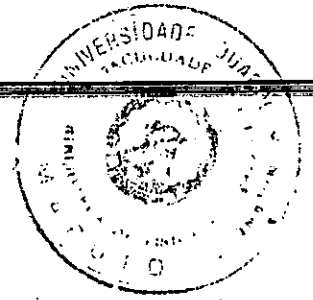


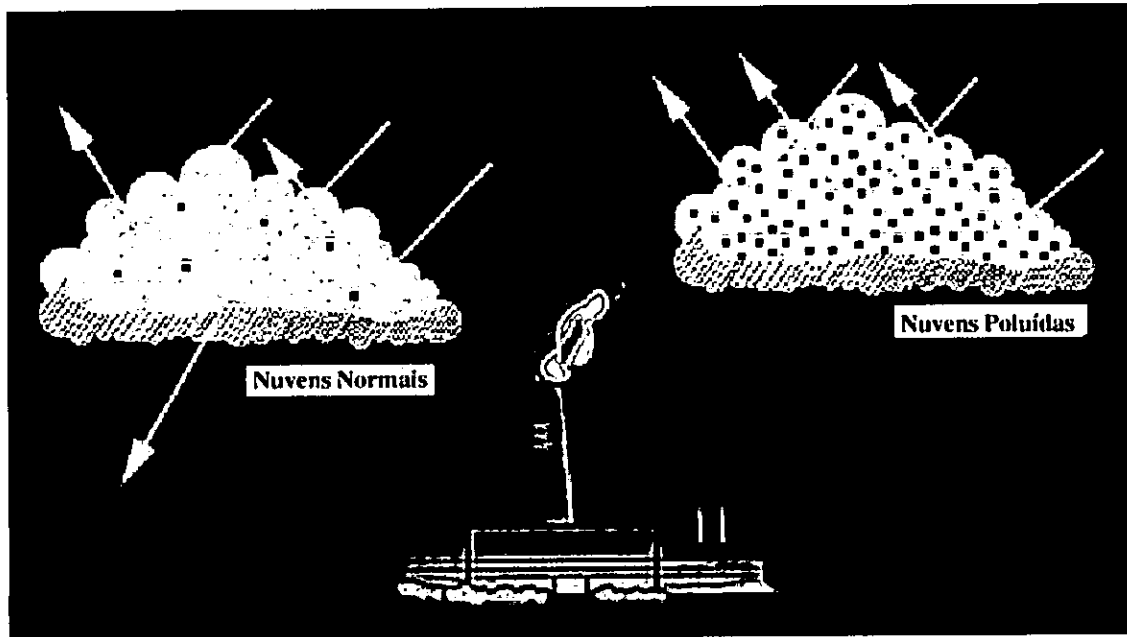
F15. 37



**UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE**  
**Faculdade de Ciências**  
**Departamento de Física**

## **Caracterização Óptica dos Aerosóis Sobre a Cidade de Maputo**

Trabalho de Licenciatura



**Autor:** Luís Miguel S. T. Buchir

Moçambique-Maputo  
Julho de 2004

**Universidade Eduardo Mondlane**

Faculdade de Ciências

Departamento de Física

Dissertação para obtenção do grau de Licenciatura

---

**Caracterização Óptica dos Aerosóis Sobre a Cidade  
de Maputo**

---

Autor: Luís Miguel Samussone Tomás Buchir

Supervisor: dr. António Joaquim Queface

Moçambique - Maputo

Julho de 2004

Luis Miguel Samussone Tomás Buchir

**CARACTERIZAÇÃO ÓPTICA DOS AEROSÓIS SOBRE A CIDADE DE  
MAPUTO**

Esta dissertação foi julgada e aprovada para a obtenção do **grau de Licenciatura em Física e Meteorologia** na Faculdade de Ciências da Universidade Eduardo Mondlane

Maputo, 7 de Julho de 2004

.....

**BANCADA EXAMINADORA**

-----  
(Orientador)

-----  
(Oponente)

-----  
(Supervisor)

## DECLARAÇÃO DE HONRA

Declaro por minha honra, que esta dissertação para a obtenção de grau de licenciatura em Física e Meteorologia na Faculdade de Ciências da Universidade Eduardo Mondlane (Moçambique), é de minha própria autoria, e que o mesmo nunca foi submetido ou examinado em nenhuma universidade. Os dados apresentados neste trabalho, são originais e fonte da minha investigação.

---

(Luís Miguel Samussone Tomás Buchir)

7 de Julho de 2004

## DEDICATÓRIA

Este trabalho é dedicado aos meus pais, Tomás Stanley Buchir e Cecília da Consolação de Samussone Chilenge (*em memória*), e ao meu querido irmão Orlando da Consolação Stanley Buchir.

## AGRADECIMENTOS

A abordagem deste tema, só foi possível, com a ajuda preciosa e incansável de pessoas que se tornaram parte da minha vida. Portanto quero agradecer primeiramente a Deus por permitir que mais um objectivo seja alcançado, e:

- Ao dr. António J. Queface, que prontamente me encaminhou e orientou sempre que necessário.
- À minha família, que apoiou-me em todos os momentos, em particular, ao meu tio Benjamim J. Chilenge, a quem devo grande parte da minha carreira estudantil.
- À minha namorada, Joelma N. S. Leão, pela paciência e dedicação incansável à minha pessoa.
- Ao Instituto Nacional de Meteorologia (INAM), na pessoa do Sr. Mussa Mustafa, que em diversas vezes me facilitou o acesso aos dados meteorológicos.
- Aos docentes do Departamento de Física da Universidade Eduardo Mondlane, em especial ao dr. Manuel L. Chenene, que incondicionalmente sempre me ajudou.
- A Faculdade de Ciências da Universidade de Witwatersrand em Johannesburg (África do Sul), pela prestimosa cooperação ao cederem o fotómetro solar para a pesquisa.
- Aos meus colegas de curso, Danillo, Cajó, Claire, Cláudio, Dino, Marito, Anacleto, Brito, Savangwane, Queba, Rego, pelo companheirismo ao longo destes anos.
- Aos meus amigos, que são tantos, por isso não irei nomear, pela compreensão que tiveram nos momentos de mau humor, e não só... .

E finalmente a todos que directa ou indirectamente contribuíram para a realização desta pesquisa, um especial obrigado por tudo.

*“Se não posso realizar grandes coisas,  
posso pelo menos fazer pequenas coisas  
com grandeza”.*

(Clark)

## LISTA DE FIGURAS

Figuras.....	Pág
Fig. 1 – Tipos de aerossóis, e fontes emissoras dos mesmos.....	2
<b>Concentração dos aerossóis nas nuvens</b>	
Fig. 2.a – Nuvens com pequenas concentrações de aerossóis.....	3
Fig.2.b – Nuvens com grandes concentrações de aerossóis.....	3
Fig. 3 – Transporte médio da circulação sinóptica na África Austral (500 hPa).....	6
Fig. 4 - Percentagens de frequência do transporte regional de Highveld.....	7
Fig. 5 - Diagrama esquemático do instrumento de medição da extinção.....	9
Fig. 6 - Fotómetro solar (Hazemeter).....	11
<b>Espessura óptica dos Aerossóis</b>	
Fig. 7 - Médias diárias da espessura óptica dos aerossóis na cidade do Maputo.....	21
Fig. 8 - Zonas com maior/ menor quantidade de aerossóis.....	22
Fig. 9 - Período do dia com maior/ menor quantidade de aerossóis.....	23
<b>Frequências de ocorrências da espessura óptica dos aerossóis</b>	
Fig. 10.a – Baixa.....	25
Fig. 10.b - Bairro Central.....	25
Fig. 10.c – Xipamanine.....	25
Fig. 10.d – Hulene.....	25
Fig. 10.e - Campus Universitário.....	25
<b>Parâmetro de Angström</b>	
Fig. 11 - Médias diárias do Parâmetro de Angström na cidade do Maputo.....	26
Fig. 12 - Zonas com maiores/ menores tamanho de partículas dos aerossóis.....	27
Fig. 13 - Período do dia com maiores/ menores tamanho de partículas dos aerossóis.....	28



### **Frequências de ocorrências do Parâmetro de Angström**

Fig. 14.a – Baixa.....	30
Fig. 14.b - Bairro Central.....	30
Fig. 14.c – Xipamanine.....	30
Fig. 14.d – Hulene.....	30
Fig. 14.e - Campus Universitário.....	30

### **Transporte das massas de ar nos dias com grandes quantidades de aerossóis**

Fig. 15.a – Mapa de trajetória (5 de Setembro de 2002).....	32
Fig. 15.b – Mapa sinóptico (5 de Setembro de 2002).....	32

### **Transporte das massas de ar nos dias com pequenas quantidades de aerossóis**

Fig. 16.a - Mapa de trajetória (19 de Setembro de 2002).....	33
Fig. 16.b – Mapa sinóptico (19 de Setembro de 2002).....	33

### **Transporte das massas de ar nos dias com partículas de aerossóis de tamanho maior**

Fig. 17.a - Mapa de trajetória (4 de Setembro de 2002).....	34
Fig. 17.b – Mapa sinóptico (4 de Setembro de 2002).....	34

### **Transporte das massas de ar nos dias com partículas de aerossóis de tamanho menor**

Fig. 18.a - Mapa de trajetória (19 de Setembro de 2002).....	35
Fig. 18.b – Mapa sinóptico (19 de Setembro de 2002).....	35

## LISTA DE TABELAS (Anexos)

Tabelas.....	Pág
<b>Valores médios da EOA e do <math>\alpha</math> para os diferentes locais de observação</b>	
Tab. 1 - Nos diferentes locais de medição.....	B
Tab. 2 - Durante o período das observações.....	B
<b>Condições do tempo durante o período de observações</b>	
Tab. 3.a - Campus Universitário.....	C
Tab. 3.b - Baixa.....	C
Tab. 3.c - Bairro Central.....	C
Tab. 3.d - Xipamanine.....	C
Tab. 3.e - Hulene.....	C
Tab. 4 - Leituras feitas pelo hazemeter durante o período de observações (em voltagem)...	D
Tab. 5 - Dados trabalhados das leituras feitas pelo hazemeter.....	E
<b>Figuras.....</b>	<b>Pág</b>
Fig. 19 - Fontes naturais de emissão de aerossóis.....	F
Fig. 20 - Fontes antropogénicas de emissão de aerossóis.....	G
Fig. 21 - Mapa da cidade de Maputo.....	H

## ACRÓNIMOS

HYSTLIT\_4 – Trajectória Integrada de partículas Híbridas Lagrangianas, 4ª versão

SAFARI – Investigações Científicas em Questões Ambientais na África Austral

NOAA – Conselho de Administração da Atmosfera e dos Oceanos Nacionais

NASA – Conselho de Administração do Espaço e da Aeronáutica Nacional

IPCC – Painel Intergovernamental para as Mudanças Climáticas

NCEP – Centro Nacional Para Predição ao Ambiente

INAM – Instituto Nacional de Meteorologia

AERONET – Rede Robótica de Aerosóis

UEM – Universidade Eduardo Mondlane

EOA – Espessura Óptica dos Aerosóis

ARL – Laboratório de Pesquisas do Ar

FNL – Tipo de base de dados

c.d.o. - comprimento de onda

C.U. – Campus Universitário

BC - Bairro Central

XI – Xipamanine

HU – Hulene

BA – Baixa

Agost. - Agosto

Set. - Setembro

Tab. – Tabela

Fig. - Figura

E - Este

S – Sul

## Unidades

m - metro

nm - nanometro

$\mu\text{m}$  - micrómetro

hPa - hectopascal

## Símbolos

$\alpha$  - parâmetro de Angström

$\beta$  - coeficiente de perturbação de Angström

$\delta$  - desvio padrão

$\tau$  - espessura óptica

$\tau_a$  - espessura óptica dos aerossóis

$\lambda$  - comprimento de onda

I - intensidade de luz

$I_0$  - irradiação espectral extraterrestre

m - massa

R - distância Terra-Sol

t - transmissividade vertical

V - voltagem

$V_0$  - voltagem de reacção do fotómetro

' - minuto

## RESUMO

O interesse na caracterização das propriedades ópticas dos aerossóis na África Austral, e incluindo Moçambique, tem vindo a aumentar, devido ao grande aumento dos níveis de poluição na atmosfera e, principalmente, dada a necessidade de se conhecer a qualidade do ar que respiramos.

Da análise dos dados obtidos na determinação da espessura óptica dos aerossóis e do parâmetro de Angström no comprimento de onda dos 530 nm, sobre a cidade de Maputo, usando um fotómetro solar (Hazemeter), entre 27 de Agosto e 25 de Setembro de 2002, verificou-se que, em aproximadamente 50 % das medições, a espessura óptica dos aerossóis teve uma média diária de  $0.28 \pm 0.20$ , o que significa um nível elevado de concentrações dos aerossóis, na atmosfera.

O expoente do parâmetro de Angström para o mesmo período, teve uma média diária no valor de  $1.10 \pm 0.26$ , com um valor modal de 1.23, observando-se, deste modo, que, quanto ao tamanho dos aerossóis, nota-se uma mistura de partículas de fracção fina e fracção grossa, indicando que existem diferentes fontes de partículas.

De acordo com os mesmos dados, observou-se que, os mais elevados níveis de concentração dos aerossóis, com uma espessura óptica entre (0.8-1.2), foram observados no Xipamanine e Hulene, enquanto que no Campus universitário (Sommerschild – Coop), este se mostrou mais baixo (0.0-0.2). A distribuição do tamanho do aerosol observado nos diversos pontos, demonstra um valor elevado do parâmetro de Angström (correspondente à partículas finas) a predominar na zona do Hulene e Pandora. Portanto com base nestes resultados, observou-se que, apesar de existirem zonas como o Xipamanine, em que se pode encontrar grandes movimentações de poeira (correspondente à partículas grossas), a queima de combustíveis fósseis e da biomassa são os grandes factores que contribuem para o aumento dos níveis de aerossóis no nosso centro urbano.

## ÍNDICE

<b>Declaração de honra.....</b>	<b>III</b>
<b>Dedicatória.....</b>	<b>IV</b>
<b>Agradecimentos.....</b>	<b>V</b>
<b>Lista de figuras.....</b>	<b>VII</b>
<b>Lista de tabelas.....</b>	<b>IX</b>
<b>Acrónimo.....</b>	<b>X</b>
<b>Resumo.....</b>	<b>XII</b>
<b>Capítulo 1 – Introdução.....</b>	<b>1</b>
Introdução.....	1
Objectivos Gerais.....	3
Objectivos Específicos.....	4
<b>Capítulo 2 – Revisão Bibliográfica.....</b>	<b>5</b>
Circulação atmosférica e o transporte de aerossóis na África Austral.....	5
Propriedades Ópticas dos Aerossóis.....	8
Extinção ou Atenuação.....	8
Fórmula de Angström.....	9
Distribuição do tamanho dos aerossóis.....	10
Descrição do Fotómetro Solar.....	11
Modelo de Análise de Trajectória.....	12
Breve descrição do modelo HYSTLIT_4.....	13
Impacto dos aerossóis sobre o clima.....	14
Fontes de poluição na atmosfera.....	15
Classificação das fontes de poluição na atmosfera.....	15
SAFARI 2000.....	16

<b>Capítulo 3 – Metodologia de Investigação.....</b>	<b>18</b>
Localização e descrição dos locais de observação.....	18
Período de recolha de dados.....	18
Procedimentos experimentais.....	19
Processamento dos dados.....	20
Determinação do Parâmetro de Angström ( $\alpha$ ).....	20
<b>Capítulo 4 – Resultados Esperados e Discussão.....</b>	<b>21</b>
Espessura óptica dos aerossóis.....	21
Espessura óptica dos aerossóis (530 nm) em diferentes locais de observação.....	22
Análise em função da variação diurna da Espessura óptica dos aerossóis (530 nm)	23
Parâmetro de Angström.....	26
Parâmetro de Angström ( $\alpha$ ) para (380-880) nm em diferentes locais de	
Observação.....	27
Análise em função da variação diurna do Parâmetro de Angström.....	28
Análise de Trajectória.....	31
Transporte de massas de ar durante os dias com valores altos da espessura óptica	
dos aerossóis.....	32
Transporte de massas de ar durante os dias com valores baixos da espessura	
óptica dos aerossóis.....	33
Transporte de massas de ar durante os dias com valores altos do parâmetro de	
Angström.....	34
Transporte de massas de ar durante os dias com valores baixos do parâmetro de	
Angström.....	35

<b>Capítulo 5 – Algumas considerações, Conclusão final e Recomendações.</b>	<b>36</b>
Considerações finais.....	36
Conclusão.....	36
Recomendações.....	37
<b>Lista de Referências Bibliográficas.....</b>	<b>38</b>
Páginas da internet.....	40
<b>Anexos.....</b>	<b>41</b>



## CAPÍTULO 1

# INTRODUÇÃO

### 1.1 Introdução

O aumento dos níveis de poluição, e a preocupação na protecção e preservação do meio ambiente, tem vindo, nos últimos anos, a motivar estudos de modo a conciliar o desenvolvimento sócio-económico com o uso racionalizado dos recursos naturais, pois o aumento dos níveis de poluição tem danificado os nossos recursos de vida. Sendo um desses recursos o ar puro, que é de vital importância para a vida do homem e dos ecossistemas naturais do nosso planeta, as organizações de protecção do meio ambiente têm trabalhado arduamente na sensibilização as pessoas quanto ao problema do aumento dos níveis de poluição. É de salientar que estudos feitos recentemente, mais precisamente aqui na África Austral, deixaram bem claros, que, embora o ar possa ser contaminado por processos naturais fora do controle do homem, as actividades humanas são hoje reconhecidas como o maior agente de poluição ambiental (Utui, 1999).

Grande parte dos materiais poluentes do ar são de origem antropogénica, como por exemplo: queimadas de florestas por fogo posto, processos industriais, agricultura, transporte, queima de combustíveis fósseis para a produção de energia, actividades comuns de pinturas de edifícios, etc.

Segundo Utui (1999), em Moçambique, o grau de qualidade do ar que as pessoas respiram não é conhecido. Estudos abordando estes temas têm se tornado comuns e habituais, mas ainda não se atingiram as dimensões necessárias para que este problema seja conhecido e tomado mais em consideração. Daí o nosso contributo com mais um estudo nesta área concretamente no que diz respeito à qualidade do ar urbano.

Aerosol é um termo usado para descrever vários tipos de pequenas partículas na atmosfera. Portanto, pode-se dizer que, estes são partículas minúsculas que se encontram suspensas na atmosfera (Seinfeld *et al*; 1996).

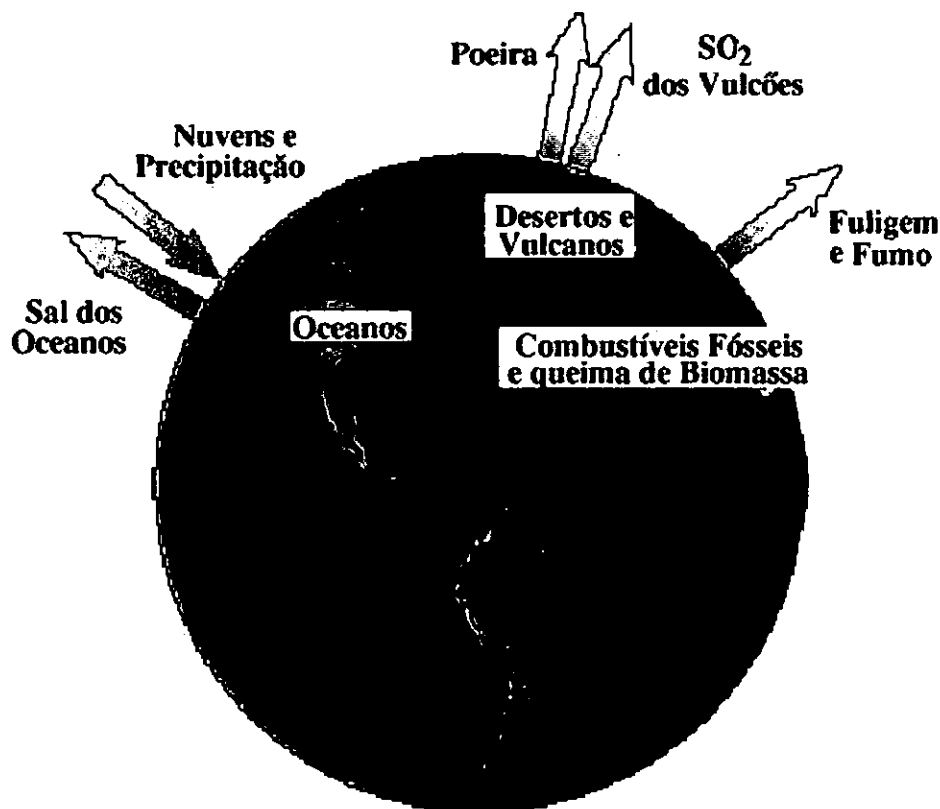


Figura 1. Tipos de aerossóis, e as fontes emissoras dos mesmos.

Os aerossóis podem ser lançados a atmosfera através das actividades do Homem e por meios naturais (fig. 1). Esta ultima, através das erupções vulcânicas (gases injectados para a estratosfera), das superfícies desérticas (poeiras de areia) e das águas do mar (bolhas de água que se reventam espalhando sal pela atmosfera).

Os aerossóis reverte-se de particular importância nas ciências que estudam a atmosfera, devido ao seu efeito sobre a radiação e, conseqüentemente, sobre o clima.

O efeito directo (fig. 2a e 2b), consiste na reflexão da luz de volta ao espaço pelas partículas, causando diminuição da quantidade de energia na superfície da terra e, conseqüentemente, da temperatura (Nasa facts, 1996).

O efeito indirecto, consiste na mudança das propriedades microfísicas das nuvens, podendo assim alterar o tamanho das gotículas das mesmas (Nasa facts, 1996).

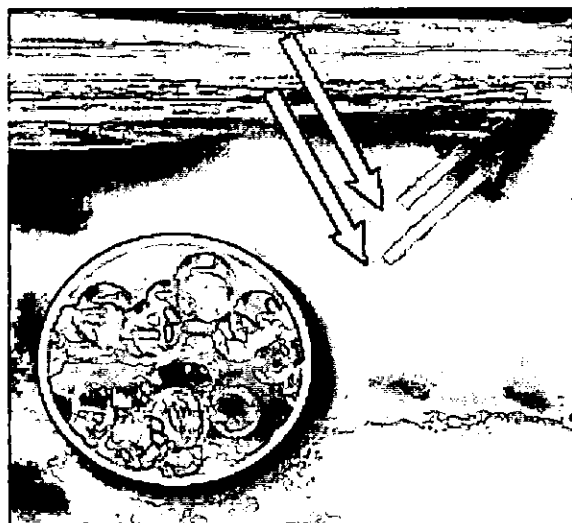


Fig. 2.a - Nuvens com pouca concentração de aerossóis não sendo bons reflectores de luz solar, permitem a passagem de grande parte dos raios solares que chegam a superfície terrestre.

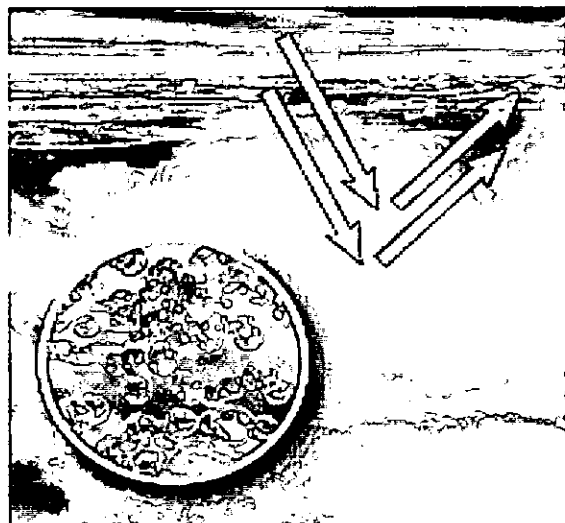


Fig. 2.b - Nuvens com grandes concentrações de aerossóis reflectindo de volta quase que 90% dos raios solares que incidem sobre elas.

É sabido que a energia solar transmitida através da atmosfera é absorvida ou reflectida pelas moléculas do ar e outros constituintes da atmosfera como: fumaça, vapor de água e aerossóis. Através da quantidade de energia atenuada, pode-se determinar a concentração dos diferentes componentes da atmosfera. Alguns componentes podem ser identificados fazendo medições em bandas seleccionadas de comprimento de onda nos quais estes componentes absorvem fortemente a energia solar (Queface, 1999).

## 1.2 Objectivos gerais

- Determinar a espessura óptica dos aerossóis usando um fotómetro solar manual.
- Determinar o tamanho médio das partículas usando parâmetros de Angström.
- Correlacionar os episódios extremos com as condições sinópticas prevalentes.

### 1.3 Objectivos específicos

- Determinar o nível de poluentes com base nos valores da espessura óptica;
- Determinar a origem das partículas durante os eventos, episódios extremos, com o auxílio do modelo de análise da trajectória;
- Associar os episódios extremos com a situação sinóptica local;
- Determinar as condições sinópticas associadas com os períodos de maior ou menor carga de aerosóis.

Esta dissertação, esta dividida em 5 capítulos, nomeadamente: **Capítulo 1**, a introdução, que é de uma forma geral a abordagem do assunto, os resultados que dele se espera, e os objectivos da pesquisa. **Capítulo 2**, trata-se dum resumo de fundamentos teóricos do conhecimento disponível sobre o assunto. **Capítulo 3**, temos a análise metodológica, isto é, os procedimentos experimentais. **Capítulo 4**, apresentação dos resultados e uma breve análise. **Capítulo 5**, considerações acerca do estudo, conclusões finais e algumas recomendações para o melhoramento do trabalho.

O objectivo principal deste trabalho, para além de apresentar um instrumento de medição (Hazemeter) aparentemente desconhecido por nós, inicia uma nova etapa de estudos na nossa região em volta dos aerosóis, que nos permita medir e compreender a quantidade de poluentes no ar e a sua relação com a circulação atmosférica.

## REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 Circulação atmosférica e o transporte de aerosóis na África Austral

A principal força que gera o transporte dos aerosóis, é a circulação prevalecente na região. A região da África Austral é dominada pela circulação média da atmosfera sobre o subcontinente, isto é, pela circulação anticiclónica.

Segundo Gilpin A. (1980), anticiclone é uma zona de alta pressão com ar a circular no sentido horário no hemisfério norte e em sentido contrário no hemisfério sul, havendo uma descida geral e lenta de ar numa grande área.

Estudos conduzidos recentemente na África Austral, indicam que as condições de circulação atmosférica prevalecentes na região, favorecem a acumulação e transporte, até grandes distâncias (milhares de quilómetros), de materiais poluentes do ar. Grande parte destes materiais são produzidos por actividades humanas, tais como: queimadas de vegetação, processos industriais, agricultura, uso de combustíveis lenhosos e transportes (Utui, 1999).

O transporte dos materiais poluentes produzidos por estas actividades não conhecem fronteiras de países, e a sua permanência por tempo relativamente longo na atmosfera sobre o nosso subcontinente possui potencial para provocar mudanças no clima regional e desastres ecológicos com consequências imprevisíveis (Utui, 1999).

Moçambique, devido à sua localização na região oriental do continente africano, banhado a leste pelo oceano Índico, estendendo-se desde 10,5° até 27° S de latitude, e desde 30° até 40,5° Este de longitude (Ferreira, 1965), também é afectado pelos mesmos anticiclones prevalentes na região.

O transporte dos anticiclones dominantes para a costa Este da África do Sul e também para o Oceano Índico à cerca de 30° S, o que corresponde aproximadamente à 56 % de todos os tipos de circulação de escala sinóptica (fig.3). 44 %, correspondem a parcelas de ar recirculado originadas sobre o subcontinente, isto é, a parcela de ar no mínimo faz uma trajectória circular (360°) sobre o continente, antes de partir para a margem continental e sair para um dos oceanos adjacentes. A trajectória menos importante, é transporte das massas de ar em direcção ao Oceano Atlântico (18 %).

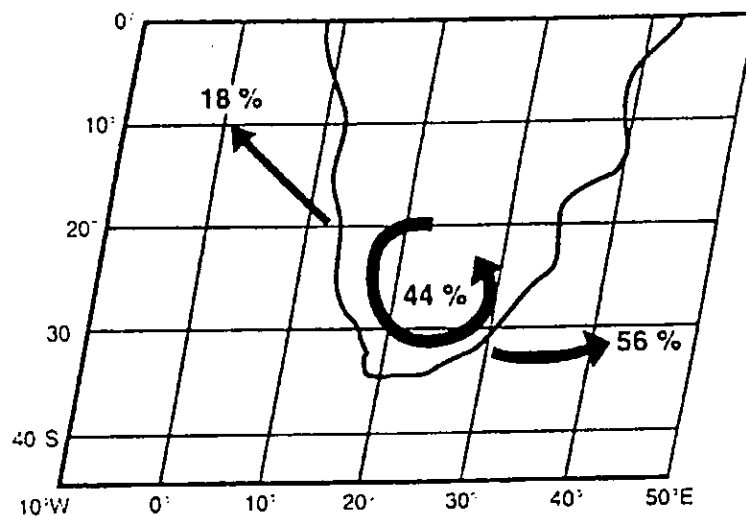


Figura 3. Transporte médio das massas de ar na escala sinóptica entre a superfície e os 500 hPa (Piketh *et al.*, 1996)

A mistura vertical na atmosfera é o maior processo que influencia a dispersão e está muito ligada à estrutura termodinâmica da atmosfera. A larga escala de subsidência associada aos anticiclones continentais prevaletentes, resulta num movimento vertical direccionado para baixo sobre a África Austral (Piketh, 2000).

A subsidência do ar produz um aquecimento adiabático, o que, resulta numa atmosfera seca suprimindo a mistura convectiva e resultando em altas condições de estabilidade que favorecem a formação de inversão radiativa na superfície, inversões elevadas de subsidência e camadas absolutamente estáveis.

A camada estável e a circulação atmosférica anticiclónica dominante na África Austral, resultam na acumulação dos aerosóis naturais e antropogénicos na atmosfera. Mais recentemente, na região de Highveld (África do Sul), fez-se uma observação de oito anos (8 anos) de trajectória climática (Freiman e Piketh, 2002) e confirmou-se a prevalência da recirculação sobre o subcontinente (33 %) e o transporte para a costa Este (39 %), figura 4.

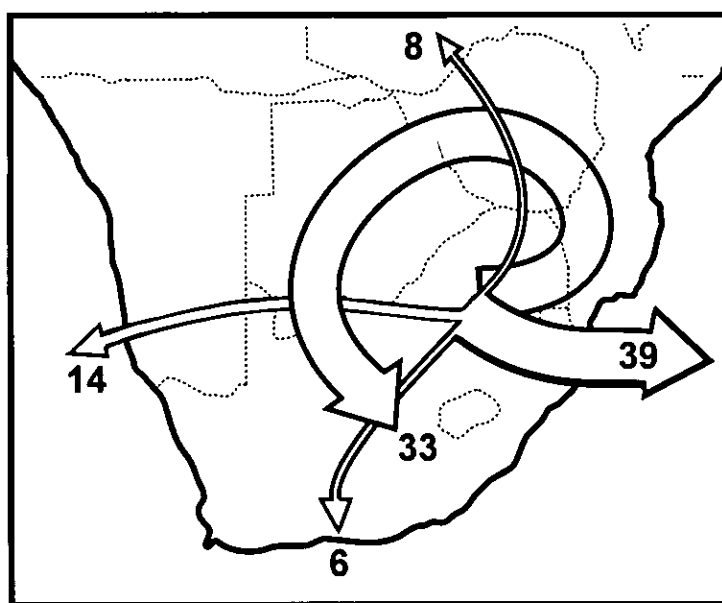


Figura 4. Transporte das massas de ar a partir da região de Highveld (Freiman e Piketh, 2002)

Uma vez que Highveld é uma área altamente industrializada, pode-se supor que uma grande quantidade de aerosóis antropogénicos e naturais, são transportados em direcção à costa Este da África Austral (Queface, 2002). Então, baseada nesta e outras hipóteses é que se fizeram estudos das propriedades ópticas dos aerosóis sobre a costa Este da África Austral (Maputo).

## 2.2 Propriedades Ópticas dos Aerosóis

### 2.2.1 Extinção ou Atenuação

Quando a radiação solar entra na atmosfera terrestre, uma parte da energia incidente é atenuada por dispersão e absorção. Segundo a lei de Lambert - Beer, a atenuação ou extinção da luz através do meio é proporcional à distância transversal no meio e ao fluxo de radiação local (Iqbal, 1983). De acordo com a lei;

$$I = I_0 \cdot \exp(-\tau \cdot m) \quad (1)$$

Onde  $I$ , é a intensidade luminosa,  $I_0$ , irradiação espectral extraterrestre no topo da atmosfera (valor tabelado),  $\tau$ , espessura óptica atmosférica total (soma da espessura óptica das moléculas, gases e aerosóis), e  $m$ , massa óptica de ar.

A extinção da luz pelas partículas de aerosóis e gases deve-se a dois processos:

- **Dispersão:** separação dos raios componentes de um feixe luminoso.
- **Absorção:** convergência dos feixes luminosos num mesmo ponto.

$$\text{Extinção} = \text{Dispersão} + \text{Absorção} \quad (2)$$



Este método pode ser aplicado na atmosfera para medir a atenuação da radiação pelos aerosóis. Os mesmos princípios podem ser usados para determinar  $\tau_\lambda$ , a espessura óptica para um comprimento de onda  $\lambda$  específico, usando um fotómetro solar. Uma vez calculada a espessura óptica, o tamanho das partículas também pode ser calculado usando a fórmula de Angström.

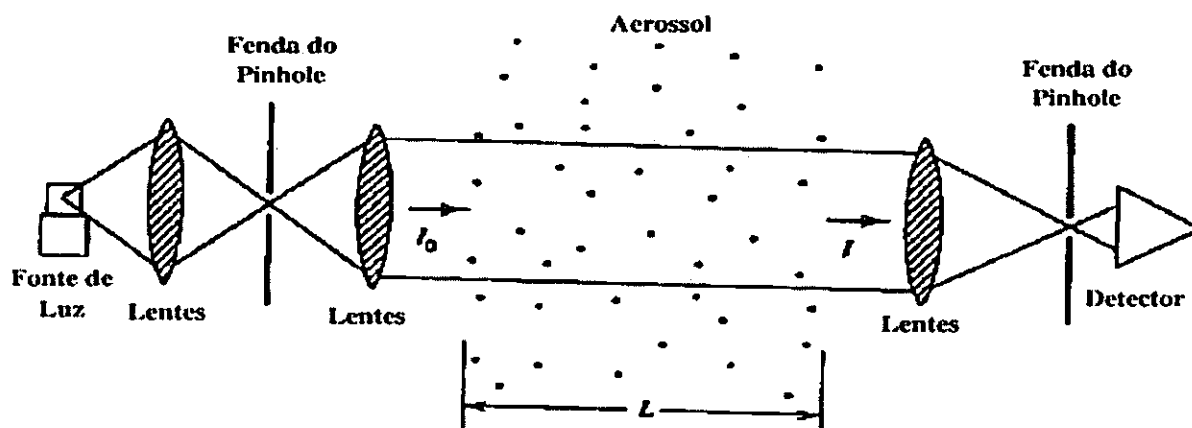


Figura 5. diagrama esquemático do instrumento de medição da extinção (Bohren e Huffman, 1983)

### 2.2.2 Fórmula de Angström

Angström A. K. (1929), mostrou que a relação espectral entre o logaritmo da espessura óptica do aerosol e o logaritmo do comprimento de onda é aproximadamente linear. O declive desta relação através da região espectral visível, será um parâmetro importante, como um indicativo da dimensão média do aerosol (O'Neill, 2001).

Vários estudos da espessura óptica dos aerosóis e da sua dependência espectral, usam o expoente  $\alpha$  do comprimento de onda de Angström, que deriva da fórmula de Angström:

$$\tau_a = \beta \lambda^{-\alpha} \quad (3)$$

Onde  $\lambda$ , é o comprimento de onda em micron da espessura óptica dos aerosóis ( $\tau_a$ ), e  $\beta$  é o coeficiente de Angström.

Logaritmando, a razão entre duas equações idênticas à anterior (equação 3), mas com comprimentos de onda diferentes, isto é, para a primeira equação  $\lambda_1$  e para a segunda  $\lambda_2$ , teremos a formula para calcular o parâmetro de Angström.

$$\alpha = -\frac{d \ln \tau_a}{d \ln \lambda} = -\frac{\ln \left( \frac{\tau_{a_2}}{\tau_{a_1}} \right)}{\ln \left( \frac{\lambda_2}{\lambda_1} \right)} \quad (4)$$

Onde, de acordo com a equação,  $\alpha$  é o parâmetro de Angström,  $\tau_a$ , espessura óptica dos aerosóis, e  $\lambda$ , o comprimento de onda.

O expoente de Angström, descrito acima, dá-nos o tamanho médio do aerosol, da qual depende fortemente à quantidade de radiação solar incidente (Van de Hulst, 1981).

### 2.2.3 Distribuição do tamanho dos aerosóis

A distribuição do tamanho dos aerosóis atmosféricos, ocorre em duas principais classes, reflectindo dois importantes mecanismos de formação (Raes *et al.*, 1995):

(I). Partículas de diâmetro maior que  $1\mu\text{m}$  (correspondentes à fracção grossa), derivam de materiais volumosos suspensos e decompostos pelo vento, ou por outras forças mecânicas produzindo por exemplo, poeiras ou partículas de sal suspensas na atmosfera, vinda dos mares.

(II). Partículas com diâmetro menor que  $1\mu\text{m}$  (correspondentes à fracção fina), são formadas essencialmente por combustão ou conversão química dos gases, em líquidos, ou sólidos.

O tamanho das partículas, é o parâmetro mais importante para caracterizar as propriedades físicas dos aerosóis. A luz dispersada pelas partículas, é um indicador importante, do tamanho das partículas, e a sua detecção, é a base de funcionamento de diversos tipos de instrumentos de medição dos aerosóis (Hinds, 1982).

Os aerosóis de fracção fina, são os mais importantes em termos de forças radiativas. Por causa dos seus tamanhos, eles tem uma baixa eficiência, e baixa velocidade de sedimentação (ao contrário dos da fracção grossa). Assim, eles podem ser transportados por longas distâncias e são levadas para cima em altitudes onde podem interagir com as nuvens (Raes *et al.*, 1995).

### 2.3 Descrição do Fotómetro Solar

Um fotómetro solar, é um instrumento de medição, que se usa na medição da radiação solar incidente em bandas de comprimento de onda (c.d.o.) seleccionados. Para o nosso caso, o fotómetro solar usado (Hazemeter) mede em 4 diferentes c.d.o. (389; 530 ; 680 e 880 nm), respectivamente ([www.aeronet.gsfc.nasa.gov/operational/bssn/haze\\_diagram.html](http://www.aeronet.gsfc.nasa.gov/operational/bssn/haze_diagram.html)).

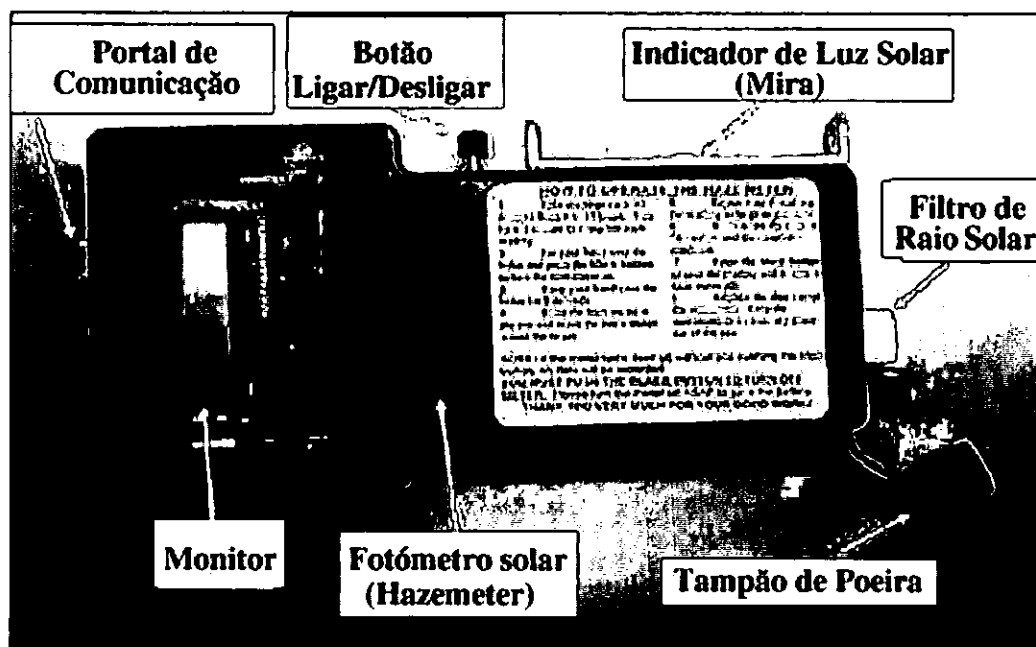


Figura 6. Fotómetro solar (Hazemeter), instrumento que mede a radiação solar incidente.

O hazemeter, é um instrumento que detecta a energia transmitida pelo sol (fig.6). Este instrumento faz medições em simultâneo para os quatro canais de filtro do fotodiodo. Cada um destes canais, possui um comprimento de onda da luz directa do Sol: 880 (infravermelho), 650 (vermelho), 500 (amarelo), e 405 nm (azul) respectivamente. Por sua vez, à luz da energia que passa pelos canais, penetra através de um filtro que isola um determinado comprimento de onda, que será analisado pelo instrumento. O instrumento gravará uma leitura da tensão para cada filtro. Esta tensão, é proporcional à força da energia determinada no comprimento de onda específico. A espessura óptica do aerosol (EOA), pode ser calculada destes valores da tensão, para determinar o tipo de aerosol existente na atmosfera ([www.aeronet.gsfc.nasa.gov/operational/bssn/haze\\_diagram.html](http://www.aeronet.gsfc.nasa.gov/operational/bssn/haze_diagram.html)).

## **2.4 Modelo de Análise de Trajectória**

O modelo por nós usado para a análise de trajectória, é o HYSPLIT\_4 (Draxler e Hess, 1997 e 1998). Este modelo, é um processo de particular importância na análise da trajectória (reconstituição do caminho percorrido ou seguido por uma parcela de ar, durante um certo tempo) dos aerosóis no tempo e espaço, para se certificar das suas origens (D'Abreton, 1996).

Para o nosso caso, a análise de trajectória foi nos útil nos dias em que tivemos períodos de maior ou menor carga de aerosóis, analisaram-se as cartas sinópticas dos respectivos dias, e uma vez notados alguns eventos (episódios extremos), recorremos à análise de trajectória, como forma de percebermos e justificarmos o porquê destes fenómenos. Assim, sabendo das origens dessas massas de ar, e o percurso por elas efectuados, é fácil identificar o tipo de aerosóis existentes no local.

### **2.4.1 Breve descrição do modelo HYSPLIT\_4**

O modelo de trajectória integrada de partículas híbridas lagrangianas (HYSPLIT\_4), é usado no cálculo de trajectória das massas de ar. Este modelo foi desenvolvido no laboratório de pesquisas do ar (ARL), pertencente a Administração Nacional dos Oceanos e Atmosfera (NOAA). É um sistema completo para o cálculo de trajectórias, de dispersões complexas e simulações, usando aproximações de partículas ([www.arl.noaa.gov/ready/hysplit.4](http://www.arl.noaa.gov/ready/hysplit.4)).

O HYSPLIT\_4, foi concebido para incorporar dados numéricos de temperatura, suportar simulações que abrangem uma vasta extensão relacionadas com longas distâncias de transportes, dispersão, e deposição de poluentes.

O modelo, é de grande aplicabilidade na resposta a emergências atmosféricas, para encontrar a origem de concentrações de ar, simples trajectórias ou até mesmo para as mais complexas.

A recente versão do HYSPLIT\_4, tem um algoritmo substancialmente actualizado, e é capacitado para um múltiplo manejo e abrigo de dados meteorológicos de concentração quadrangular ([www.arl.noaa.gov/ready/hysplit.4](http://www.arl.noaa.gov/ready/hysplit.4)).

Este modelo torna-se, deste modo, o mais apropriado no cálculo da trajectória e origem dos poluentes.

Assim sendo, ainda na análise destes dados, associando os episódios extremos com as condições sinópticas locais, determinam-se a espessura óptica dos aerosóis e o tamanho médio das partículas usando os parâmetros de Angström.

## 2.5 Impacto dos aerosóis sobre o clima

Os aerosóis são uma das principais fontes de incerteza na previsão climática, em escalas locais e globais (IPCC, 2001). Eles perturbam directamente a distribuição espacial da energia solar, dispersando de volta a radiação para o espaço, e absorvendo os raios solares.

Os aerosóis podem influenciar sobre o clima duma maneira dupla. Podem produzir aquecimento ao absorver radiação solar, ou provocar esfriamento ao reflectir de volta à origem parte da radiação solar que incide na atmosfera.

Por este motivo, não está totalmente clara a influência dos aerosóis atmosfera ([www.medioambiente.fegamp.es/sectores/Airel/EfectInvernTODog.htm](http://www.medioambiente.fegamp.es/sectores/Airel/EfectInvernTODog.htm)).

Desde o segundo relatório de avaliação do Painel Intergovernamental para as Mudanças Climáticas (IPCC, 1996), progressos significativos tem sido feitos para melhor caracterização do efeito radiativo directo dos diferentes tipos de aerosóis. Vários modelos têm sido usados na estimativa do potencial radiativo directo para as cinco distintas espécies de aerosóis de origem antropogénica (IPCC, 2001).

O efeito dos aerosóis, pode ser oposto ao efeito de estufa (aquecimento da atmosfera), isto é, refrescando em vez de aquecer a atmosfera.

Sendo assim, é de notar que o aquecimento por efeito de estufa pode-se encontrar em qualquer lugar, mas o efeito de resfriamento da atmosfera é dependente da região, e de zonas com ventos baixos próximas de áreas industriais (Nasa facts, 1996).

## 2.6 Fontes de poluição na atmosfera

As fontes de emissão de poluentes podem ser as mais variadas possíveis (ver anexos). A emissão de gases tóxicos por veículos automotores é a maior fonte de poluição atmosférica.

Nas cidades, esses veículos são responsáveis por 40% da poluição do ar, porque emitem gases como o monóxido e o dióxido de carbono, o óxido de nitrogénio, o dióxido de enxofre, derivados de hidrocarbonetos e chumbo. As refinarias de petróleo, indústrias químicas e siderúrgicas, fábricas de papel e cimento emitem enxofre, chumbo e outros metais pesados, e diversos resíduos sólidos.

([www.medioambiente.fegamp.es/sectores/Airel/EfectInvernTODog.htm](http://www.medioambiente.fegamp.es/sectores/Airel/EfectInvernTODog.htm)).

A identificação de uma fonte de poluição atmosférica, depende, antes de mais nada, dos padrões adotados para definir os agentes poluidores e seus efeitos sobre homens, animais, vegetais ou outros materiais, assim como dos critérios para medir os poluentes e seus efeitos.

### 2.6.1 Classificação das fontes de poluição na atmosfera

#### 1. Fontes antropogénicas

(a). **Sulfatos** – Emissão de dióxido de enxofre, proveniente de: Combustões domésticas, usinas termelétricas, refinarias de petróleo, olarias, usinas de aço e ferro.

(b). **Carbono elementar** – Pequenas partículas, provenientes de: emissões de veículos, combustões domésticas, usinas de gás, geração de electricidade, fábricas de cimento, refinarias de petróleo, fornos de cal, fábricas de cerâmica, fundições, estufas e carvão.

(c). **Orgânicos** – Emissão de hidrocarbonetos, provenientes de: veículos, refinarias de petróleo, etc.

(d). **Nitratos** – Emissão de Óxido de Nitrogénio, provenientes de: veículos, fábricas de ácido nítrico, usinas termoeléctricas, usinas de ferro e aço, fábricas de fertilizantes.

(e). **Poeiras** – Emissão de pequenas partículas, provenientes de: veículos de corrida nos desertos, pedreiras, demolidoras, construção e demolição de edifícios.

## 2. Fontes Naturais

(a). O solo que nos fornece as poeiras de terra, oriundas de locais desabrigados de vegetação, como estradas, desertos, etc.

(b). A vegetação constituída de resíduos vegetais, levantados pelos ventos, ou por pólen, ambos com possibilidades de causarem alergias.

(c). Dos oceanos são desprendidas gotículas de água carregadas ou não de sais que não disseminadas pelos ventos. O sal assim carregado constitui mais uma parcela de pequenas partículas na atmosfera.

(d). Vulcões e fontes naturais de líquidos, gases e vapores, que podem inundar uma região com impurezas em qualidade e quantidade indesejáveis.

### 2.7 SAFARI 2000

Para medir e compreender como a poluição do ar e as condições de circulação atmosférica afectam o clima, o homem e os ecossistemas naturais na África Austral, cientistas dos países da região, Estados Unidos da América, e alguns países da União Europeia, desenvolveram uma iniciativa de investigação científica multidisciplinar, conhecida pelo acrónimo SAFARI 2000 (Utui, 1999).



SAFARI 2000 é um consórcio de vários projectos de investigação científica regional, americanos e europeus, cujo objectivo central é produzir conhecimento fundamental e integrado sobre como estão interligados os diferentes processos naturais e associados com as actividades que condicionam o meio ambiente na região (Utui, 1999).

As componentes científicas do projecto SAFARI 2000 incluem a medição da poluição do ar (quantificação das concentrações de aerosóis e gases traço presentes na atmosfera da região), estudos sobre a deposição de aerosóis e gases traço nos solos da região, estudos sobre a mudança de utilização e cobertura vegetal dos solos, e modelação da circulação atmosférica, do clima e dos processos ecológicos (Utui, 1999).

Estão envolvidos no SAFARI 2000 cientistas de várias disciplinas incluindo físicos, meteorologistas, químicos, biólogos, geógrafos, agrónomos, veterinários e médicos. O conhecimento produzido por estes especialistas no âmbito do projecto SAFARI 2000 será usado para a educação pública, de forma a promover o desempenho e implementação de políticas mais realistas de desenvolvimento regional (Utui, 1999).

## CAPÍTULO 3

# METODOLOGIA

### 3.1 Localização e descrição dos locais de observação

O local escolhido para a realização deste trabalho foi a cidade de Maputo (latitude 25° 56'; longitude 32° 35' Este; altitude 72 m), mais precisamente em cinco diferentes pontos, nomeadamente: Baixa da cidade, e Bairro Central, pelo facto de estarem próximos de zonas com grande movimentação de pessoas e viaturas ou de prováveis fontes de poluição, Hulene (lixreira), devido à poluição proveniente da queima da biomassa e de resíduos oriundos de diferentes fontes de lixo da cidade, Xipamanine (mercado), devido ao movimento excessivo de pessoas, causando grande levantamento de poeira e sobre o Campus universitário, pois encontra-se longe das prováveis fontes de aerosóis, onde se espera índices muito baixos de quantidade dos mesmos.

O critério de escolha, obedeceu ao facto de os quatro primeiros locais assumirem-se como fortes fontes de aerosóis.

### 3.2 Período de recolha de dados

Para a realização deste trabalho, usou-se um fotómetro solar manual, que mede a radiação solar na superfície em 4 diferentes comprimentos de onda, num período corrente de 31 dias. A recolha dos dados foi feita diariamente das 8 às 16 horas, pois, este instrumento faz medições durante o dia, ou seja, o período em que temos o Sol disponível. O intervalo de tempo para as leituras foi de uma hora nos arredores do Campus universitário, e de duas horas nos outros locais anteriormente mencionados.

As medições foram feitas em duas fases: Primeiro, fizemos observações nas zonas consideradas poluídas (Baixa, Bairro Central, Xipamanine e Hulene), durante os primeiro 12 dias; e a segunda no Campus universitário, durante 16 dias. Nos dados tratados, não aparecem os referentes aos dias de céu completamente nublado, pois, estes são automaticamente removidos porque nestes dias apesar de se observar o Sol, o céu encontra-se coberto com nuvens, o que reduz a boa visibilidade do mesmo.

### 3.2.1 Procedimentos experimentais

As medições devem ser feitas de dia, ao ar livre e com o céu limpo, isto é, sem obstrução de nuvens. O instrumento deve estar posicionado em direcção ao Sol. Sendo assim, tomar-se-ão as leituras em cada 30 minutos, das 8 às 16 horas, tendo-se um minuto para fazê-las.

O receptor (sensor) inicialmente fechado com uma tampa preta (fig. 6), deve ser aberto e no lugar da tampa, colocar-se o dedo para tapar o receptor. Com o dedo ainda a bloquear a passagem, prime-se o botão preto a esquerda para ligar o instrumento e espera-se alguns segundos até que apareça no monitor um valor de leitura aproximado entre 0 à 10, pertencente ao canal "A". No mesmo instante, orienta-se o aparelho em direcção ao Sol, com a mão, de modo a acertar com a mira no alvo que se têm a esquerda (fig. 6), que é a imagem do Sol. Move-se lentamente a mira até ter-se o alvo bem fixo, verificando-se no monitor um valor a oscilar até que este se fixe, naquele que será o maior valor possível de leitura, se este se mantiver por uns 5 à 10 segundos. Regista-se esse valor como sendo um parâmetro "A", numa tabela previamente elaborada onde marcamos a data, o local de medição, a hora, as condições do céu e o número de gravação, ver anexos ([www.bssn.gsfc.nasa.gov/proto\\_measure.html](http://www.bssn.gsfc.nasa.gov/proto_measure.html)).

Prime-se novamente o botão preto para se gravar as leituras, e de seguida, desliga-se o aparelho. Repetem-se novamente as mesmas instruções para se obter outras leituras.

Voltando a tapar o receptor (sensor), guarda-se o instrumento num lugar limpo e seco que não esteja ao alcance do Sol.

### 3.3 Processamento dos dados

O processamento dos dados foi feito por uma equipe da Rede Robótica de Aerosóis (AERONET) pertencente ao Conselho de Aeronáutica & Espacial (NASA) em Maryland, que, usando um algoritmo adequado, convertem a voltagem registada pelo instrumento em energia radiante atenuada pelos aerosóis, que permite a determinação da espessura óptica dos aerosóis. Na análise dos dados através de gráficos e mapas, observa-se a variabilidade temporal e espacial dos aerosóis na região e, com a ajuda dum modelo apropriado para a análise de trajectória e de mapas sinópticos, poderemos conhecer a origem dos aerosóis e correlacionar alguns episódios extremos com as condições sinópticas prevalentes nos respectivos dias. Estes dados estão neste momento disponíveis na página da internet pertencente a AERONET; [www.aeronet.gsfc.nasa.gov](http://www.aeronet.gsfc.nasa.gov)

### 3.4 Determinação do Parâmetro de Angström ( $\alpha$ )

Para a determinação do parâmetro de Angström usou-se a formula seguinte:

$$\alpha = -\frac{d \ln \tau_a}{d \ln \lambda} = -\frac{\ln\left(\frac{\tau_{a_2}}{\tau_{a_1}}\right)}{\ln\left(\frac{\lambda_2}{\lambda_1}\right)} \quad (4)$$

Onde,  $\alpha$ , é o parâmetro de Angström,  $\lambda$  comprimento de onda, e  $\tau_a$ , a espessura óptica do aerosol.

## CAPÍTULO 4

# RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Espessura óptica dos aerosóis

É um parâmetro que nos permite avaliar o grau de turbidéz da atmosfera, em que valores mais elevados que 0.01 da espessura óptica dos aerosóis, representam uma atmosfera mais turva; e valores mais baixos (inferiores à 0.01) a uma atmosfera limpa.

Tomando todo o período de medições, a média diária da espessura óptica dos aerosóis, observada aos 530 nm, como ilustra a figura 7, teve um valor de 0.28 com um desvio padrão de 0.20, e um valor modal de 0.18.

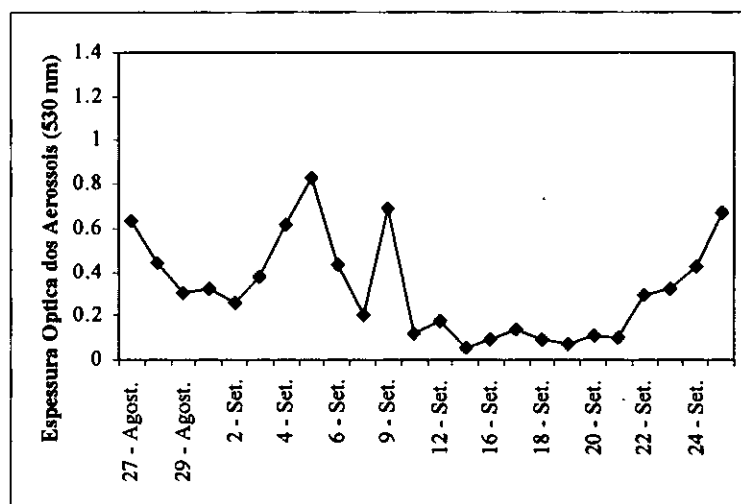


Figura 7. Médias diárias da espessura óptica dos aerosóis sobre a cidade de Maputo durante o período de 27 de Agosto a 25 de Setembro de 2003.

Observa-se que a média registada no dia 27 de Agosto apresenta um valor elevado (0.64), que apesar de ter diminuído até 0.26 nos dias que se seguiram (28 de Agosto até 2 de Setembro), estes voltaram a ter uma nova ascensão que atingiu o seu pico (0.83) no dia 5 de Setembro. Portanto, apesar da escala espacial ser menor, verificou-se uma diferença notável da espessura óptica dos aerossóis.

#### 4.1.1 Espessura óptica dos aerossóis (530 nm) em diferentes locais de observação

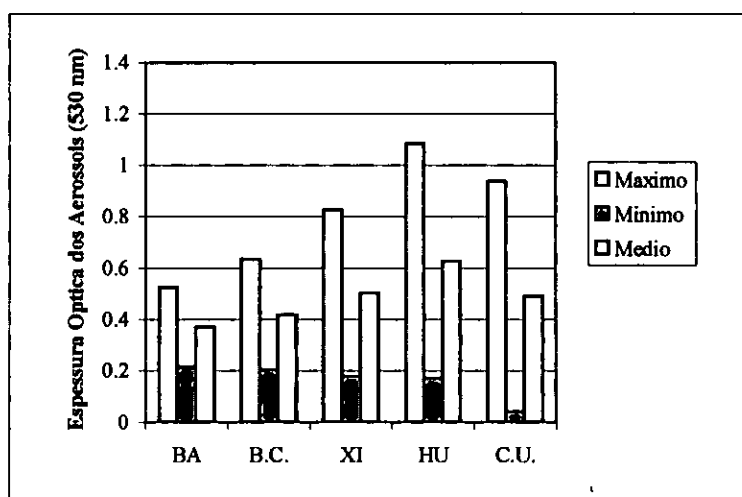


Figura 8. Pontos com maior ou menor valor da espessura óptica dos aerossóis. BA\_Baixa; B.C.\_Bairro Central; XI\_Xipamanine; HU\_Hulene; CU\_Campus universitário

Os resultados da espessura óptica dos aerossóis observados nos diversos locais para os 530 nm (fig. 8), mostraram que, a zona do Hulene (lixreira) apresentava os valores mais elevados (1.09), enquanto que, no Campus universitário tinha-se os valores mais baixos (0.04); isto provavelmente porque na zona do Hulene têm-se observado queima de resíduos na lixeira, o que deve provocar um aumento na quantidade de aerossóis neste local. Ao contrário disto, no Campus universitário o facto de não possuir quase que nenhuma fonte de aerossóis, torna esta zona com o valor mais baixo da espessura óptica dos aerossóis (0.04 de mínima).

#### 4.1.2 Análise em função da variação diurna da espessura óptica dos aerossóis

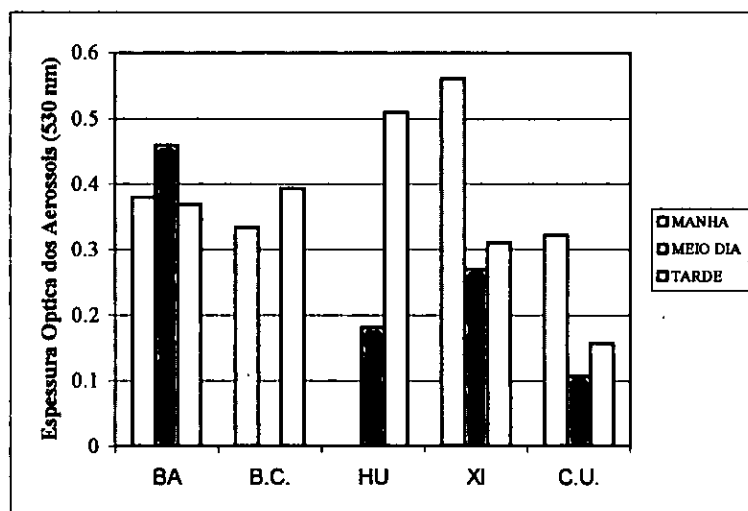


Figura 9. Períodos do dia, em que se teve maior ou menor valor da espessura óptica dos aerossóis para os diferentes locais de pesquisa.

Nas manhãs tivemos um valor mínimo no Campus Universitário (0.32), e no Xipamanine o valor mais alto (0.56), porque, neste período do dia em que se nota grandes movimentações de pessoas e de automóveis, principalmente em direcção ao mercado.

Ao meio-dia, observa-se um valor mínimo novamente no Campus Universitário (0.11) e um valor máximo na Baixa (0.46), pois, trata-se de um período de muita agitação naquele ponto da cidade, pelo facto de lá se encontrar o maior número de empresas (zona comercial).

De tarde, os valores mostraram-se mais elevados no Hulene (0.51), período em que se inicia a queima dos resíduos sólidos na lixeira, e valores mínimos (0.16), observam-se no Campus universitário, pois este ponto é sem duvida o menos agitado.

Para o mesmo período de observações, a análise de histogramas (figura 10) referentes à frequência de ocorrência da espessura óptica dos aerosóis (530 nm), demonstrou maior presença de aerosóis nas zonas da Baixa da cidade, Bairro Central, Hulene e Xipamanine, destacando-se o Hulene (fig.10.d) com mais quantidades de aerosóis (1.0-1.2), pois a queima de resíduos na lixeira são as grandes causadoras destes níveis elevados da espessura óptica dos aerosóis. No Campus universitário (fig. 10.e), os valores com maior frequência estão entre (0.0-0.2), o que confere a este local quantidades muito baixas de aerosóis, uma vez que neste ponto não existem fontes constantes de aerosóis.



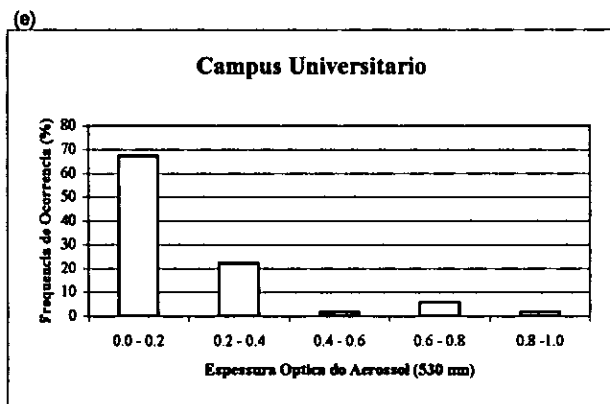
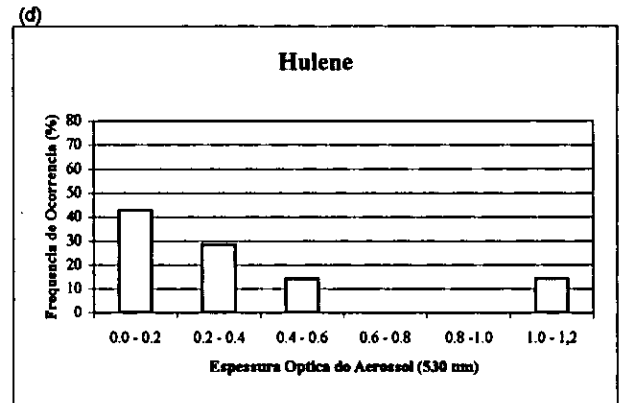
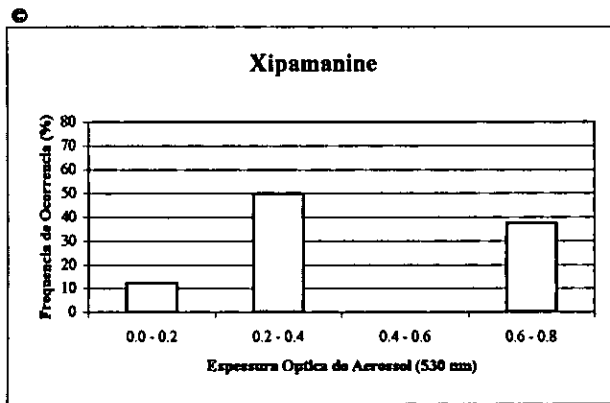
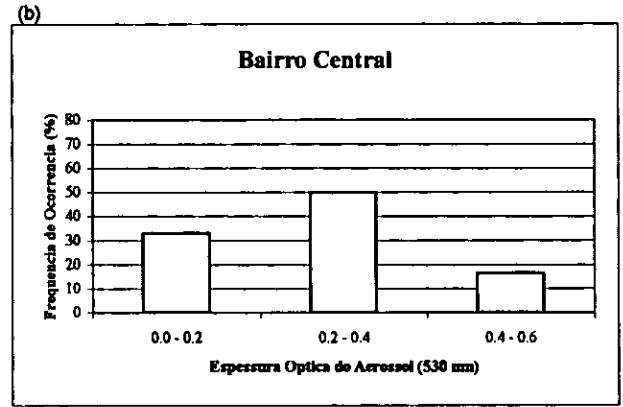
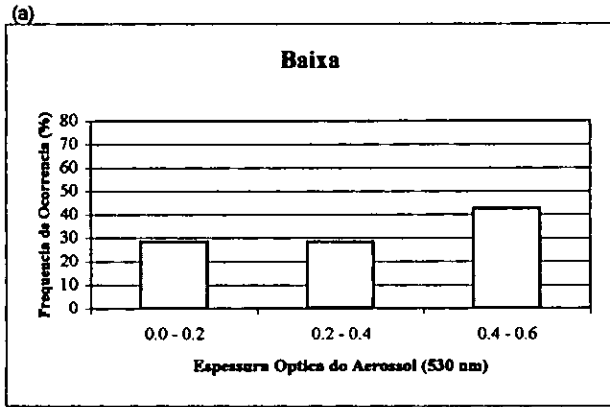


Figura (10) Frequências de ocorrências da espessura opçica dos aerossóis: (a) Baixa; (b) Bairro Central; (c) Xipamanine (d) Hulene; (e) Campus Universitario.

## 4.2 Parâmetro de Angström ( $\alpha$ )

É um indicador do tamanho das partículas existentes na atmosfera, em geral varia de 0 à 2. Sendo para valores menores que 1 (correspondentes à partículas grossas): poeiras de areia, sais libertos em forma de vapor através dos mares, e demais poluentes. Para valores maiores que 1 (correspondentes à partículas finas): fumo proveniente; de queimadas (biomassa), de automóveis (combustíveis fosseis), os perfumes e outros produtos cosméticos.

Avaliando todo o período de medições, a cidade de Maputo teve de Agosto à Setembro de 2002, para o parâmetro de Angström ( $\alpha$ ) entre os (380–880) nm, uma média de  $1.10 \pm 0.26$ , indicando um valor modal de 1.23 (figura 11).

Estes valores mostram que o nosso centro urbano, apesar de possuir vários tipos de partículas com diferentes tamanhos, têm uma atmosfera predominada pelos fumos provenientes na maior parte das vezes da queima de combustíveis fosseis ou lenhosos.

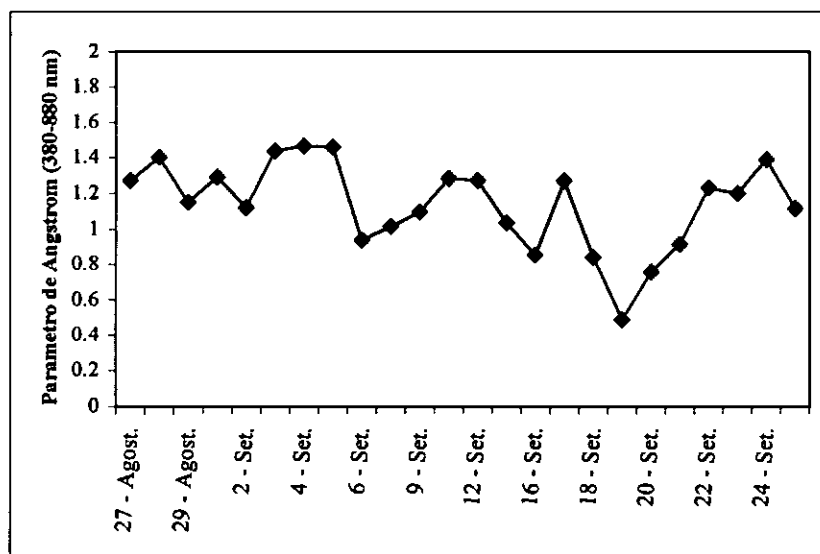


Figura 11. Médias diárias do parâmetro de Angström sobre a cidade de Maputo durante o período de 27 de Agosto a 25 de Setembro de 2003.

#### 4.2.1 Parâmetro de Angström ( $\alpha$ ) para (380-880) nm em diferentes locais de observação

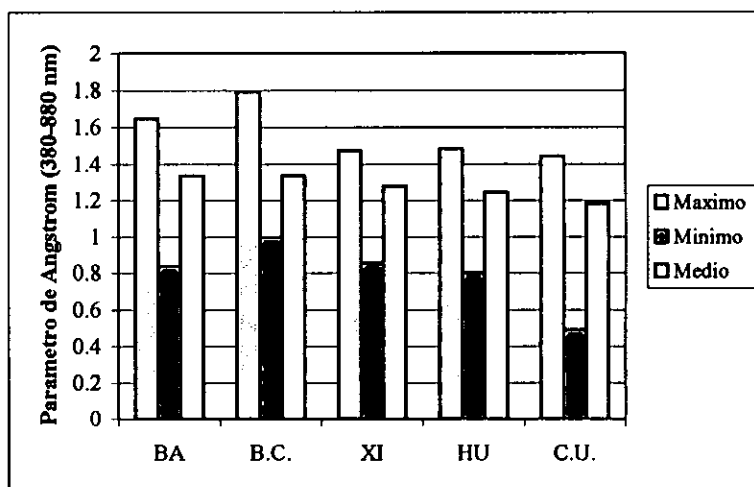


Figura 12. Pontos com maior ou menor valor do parâmetro de Angström. BA\_Baixa; B.C.\_Bairro Central; XI\_Xipamanine; HU\_Hulene; CU\_Campus universitário

Apesar de praticamente em todos os pontos observarem-se valores do parâmetro de Angström ( $\alpha$ ) acima de 1, o valor mais alto (1.79) registou-se no Bairro Central, pois neste ponto observam-se grandes movimentações de automóveis. Pelo facto, dos valores apresentarem-se acima de 1, conclui-se que as partículas mais abundantes sejam as partículas finas (fumaça), causadas pelo fumo liberto pelos automóveis.

No Campus universitário registou-se o valor mais baixo (0.49), obviamente deve-se a existência de muita areia no local.

#### 4.2.2 Análise em função da variação diurna do parâmetro de Angström

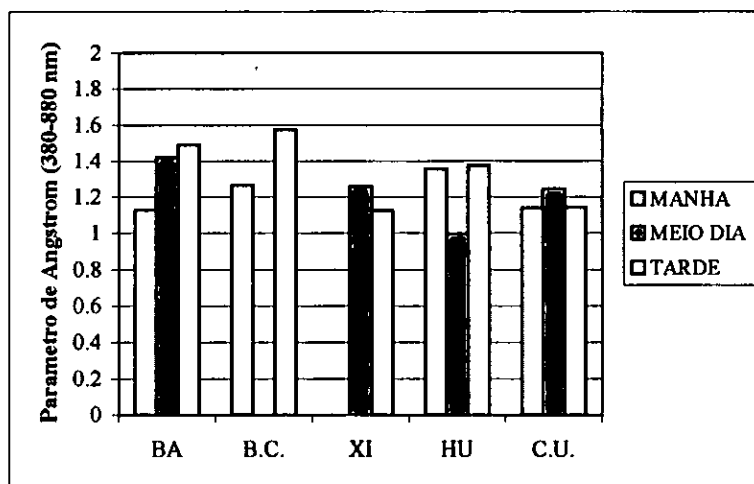


Figura 13. Períodos do dia, em que se teve maior ou menor valor do parâmetro de Angström para os diferentes locais de pesquisa.

Nas manhãs, registou-se um valor máximo (1.36) no Hulene, e um mínimo (1.13) na Baixa da cidade.

Ao meio dia, na Baixa tivemos o valor mais alto (1.42), pois é visível grande fluxo de automóveis nesse período do dia, e no Hulene o valor mais baixo (0.99).

No período da tarde, observa-se uma enorme presença de partículas finas (fumo), no Bairro Central (1.58), e no Xipamanine, registou o valor mais baixo (1.13), justificado pela quantidade de poeira espalhada pela atmosfera, devido a movimentação de pessoas e automóveis na zona do mercado.

Analisando os histogramas de frequência, observa-se que em todos os pontos (fig. 14) os valores do parâmetro de Angström mostravam-se elevados; isto é, valores acima de 1 que indicam a presença de partículas finas na atmosfera.

A maior ocorrência de partículas finas de aerosóis (1.6-1.8), figura 14.b, registou-se no Bairro Central devido a grande movimentação de automóveis neste ponto da cidade, que resulta na queima de grandes quantidades de combustível naquele local.

Por verificar-se grandes quantidades de areia neste local, o Campus universitário, mostrou-se como sendo o local com menor ocorrência de valores acima de 1 do parâmetro de Angström (1.2-1.4), figura 14.e.

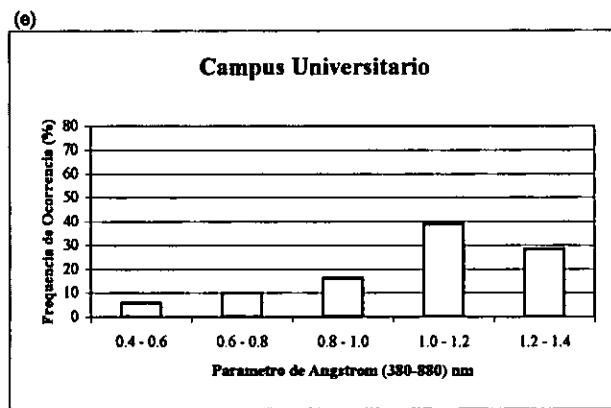
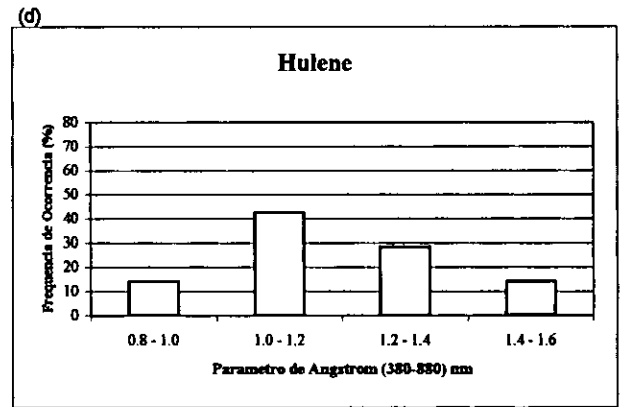
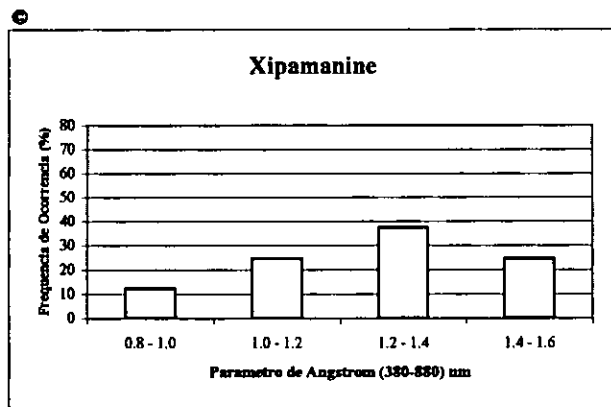
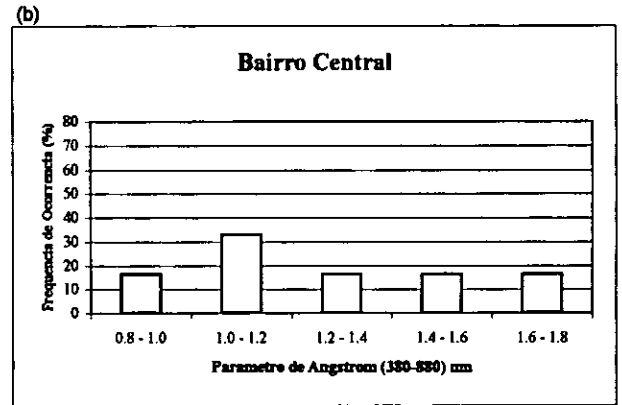
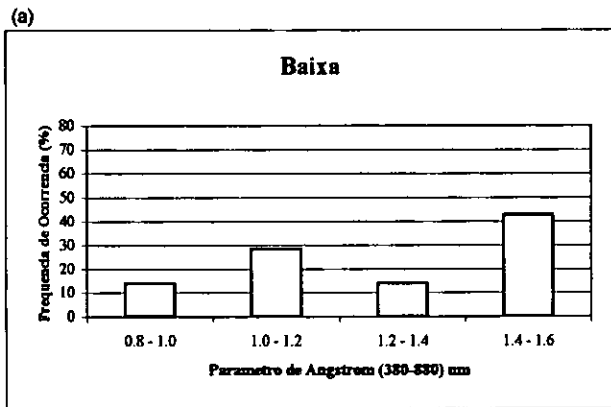


Figura (14) Frequencias de ocorrencias do parametro de Angstrom: (a) Baixa; (b) Bairro Central; (c) Xipamanine (d) Hulene; (e) Campus Universitario.

### 4.3 Análise de Trajectória

É um processo de particular importância na reconstituição do caminho percorrido ou seguido por uma parcela de ar, num certo tempo e espaço, para se certificar das suas origens (D'Abreton, 1996).

Para a análise de trajectórias, o modelo que tem sido de grande aplicabilidade na resposta a emergências atmosféricas, para encontrar a origem das concentrações de ar, ou de simples trajectórias, e até mesmo para as mais complexas, é a recente versão do HYSPLIT\_4. Este modelo, é um sistema completo para o cálculo de trajectórias, dispersões complexas e simulações. É capacitado para um múltiplo manejo e abrigo de dados meteorológicos.

O modelo, foi concebido para incorporar dados numéricos de temperatura, suportar simulações que abrangem uma vasta extensão relacionadas com longas distâncias, de transportes, dispersão e deposição de poluentes, tornando-se deste modo, um dos mais apropriados no cálculo da trajectória e origem dos poluentes.

Usou-se o modelo HYSPLIT\_4, para poder-se fazer uma análise de trajectória, escolhendo os dias em que tivemos valores extremos, isto é, os dias com valores muito altos, e os com valores muito baixos da espessura óptica dos aerosóis ou do parâmetro de Angström. Escolheram-se os níveis dos 1000, 2000, e 3000 m porque teve-se nestes níveis a possibilidade de fazer uma análise de trajectórias mais longas.

#### 4.3.1.1 Transporte de massas de ar durante os dias com valores altos da espessura óptica dos aerossóis

O valor mais alto da espessura óptica dos aerossóis (0.83) observou-se no dia 5 de Setembro, tendo no mesmo dia apresentado um parâmetro de Angström igual a 1.46.



Fig. 15.a: Mapa Sinóptico do dia 5 de Setembro de 2002.

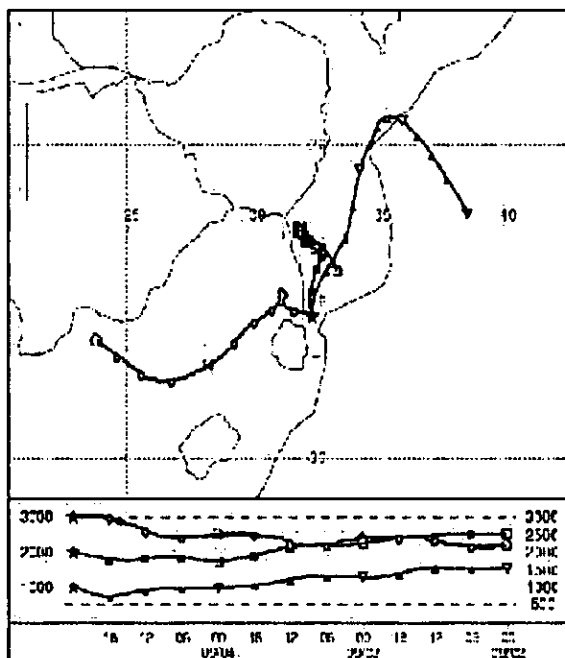


Fig. 15.b: Transporte das massas de ar no dia 5 de Setembro de 2002. Ao nível dos 1000 m (vermelho), 2000 m (azul), 3000 m (verde).

No mapa sinóptico (fig. 15.a), observa-se a passagem duma frente fria e com ela uma nuvem de fumo. Com o valor obtido do parâmetro de Angström (1.46) e olhando para a trajectória das massas de ar (fig. 15.b), nota-se que há um transporte no subcontinente de partículas essencialmente finas, provavelmente vindas da queima da biomassa, ou de zonas industrializadas como, a região de Highveld na África do Sul, que é uma das principais fontes de energia térmica da África Austral.



#### 4.3.1.2 Transporte de massas de ar durante os dias com valores baixos da espessura óptica dos aerosóis

O valor mais baixo da espessura óptica dos aerosóis (0.07), observou-se no dia 19 de Setembro, e o seu parâmetro de Angström foi de 0.49.



Fig. 16.a: Mapa Sinóptico do dia 19 de Setembro de 2002.

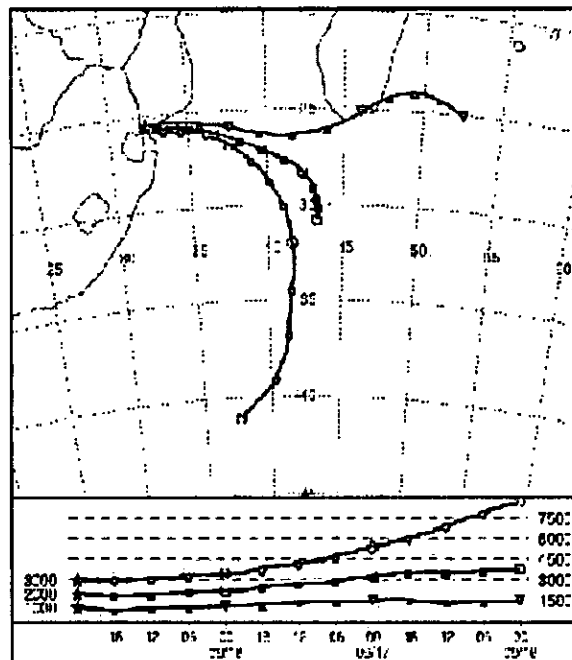


Fig. 16.b: Transporte das massas de ar no dia 19 de Setembro de 2002. Ao nível dos 1000 m (vermelho), 2000 m (azul), 3000 m (verde).

No mapa sinóptico (fig. 16.a), observou-se um céu completamente limpo, que podia-se associar a ocorrências de chuvas no dia anterior limpando a atmosfera. Uma vez notado, que nos dias anteriores também tivemos condições de céu limpo, fez-se à análise de trajectória das massas de ar (fig. 16.b), e observou-se um transporte de massas de ar marítimo, portanto, grandes quantidades de partículas grossas, isto é, condições óptimas para obtenção dum ar limpo marinho.

#### 4.3.2.1 Transporte de massas de ar durante os dias com valores altos do parâmetro de Angström

O valor mais alto do parâmetro de Angström (1.47), foi observado no dia 4 de Setembro, com uma espessura óptica dos aerosóis igual à 0.62.



Fig. 17.a: Mapa Sinóptico do dia 4 de Setembro de 2002.

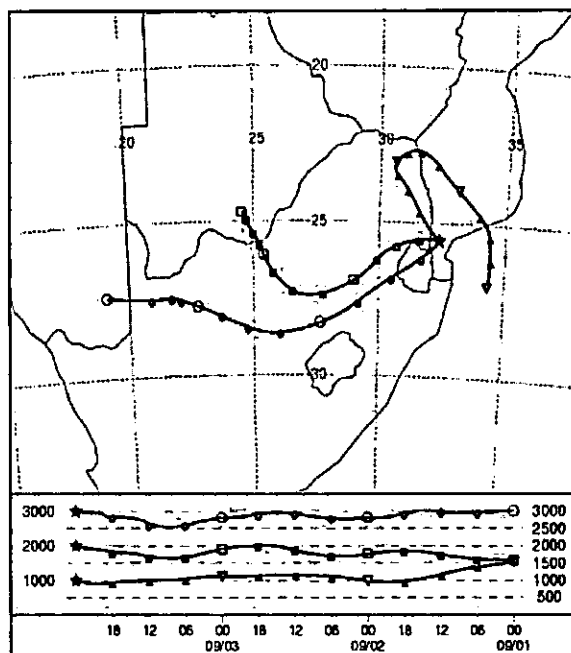


Fig. 17.b: Transporte das massas de ar no dia 4 de Setembro de 2002. Ao nível dos 1000 m (vermelho), 2000 m (azul), 3000 m (verde).

Notou-se neste dia (fig. 17.a), uma aproximação duma frente fria, nuvens de fumo provenientes do oceano, e uma camada mais carregada de fumo no subcontinente. Na análise do transporte das massas de ar (fig. 17.b), verificou-se um transporte das massas de ar no subcontinente, podendo este estar associado a queima da biomassa, ou a proximidade de zonas industrializadas como a de Highveld na África do Sul.

#### 4.3.2.2 Transporte de massas de ar durante os dias com valores baixos do parâmetro de Angström

Reparou-se uma certa coincidência nesta data (19 de Setembro), pois para o mesmo dia tivemos o valor mais baixo da espessura óptica dos aerosóis (0.07), e o valor mais baixo do parâmetro de Angström (0.49).



Fig. 18.a: Mapa Sinóptico do dia 19 de Setembro de 2002.

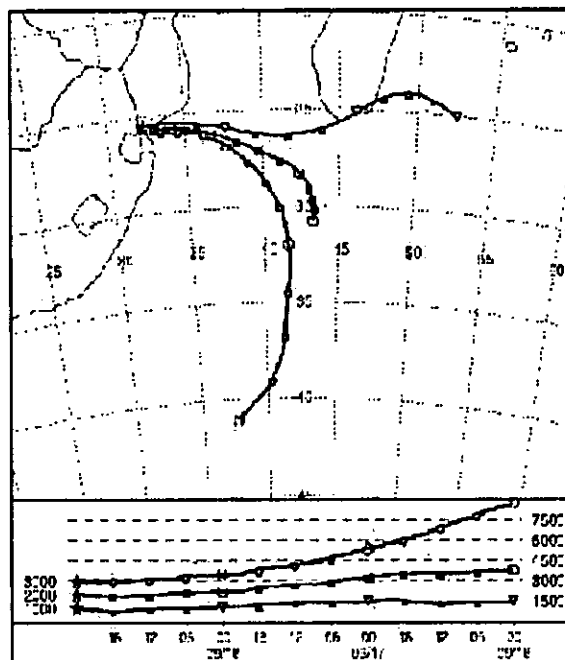


Fig. 18.b: Transporte das massas de ar no dia 19 de Setembro de 2002. Ao nível dos 1000 m (vermelho), 2000 m (azul), 3000 m (verde).

Portanto, a observação de, um céu completamente limpo (fig. 18.a), e um transporte das massas de ar provenientes do oceano (fig. 18.b), proporciona-nos um ar marítimo puro, carregado de partículas essencialmente grossas.

## CAPÍTULO 5

# CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÃO

### 5.1 Considerações finais

De um modo geral, estes dados, facilitaram-nos na compreensão da variabilidade da espessura óptica dos aerosóis no nosso centro urbano, e deu-nos uma visão mais ampla da situação ambiental da nossa cidade. É certo que, com estes números não temos uma informação definitiva, pois as actividades do homem destruindo o meio ambiente não cessão, daí o ponto de reflexão quanto a qualidade do ar que respiramos. *Alguma vez o ar por nós respirado foi totalmente puro? Será que um dia respiraremos um ar totalmente puro?* Portanto, não podendo responder a estas perguntas com exactidão, deu-se ao menos a conhecer a qualidade de ar que respiramos no momento.

### 5.2 Conclusão

Finda as medições da espessuras óptica dos aerosóis sobre a cidade de Maputo usando um fotómetro solar, no período compreendido entre 27 de Agosto à 25 de Setembro de 2002, com os resultados obtidos chegamos as seguintes conclusões:

- Segundo os padrões internacionais, uma atmosfera limpa é aquela que apresenta valores da espessura óptica dos aerosóis inferiores à 0.01. Portanto, a cidade de Maputo com uma média de 0.28 de espessura óptica dos aerosóis, apresenta uma atmosfera poluída.

- A atmosfera na cidade de Maputo com uma média de 1.10 do parâmetro de Angström, é predominantemente constituída por partículas finas (fumo).
- Fazendo a análise de trajectória e com a ajuda dos mapas sinópticos, pude verificar que a presença de partículas muito pequenas na região (valores acima de 1 do parâmetro de Angström), foi provavelmente devido a proximidade desta região, da África do Sul, mais precisamente da zona industrializada de Highveld (região que possui grandes centrais térmicas produzindo 80% de energia da África do Sul e 5% de toda África) e da circulação anticiclónica característica da África Austral que tende a transportar as massas de ar em direcção ao oceano.
- Outro factor que se pode associar aos resultados obtidos, é o facto de os meses de Agosto à Outubro serem os meses em que se realizam as queimadas na África Austral, portanto uma parte destes aerosóis podem ser provenientes desta queima da biomassa.

### 5.3 Recomendações

Sugere-se em outras ocasiões, que os estudos sejam feitos em períodos mais longos, usando mais instrumentos e de preferência mais sofisticados, de modo a obter-se uma maior diversidade de informação e valores mais precisos.

Seria também uma opção, a execução destas pesquisas em locais estratégicos, tais como, zonas mais próximas a costa e nas chamadas zonas industriais. Acredita-se que, os dados resultantes das medições feitas nestes pontos comparados aos já obtidos, dariam maior variabilidade nos resultados. Acha-se que maiores distâncias entre os locais de estudo podem dar novas fontes emissoras de aerosóis, o que criaria novos resultados e desafios, para novos temas de investigação.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Angström, A. K. (1929) – **On the atmospheric transmission of sun radiation and on dust in the air** – Geogr. Ann., 2.

Bohren, C. F.; Huffman D. K. (1983) – **Absorption and Scattering of Light by Small Particles** – Wiley & Sons Inc. – Canada.

D'Abreton, P. C. (1996) – **Lagrangian Kinematic and isentropic trajectory models for aerosol and trace gas transport studies in southern Africa** – South African Journal of Science, 92 – 157-160.

Ferreira, H. A. (1965) - **Climatologia Dinâmica da África meridional** - Lisboa.

Freiman, M. T.; Piketh, S. J. (2002) – **Air transport into and out of the industrial Highveld of South Africa** – Journal of Applied Meteorology, submitted.

Gilpin, A. (1980) – **Dicionário de Termos do Ambiente** – 256pp – Publicações Dom Quixote – Lisboa.

Hinds, W. C. (1982) – **Aerosol Technology: Properties, Behaviour and Measurements of Airborne Particles** – John Wiley & Sons Ltd – Toronto.

IPCC (1996) – **Climate Change 2001: The Science of Climate Change** – Contribution of Working Group I to the Second Assessment Report of the Intergovernmental Panel on climate Change – Houghton, J. T.; Meira Filho, L. G.; Callander, B. A.; Kattenberg, A. and Maskell, D. K., (eds) – Cambridge University Press – Cambridge - UK and New York – NY – USA – 572pp.

IPCC (2001) – **Climate Change 2001: The Scientific Basis** – Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on climate Change – Houghton, J. T.; Ding, Y.; Gringgs, D. J.; Noguer, M.; Van Der Linden, P. J.; Maskell, D. K., and Johnson, C. A., (eds) – Cambridge University Press – Cambridge - UK and New York – NY – USA – 881pp.

Iqbal, M. (1983) – **An Introduction to Solar Radiation** – Academic Press – Toronto.

NASA Facts. **Atmospheric Aerosols: What Are They and Why Are They So Important?**. 5pp. 11 de Agosto, 1996. <http://oea.lare.nasa.gov/PAIS/Aerosols.html>.

O'Neill, N. T.; Eck, T. F.; Holben, B. N.; Smirnov, A. And Dubovik, O. (2001) – **Bimodal size distribution influences on the variation of Angström derivatives in spectral and optical depth space** – Journal of Geophysical Research, **106** – 9787-9806.

Piketh, S. J. (2000) – **Transport of aerosol and trace gases over southern Africa** – Unpublished PhD Thesis – University of the Witwatersrand – Johannesburg – South Africa.

Queface, A. J. (1999) - **Plano de formação de docentes** - 4pp - Maputo.

Queface, A. J. (2002) - **Atmospheric Aerosol Loading Off The East Coast Of Southern Africa** - 70pp – Tese de Mestrado - Universidade de Witwatersrand – Johannesburg (África do Sul).

Raes, F.; Wilson, J. And Vandingenen, R. (1995) – **Aerosols dynamics and its implications for the global aerosol climatology** – in **Aerosol Forcing of Climate** – Charlson, R. J. And Heintzenberg, J., (eds) – John Wiley & Sons, New York – NY – chapter 8.

Seinfeld, J. H. (introduction); Charlson, R. J. & J. E. Penner (speakers), - USGCRP Seminar:  
**Role of Aerosols in Climate Change** - 25 de Abril de 1996 - 5pp -

<http://www.usgcrp.gov/usgcrp/seminars/960425SM.html>

Tyson, P. D.; Garstang, M.; Swap, R. J.; Källberg, P. And Edwards, M. (1996) – **An air transport climatology for subtropical southern Africa** – International Journal of Climatology, 16 – 265-291.

Utui, R. (1999) - **Projecto SAFARI 2000: Southern African Regional Science Initiative** -2pp - Maputo – <http://safari.geep.virginia.edu>.

Van De Hulst. H. C. (1981) – **Light Scattering by small Particles** – Dover Publications – New York – NY.

## **PÁGINAS DA INTERNET**

<http://intermega.globo.com/ambienteonline/poluiçãootmosférica.htm>.

<http://www.arl.noaa.gov/ready/hysplit.4>.

[http://aeronet.gsfc.nasa.gov/operational/BSSN/haze\\_diagram.html](http://aeronet.gsfc.nasa.gov/operational/BSSN/haze_diagram.html).

<http://bssn.gsfc.nasa.gov/index.html>.

[http://bssn.gsfc.nasa.gov/proto\\_measure.html](http://bssn.gsfc.nasa.gov/proto_measure.html).

<http://www.inam.gov.MZ>.



---

# ANEXOS

---

---

**Valores da espessura óptica dos aerossóis e do parâmetro  
de Angström**

Tabela 1. indica as medias diarias, o desvio padrao e o valor modal tanto para espessura optica dos aerossóis como para o parametro de Angstrom entre os diferentes pontos de observacao para os 530 nm

LOCAL	EOA_530			$\alpha$		
	Media	$\delta$	Moda	Media	$\delta$	Moda
Baixa	0.33	0.17	0.45	1.27	0.24	1.48
Pandora	0.27	0.14	0.27	1.27	0.3	1.1
Xipamanine	0.42	0.24	0.29	1.25	0.2	1.3
Hulene	0.36	0.36	0.15	1.19	-0.13	1.13
Campus U.	0.21	0.2	0.12	1.05	0.24	1.14

Tabela 2. indica as medias diarias, o desvio padrao e o valor modal tanto para a espessura optica dos aerossóis como para o parametro de Angstrom durante todo periodo de observacoes (Agosto-Setembro de 2002)

	Media	$\delta$	Moda
EOA_530	0.28	0.2	0.18
$\alpha$	1.1	0.26	1.23

---

**Condições do tempo durante o período de observações**

---

TABELA 3a: Campus Universitario

DATA	HORA	CONDICAO DO CEU	PARAMETRO A	N DE GRAVACAO
9-Sep	8:06	POUCO NUBLADO	170	119
9-Sep	9:00	POUCO NUBLADO	174	120
9-Sep	10:00	POUCO NUBLADO	255	121
9-Sep	11:00	NUBLADO	4	122
9-Sep	11:07	NUBLADO	21	123
9-Sep	12:00	MUITO NUBLADO	2	124
9-Sep	13:00	MUITO NUBLADO	1	125
9-Sep	13:17	NUBLADO	136	126
9-Sep	13:23	POUCO NUBLADO	131	127
9-Sep	14:00	POUCO NUBLADO	821	128
9-Sep	15:00	MUITO NUBLADO	2	129
9-Sep	16:00	MUITO NUBLADO	1	130
10-Sep	8:00	NUBLADO	15	131
10-Sep	9:00	MUITO NUBLADO		
10-Sep	15:03	POUCO NUBLADO	27	132
10-Sep	16:00	MUITO NUBLADO		
11-Sep	8:02	LIMPO	1366	134
11-Sep	9:06	LIMPO	1815	135
11-Sep	9:13	LIMPO	1910	136
11-Sep	10:00	LIMPO	1745	137
11-Sep	10:03	LIMPO	1765	138
11-Sep	11:01	LIMPO	1878	139
11-Sep	12:02	LIMPO	1642	140
11-Sep	13:02	LIMPO	1635	141
11-Sep	14:02	LIMPO	1605	142
11-Sep	5:04	POUCO NUBLADO	1424	143
11-Sep	16:00	POUCO NUBLADO	1157	144
12-Sep	8:00	LIMPO	1314	145
12-Sep	9:08	LIMPO	1706	146
12-Sep	10:00	LIMPO	2015	147
12-Sep	11:04	POUCO NUBLADO	2060	148
12-Sep	12:03	POUCO NUBLADO	1829	149
12-Sep	13:00	POUCO NUBLADO	1896	150
12-Sep	14:00	POUCO NUBLADO	1730	151
12-Sep	15:00	POUCO NUBLADO	1448	152
12-Sep	16:00	POUCO NUBLADO	1067	153
13-Sep	8:00	MUITO NUBLADO		
13-Sep	9:00	MUITO NUBLADO		
14-Sep	8:11	POUCO NUBLADO	990	154
14-Sep	11:00	MUITO NUBLADO		

TABELA 3a: Campus Universitario

DATA	HORA	CONDICAO DO CEU	PARAMETRO A	N DE GRAVACAO
15-Sep	8:00	POUCO NUBLADO	1299	155
15-Sep	9:02	NUBLADO	870	156
15-Sep	10:00	MUITO NUBLADO		
15-Sep	12:07	POUCO NUBLADO	1792	157
15-Sep	13:06	LIMPO	1642	158
15-Sep	14:04	LIMPO	1653	159
15-Sep	15:03	LIMPO	1560	160
15-Sep	16:02	LIMPO	1321	161
16-Sep	8:03	LIMPO	1179	162
16-Sep	9:06	LIMPO	1378	164
16-Sep	10:03	POUCO NUBLADO	1737	165
16-Sep	11:04	POUCO NUBLADO	1830	166
16-Sep	12:00	LIMPO	1668	167
16-Sep	13:01	LIMPO	1647	168
16-Sep	15:02	LIMPO	1587	169
16-Sep	16:00	LIMPO	1266	170
17-Sep	10:00	POUCO NUBLADO	1425	171
17-Sep	11:03	POUCO NUBLADO	1544	172
17-Sep	12:04	LIMPO	1548	173
17-Sep	13:03	LIMPO	1616	174
17-Sep	14:00	LIMPO	1457	176
17-Sep	15:02	LIMPO	1443	177
17-Sep	16:02	LIMPO	1145	178
18-Sep	8:03	POUCO NUBLADO	1071	179
18-Sep	9:02	POUCO NUBLADO	1397	180
18-Sep	10:11	POUCO NUBLADO	1614	181
18-Sep	11:08	LIMPO	1777	182
18-Sep	12:06	LIMPO	1812	183
18-Sep	13:01	LIMPO	1771	184
18-Sep	14:02	LIMPO	1825	185
18-Sep	15:00	LIMPO	1819	186
18-Sep	16:00	LIMPO	1605	187
19-Sep	8:00	POUCO NUBLADO	1240	188
19-Sep	9:00	NUBLADO		
19-Sep	9:28	NUBLADO	1297	189
19-Sep	10:00	NUBLADO		
19-Sep	11:09	LIMPO	1775	190
19-Sep	12:11	LIMPO	1806	191
19-Sep	13:01	LIMPO	1890	192
19-Sep	14:02	LIMPO	1759	193
19-Sep	15:03	LIMPO	1875	194
19-Sep	16:00	LIMPO	1515	195

TABELA 3a: Campus Universitario

DATA	HORA	CONDICAO DO CEU	PARAMETRO A	N DE GRAVACAO
20-Sep	8:22	POUCO NUBLADO	1309	196
20-Sep	9:00	POUCO NUBLADO	1415	197
20-Sep	10:09	POUCO NUBLADO	1493	198
20-Sep	0:00	NUBLADO		
20-Sep	12:02	POUCO NUBLADO	1699	199
20-Sep	13:00	LIMPO	1681	200
20-Sep	14:00	LIMPO	1631	201
21-Sep	8:00	NUBLADO		
21-Sep	9:00	POUCO NUBLADO		
21-Sep	10:00	LIMPO	1504	202
21-Sep	11:04	LIMPO	1684	203
21-Sep	13:00	LIMPO	1697	204
21-Sep	14:04	LIMPO	1644	205
21-Sep	15:09	LIMPO	1495	206
21-Sep	16:01	LIMPO	1318	207
22-Sep	8:00	NUBLADO		
22-Sep	18:37	POUCO NUBLADO	1155	208
22-Sep	9:01	POUCO NUBLADO	1244	209
22-Sep	10:02	POUCO NUBLADO	1339	210
22-Sep	11:00	NUBLADO		
22-Sep	12:00	NUBLADO		
22-Sep	13:01	NUBLADO	561	211
22-Sep	14:03	POUCO NUBLADO	1364	212
22-Sep	15:03	POUCO NUBLADO	1182	213
22-Sep	16:01	LIMPO	931	214
23-Sep	8:16	POUCO NUBLADO	990	215
23-Sep	9:07	POUCO NUBLADO	1209	216
23-Sep	13:01	POUCO NUBLADO	1504	217
23-Sep	14:06	LIMPO	1341	218
24-Sep	8:00	POUCO NUBLADO	912	219
24-Sep	9:31	LIMPO	1427	220
24-Sep	10:12	LIMPO	1699	221
25-Sep	8:24	NUBLADO	522	222
25-Sep	9:01	NUBLADO	966	223
25-Sep	9:30	NUBLADO		
25-Sep	10:05	NUBLADO	976	224
25-Sep	11:03	POUCO NUBLADO	1312	225

TABELA 3b: Baixa (Laurentina)

DATA	HORA	CONDICAO DO CEU	PARAMETRO A	N DE GRAVACAO
27-Aug	8:09	LIMPO	909	55
28-Aug	13:04	POUCO NUBLADO	1257	62
29-Aug	8:03	NUBLADO	670	68
30-Aug	13:03	LIMPO	1687	74
31-Aug	16:00	POUCO NUBLADO	230	80
2-Sep	16:02	LIMPO	1042	83
3-Sep	13:52	LIMPO	1242	88
4-Sep	16:00	POUCO NUBLADO	664	98
5-Sep	13:04	MUITO NUBLADO	2	101
6-Sep	13:13	NUBLADO	964	111
8-Sep	9:41	LIMPO	1397	115

TABELA 3c: Pandora (centro da cidade)

DATA	HORA	CONDICAO DO CEU	PARAMETRO A	N DE GRAVACAO
27-Aug	8:39	LIMPO	1091	56
28-Aug	13:27	NUBLADO	774	64
29-Aug	9:01	POUCO NUBLADO	1086	69
30-Aug	13:32	POUCO NUBLADO	1758	75
31-Aug	16:35	MUITO NUBLADO	3	76
2-Sep	16:40	LIMPO	804	84
3-Sep	14:11	LIMPO	1570	89
4-Sep	16:25	POUCO NUBLADO	409	99
5-Sep	13:20	MUITO NUBLADO	2	102
6-Sep	13:00	NUBLADO	690	110
8-Sep	10:10	POUCO NUBLADO	1543	116

TABELA 3d: Xipamanine (Mercado)

DATA	HORA	CONDICAO DO CEU	PARAMETRO A	N DE GRAVACAO
27-Aug	13:09	LIMPO	1743	57
28-Aug	8:20	MUITO NUBLADO	12	61
29-Aug	16:12	POUCO NUBLADO	877	72
30-Aug	8:51	POUCO NUBLADO	1176	73
31-Aug	8:25	MUITO NUBLADO	2	78
2-Sep	13:12	POUCO NUBLADO	1245	82
3-Sep	8:11	POUCO NUBLADO	631	85
4-Sep	8:21	NUBLADO	50	92
4-Sep	8:32	POUCO NUBLADO	672	93
5-Sep	8:12	POUCO NUBLADO	521	100
6-Sep	8:06	LIMPO	945	104
7-Sep	8:28	NUBLADO	475	113
8-Sep	13:28	LIMPO	1447	117

TABELA 3e: Hulene (Lixeira)

DATA	HORA	CONDICAO DO CEU	PARAMETRO A	N DE GRAVACAO
27-Aug	16:11	NUBLADO	152	60
28-Aug	16:04	POUCO NUBLADO	753	65
29-Aug	13:02	LIMPO	1606	71
30-Aug	16:00	MUITO NUBLADO	3	76
31-Aug	13:22	MUITO NUBLADO	2	79
3-Sep	16:00	LIMPO	1047	90
4-Sep	13:19	LIMPO	1332	97
6-Sep	16:06	NUBLADO	433	112
7-Sep	13:15	MUITO NUBLADO	5	114
8-Sep	16:02	LIMPO	1200	118



---

**Leituras feitas pelo hazemeter durante o período de  
observações (em voltagem)**





---

**Dados analisados das leituras feitas pelo hazemeter**





Read#	Chan1	Chan2	Chan3	Chan4	Min1	Min2	Min3	Min4	BattmV	10TC	Rng1	Time	Date
176	14570	17257	15446	9537	33	24	34	28	7656	252	3	135945	170922
177	14435	16724	13968	7313	38	37	44	42	7656	259	3	150221	170922
178	11455	14642	9840	3257	35	28	36	32	7636	252	4	160237	170922
179	10712	12632	11102	5781	47	29	25	20	7656	239	2	80336	180922
180	13971	16667	15128	9266	34	16	33	36	7646	246	2	90136	180922
181	16140	18073	17723	12606	38	28	43	41	7646	256	4	101056	180922
182	17778	18181	18346	13646	39	42	45	43	7685	274	3	110753	180922
183	18120	18589	19027	14369	36	40	47	44	7675	266	4	120625	180922
184	17715	18471	18643	13811	38	37	46	43	7665	260	2	130117	180922
185	18259	18260	18112	12635	37	39	40	36	7668	270	3	140209	180922
186	18198	17923	17031	10212	31	23	38	29	7656	278	3	150355	180922
187	16059	16794	14269	6259	40	42	46	41	7636	275	3	160012	180922
188	12408	15059	12781	6530	39	18	30	30	7636	242	2	80130	190922
189	12974	14628	14431	9555	33	28	34	37	7636	246	2	92837	190922
190	17751	17441	17662	13204	26	27	37	40	7675	281	2	110946	190922
191	18062	17811	18341	13844	40	40	45	41	7675	278	3	121059	190922
192	18902	17994	18509	13845	37	30	37	37	7666	288	4	130102	190922
193	17594	17839	17861	12366	40	42	45	40	7646	283	8	140159	190922
194	18757	16722	15981	9383	38	43	45	45	7666	325	3	151357	190922
195	15150	15397	13183	5819	40	39	45	41	7646	295	8	155949	190922
196	13096	15842	14154	7916	47	47	35	13	7636	231	2	82157	200922
197	14152	16248	15068	9421	27	24	33	24	7626	250	2	90048	200922
198	14933	16969	16276	11144	37	36	39	45	7646	256	2	100908	200922
199	16990	17228	17308	12714	33	42	47	36	7666	273	4	120224	200922
200	16819	17460	17075	12394	36	39	46	45	7646	273	2	130123	200922
201	16311	17369	16646	11258	39	40	44	42	7636	270	2	135959	200922
202	15042	16527	15645	10495	34	28	37	41	7656	265	5	100018	210922
203	16840	16943	16443	11745	39	42	46	42	7656	276	3	110403	210922
204	16978	17770	17586	12384	30	40	42	31	7666	294	7	130013	210922
205	16442	17571	17012	11250	36	34	45	44	7646	271	2	140408	210922
206	14958	16935	15253	8446	36	37	42	39	7626	262	3	150902	210922
207	13189	15513	11850	4553	33	35	43	43	7626	265	2	160133	210922
208	11559	14153	10519	5022	38	26	41	37	7636	251	3	83722	220922
209	12442	14869	11630	5988	36	31	44	37	7636	257	10	90148	220922
210	13395	15503	12882	7519	37	36	43	35	7626	260	2	100203	220922
211	5619	6214	5849	4053	32	32	40	40	7617	264	2	130120	220922
212	13646	15639	13206	7488	35	33	41	42	7626	268	4	140238	220922
213	11821	14377	11113	5238	37	36	41	40	7617	265	2	150306	220922
214	9378	11941	6971	1968	35	35	40	38	7607	263	2	160150	220922
215	9903	12659	8503	3562	39	37	39	36	7626	252	2	81634	230922
216	12098	14563	11299	5824	34	23	38	34	7636	254	2	90714	230922
217	15047	15900	13802	8464	40	42	45	43	7656	291	2	130132	230922
218	13417	15366	12801	7187	37	41	44	42	7636	270	4	140817	230922
219	9123	11916	6675	2088	38	34	36	30	7636	256	2	80027	240922
220	14277	14916	11644	6045	37	34	43	42	7666	305	2	93109	240922
221	16990	15888	13171	7501	35	47	47	38	7685	325	5	101244	240922
222	5229	7024	3671	1278	39	36	43	36	7314	258	3	82406	250922
223	9261	11895	7095	2963	38	36	44	43	7294	263	2	90154	250922
224	9769	11748	8541	4556	36	39	42	43	7285	267	3	100441	250922
225	13122	15307	12080	6837	38	39	43	45	7246	269	2	110259	250922

---

**Fontes naturais de emissão de aerossóis**



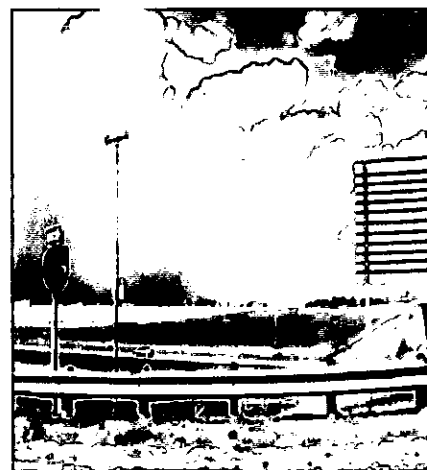
PROCESSOS NATURAIS



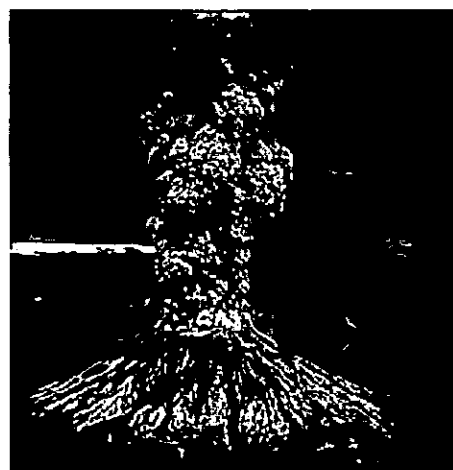
(a)



(b)



(c)



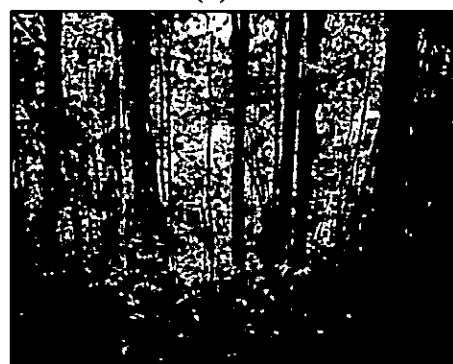
(d)



(e)



(f)



(g)



(h)



(i)

Anexo f: a), b) e c). Poeiras dos desertos, d) e f). Fumaça das erupções vulcânicas, e) e h). Sal dos oceanos, g) e i). Dioxido de Carbono liberto pelas plantas.

---

**Fontes antropogénicas de emissão de aerossóis**

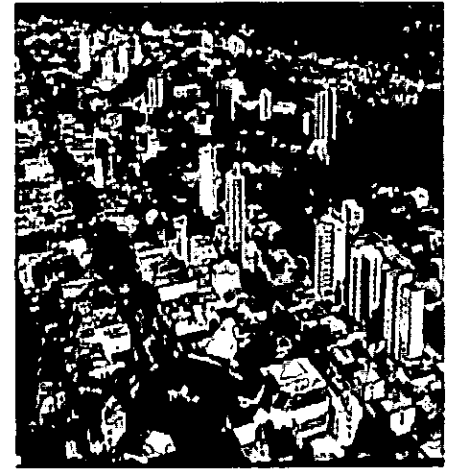
## ACTIVIDADES HUMANAS



(a)



(b)



(c)



(d)



(e)



(f)



(g)



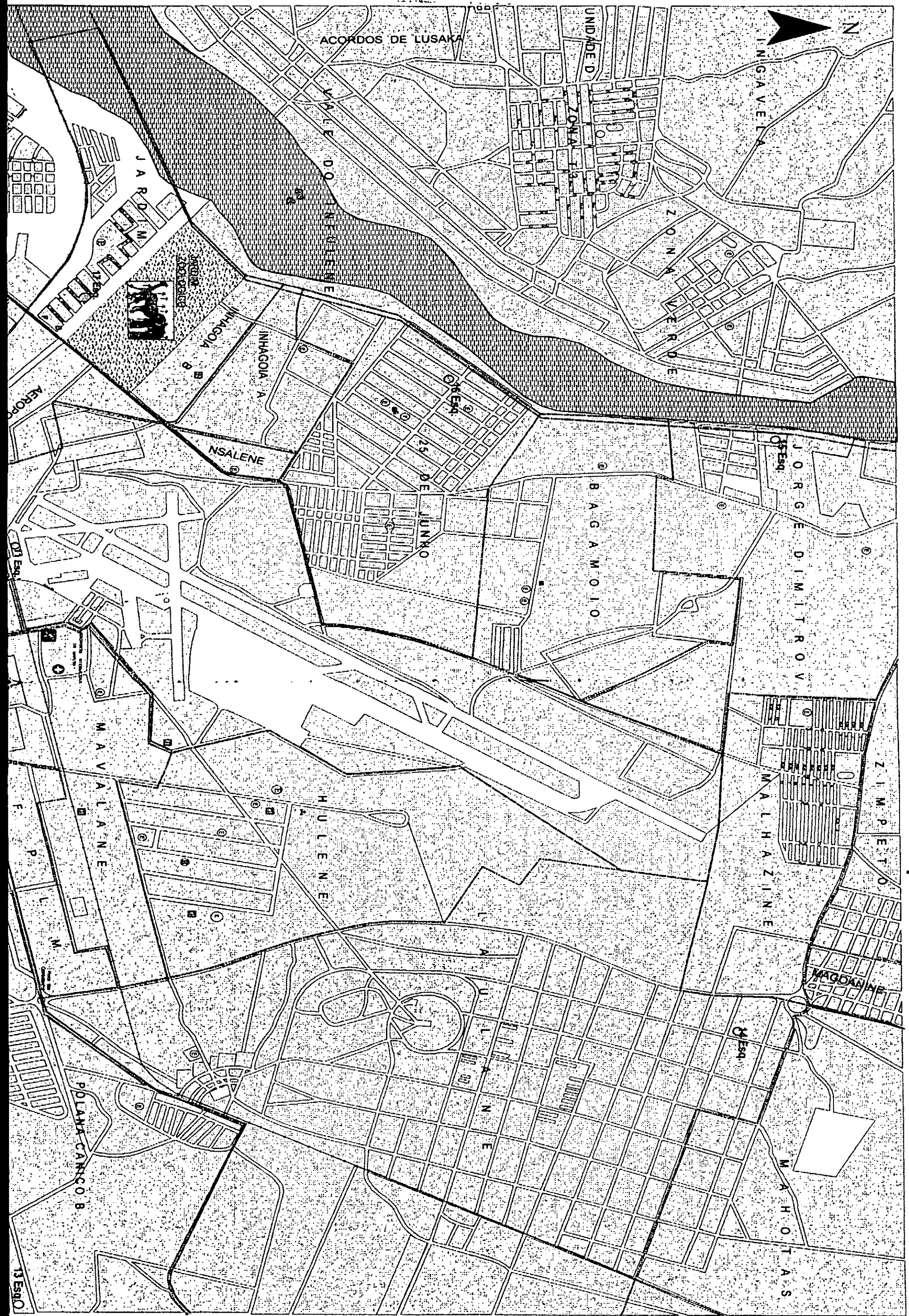
(h)

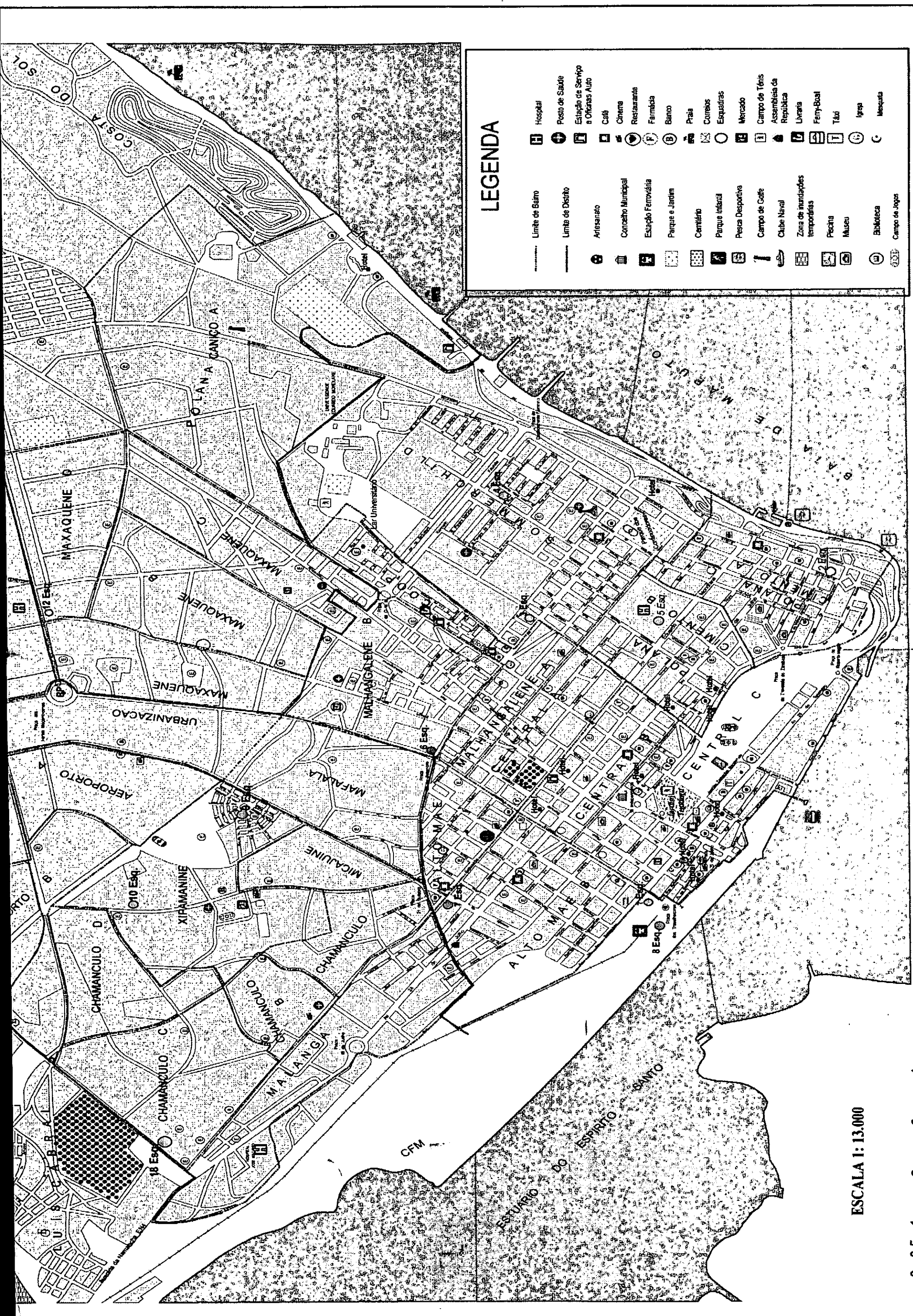
Anexo 3: a). Tráfego automóvel, b). Demolição de edifícios, c). Pintura de edifícios, d) e h).  
Actividades industriais, e) e f). Queimadas à céu aberto e de florestas, g). Corridas no deserto.

---

**Mapa da cidade de Maputo**

# Planta da Cidade de Maputo





### LEGENDA

- |   |                                |   |                                    |
|---|--------------------------------|---|------------------------------------|
| — | Limite de Bairro               | ⊠ | Hospital                           |
| — | Limite de Distrito             | ⊕ | Posto de Saúde                     |
| ⊠ | Artesanato                     | ⊠ | Estação de Serviço e Oficinas Auto |
| ⊠ | Conceito Municipal             | ☐ | Café                               |
| ⊠ | Estação Ferroviária            | ⊠ | Cinema                             |
| ⊠ | Parque e Jardim                | ⊠ | Restaurante                        |
| ⊠ | Centário                       | ⊠ | Farmácia                           |
| ⊠ | Parque Infantil                | ⊠ | Banco                              |
| ⊠ | Praça Desportiva               | ⊠ | Praia                              |
| ⊠ | Campo de Café                  | ⊠ | Correios                           |
| ⊠ | Clube Naval                    | ⊠ | Esquadras                          |
| ⊠ | Zona de inundações temporárias | ⊠ | Mercado                            |
| ⊠ | Piscina                        | ⊠ | Campo de Tênis                     |
| ⊠ | Museu                          | ⊠ | Asssembleia da República           |
| ⊠ | Biblioteca                     | ⊠ | Livraria                           |
| ⊠ | Campo de Jogos                 | ⊠ | Ferry-Boat                         |
| ⊠ |                                | ⊠ | Tubo                               |
| ⊠ |                                | ⊠ | Igreja                             |
| ⊠ |                                | ⊠ | Mesquita                           |

ESCALA 1:13.000

