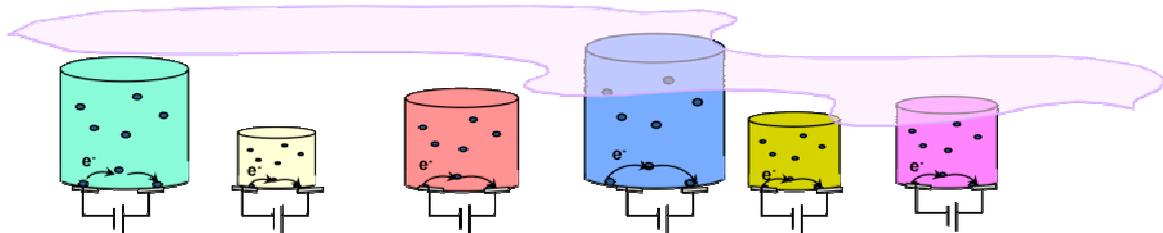
Cada sensor possui um filme com um polímero diferente, que reage a cada substância ou analito, de uma maneira diferente. As Figuras 9 à 11 abaixo demonstram o funcionamento dos sensores de filmes poliméricos.



Fonte: Miller, 2007.

Figura 9: *Linha de base sem alteração dos polímeros.*

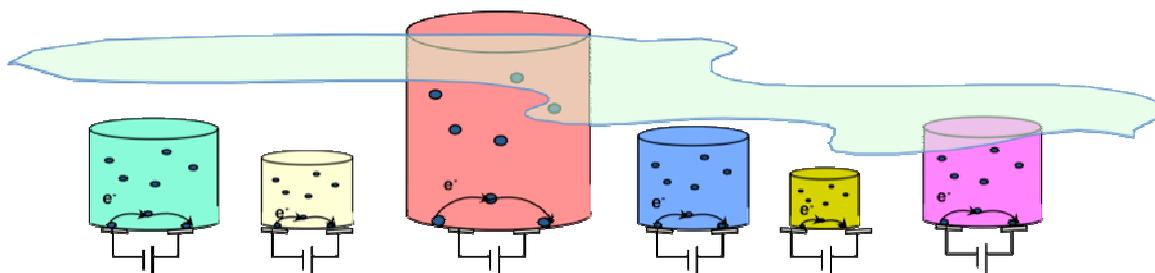
Se o Nariz Eletrônico "cheirar algo" cada polímero terá mudanças de seu tamanho, e conseqüentemente em sua resistência, em quantidades diferentes, fazendo uma impressão padrão da mudança.



Fonte: Miller, 2007.

Figura 10: *Presença de odor, alteração da linha de base dos polímeros.*

Se outro composto vier a ser detectado no ar, as respostas dos filmes poliméricos dos sensores serão diferentes.



Fonte: Miller, 2007.

Figura 11: *Presença de novo odor, nova alteração da linha de base.*

Os sensores são especialmente sensíveis às moléculas orgânicas com grupos funcionais de enxofre e aminas. Concentrações elevadas de ácidos, bases e aminas podem interferir com o funcionamento apropriado dos sensores de polímeros condutores (MARSILI, 1995).

Pesquisadores das Universidades de Warwick e Leicester encontraram uma maneira replicar em seus dispositivos eletrônicos o modo como o muco do nariz humano realça nosso sentido de cheiro. No nariz natural uma camada fina de muco dissolve as substâncias odorantes e separa as diferentes moléculas do odor de modo que possam chegar aos receptores dos narizes em diferentes velocidades e tempos. Os seres humanos são capazes de usar esta informação a fim de construir uma escala dos diversos cheiros (SCIENCY DAILY, 2007).

Entretanto, os trabalhos desenvolvidos em Warwick e Leicester mostram que aplicando uma camada de muco artificial feito de um polímero dentro do sensor, melhora significativamente o desempenho do nariz eletrônico, imitando este processo.

Rede Neural Artificial (RNA)

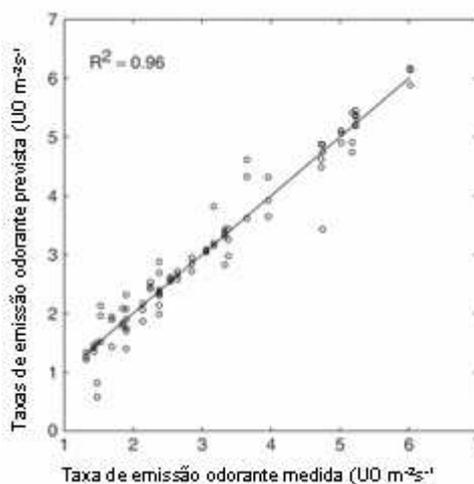
O tipo mais poderoso de técnica de processamento de dados que tem sido empregada em Narizes Eletrônicos é a chamada Rede Neural Artificial (RNA). Ela se auto-aperfeiçoa continuamente; tanto mais dados são analisados, mais preciso o instrumento se torna. Analisando muitas amostras-padrão e armazenando os resultados na memória do computador, a aplicação de uma RNA permite ao Nariz Eletrônico "compreender" o significado das saídas dos diferentes sensores e melhor usar esta informação para análises futuras (MARSILI, 1995).

A maioria dos Narizes Eletrônicos comerciais emprega hoje algum tipo de RNA para o reconhecimento de padrões. Isto porque uma RNA utiliza um grande número de elementos processadores de forma interconectada a fim de resolver problemas específicos,

simulando um sistema nervoso biológico quando ele interpreta respostas dos sensores olfatométricos do nariz humano (OUELLETTE, 1999).

Uma RNA é formada por um conjunto de modelos matemáticos que tentam emular algumas das propriedades observadas de sistemas nervosos biológicos. Ela consiste num grande número de elementos processadores interconectados - essencialmente equações conhecidas como "funções de transferência"- que são análogas aos neurônios e estão unidas com conexões ponderadas, que são análogas às sinapses. Uma unidade processadora leva em conta sinais ponderados de outras unidades, combinando-as e apresentando um resultado numérico. O comportamento de uma rede neural é influenciado, primeiramente, pelas funções de transferência dos elementos processadores e pelo modo como as funções de transferência são interconectadas, e dos pesos ponderados destas interconexões (OUELLETTE, 1999).

Sohn et al. (2006) descreveram o uso de uma RNA treinada e os resultados da investigação de um odor por um Nariz Eletrônico para prever as taxas da emissão de odor de lagoas de tratamento de efluentes industriais. A comparação das taxas de emissão odorante medida com um olfatômetro e a determinada pela rede neural para os dados deste teste é mostrado na Figura 12. O valor para o coeficiente de correlação (R^2) na Figura 4.9 foi de 0.98.



Fonte: Adaptado de Sohn et al., 2006.

Figura 12: *Comparação das taxas de emissão odorante medida com um olfatômetro e a determinada pela rede neural.*

Observa-se que as taxas previstas de emissão odorante obtidas pela rede neural são bem distribuídas em torno da linha reta de 1:1 ideal, como mostrado na Figura 4.9.

Conseqüentemente, os resultados desta simulação demonstram que o uma RNA treinada pode prever corretamente a taxa da emissão do odor de amostras de ar desconhecidas (SOHAN et al., 2006).

Calibração de Narizes Eletrônicos

A resposta de um arranjo de sensores é analisada usando um sistema de reconhecimento de padrões. Este é geralmente um processo de dois estágios. Inicialmente, é necessário um estágio de aprendizado, através do quais os resultados analisados pelos sensores, de odores conhecidos, são armazenados em uma base de dados. No estágio de análise, a resposta a um odor desconhecido é contrastada à base de dados e uma previsão é realizada (GOSTELOW et al., 2001).

Nas aplicações ambientais, primeiramente as amostras gasosas são coletadas nas várias fontes odorantes do local. As amostras são coletadas em sacos quimicamente inertes de Tedlar, que não alteram a composição química da amostra por ao menos 24 horas. Em segundo, as amostras são analisadas por meio de um olfatômetro de diluição dinâmica a fim determinar seus níveis da percepção odorante e são apresentadas, então ao nariz eletrônico (RENNER et al., 2006).

Depois de sua calibração, mediante o contraste entre odor medido pelo instrumento e aquele observado por um painel de odor, a aplicação do nariz eletrônico às questões ambientais permite quantificar os principais odores de um sítio industrial em O.U./m³. Indicadores estatísticos são usados avaliar a qualidade da correlação entre medidas obtidas por um olfatômetro de diluição dinâmica e aquelas medidas pelo nariz-eletrônico (RENNER et al., 2006).

4. MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 LOCAL DE TRABALHO

O estudo e análises foram realizados na empresa Odotech Incorporated, localizada em Montreal, na província do Québec, Canadá. Fundada em 1998 pelo Dr. Christopher Guy e pelo Msc. Thierry Pagé, Odotech é uma empresa subsidiada pela École Polytechnique de Montreal e membro do grupo Polyvalor, fomentador de empresas da École Polytechnique.

Baseada em tecnologias de ponta, a empresa tem por missão oferecer soluções eficientes e viáveis para o gerenciamento de odores resultantes dos setores industrial,

municipal e acadêmico. Assim, pode-se afirmar que a Odotech é uma empresa altamente especializada onde todas as suas atividades são direcionadas para a detecção e medição de odores.

Existem na empresa os departamentos de pesquisa e desenvolvimento, consultoria e prestação de serviços, além de uma unidade de manufatura de equipamentos. Dentre os serviços prestados pela Odotech, estão: serviços de consultoria, análises olfatométricas, tecnologias de alta performance, incluindo fabricação do olfatômetro por diluição dinâmica e narizes eletrônicos, bem como o desenvolvimento de softwares para modelagem matemática da dispersão de odores e monitoramento automatizado de odores utilizando o nariz eletrônico.

A metodologia deste trabalho consiste na realização de um estudo de caso em um sítio de compostagem, que tem como objetivo prover a compreensão do funcionamento de um nariz eletrônico e servir como fonte de dados sobre os fatores que podem influenciar um nariz eletrônico.

4.2 ESTUDO DE CASO: ANÁLISE DOS DADOS DE NARIZ ELETRÔNICO E DADOS METEOROLÓGICOS DE UM SÍTIO DE COMPOSTAGEM

A empresa analisada neste trabalho é de cunho confidencial, portanto, para fins de preservação da imagem da empresa, será utilizado um nome “fantasia”.

O local de estudo é situado na França, onde situa-se o sítio de compostagem X, cliente da Odotech Inc.

Este sítio de compostagem tem uma superfície superior a 8,20 hectares e possui uma capacidade de tratamento de 55.000 toneladas de resíduos tipicamente orgânicos. As operações de compostagem da matéria orgânica do sítio compreendem as seguintes etapas: fermentação com ventilação forçada, passagem dos resíduos pelo crivo e maturação. As cinco principais fontes de odores identificadas no sítio são: a entrada da matéria orgânica (incluindo as atividades de transporte e recepção), gestão de operações, atividades de retorno, mistura ou manipulação e as bacias de lixiviação.

A região do sítio X é essencialmente agrícola e se caracteriza pela ausência de relevo. A presença de nevoeiro nesta região é bastante comum e os ventos sopram principalmente no sentido sudoeste.

O sistema OdoWatch[®] implantado no sítio de compostagem X é constituído de cinco narizes eletrônicos OdoNose[™] inseridos estrategicamente próximos a fonte de odores para caracterizar (identificar e quantificar) as emissões odorantes, acompanhados de uma torre meteorológica. Após a calibração dos narizes eletrônicos realizada com os dados coletados no campo e analisados no olfatômetro pelo método de diluição dinâmica, o nariz eletrônico quantifica os odores emitidos pelo sítio de compostagem em unidades de odores por metro cúbico (U.O./m³). A Figura 13 a seguir ilustra o nariz eletrônico OdoNose[™] do sistema:



Figura 13: *Nariz eletrônico OdoNose[™].*

Os dados meteorológicos medidos pela torre e as concentrações de odores medidos pelos narizes eletrônicos permite que o sistema OdoWatch[®] faça uma modelização de dispersão atmosférica dos odores. Este sistema exibe em tempo real uma pluma de odor (codificados por cores segundo as concentrações) em superposição a um mapa aéreo do sítio. Isso permite o operador do sítio visualizar instantaneamente o impacto dos odores do mesmo.

O sistema OdoWatch[®] (narizes eletrônicos, torre meteorológica, comunicação sem fio, software de modelização atmosférica e calibração do sistema) constitui em uma solução integrada global que permite que o utilizador do sistema possa efetuar um acompanhamento dos odores de um modo eficiente e rápido.

A Figura 14 a seguir apresenta um mapa do sítio com o posicionamento dos narizes eletrônicos e da estação meteorológica.

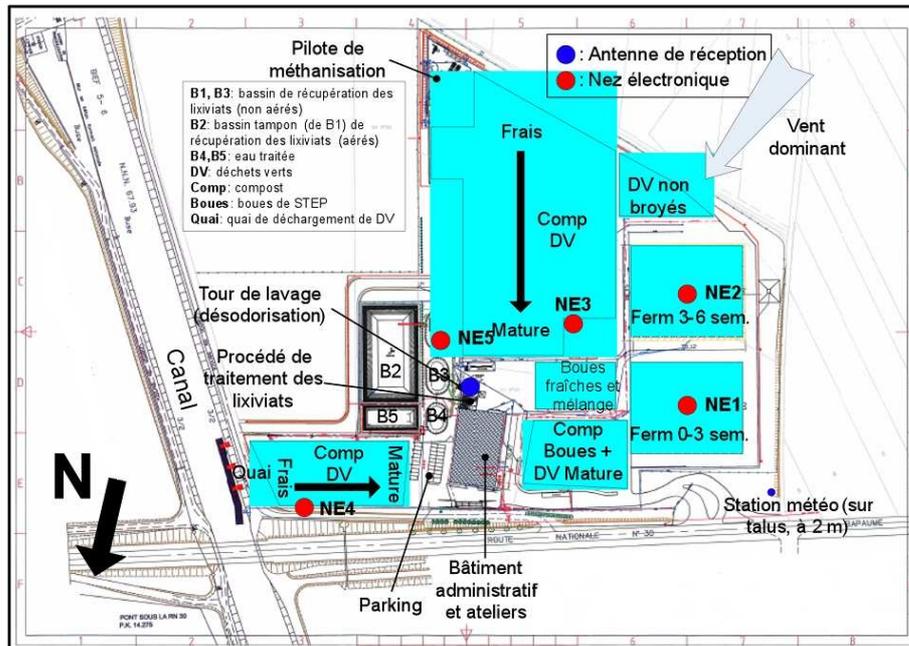


Figura 14: Posicionamento dos narizes eletrônicos e da torre meteorológica no sítio de compostagem X.

Os cinco narizes eletrônicos posicionados no sítio de compostagem X medem as seguintes fontes odorantes:

- NE1: Células de fermentação (resíduos de 0 a 3 semanas)
- NE2: Células de fermentação (resíduos de 3 a 6 semanas)
- NE3: Manipulação dos resíduos utilizando o crivo
- NE4: Plataforma de desembarque dos resíduos frescos
- NE5: Bacia de recuperação de lixiviados (não-aerada)

Foi realizada a análise dos dados dos narizes eletrônicos, juntamente com os dados meteorológicos medidos pelo sistema OdoWatch[®] entre o período de 01 de junho de 2007 à 30 de novembro de 2007 e 01 de janeiro de 2008 à 31 de março de 2008.

4.3 AMOSTRAGEM

A técnica utilizada para a coleta dos odores é através dos narizes eletrônicos situados no sítio X.

Os narizes eletrônicos, posicionados próximos as fontes de odor do sítio de compostagem medem o odor continuamente. Os dados dos narizes eletrônicos e da torre meteorológica são enviados para o software OdoWatch[®], que utiliza um modelo de

dispersão atmosférica e apresenta a pluma do odor no sítio do software. As normas utilizadas para a medição dos odores são ASTM E-679-91 e a Norma Européia EN 13725.

4.4 MÉTODO DE ANÁLISE ESTATÍSTICA DOS DADOS

Esta seção apresenta os métodos matemáticos utilizados para analisar as correlações entre as variáveis (concentração de odor, dados meteorológicos) medidos pelo sistema OdoWatch[®], assim como estudos estatísticos dos dados medidos pelos cinco narizes eletrônicos e pela torre meteorológica no sítio de compostagem X.

4.4.1 VERIFICAÇÃO DE DADOS FALTANTES

A primeira observação que pode ser feita em relação aos dados dos narizes eletrônicos é que há bastante dados de concentração de odor faltando. Para determinar a porcentagem dos dados que estão faltando, é preciso dividir o número de horas que o sistema OdoWatch[®] não registrou os dados pelo número de horas totais que o sistema funcionou. Assim, tem-se a informação da porcentagem de dados que estão faltando de cada nariz eletrônico.

4.4.2 COEFICIENTE DE CORRELAÇÃO

O coeficiente de correlação “r” apresenta uma idéia de correlação presente entre duas variáveis X e Y, de mesmo número N de medições. O coeficiente de correlação é compreendido entre -1 e +1. Quanto mais o coeficiente se distancia de zero, melhor é a correlação entre os dados. Uma boa correlação pode revelar uma relação de causa e efeito entre as variáveis estudadas.

A fórmula utilizada para calcular o coeficiente de correlação é:

$$r = \frac{\sum (X - \bar{X}) \cdot (Y - \bar{Y})}{\sqrt{\sum (X - \bar{X})^2} \times \sqrt{\sum (Y - \bar{Y})^2}}$$

O coeficiente de correlação nos dá um resultado em relação a existência de uma correlação linear entre duas variáveis. Entretanto, pode existir uma relação não-linear entre as mesmas. Assim, um coeficiente de correlação nulo não significa a ausência absoluta de relação entre as duas variáveis. Em outras palavras, pode-se afirmar que o coeficiente de correlação apresenta resultados apenas da parte linear entre duas variáveis.

As análises feitas neste trabalho exploram a relação entre as variáveis dos dados meteorológicos e os dados dos narizes eletrônicos (concentração de odor).

Para analisar o coeficiente de correlação entre os dados meteorológicos e os valores de concentração de odor do sítio X, foi utilizado o programa Statistica. O software Statistica apresenta análises estatísticas, como por exemplo, estatísticas básicas, regressão linear múltipla, análises de séries temporais e etc. Para o cálculo do coeficiente de correlação foi utilizado a ferramenta de correlação linear entre as variáveis estudadas.

Correlação entre os dados meteorológicos

Os dados meteorológicos servem essencialmente para a modelização da dispersão atmosférica. Para a realização de estudos de impacto ou quando se instala uma rede de narizes eletrônicos, os dados meteorológicos são necessários para modelizar a dispersão atmosférica e por isso há a necessidade de estações meteorológicas.

Os dados meteorológicos são sucessíveis a influenciar as emissões e as concentrações dos odores no ar ambiente. Como exemplo disso, a velocidade do vento e a temperatura influem diretamente nas concentrações de odor em ar ambiente pois eles são responsáveis por turbulências mecânicas e assim, na taxa de diluição dos odores. A localização da estação meteorológica é determinante para a qualidade dos dados medidos. A estação deve estar posicionada de modo que possa superar as possíveis perturbações no meio ambiente. Os dados geralmente registrados pela estação meteorológica são:

- Direção do vento;
- Velocidade do vento;
- Temperatura;
- Umidade;
- Precipitação;
- Pressão atmosférica;
- Radiação solar;
- Ano/ Mês/ Dia/ Hora da medição.

A análise de correlação entre os dados meteorológicos tem o objetivo de verificar se existe uma tendência de que algum parâmetro meteorológico afete um outro parâmetro meteorológico.

Correlação entre as concentrações de odor e os parâmetros meteorológicos

Para analisar a correlação entre as concentrações de odores horárias com os dados meteorológicos foi estipulado, para simplificar os cálculos e as análises, que o nariz eletrônico 1 (NE1) servirá como base (exemplo) para todo este sítio de compostagem. Foi escolhido o nariz eletrônico 1 porque ele possui a melhor qualidade de dados do período analisado neste trabalho.

A análise de correlação entre as concentrações de odor e os dados meteorológicos tem o objetivo de verificar se existe uma tendência de que algum parâmetro meteorológico afete o comportamento dos odores emitidos no sítio de compostagem X.

4.4.3 ESTUDOS DOS DADOS DOS NARIZES ELETRÔNICOS E DA TORRE METEOROLÓGICA

Os estudos estatísticos usam teorias probabilísticas para explicar a frequência da ocorrência de eventos. Tem por objetivo organizar e analisar os dados para que possa explicá-los e determinar possíveis correlações e nexos-causais, possibilitando estimar ou prever fenômenos futuros, conforme o caso.

Os estudos estatísticos feitos são análises do comportamento das concentrações de odor em um sítio de compostagem, podendo ser analisados de diversas formas como valores máximos mínimos e médios; distribuição das concentrações de odor (frequência relativa) e influência das estações do ano sobre as concentrações de odor.

Concentração de odor

As concentrações de odor medidas pelos narizes eletrônicos podem ser analisadas através dos valores máximo, mínimo e médio de cada fonte de odor para que se possa assim estimar um padrão de valores de concentração de odor para as fontes de odor no sítio de compostagem X.

Distribuição das concentrações de odor do NE1

A distribuição das concentrações de odor tem como objetivo verificar a frequência relativa das concentrações medidas pelo nariz eletrônico, com o intuito de observar quais

são as faixas de concentrações de odor mais freqüentes, e assim, pode-se obter um padrão de emissões de odor para um determinado nariz eletrônico.

Influência das estações do ano sobre as concentrações de odor do NE1

As concentrações de odor neste trabalho foram divididas em estações do ano (verão, outono e inverno) para simplificar as análises e também para estudar um possível padrão para cada estação do ano. De acordo com relatórios e estudos feitos pela Odotech, há um padrão geral onde as concentrações de odor no verão em média 20% mais elevadas que no inverno.

Para examinar a influência das estações do ano sobre as concentrações de odor, pode-se analisar estes dados em diversos formatos de períodos diferentes, como por exemplo, durante uma semana e durante 24 horas. Para a análise das concentrações de odor em relação ao funcionamento do sítio de compostagem durante os dias da semana, para cada estação do ano foram extraídos os dados de uma semana que não apresenta dados faltantes. O mesmo critério foi utilizado para a análise das concentrações de odor em relação ao funcionamento do sítio de compostagem durante 24 horas.

4.4.4 ROSA DE CONCENTRAÇÕES

O gráfico da rosa de concentrações ilustra uma rosa com os pontos cardinais e uma escala em graus para as direções. A direção dos ventos é representada pelas direções das barras desenhadas sobre a rosa na direção que eles provêm.

A escala da rosa, que fica a medida em porcentagem da frequência do vento, é ajustada em função do(s) vento(s) dominante(s). As cores das barras das direções do vento representam as faixas de intensidade das concentrações de odor. A diferença principal entre a rosa dos ventos e a rosa de concentrações é em relação aos parâmetros utilizados para construir a rosa de concentrações: na rosa dos ventos os parâmetros utilizados é a velocidade do vento e direção do vento, enquanto na rosa de concentrações é utilizado a concentração de odor e direção do vento.

A rosa de concentrações foi utilizada neste trabalho para analisar se os ventos podem influenciar as concentrações de odor de determinados lugares no sítio de compostagem. A rosa de concentrações pode ser calculada por diversos softwares. O software escolhido para este trabalho foi o Excel, onde foi desenvolvido pela empresa Odotech uma tabela específica que utiliza os dados de direção do vento e concentração de

odor gerando a rosa de concentrações. Para avaliar se existe interferência entre os narizes eletrônicos, neste sítio de compostagem, foram analisados os NE 1 e 2, pois os odores emitidos nas fontes dos NE1 e NE2 são similares (as duas fontes são de células de fermentação) e os mesmos são os narizes eletrônicos com maior proximidade dentro deste sítio de compostagem.

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Este trabalho realizou um estudo de caso na temática de poluição atmosférica causada por odores. Neste estudo de caso foi feita uma análise estatística dos dados medidos pelos cinco narizes eletrônicos e pela torre meteorológica instalados no sítio de compostagem X.

5.1 ANÁLISE ESTATÍSTICA DOS DADOS

Esta seção apresenta os resultados das análises estatísticas utilizadas para analisar as correlações entre as variáveis (concentração de odor, dados meteorológicos) medidos pelo sistema OdoWatch[®], localizado no sítio de compostagem X.

5.1.1 VERIFICAÇÃO DE DADOS FALTANTES

A Tabela 1 e o Gráfico 1 apresentam a porcentagem dos dados que estão faltando no período estudado para o sítio de compostagem X para cada nariz eletrônico:

Tabela 1: *Porcentagem dos dados que estão faltando para os narizes eletrônicos.*

Porcentagem dos dados que estão faltando (%)				
NE	Períodos acumulados (%)	Jun – Jul - Ago (%)	Set – Out - Nov (%)	Jan – Fev - Mar (%)
NE1	42	88	40	10
NE2	63	58	56	75
NE3	42	62	14	56
NE4	52	87	35	45
NE5	42	38	18	69

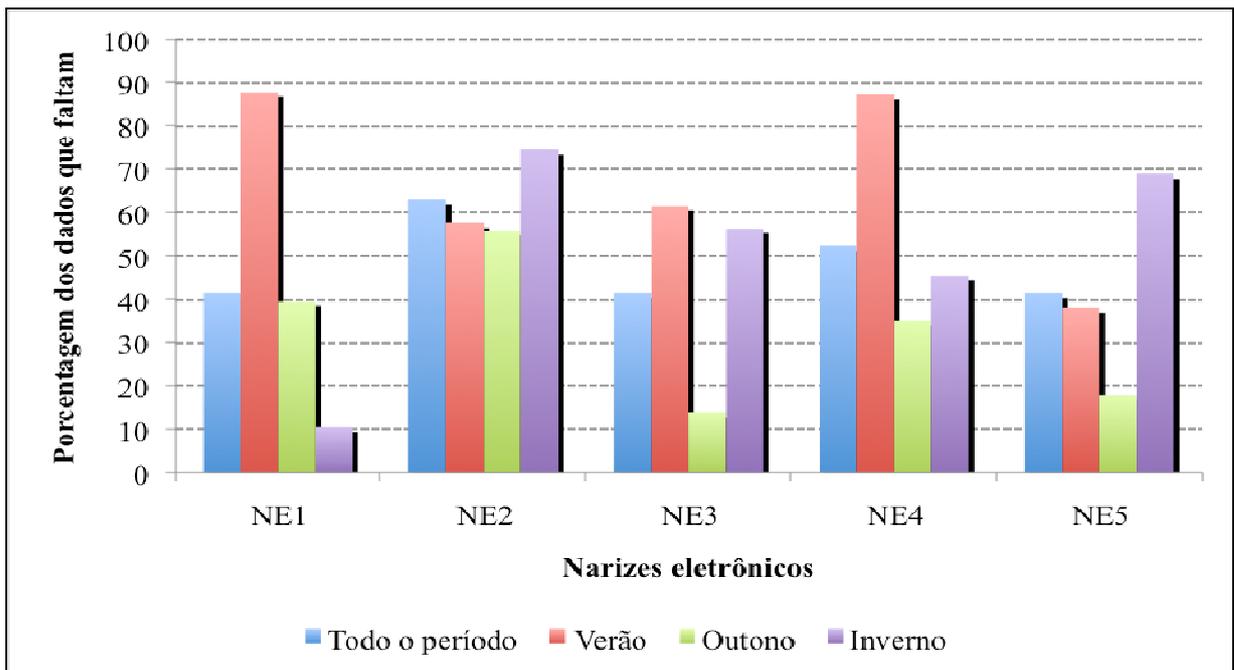


Gráfico 1: *Porcentagem dos dados que faltam para os narizes eletrônicos.*

5.1.2 COEFICIENTE DE CORRELAÇÃO

Os resultados dos coeficiente de correlações em relação a existência de uma correlação linear entre duas variáveis são apresentados a seguir.

Coefficiente de correlação entre os dados meteorológicos

Os valores dos coeficientes de correlação entre os dados meteorológicos se encontram na Tabela 2.

Tabela 2: *Coefficientes de correlação entre os dados meteorológicos do sítio.*

Parâmetros	Valor do Coeficiente de Correlação
Umidade relativa e Temperatura	-0.34
Umidade relativa e Pressão Barométrica	0.02
Umidade relativa e Velocidade do vento	-0.03
Umidade relativa e Direção do vento	0.00
Temperatura e Pressão Barométrica	-0.23
Temperatura e Velocidade do vento	0.05
Temperatura e Direção do vento	0.01
Pressão Barométrica e Velocidade do vento	-0.22
Pressão Barométrica e Direção do vento	0.09
Velocidade do vento e Direção do vento	-0.03

□

Em geral, pode-se constatar que não existem correlações lineares importantes entre os parâmetros meteorológicos medidos pela torre meteorológica, e assim, pode-se afirmar que os parâmetros meteorológicos não interferem um ao outro. De fato, os valores do coeficiente de correlação são inferiores a 0,4 em valor absoluto. Por exemplo, a relação entre a temperatura e a umidade, e entre a temperatura e a pressão barométrica têm um coeficiente de correlação negativa dado que os coeficientes são entre 0,34 e 0,23.

Coefficiente de correlação entre as concentrações de odor e os parâmetros meteorológicos

As tabelas a seguir apresentarão os coeficientes de correlação entre os dados de concentração de odor medidos pelos narizes eletrônicos do sítio de compostagem X e os dados meteorológicos.

NE1 : Célula de fermentação (0 – 3 semanas) :

Tabela 3: *Correlação entre as concentrações de odor medida pelo NE1 e os dados meteorológicos para o período de junho de 2007 à março de 2008.*

Parâmetros	Coefficiente de Correlação
NE1 e temperatura	0,27
NE1 e umidade relativa	0,07
NE1 e pressão barométrica	0,02
NE1 e velocidade do vento	-0,03
NE1 e direção do vento	0,06

NE2 : Célula de fermentação (3 - 6 semanas)

Tabela 4: *Correlação entre as concentrações de odor medida pelo NE2 e os dados meteorológicos para o período de junho de 2007 à março de 2008.*

Parâmetros	Coefficiente de Correlação
NE2 e temperatura	0,01
NE2 e umidade relativa	-0,01
NE2 e pressão barométrica	0,09
NE2 e velocidade do vento	0,13
NE2 e direção do vento	-0,15

NE3 : Crivo

Tabela 5 : *Correlação entre as concentrações de odor medida pelo NE3 e os dados meteorológicos para o período de junho de 2007 à março de 2008*

Parâmetros	Coefficiente de Correlação
NE3 e temperatura	0,03
NE3 e umidade relativa	0,05
NE3 e pressão barométrica	0,09
NE3 e velocidade do vento	0,15
NE3 e direção do vento	-0,11

NE4 : Plataforma de desembarque dos resíduos frescos

Tabela 6 : *Correlação entre as concentrações de odor medida pelo NE4 e os dados meteorológicos para o período de junho de 2007 à março de 2008.*

Parâmetros	Coefficiente de Correlação
NE4 e temperatura	0,09
NE4 e umidade relativa	-0,04
NE4 e pressão barométrica	0,00
NE4 e velocidade do vento	0,04
NE4 e direção do vento	0,01

NE5 : Bacia de recuperação dos lixiviados (não-aerada)

Tabela 7: *Correlação entre as concentrações de odor medida pelo NE5 e os dados meteorológicos para o período de junho de 2007 à março de 2008.*

Parâmetros	Coefficiente de Correlação
NE5 e temperatura	0,02
NE5 e umidade relativa	0,15
NE5 e pressão barométrica	0,09
NE5 e velocidade do vento	0,17
NE5 e direção do vento	-0,15

Os valores do coeficiente de correlação são inferiores a 0,27 em valor absoluto. Por exemplo, para o NE1, a relação entre o nariz eletrônico e a umidade, e entre o NE1 e a direção do vento tem um coeficiente de correlação positiva, dado que os coeficientes são 0,07 e 0,06, respectivamente. A correlação mais forte entre os parâmetros meteorológicos é a da velocidade do vento e a temperatura sobre as emissões de odor.

De um modo geral, não existem correlações lineares entre os parâmetros meteorológicos medidos e as concentrações de odor dos narizes eletrônicos. Para justificar a ausência de correlação, pode-se considerar o fato de que as emissões de odor medidas em ar ambiente podem ser influenciadas por um conjunto de parâmetros meteorológicos e não por apenas um único parâmetro. Recomenda-se para novas análises com o intuito de verificar a correlação entre os parâmetros meteorológicos e concentração de odor - de uma maneira mais detalhada - verificar a correlação a partir de conjuntos de parâmetros meteorológicos em função dos valores de concentração de odor.

Os Gráficos 2 à 5 ilustram a relação entre as concentrações de odores do NE1 e as condições meteorológicas para o todo o período, de junho de 2007 à dezembro de 2007 e de janeiro de 2008 à março de 2008. As análises feitas foram a partir de gráficos decompostos em vários pequenos períodos, com o intuito de analisar as relações mais minuciosamente. Os gráficos a seguir mostram apenas o quadro geral de cada relação e os gráficos que ilustram períodos menores encontram-se no Apêndice 1.

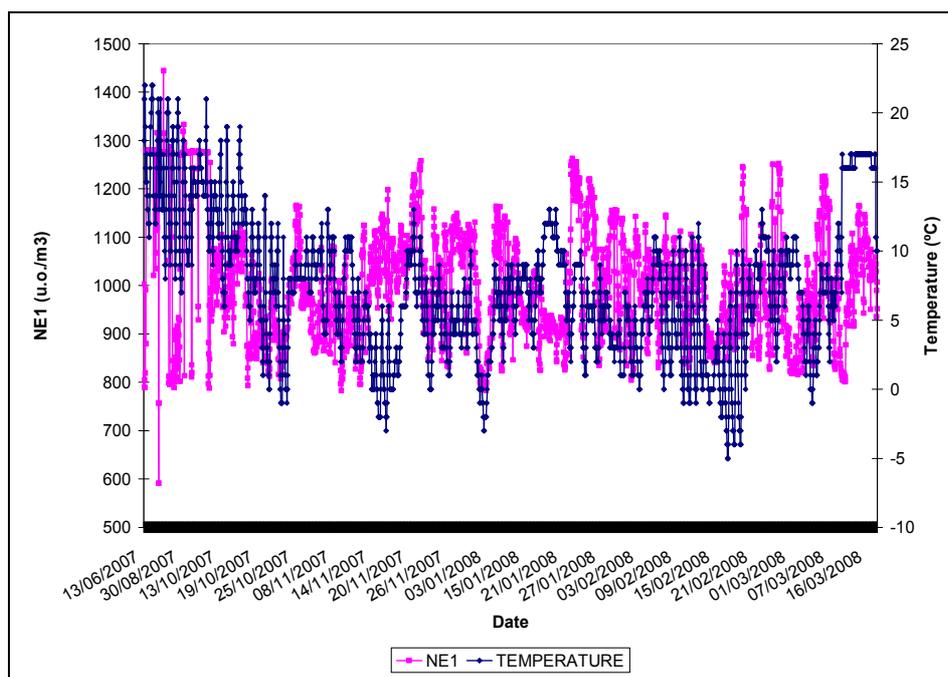


Gráfico 2: *Relação entre a temperatura e a concentração de odor do nariz eletrônico 1 (período de junho de 2007 à março de 2008).*

O gráfico 2 mostra globalmente a relação entre a temperatura e a concentração de odor do NE1, para todo o período. Ao analisar este gráfico e os gráficos que se encontram no Apêndice 1, pode-se verificar de um modo geral que, quanto mais a temperatura se eleva, mais o valor da concentração de odor aumenta. Contudo, para certos períodos (20/11/2007, 15/01/2008, 27/01/2008, 21/02/2008) essa tendência não é verificada e para isso, pode-se explicar por haver outros parâmetros meteorológicos que estejam influenciando a concentração de odor além da temperatura e/ou uma operação particular do sítio de compostagem.

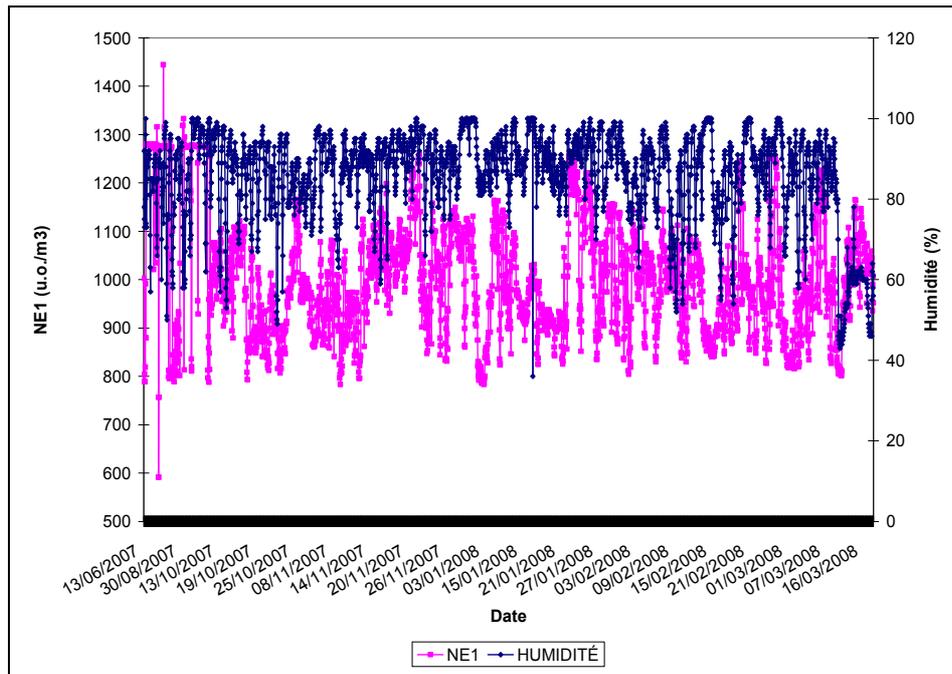


Gráfico 3: *Relação entre a umidade relativa e a concentração de odor do nariz eletrônico 1 (período de junho de 2007 à março de 2008).*

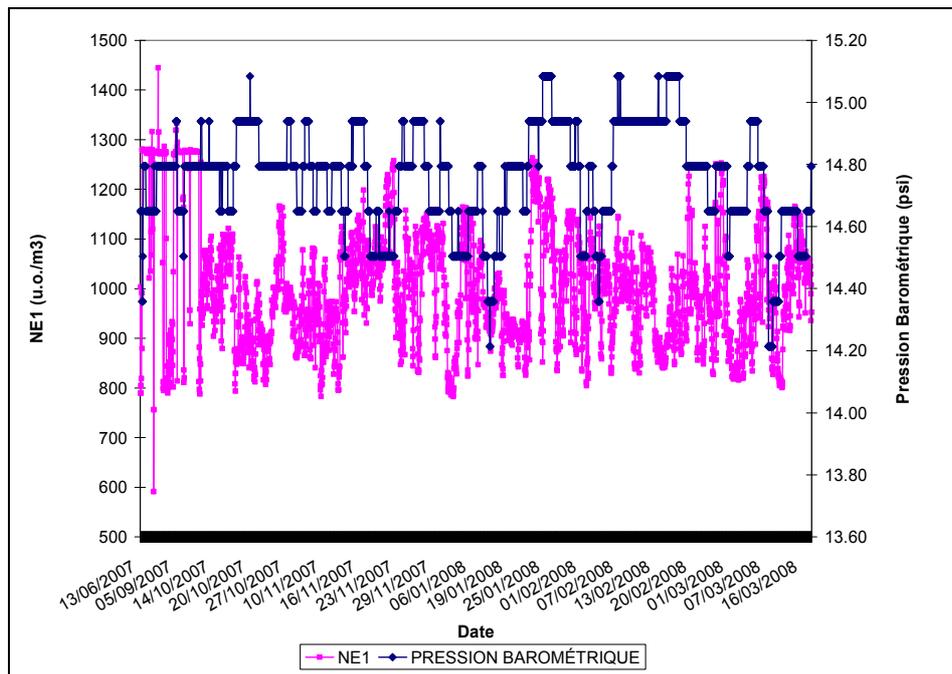


Gráfico 4: *Relação entre a pressão barométrica e a concentração de odor do nariz eletrônico 1 (período de junho de 2007 à março de 2008).*

Os Gráficos 3 e 4 mostram que a umidade relativa e a pressão barométrica não afetam as concentrações de odor medidas pelo nariz eletrônico 1.

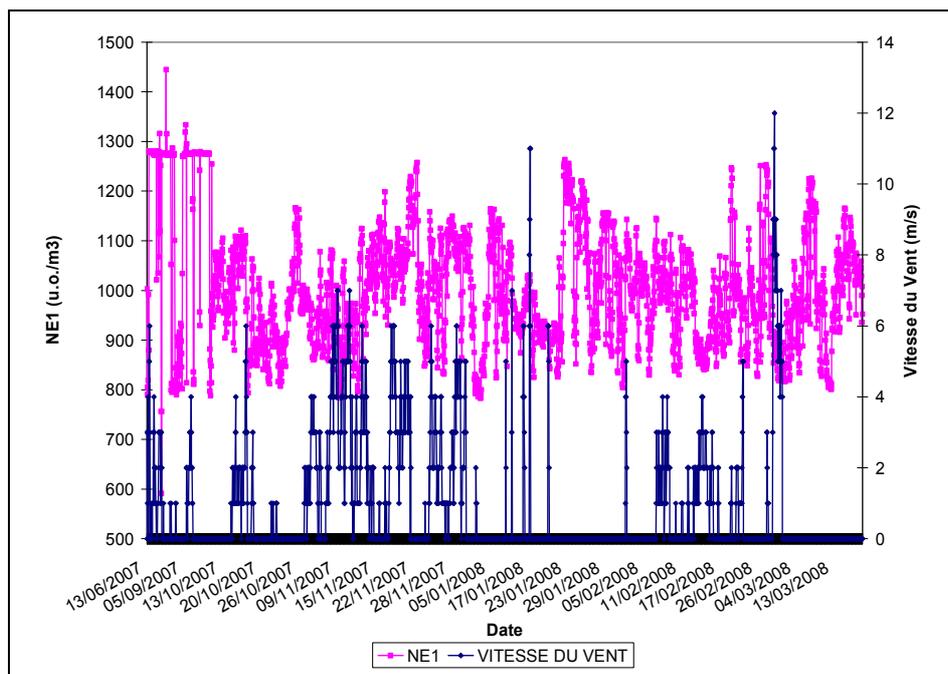


Gráfico 5: Relação entre a velocidade do vento e a concentração de odor do nariz eletrônico 1 (período de junho de 2007 à março de 2008).

O Gráfico 5 mostra que em geral, quanto mais fraco é a velocidade do vento, mais a concentração de odor se eleva. Quando a velocidade do vento aumenta, a concentração medida em ar ambiente tende a diminuir, pois há uma maior e mais rápida dispersão do odor no ar ambiente.

5.1.3 ESTUDOS DOS DADOS DOS NARIZES ELETRÔNICOS E DA TORRE METEOROLÓGICA

Concentração de odor

A Tabela 8 apresenta os valores de concentração de odor máximo, mínimo e médio de cada fonte de odor associada a um nariz eletrônico no sítio de compostagem X, para o período de junho de 2007 à março de 2008.

Tabela 8: *Resumo das concentrações de odor para o sítio de compostagem X.*

Concentração de odor (U.O./m ³)										
NE	Fonte	Jun- Jul - Ago			Set - Out - Nov			Jan - Fev - Mar		
		Min	Max	Méd	Min	Max	Méd	Min	Max	Méd
NE1	Células de fermentação (0-3 semanas)	419	1444	1224	783	1333	1017	783	1263	987
NE2	Células de fermentação (3-6 semanas)	28	183	67	28	600	400	146	173	160
NE3	Crivo	60	362	187	22	1483	234	15	388	166
NE4	Desembarque dos resíduos frescos	50	299	189	50	300	181	30	299	168
NE5	Bacia de recuperação dos lixiviados	289	1832	868	606	1382	890	612	1034	675

As concentrações de odor das células de fermentação pelo NE1 encontram-se normalmente no nível médio de 1000 U.O./m³. O nariz eletrônico 1, associado à fonte mais odorante, apresenta os maiores valores de concentração odorante, pela razão que nesta etapa os resíduos começam a se degradar. Em consequência disso, há bastante odores liberados por bactérias que se decompõem dos resíduos sólidos.

As concentrações de odor da fonte do NE2 não foram registradas em alguns períodos. Logo, há bastantes dados perdidos, especialmente entre o período de janeiro à março de 2008. Ao analisar os valores do NE2 pode-se perceber que os mesmos não seguem o comportamento de outros narizes eletrônicos, onde, os valores de concentração de odor durante o inverno são geralmente em torno de 20% mais fracos em relação ao verão, para a mesma fonte.

As concentrações de odores na fase de manipulação dos resíduos utilizando o crivo, medidos pelo NE3, se encontram em torno de 160 U.O./m³ e as concentrações são muito dispersas (como podem ser visualizadas nos gráficos do Apêndice 1), que significa que existe uma grande variação de emissões para o período analisado.

Para a plataforma do desembarque dos resíduos frescos, as concentrações ficaram na mesma ordem de grandeza durante as estações (as concentrações variam entre 50 e 300 U.O./m³) e são dispersas como o NE3. Os valores das concentrações de odor para o NE4 faltam em certos períodos, especialmente durante os meses de junho à agosto. A falta de registro de dados dos narizes eletrônicos pode ser devida a uma falha de comunicação entre os narizes eletrônicos e computador que armazena as informações dos narizes eletrônicos e

da torre meteorológica; problemas na captação dos odores no nariz eletrônico; saturação dos sensores, impossibilitando a mensuração correta da concentração de odor; entre outras.

Os odores da bacia de recuperação de lixiviados não-aerada se encontram no nível de 850 U.O./m³. Pode-se perceber também que os picos de odor são bem elevados (em torno de 1800 U.O./m³). As concentrações de odor do NE5 não foram registradas durante o período de junho à agosto.

Distribuição das concentrações de odor do NE1

O Gráfico 6, a seguir, ilustra a distribuição de frequência das concentrações de odor medida pelo NE1 por todo período analisado.

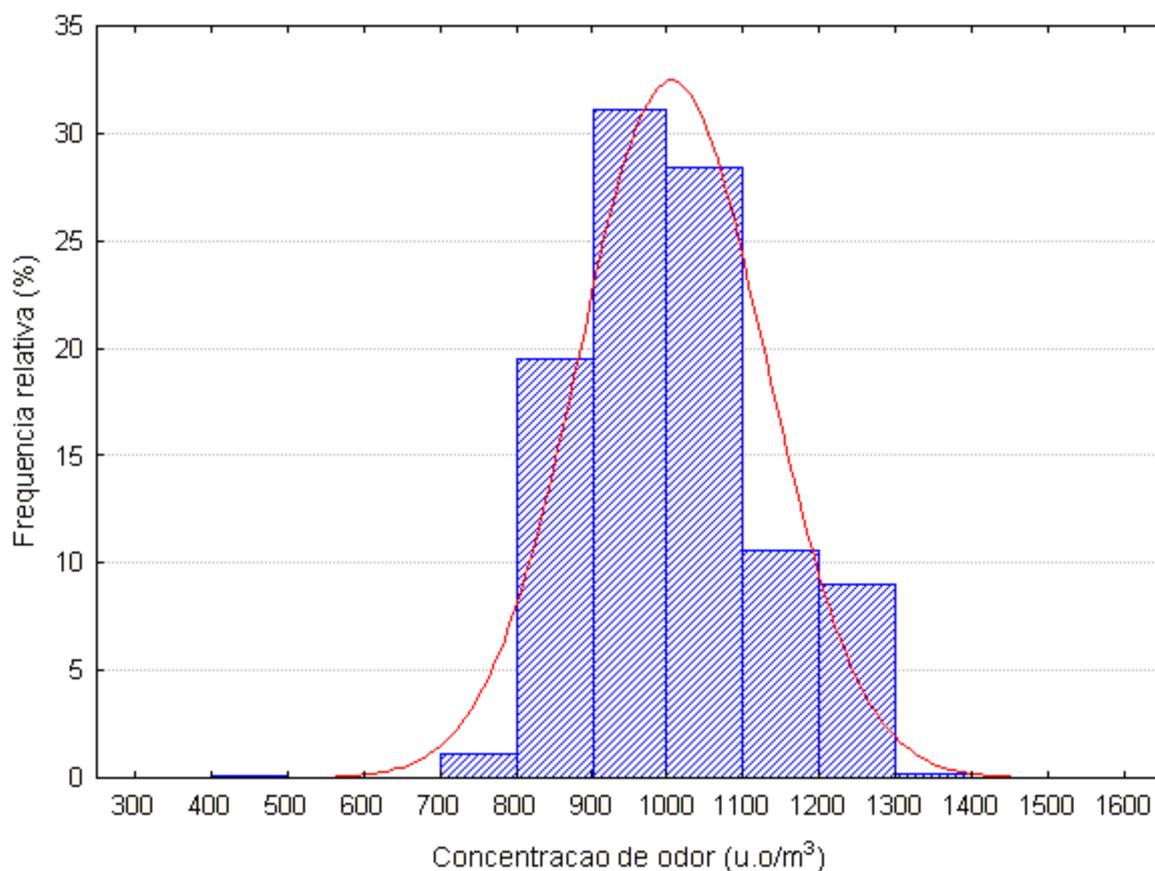


Gráfico 6: *Histograma da concentração de odor do nariz eletrônico 1.*

A distribuição das concentrações de odor de acordo com o gráfico 6 mostra que as concentrações entre 800 e 1100 U.O./m³ são as mais frequentes. Um estudo similar feito em um sítio de compostagem na província do Quebec, no Canadá, para o mesmo tipo de fonte associado ao nariz eletrônico 1 verificou que as concentrações de odor ficaram geralmente entre 500 e 1500 U.O./m³ (ODOTECH, 2007).

Influência das estações do ano sobre as concentrações de odor do NE1

Os Gráficos 7 à 9, a seguir, ilustram as médias horárias das medições feitas pelo nariz eletrônico 1 e a média da concentração de odor para cada dia da semana, respectivamente.

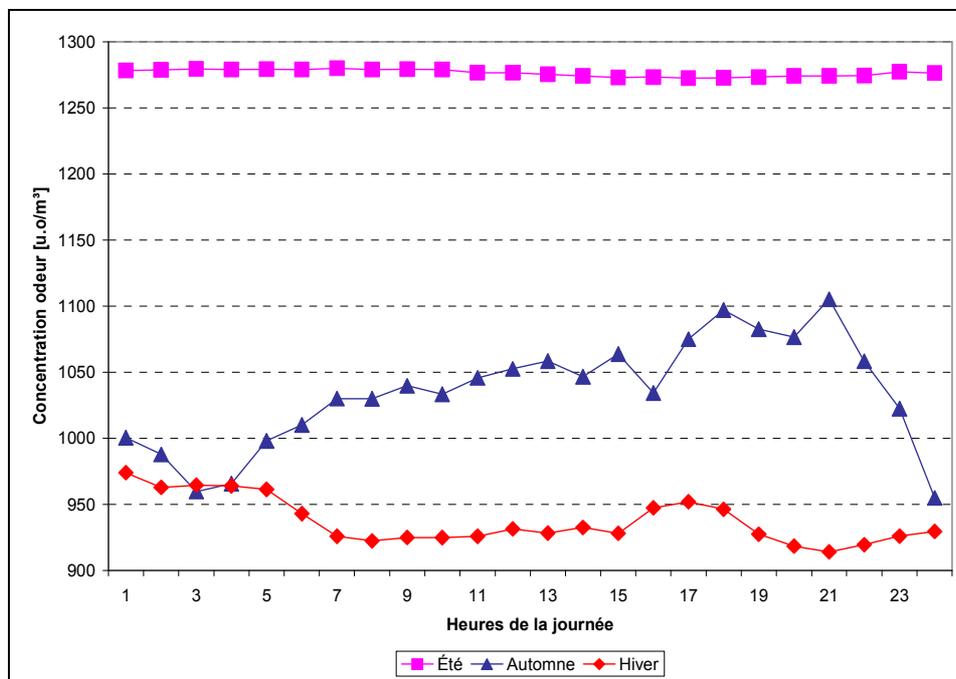


Gráfico 7: Médias horárias das concentrações de odor do NE1.

O Gráfico 7 mostra que as concentrações de odor medidas pelo NE1, no verão são superiores que as medidas no outono e inverno. A concentração de odor no verão é geralmente constante e durante as estações do outono e inverno há uma variação mais ou menos marcada. Há um aumento na concentração de odor no outono entre as 6 e 21 horas, devido às operações no sítio de compostagem.

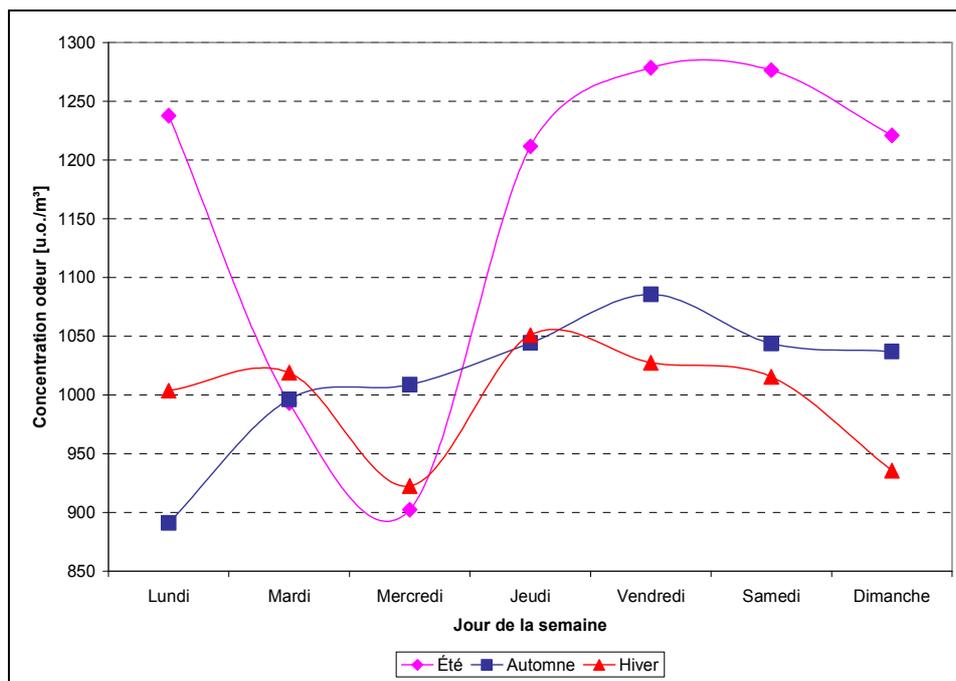


Gráfico 8: Média das concentrações de odor do NE1 durante uma semana .

O Gráfico 8 ilustra a média das concentrações de odor do NE1 durante uma semana em cada estação do ano analisada. O gráfico mostra que há uma diminuição da concentração de odor de segunda-feira à quarta-feira. A partir de quarta-feira, pode-se observar um aumento no valor da concentração até sexta-feira, até começar a diminuir durante o fim de semana. As variações verificadas através desse gráfico, como o decaimento da concentração de odor de segunda-feira à quarta-feira pode ser devido a uma atividade realizada na operação do sítio de compostagem. Essas variações devem ser validadas com o caderno de operações semanal do sítio de compostagem, através de uma checagem das atividades feitas neste sítio durante o período analisado.

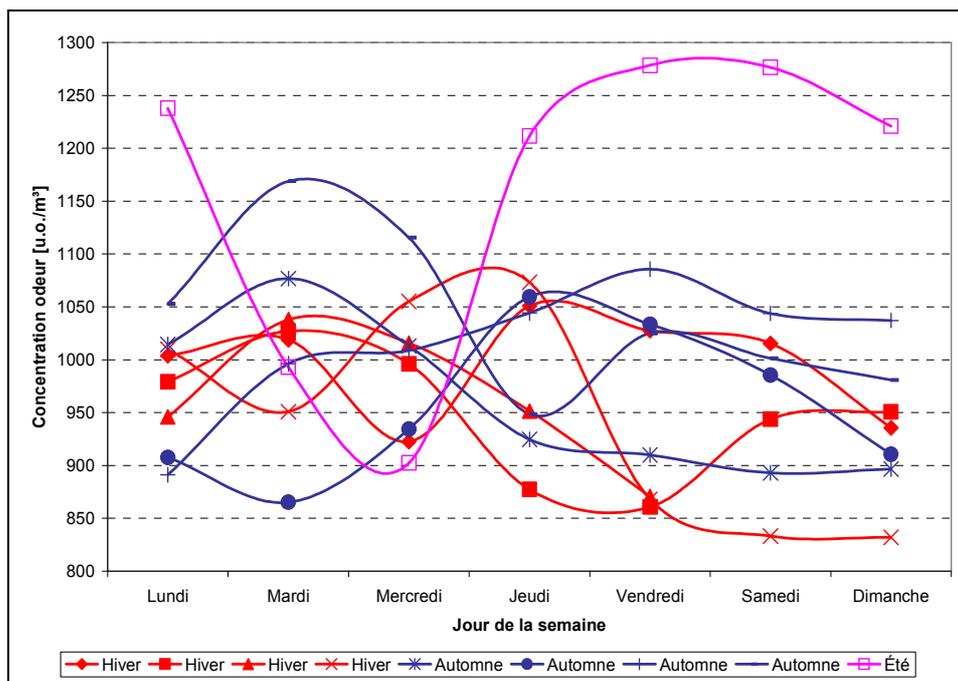


Gráfico 9: Média das concentrações de odor do NE1 durante uma semana.

O gráfico 9 ilustra globalmente as mesmas tendências observadas no gráfico 8. O gráfico tem como objetivo verificar se existe um padrão das concentrações de odor durante uma semana no sítio de compostagem e por isso, foram analisadas mais semanas de operações no outono e inverno, em relação ao gráfico 8. Para o verão, o gráfico apresenta apenas uma semana porque não existe outra semana completa de dados registrados pelo nariz eletrônico 1.

5.1.4 ROSA DE CONCENTRAÇÕES

Para avaliar se existe interferência da concentração de odor entre os narizes eletrônicos, neste sítio de compostagem, foram analisados os NE1 e NE2 através da ferramenta da rosa de concentrações, onde se analisa os valores de concentração de odor e direção do vento.

O Gráfico 10 apresenta a rosa de concentrações para os narizes eletrônicos 1 e 2, indicando a proveniência dos ventos e a concentração de odor para o sítio de compostagem de 15 de fevereiro à 02 de março de 2008. Os ventos são geralmente nordeste.

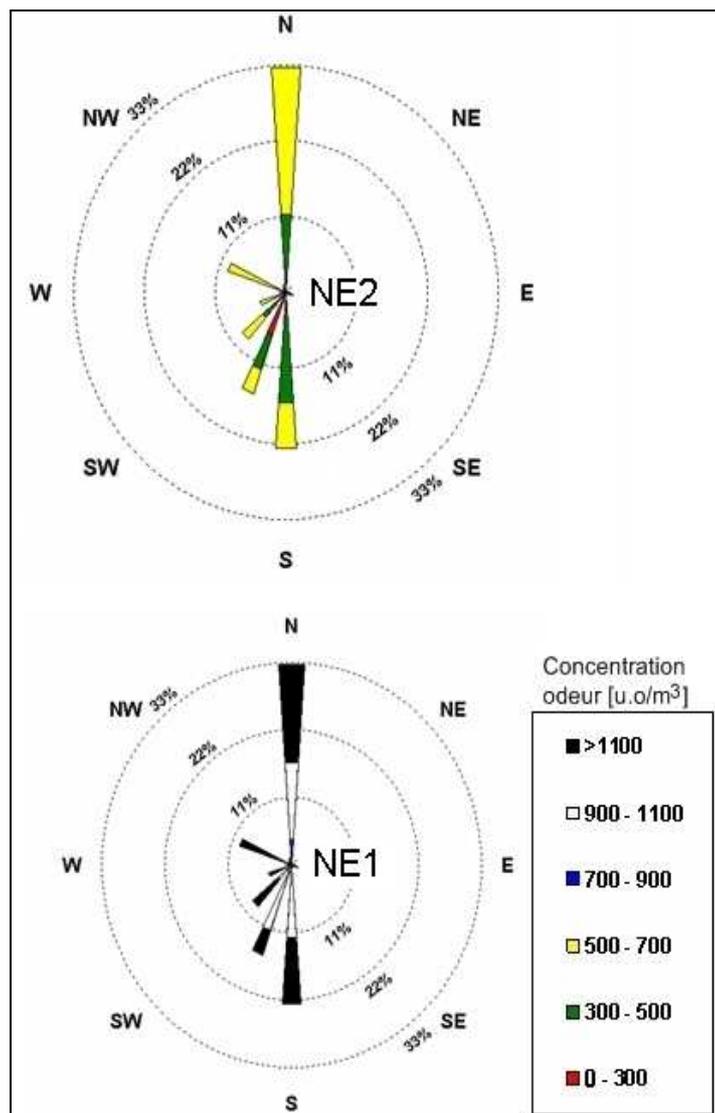


Gráfico 10: Rosa de concentrações dos narizes eletrônicos 1 e 2.

A concentração de odor média segundo as horas do dia para o NE1 no período analisado é de 1125 U.O./m³ e para o NE2 é de 462 U.O./m³.

A rosa de concentrações mostra que os odores emitidos pela fonte situada próxima ao nariz eletrônico 1 não interfere na concentração de odor da fonte do NE2 e vice-versa. Ou seja, a fonte associada ao NE1 - que emite os odores mais importantes neste sítio - não aparenta afetar os valores medidos pelo NE2 quando o vento sopra em direção ao NE2 e vice-versa. Para justificar esta análise, pode-se explicar pela topografia do sítio de compostagem onde o NE1 e NE2 estão inseridos ou pela presença de obstáculos (andaimes, por exemplo) que impedem que os odores emitidos pela fonte associada ao NE1 influenciem o nariz eletrônico 2. Além disso, os odores associados aos narizes eletrônicos 1 e 2 podem ter composições químicas diferentes, e assim, pode-se dizer que

são características específicas de cada nariz eletrônico e os sensores de um nariz trabalham diferentemente do outro nariz eletrônico.

6. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Este trabalho realizou um estudo de caso na temática de poluição atmosférica causada por odores. Neste estudo de caso foi feita uma análise estatística dos dados medidos pelos cinco narizes eletrônicos e pela torre meteorológica instalados no sítio de compostagem X.

O estudo de correlações entre as concentrações de odores e os dados meteorológicos mostram que não existe uma correlação marcante entre as concentrações de odores e a pressão barométrica, a umidade relativa, a velocidade do vento, a direção do vento e a temperatura, analisados e divididos os dados por estações do ano. O valores fracos observados pelos coeficientes de correlação não significam que os parâmetros meteorológicos não influenciam as emissões de odor na fonte, e sim que mais de um parâmetro meteorológico podem influenciar simultaneamente a fonte odorante do sítio de compostagem.

A distribuição das concentrações de odor para o NE1 mostra que as concentrações entre 800 U.O./m³ 1100 U.O./m³ são as mais freqüentes e são da mesma ordem de grandeza observados em outros estudos já feitos em sítios de compostagem. Além disso, o estudo de acompanhamento das concentrações de odor horárias do nariz eletrônico 1 associadas às células de fermentação com idade do dejetos de 0 a 3 semanas, mostra que os odores no verão são comparativamente mais fortes que nas outras estações. O inverno é a estação onde o valor das concentrações de odor são mais fracas.

Quanto a análise da concentração em relação a um dia no sítio de compostagem no verão são mais constantes que no outono e inverno, sendo que no inverno pode-se observar uma variação durante o dia potencialmente por causa do parâmetro da temperatura. No verão, os parâmetros meteorológicos como a temperatura, é ideal para a atividade de microorganismos responsáveis pela geração de compostos odorantes, ao contrario do que acontece no inverno, onde as condições de temperatura são próprias para as atividades dos microorganismos se estabilizem geralmente no meio do dia por apenas algumas horas.

A análise da concentração de odor na fonte associada ao nariz eletrônico 1 durante uma semana, mostra que a uma diminuição da concentração de segunda-feira à quarta-feira e nos finais de semana. De quarta-feira à sexta-feira, pode-se observar um aumento da

concentração de odor no sítio. Recomenda-se que essas variações sejam validadas pelo caderno de operações semanal do sítio para verificar essas observações.

Na rosa de concentrações pode-se observar que os narizes eletrônicos 1 e 2 não interferem um ao outro. De fato, a fonte associada ao NE1 emite odores mais fortes do sítio e não aparenta afetar os valores de concentração de odor da fonte associada ao NE2. Para explicar este fato, o sítio pode ter características específicas, como sua topografia e/ou a presença de obstáculos, que podem justificar essa observação.

As conclusões presentes neste trabalho devem ser validadas através de uma análise de dados mais minuciosa, como por exemplo, buscar nos registros de análises feitas anteriormente para preencher as lacunas dos dados que estão faltando e, analisar o caderno de operações do sítio para verificar se as análises feitas são coerentes com as operações do sítio para o período analisado. Além disso, uma análise de multi-variáveis por regressão linear múltipla pode ser feita a fim de determinar melhor os níveis de correlação e a influência geral dos parâmetros meteorológicos sobre as concentrações de odor.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AIRES, M. M. (1999) **Fisiologia**. Ed. Guanabara-Koogan, Rio de Janeiro.

ALPHA M.O.S. Disponível em: <http://www.alpha-mos.com/en/technology/tecprinciple.php> - Acesso em 10/06/2008.

ÁLVARES Jr., O. M.; LACAVA, C. I. V.; FERNANDES, P. S. (2002) **Tecnologias e gestão ambiental – Emissões atmosféricas**. Brasília: Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial (SENAI).

BARI, Q.H; KOENIG, A. (2001) **Effect of air recirculation and reuse on composting of organic solid waste**. - Resources Conservation and Recycling. Amsterdam, Holanda.

BELLI Filho, P.; DE MELO LISBOA, H. (2002) **Metodologias para Avaliação de Odores em Refinarias de Petróleo**. XXVIII Congresso Interamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental. Cancun, Mexico.

BELLI Filho, P.; DE MELO LISBOA, H. ; CARMO Jr., G. N. R. (2003) **Caracterização olfatométrica em uma refinaria de petróleo**. Florianópolis.

BELLI Filho, P.; DE MELO LISBOA, H. M. (1998) **Avaliação de emissões odorantes**. Revista Engenharia Sanitária e Ambiental (ABES), 03; (3/4):101-106.

CARMO Jr., G. N. R. (2005) **Otimização e avaliação de metodologias olfatométricas voltadas ao saneamento ambiental.** *Dissertação de Mestrado - ENS/UFSC.* Florianópolis.

CARVALHO, C. M. (2001) **Odor e biodesodorização em reatores anaeróbios.** *Dissertação de mestrado. Pós-Graduação em Engenharia Ambiental – PPGEA/UFSC.* (2001)

CÉSAR E CEZAR (2002) **Biologia Geral.** Volume único. Editora Saraiva, São Paulo.

DE MELO LISBOA, H. (1996) **Contribution à la mise en oeuvre et à la validation de modèles de dispersion atmosphérique applicables aux composés odorants.** Tese de Doutorado - Université de Pau et des Pays de l'Adour. Alès, France).

DE MELO LISBOA, H.; PAGÉ, T, e GUY C. (2007) **Gestão de odores: Fundamentos do nariz eletrônico.** Artigo enviado para Revista Engenharia Sanitária e Ambiental (ABES), aguardando publicação.

DE MELO LISBOA, H.; PAGÉ, T, e GUY C. (2007) **Aplicações do nariz eletrônico as indústrias e a gestão de odores.** Artigo enviado para Revista Engenharia Sanitária e Ambiental (ABES), aguardando publicação.

DE MELO LISBOA, H. ; BELLI FILHO, P.; SCHIRMER, W. N.; LACEY, M. E. Q. (2006) **A olfatométrica como ferramenta no controle da poluição atmosférica: Caso de uma refinaria de petróleo.** VIII SIBESA - Simpósio Ítalo-Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, Fortaleza.

FRECHEN, F. B. (2000) **O odour measurement and odour policy in Germany.** *Water Science and Technology*, V. 41 N° 6 pp.17 – 24.

GARDNER J.W., BARTLETT P. N. (1999) **Electronic Noses: principles and applications.** Oxford University Press, 245 p.

GOSTELOW, P.; PARSONS, S. A.; STUETEZ, R.M. (2001) **Odour measurements for sewage treatment works.** *Wat. Res.* Vol.35, N° 3, pp. 579-597.

GUY, C. PAGÉ, T. (2000) **Caractérisation et traitement des émissions d'odeurs.** École Polytechnique de Montréal, Canadá.

JAHNEL, M.C; MELLONI, R.; CARDOSO, E.J.B. (1999) **Maturidade de composto de lixo urbano.** Scientia Agrícola, Piracicaba, São Paulo.

JIANG, J.K.; KAYE R. (2001) **Odours in wastewater treatment: measurement, modelling and control.** Sampling

Techniques for Odour Measurement. Edited by Richard Stuetz and Franz-Bernd Frechen. IWA.

KELL, B. e MARTIN, S. (2007) **An Electronic Nose in the Classification of Asthma** (Session B96; Abstract # 2470). American Thoracic Society 2007 International Conference. Electronic Journal of American Thoracic Society. Disponível em: www.thoracic.org/sections/publications/press-releases/conference/articles/2007/press-releases/electronic-nose-may-help-diagnose-asthma.html - Acesso em 02/06/08.

KELLER, P. E; KANGAS, L.G; LIDEN, L.H; HASHEM, S.; KOUZES, R.T. (1995) **Electronic Noses and Their Applications**. *Artigo publicado no Neural Network Applications Studies Workshop em Portland, Oregon, USA, 12 October 1995*. Disponível em: <http://cns-web.bu.edu/pub/laliden/WWW/Papers/nose.html> - Acesso em 02/06/08.

LAFFORT, P. (1994) **Aspects of the Olfactory Information**, Characterization and Control of Odours and VOC in the Process Industries. Elsevier. Amsterdam.

LE CLOIREC, P.; FANLO, J.L.; DEGORGE-DUMAS, J. R. (1991) **Odeurs et désodorisation industrielles**. Ecole des Mines D'Alès, Alès.

LEON, N. *Electronic Nose NASA – Let's Get Nosey*. Disponível em: http://spaceplace.jpl.nasa.gov/en/kids/enose_do1.shtml - Acesso em 11/06/2008.

LYRA, D. G. P. (2001) **Caracterização e simulação das emissões atmosféricas de uma estação de tratamento de efluentes**. *Dissertação de Mestrado em Engenharia Química* - Universidade Federal das Bahia, Salvador.

MARSILI, R. (1995) **The Electronic Nose**. Disponível em: www.foodproductdesign.com/archive/1995/0695QA.html - Acesso em 25/05/08.

MCGINLEY C.; MCGINLEY M. (2002) **The new european olfactometry standard: Implementation, Experience, and Perspectives**. *Air and Waste Management Association, 2001. Annual Conference Technical Program*. Session N° EE-6b, Session Title: Modeling, Analysis & Management of Odors.

MOUVIER, GÉRARD. (1997) **A Poluição Atmosférica**. Traduzido por: Maria Clara Almeida. São Paulo.

ODOTECH Inc. (2007) **Mémo sur la réponse des nez électroniques sur la plateforme P10 d'un site de compostage**. Fonte anônima.

OLIVEIRA, A. G. (2002) **Implementação de um Sistema de Tratamento e Reconhecimento de Padrões para uma Microbalança de Quartzo Utilizando Redes Neurais Artificiais**. *Monografia de Graduação – Ciências da Computação/UFLA*. Lavras.

OUELLETTE, J. (1999) **Electronic Noses Sniff Out New Markets**. The Industrial Physicist. Disponível em: <http://www.aip.org/tip/INPHFA/vol-5/iss-1/p26.pdf> Acesso em 04/06/2008.

PAGÉ, T.; GUY, C. (1997) **Odour dispersion modeling**. Air & Waste Management Association's 90th Annual Meeting & Exhibition. Toronto, Canadá.

PERRIN M.L. (1994) **L'olfactométrie ou la mesure des odeurs**. L'Environnement. 38, p 4-5.

PIOGGIA, G. (2007) **The Electronic Nose, electronic book**. Disponível em www.piaggio.cci.unipi.it/~pioggia/electronicnose/electronicnose.html Acesso em 02/06/08.

RENNER, C.; LEVASSEUR, J.P.; MICONE, P. G.; PAGÉ, T. (2006) **Real time odour abatement monitoring using electronic noses on a WWTP biosolid composting facility**. US Composting Council, RNAual Conference, Orlando.

RYAN, M. A. (2007) **Electronic Nose Project. Jet Propulsion Laboratory**. Disponível em: www.nasatech.com/NEWS/ntb.nov00_ryan.html - Acesso em 02/06/08.

SCHIRMER, W. N. (2004) **Amostragem, análise e proposta de tratamento de compostos orgânicos voláteis e odorantes na Estação de Tratamento de Efluentes de uma refinaria de petróleo**. *Dissertação de Mestrado* – ENS/UFSC. Florianópolis.

SCIENCY DAILY (2007) - **Artificial Snot Enhances Electronic Nose**. Disponível em: www.sciencedaily.com/releases/2007/04/070430093948.htm - Acesso em 25/05/08.

SHERIDAN, B. A.; et al. (2004) **A dispersion modeling approach to determining the odour impact of intensive units in Ireland**. *Bioresource technology* v. 91, p. 145 - 152.

SILVA, G. P. (2002) **Avaliação de incômodos olfativos emitidos pela suinocultura – Estudos na bacia hidrográfica do rio dos Fragosos e na região urbana do município de Concórdia**. *Dissertação de Mestrado* – ENS/UFSC. Florianópolis.

SOHN, J.H.; SMITH, R.J.; YOONG, E. (2006) **Process studies of odour emissions from effluent ponds using machine-based odour measurement**. *Atmospheric Environment*.

SNEATH, R. W. (2001) **Odours in wastewater treatment: measurement, modeling and control. Olfactometry and the CEN standard prEN17325**. Edited by Richard Stuetz and Franz-Bernd Frechen. IWA.

STETTER, J. R. (2007) **Electronic Nose Research at IIT**. Illinois Institute of Technology, BCPS Department. Disponível em: www.iit.edu/~jrsteach/enose.html - Acesso em 01/06/08.

STUETZ, R., FRENCHEN, F. B (2001) **Odour Wastewater Treatment, Measurement, Modeling and Control**. Ed. IWA – Publishing. London. 437p.

TEETAERT, V. (1999) **Etude de materiaux adsorbants pour le prelevement de composes volatils odorants. Application au prelevement d'un effluent industriel**. *Tese de Doutorado* - Chimie et microbiologie de l'eau, Université de Pau et des Pays de l'Adour. France.

TIQUIA, S.M.; TAM, NFY; HODGKISS, I.J. (1998) **Salmonella elimination during composting of spent pig**. Bioresource Technology, Amsterdam, Holanda.

TUOMELA, M. et al. (2000) **Biodegradation of lignin in a compost environment: a review**. Bioresource Technology, Amsterdam, Holanda.

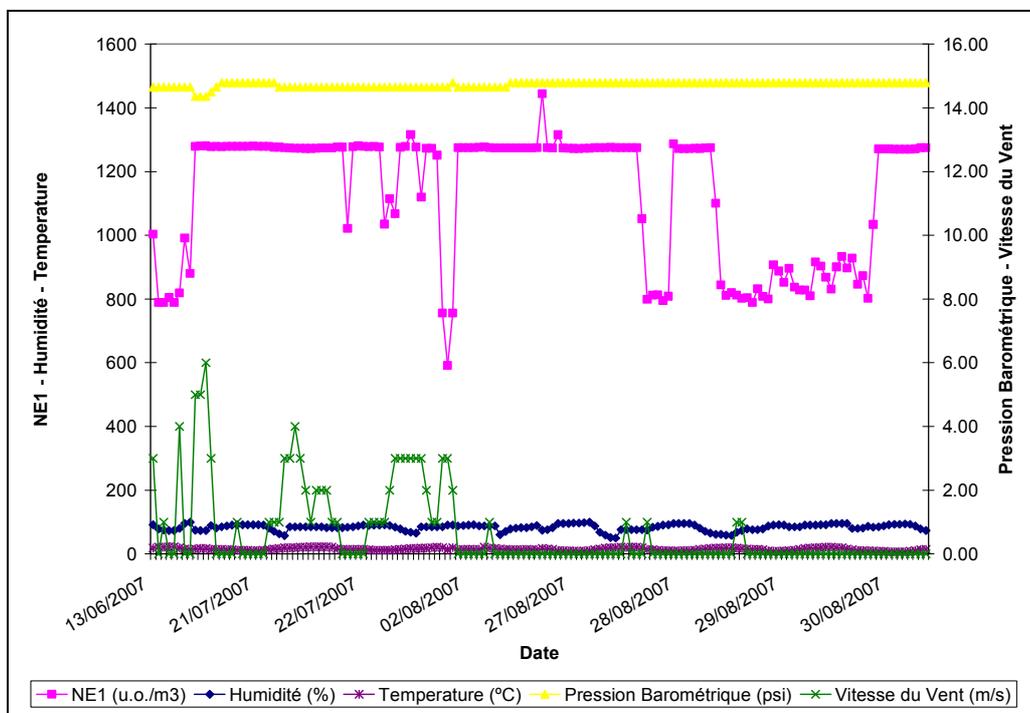
WATER ENVIRONMENT FEDERATION (WEF) (1994) **Preliminary treatment for wastewater facilities**. Alexandria: ASCE Manuals and Reports on Engineering Practice, 164p.

ZANCHETTIN, C.; LUDERMIR, T. B. (2005). **Classification of gases from the petroliferous industry by an artificial nose with neural network**. *Proceedings of Joint 13th International Conference on Artificial Neural Networks and 10th International Conference on Neural Information Processing*, p. 208-211.

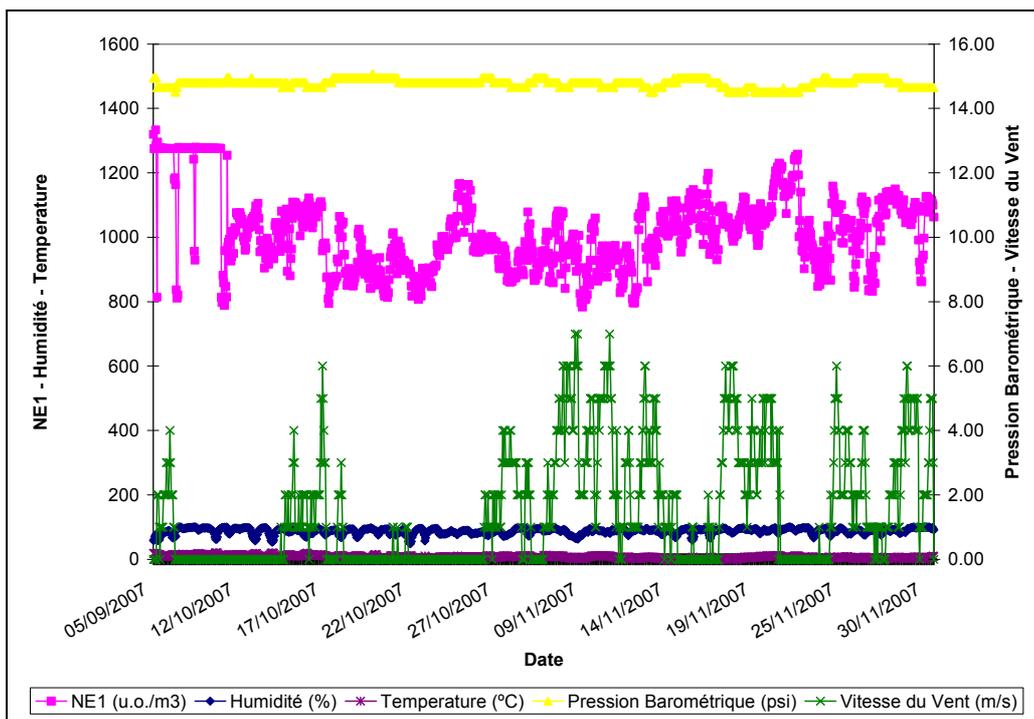
ZHANG, Q.; FEDES, J.J.R.; EDEGOU, I.K.; ZHOU, X.J. (2001) **Comparison of odour measurements using olfactometry and n-butanol scale**. Project MLMMI 00-02-11. Final report submitted to Manitoba Livestock Manure Management Initiative Inc., Winnipeg, MB.

8. APÊNDICES

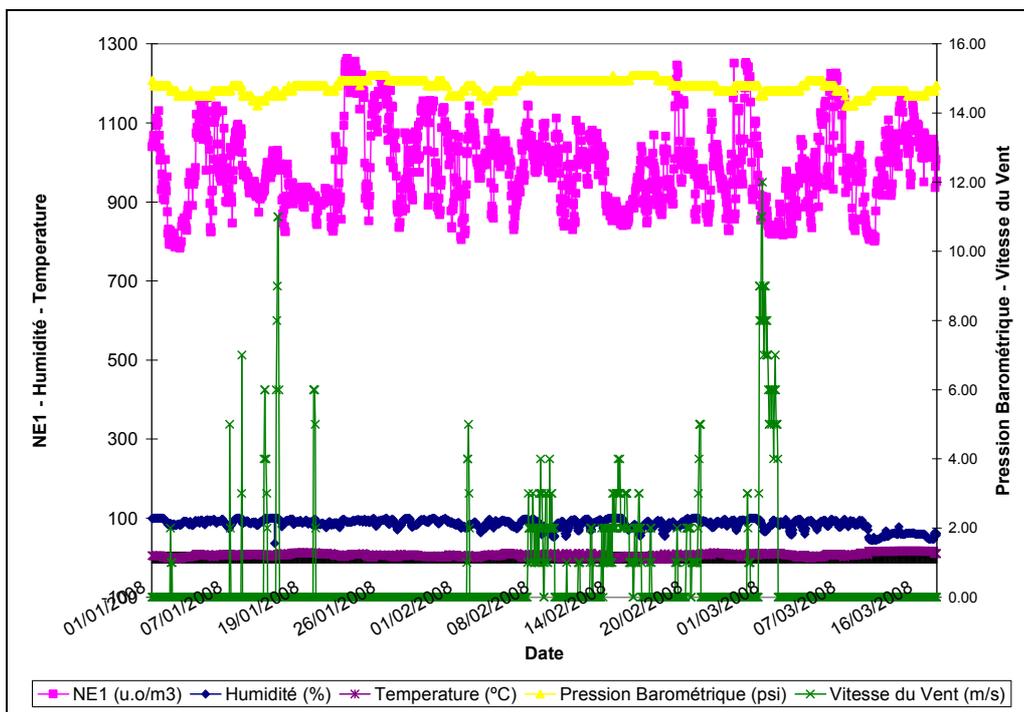
Variação da concentração de odor e dos parâmetros meteorológicos em função do tempo:



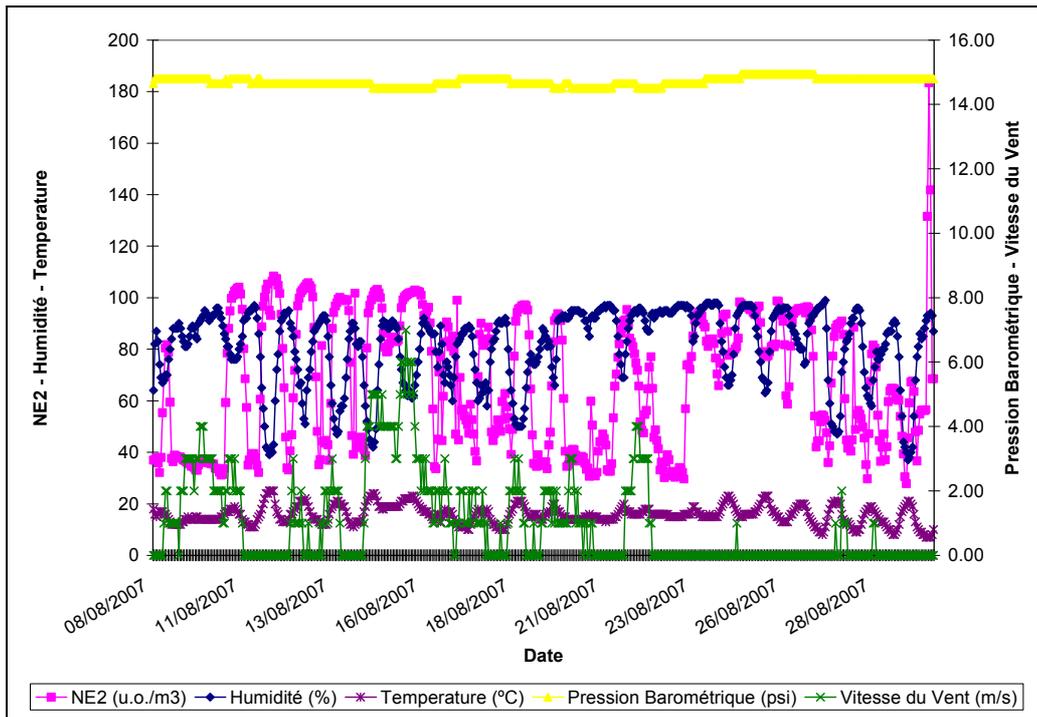
Relação entre os dados meteorológicos e a concentração de odor do NE1 (Junho de 2007 à Agosto de 2007).



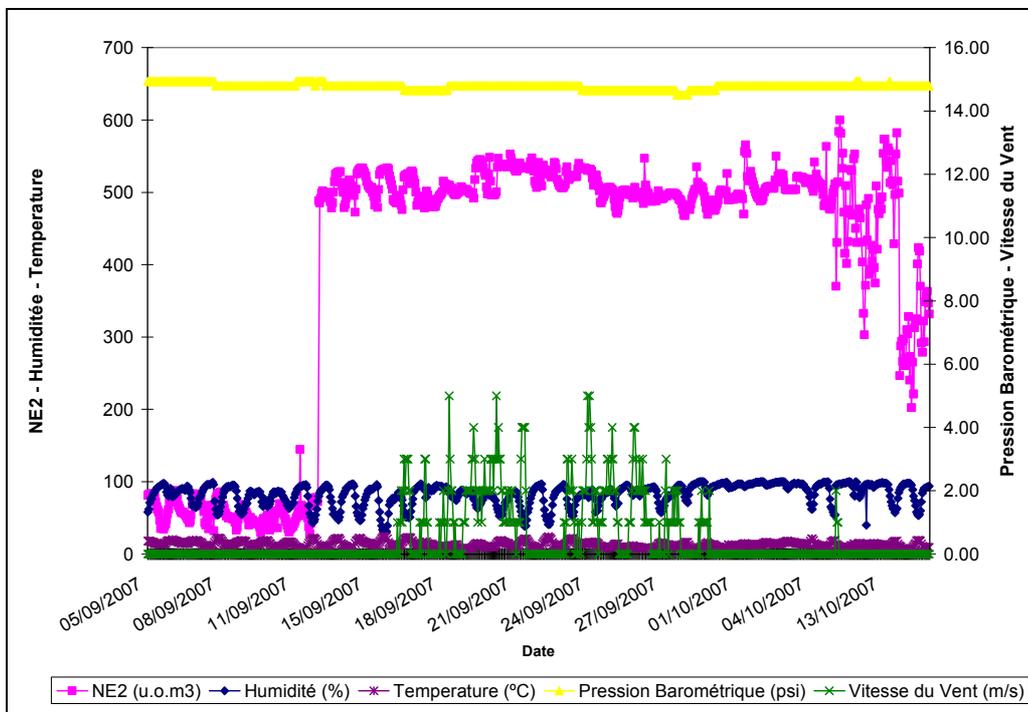
Relação entre os dados meteorológicos e a concentração de odor do NE1 (Setembro de 2007 à Novembro de 2007)



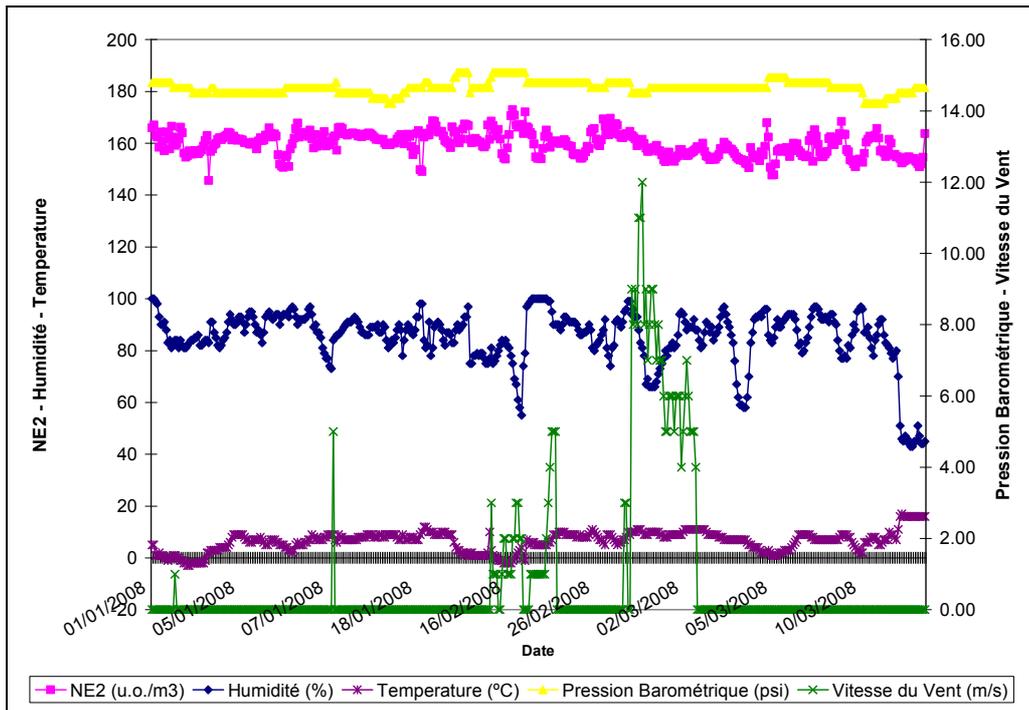
Relação entre os dados meteorológicos e a concentração de odor do NE1 (Janeiro de 2008 à Março de 2008).



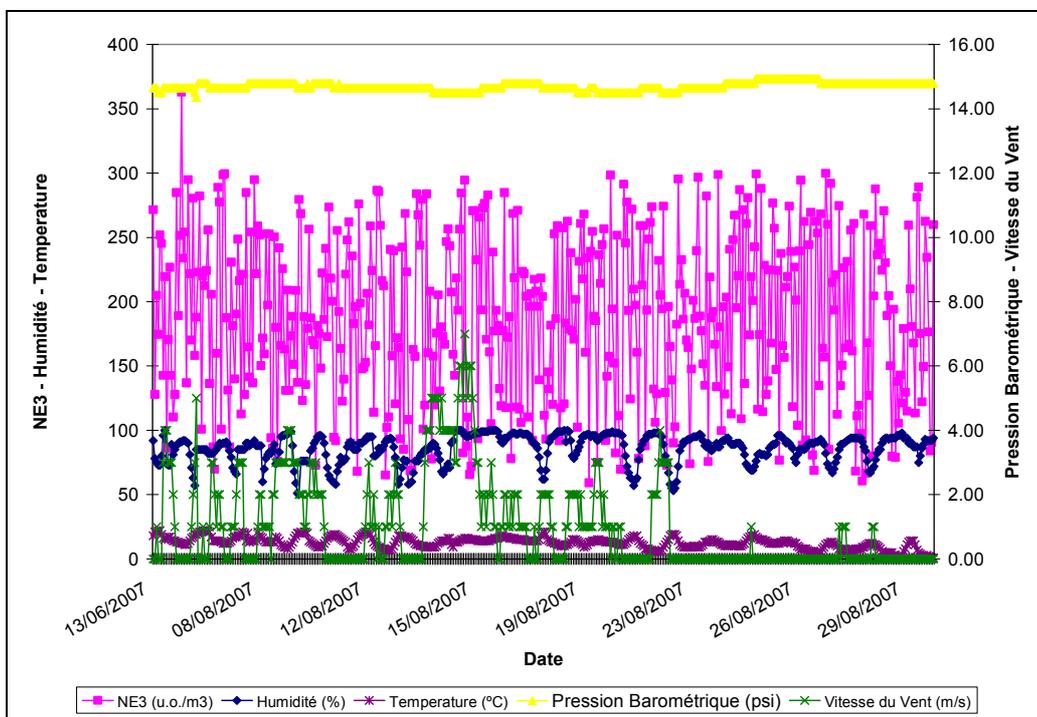
Relação entre os dados meteorológicos e a concentração de odor do NE2 (Junho de 2007 à Agosto de 2007).



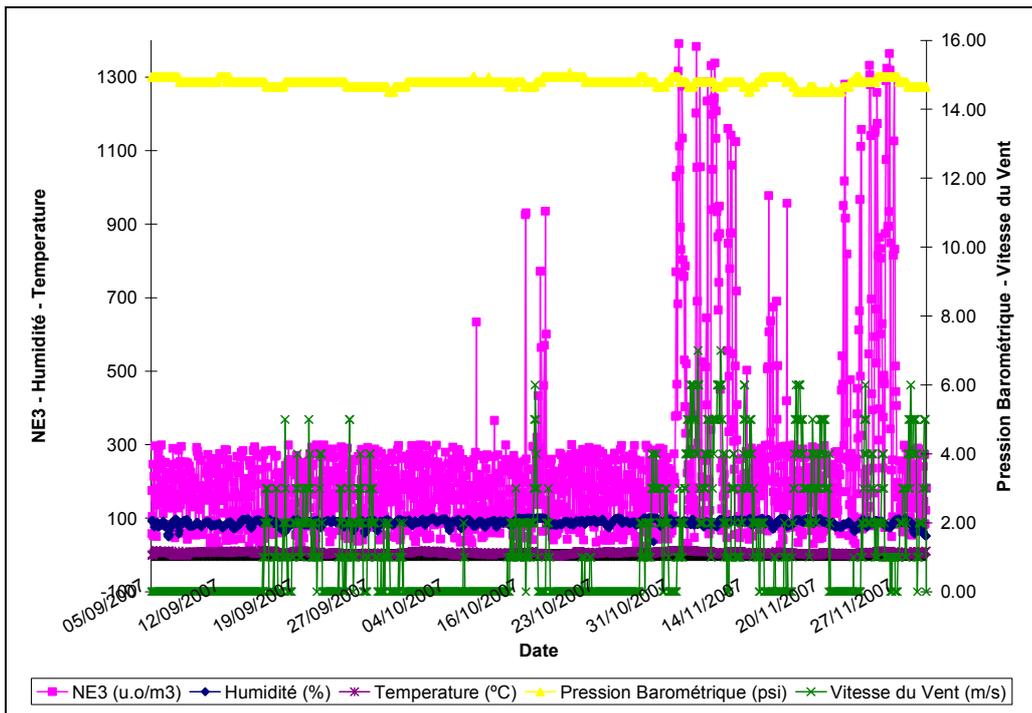
Relação entre os dados meteorológicos e a concentração de odor do NE2 (Setembro de 2007 à Novembro de 2007)



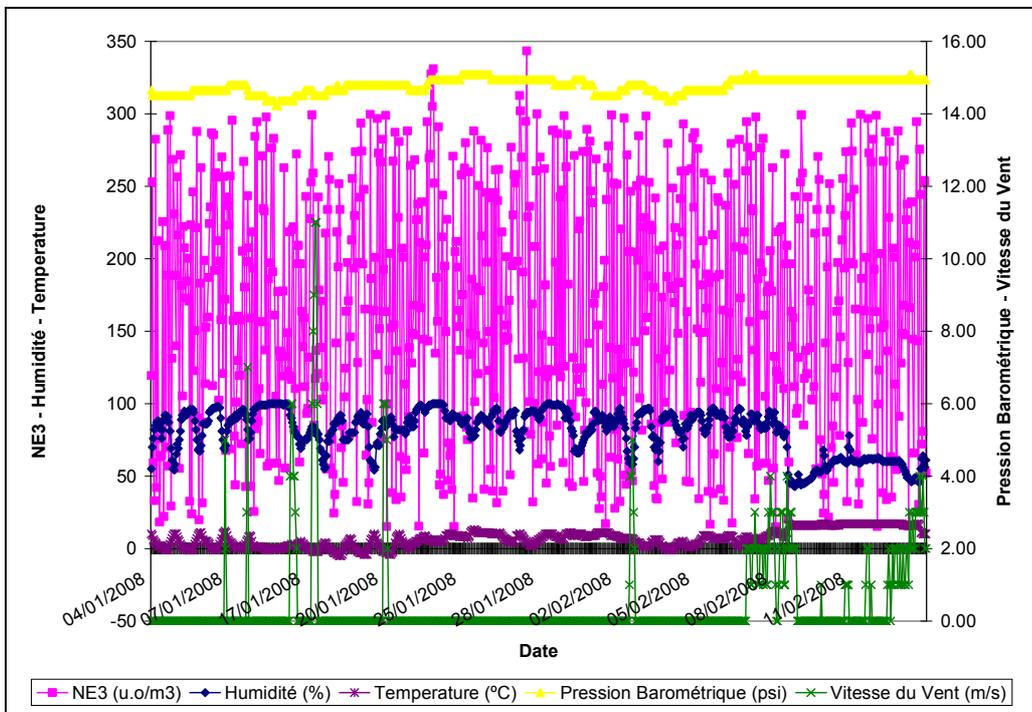
Relação entre os dados meteorológicos e a concentração de odor do NE2 (Janeiro de 2008 à Março de 2008).



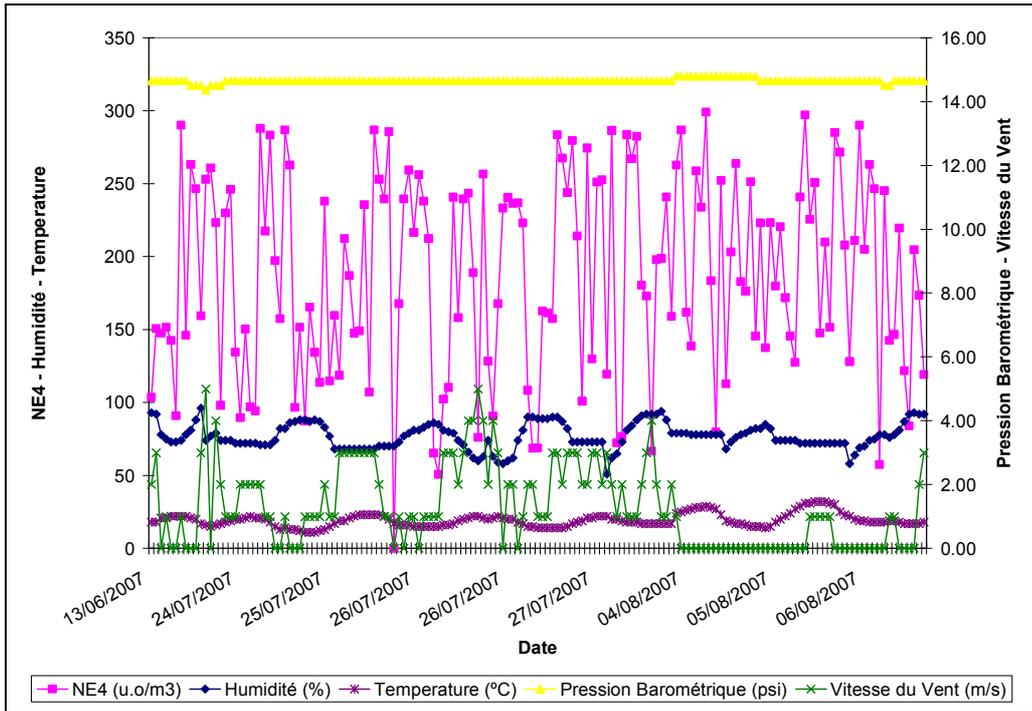
Relação entre os dados meteorológicos e a concentração de odor do NE3 (Junho de 2007 à Agosto de 2007).



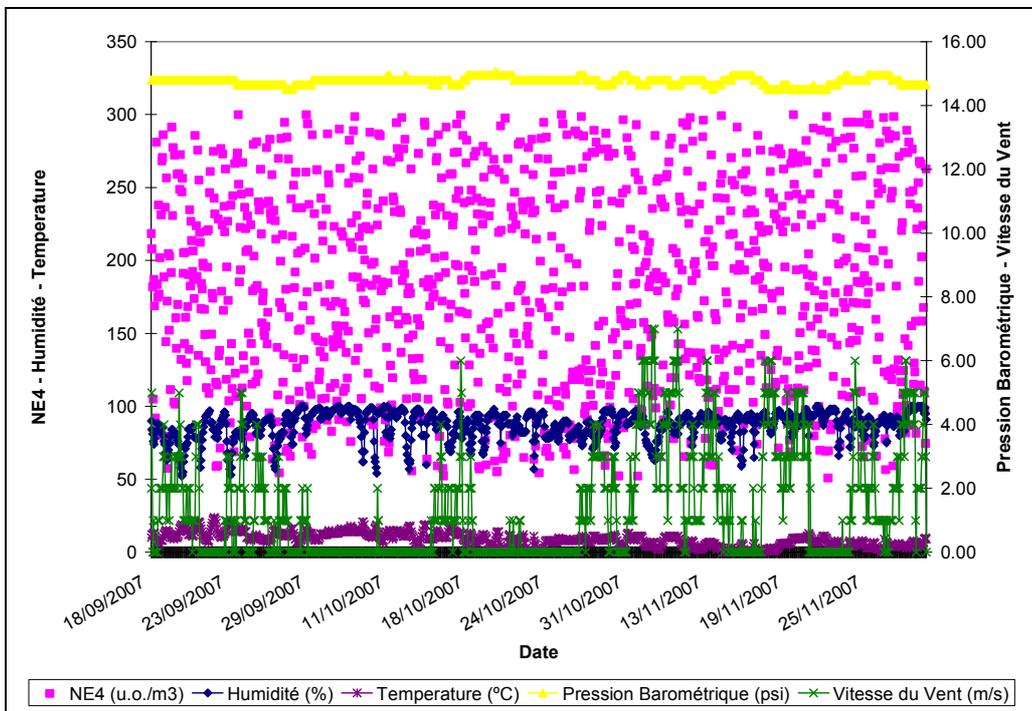
Relação entre os dados meteorológicos e a concentração de odor do NE3 (Setembro de 2007 à Novembro de 2007)



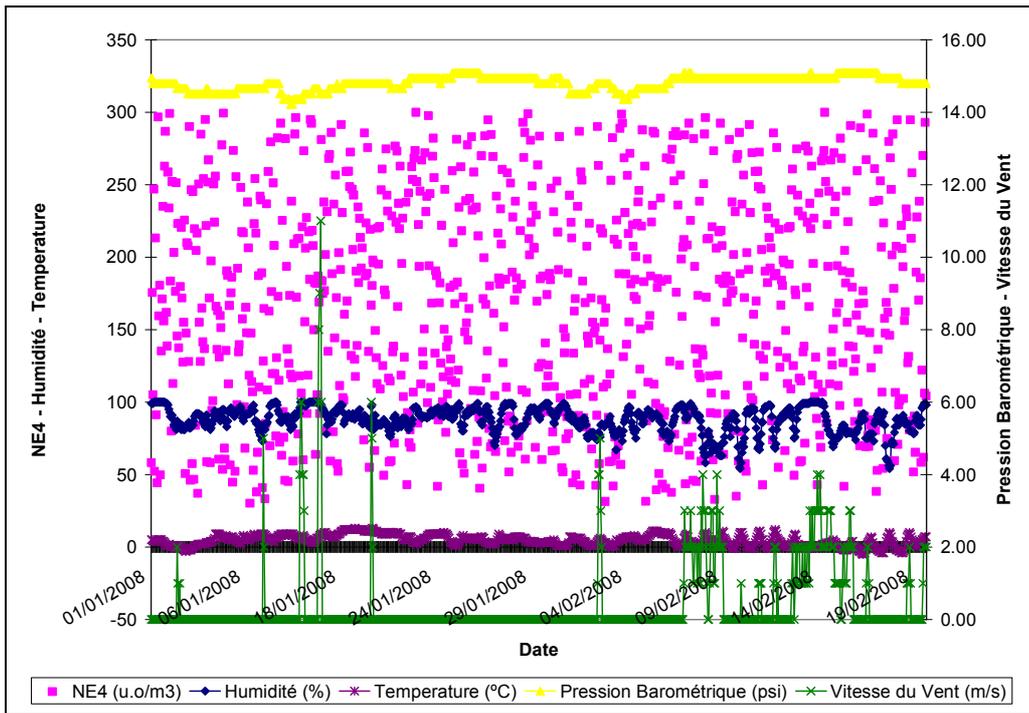
Relação entre os dados meteorológicos e a concentração de odor do NE3 (Janeiro de 2008 à Março de 2008).



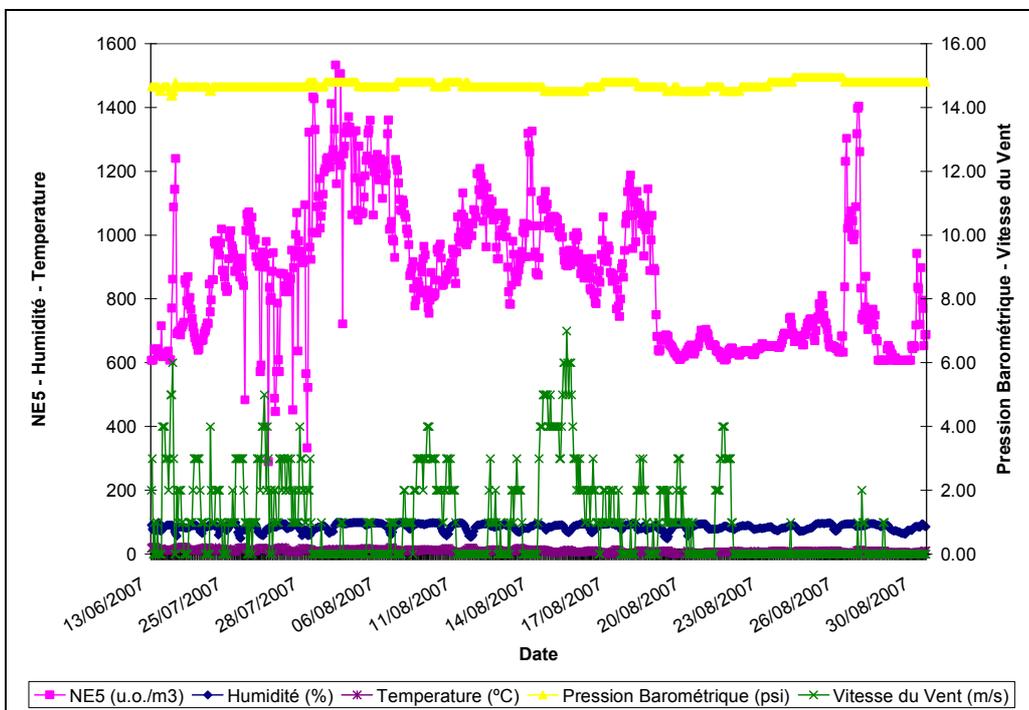
Relação entre os dados meteorológicos e a concentração de odor do NE4 (Junho de 2007 à Agosto de 2007).



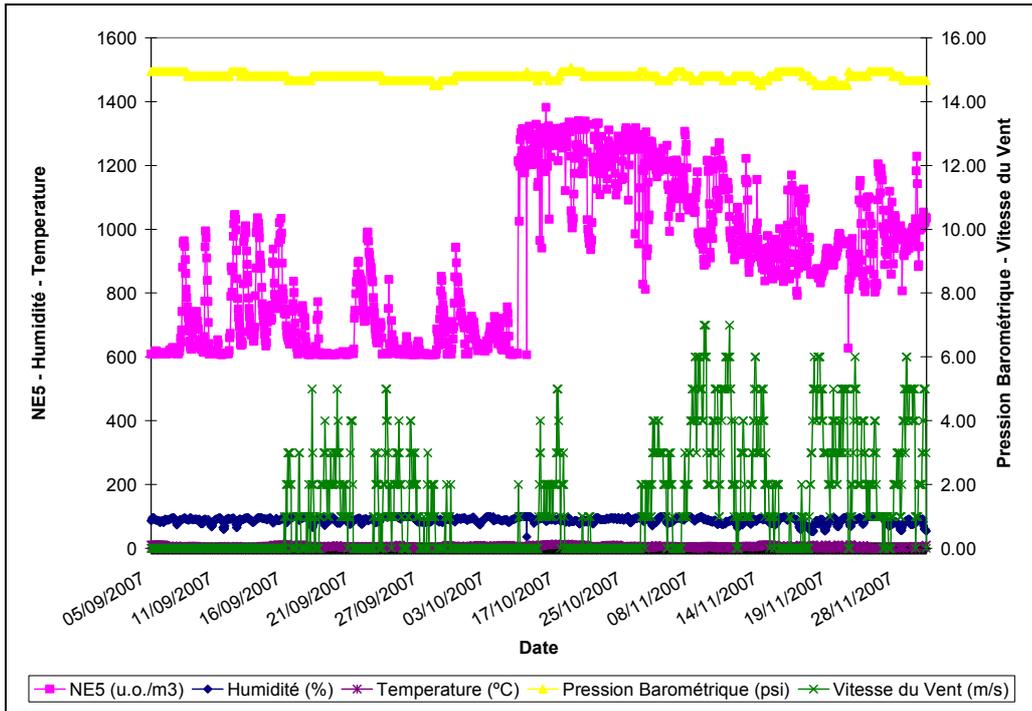
Relação entre os dados meteorológicos e a concentração de odor do NE4 (Setembro de 2007 à Novembro de 2007)



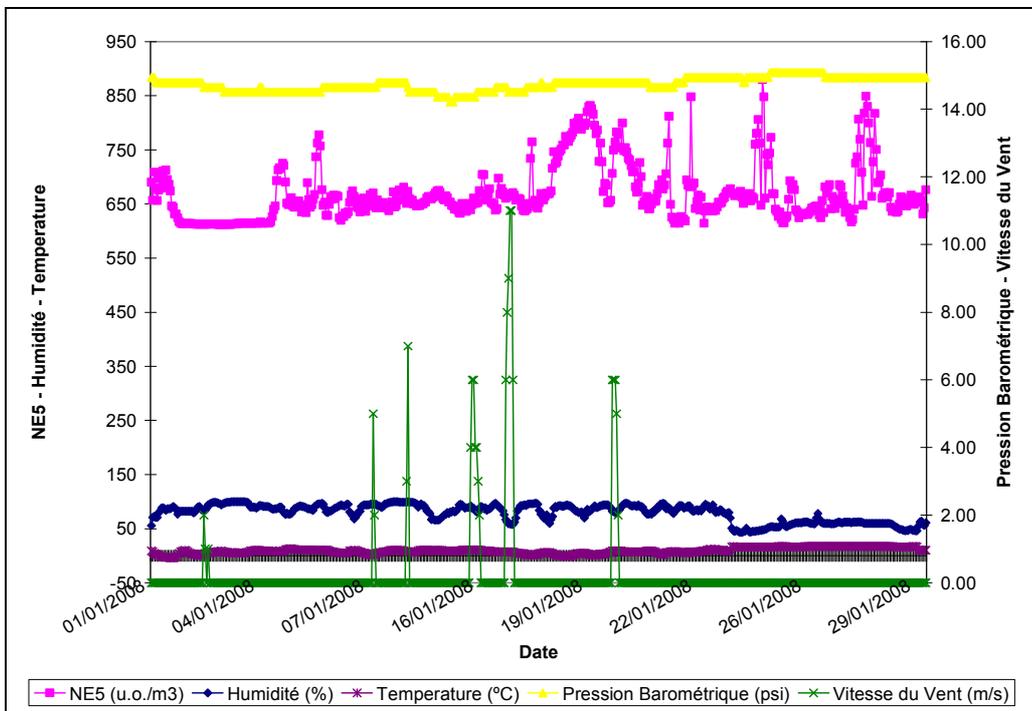
Relação entre os dados meteorológicos e a concentração de odor do NE4 (Janeiro de 2008 à Março de 2008).



Relação entre os dados meteorológicos e a concentração de odor do NE5 (Junho de 2007 à Agosto de 2007).



Relação entre os dados meteorológicos e a concentração de odor do NE5 (Setembro de 2007 à Novembro de 2007)



Relação entre os dados meteorológicos e a concentração de odor do NE5 (Janeiro de 2008 à Março de 2008)

