

**RELATÓRIO DE ENCERRAMENTO DO PROJETO DE INICIAÇÃO  
CIENTÍFICA**

**ANÁLISE DOS EFEITOS DOS AEROSSÓIS NAS MUDANÇAS  
CLIMÁTICAS**

**Aluno: Iuri Sobral Pinto Dias de Pinho  
Orientador: Marcos Sebastião de Paula Gomes**

# ANÁLISE DOS EFEITOS DOS AEROSSÓIS NAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS

**Aluno: Iuri Sobral Pinto Dias de Pinho**  
**Orientador: Marcos Sebastião de Paula Gomes**

## Índice

|                             |    |
|-----------------------------|----|
| Introdução e Objetivos..... | 3  |
| Metodologia.....            | 3  |
| Resultados.....             | 6  |
| Referências.....            | 12 |

## Ilustrações e Tabelas

Ilustração 1: Fotômetro solar portátil utilizado no projeto.

Ilustração 2: Desenhos técnicos dos estágios do impactador inercial

Ilustrações 3 e 4: Perfil e desenho esquemático do impactador inercial.

Ilustração 5: Gráfico AOT1020 em setembro de 2007.

Ilustração 6: Gráfico AOT1020 em outubro de 2007.

Ilustração 7: Medições de hora em hora no filtro de onda de 675 nm no dia 07/05/08.

Ilustração 8: Medições executadas de 15 em 15 min no dia 14/05/08.

Ilustração 9: Medições executadas de forma intermitente com céu aberto no dia 08/06/08.

Ilustração 10: Medições executadas de forma intermitente com céu parcialmente nublado no dia 15/06/08.

Tabelas 1 e 2: Médias das medições durante todo o período do projeto de pesquisa, incluindo os dados do aluno anterior.

Tabelas 3 e 4: Médias das medições considerando apenas as efetuadas em torno de 09:00h.

Ilustração 11: Gráfico referente às médias calculadas considerando as medições em torno de 09:00h.

Ilustração 12: Legenda.

### **Introdução e Objetivos:**

Aerossol é um conjunto de partículas suspensas em um gás, com alta mobilidade física. Alguns ocorrem de forma natural, originados pela vegetação, vulcões, tempestades de areia ou incêndios florestais, e outros de forma antropogênica, como o uso de combustíveis fósseis e alteração da superfície terrestre. Eles são rapidamente removidos da atmosfera por meio de processos hidrológicos naturais ou por deposição. Existem aerossóis com elevada capacidade de reflexão, que contribuem para resfriar a atmosfera, enquanto outros possuem elevada capacidade de absorção, contribuindo, portanto, para aquecê-la. A interação destes aerossóis com nuvens altera a capacidade de reflexão/absorção destas, promovendo mudança em suas atividades e duração.

As partículas constituintes podem ser classificadas de acordo com o seu tamanho a partir do seguinte critério:

- Partículas Grossas:  $2,5 \mu\text{m} < d_a < 100 \mu\text{m}$
- Moda de Acumulação:  $0,1 \mu\text{m} < d_a < 2,5 \mu\text{m}$
- Moda de Nucleação ou Partículas Ultrafinas:  $0,005 \mu\text{m} < d_a < 0,1 \mu\text{m}$

No caso do Rio de Janeiro, as principais fontes de material particulado são as florestas, o mar e a frota veicular. O projeto de pesquisa tem por objetivo investigar aerossóis de diferentes espessuras ópticas e suas influências no ambiente urbano da cidade. Para tal, executou-se medidas constantes utilizando um fotômetro solar portátil, avaliando assim a influência do efeito direto dos aerossóis urbanos no balanço de radiação local.

As medições com o fotômetro solar tiveram início em setembro de 2006 por outro aluno, Raphael Rieboldt, que executava o mesmo projeto. Foi essencial a continuidade da metodologia pré-definida de coleta de dados, a fim de interpretá-los de forma correta, plotando gráficos que expõem a variação da concentração de poluentes atmosféricos ao longo de um determinado período de tempo. Esse conhecimento possui relevante importância, visto que os aerossóis são responsáveis por uma série de conseqüências para o homem, tais como doenças respiratórias e dérmicas, redução de visibilidade e sua própria interação com o balanço radiativo da atmosfera.

### **Metodologia**

Utilizou-se um fotômetro solar portátil da marca MICROTOPS II de cinco canais, sendo que cada um deles faz a medida direta da radiação solar em um comprimento de onda específico (440, 675, 870, 936 e 1020 nm). Os aerossóis possuem a capacidade de refletir ou absorver a radiação solar, portanto, sabendo o valor do sinal emitido pelo sol em cada comprimento de onda, é possível estimar com precisão a concentração dos aerossóis na atmosfera, classificando-os de acordo com seus diâmetros.



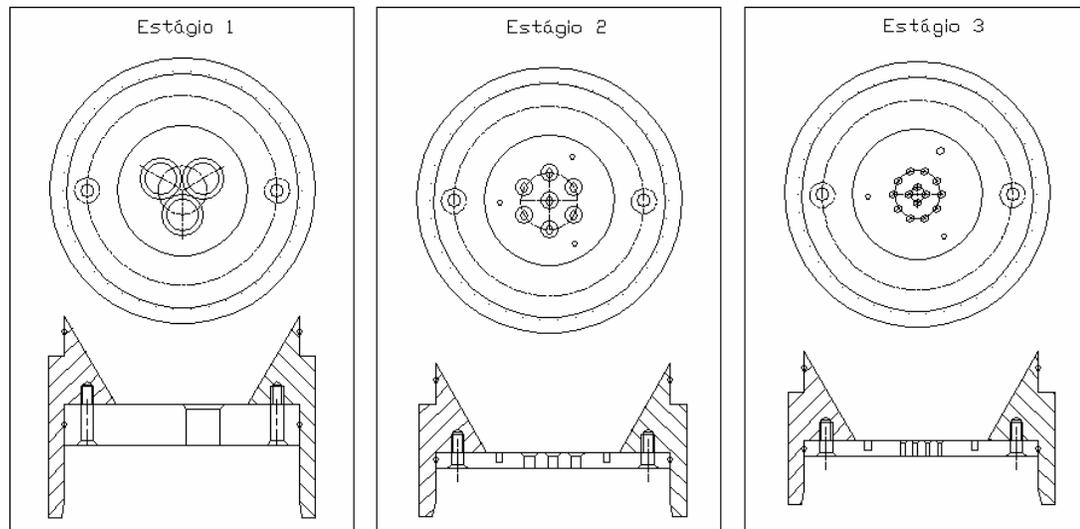
**Ilustração 4: Fotômetro solar portátil utilizado no projeto.**

As medições foram feitas em intervalos de 2 em 2 horas durante o período de 7 às 17 horas de cada dia, uma vez que a metodologia de análise depende a luz solar. Em alguns dias específicos, foram executadas medições em um intervalo mais curto de 15 minutos, a fim de observar a variação, de forma mais detalhada, da concentração dos aerossóis ao longo do dia. Também foram efetuadas medições seguidas, sem intervalo entre as mesmas, em dias específicos, a fim de observar a variação resultante da presença ou ausência de nuvens e outros fatores influentes.

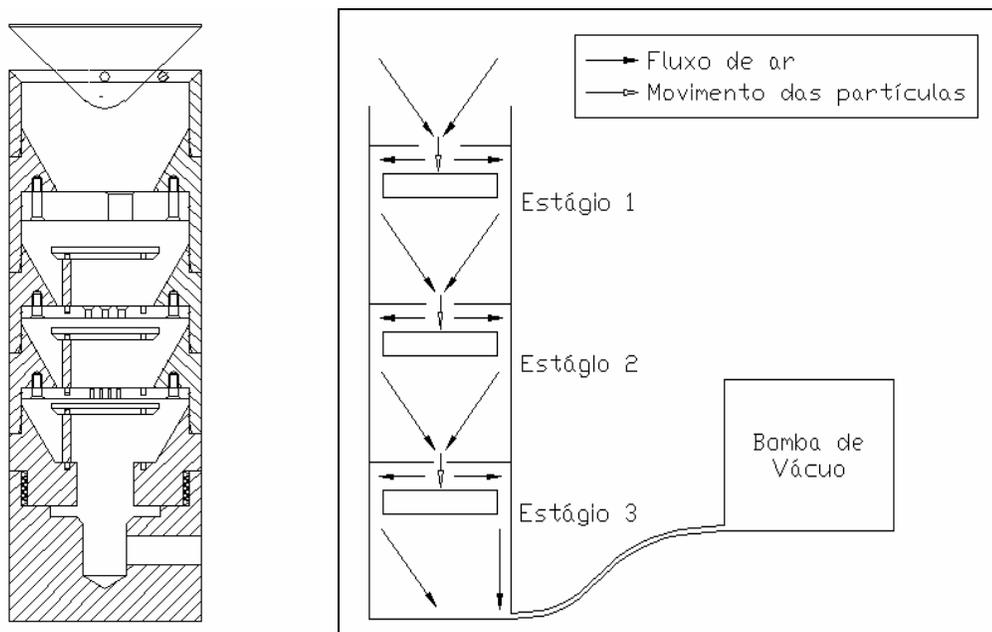
No início do projeto de iniciação científica, o equipamento apresentou problemas nas medições referentes aos campos 870 nm, 936 nm e WATER. Os resultados encontrados eram demasiadamente altos ou não determináveis, tendo como base de dados as medições antigas executadas pelo mesmo aparelho. Portanto, os resultados referentes aos filtros já mencionados não foram utilizados para mérito conclusivo e devem ser desprezados nas tabelas. Os mesmos foram mantidos apenas para serem enviados à assistência técnica da MICROTOPS, a fim de solucionar os eventuais problemas.

A comunicação deste aparelho com o computador foi feita através do HyperTerminal, software que acompanha o Windows e nos permite, realizar amostragens, importar os dados já armazenados, apagar dados não satisfatórios e alterar as constantes utilizadas e as coordenadas geográficas do ponto de coleta.

Durante o projeto de iniciação científica, foram desenvolvidos em AutoCAD os projetos para a execução da nova versão de um impactador inercial, a fim de utilizar outra metodologia de amostragem e comparar os resultados com os obtidos pelo fotômetro.



**Ilustração 5: Desenhos técnicos dos estágios do impactador inercial**

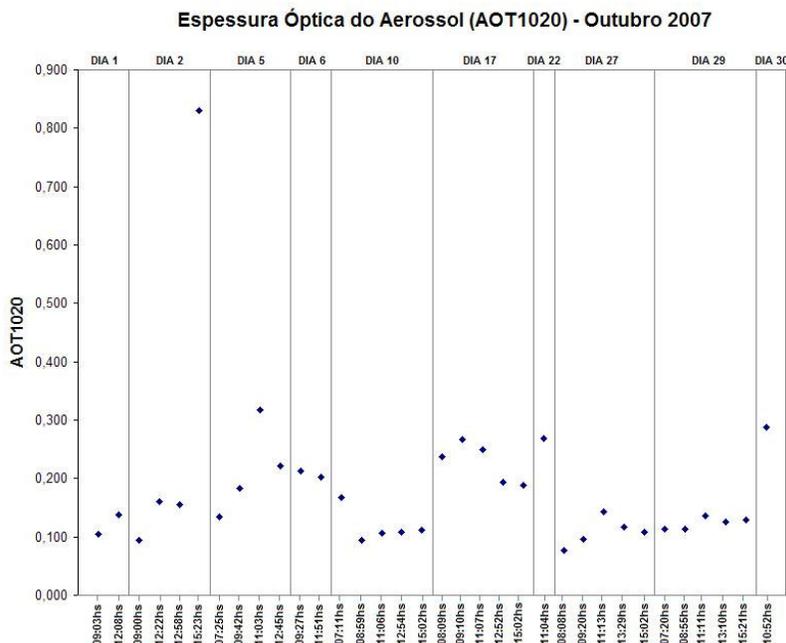


**Ilustrações 6 e 4: Perfil e desenho esquemático do impactador inercial.**

Este instrumento funciona através de um fluxo de ar constante e ao longo dos estágios, separa as partículas de acordo com o seu tamanho, já que as partículas maiores que o tamanho de corte de determinado estágio sofrem impactação inercial enquanto que as menores passam ao estágio seguinte. O tamanho de corte é dependente do diâmetro e do comprimento dos orifícios e da distância entre estes e a placa de impactação.

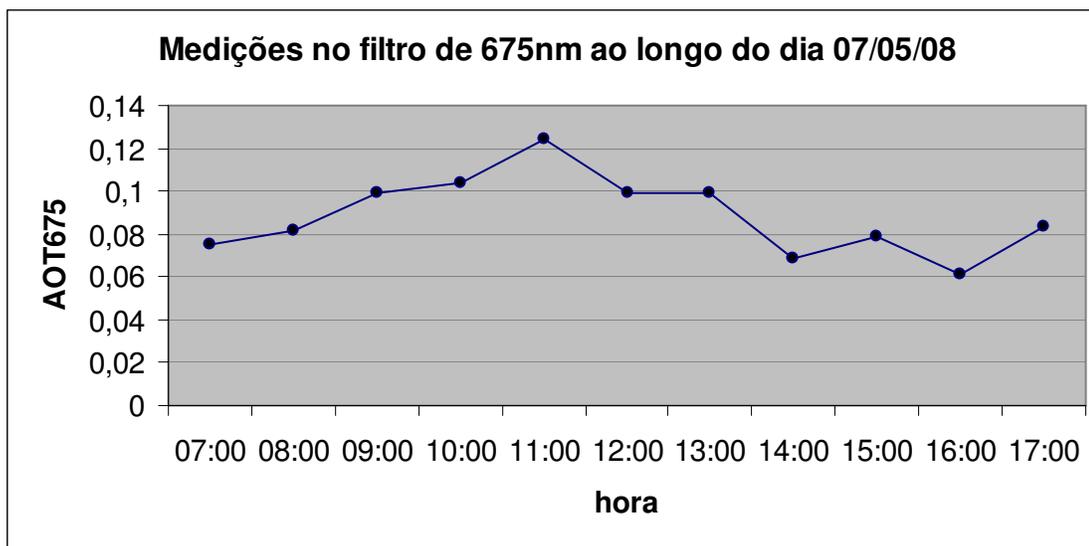
O uso destes instrumentos é necessário para obter a separação física das partículas. Com a coleta podemos também avaliar a composição química do aerossol. Isso nos permitirá analisar a contribuição das diferentes fontes, naturais ou antropogênicas, nas concentrações dos aerossóis medidos no Rio de Janeiro.





**Ilustração 6: Gráfico AOT1020 em outubro de 2007.**

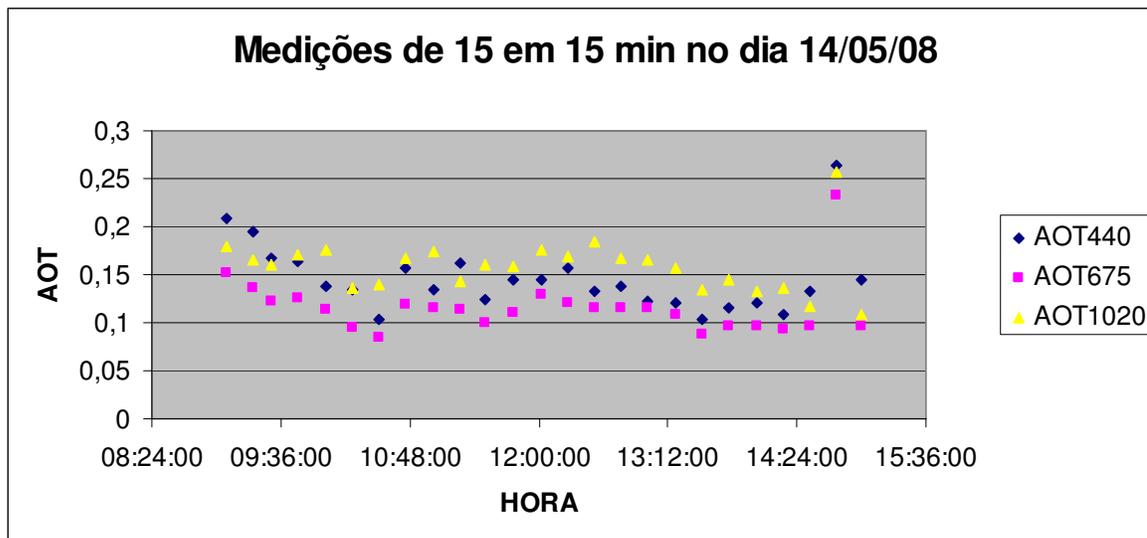
A figura abaixo mostra a variação da concentração dos aerossóis com partículas de diâmetro em torno de 675 nm ao longo do dia 07/05/08. É importante ressaltar que esse experimento foi executado em um dia de céu totalmente aberto, a fim de observar a variação natural dos aerossóis e minimizando as influências externas, como presença de nuvens.



**Ilustração 7: Medições de hora em hora no filtro de onda de 675 nm no dia 07/05/08.**

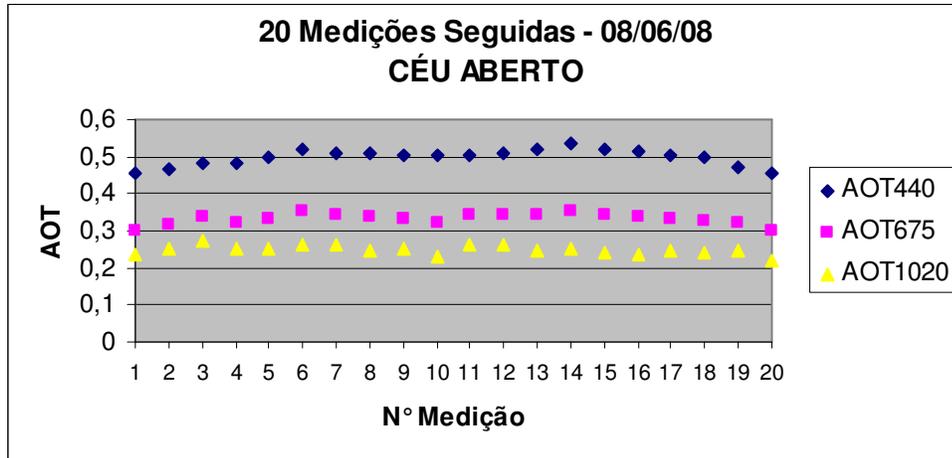
O gráfico abaixo representa a variação dos aerossóis, avaliada com os filtros de 440, 675 e 1020 nm do fotômetro solar portátil. As medições foram efetuadas no dia 14/05/08, quando se

pode observar céu aberto, sem presença de nuvens ou outros tipos de fatores influentes nos resultados. Os horários escolhidos foram de 9 às 15h, tendo 12h como centro, pois o comportamento esperado seria simétrico, uma vez que o movimento de rotação da terra faz com que o ângulo de incidência dos raios solares às 9h seja aproximadamente o mesmo que o ângulo de incidência dos raios solares às 15h.

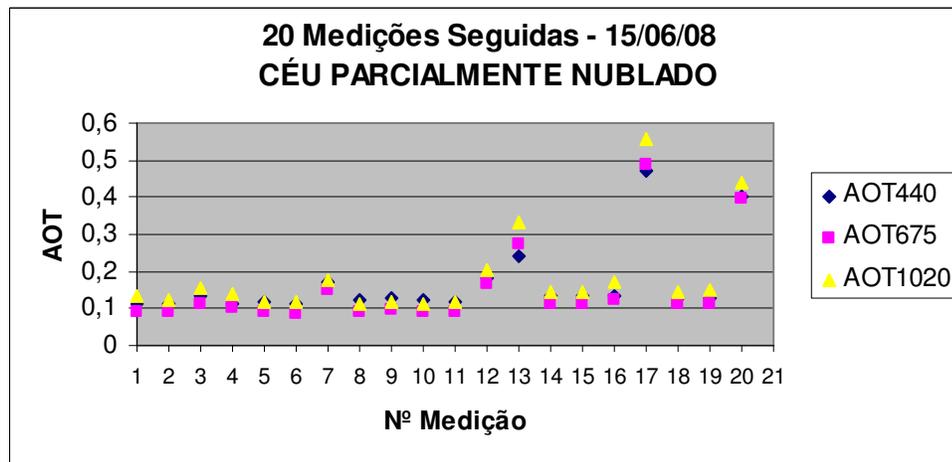


**Ilustração 8: Medições executadas de 15 em 15 min no dia 14/05/08.**

Os gráficos a seguir ilustram a metodologia onde foram executadas 20 medições intermitentes em dois dias distintos. É importante ressaltar que no dia 08/06/08, o céu se encontrava totalmente aberto, sem a presença de nuvens ou nenhum tipo de nebulosidade. Já no dia 15/06/08, este se encontrava parcialmente nublado, com a presença de algumas nuvens, possibilitando a execução das medições. Com o céu aberto, foi possível identificar a pequena variação das medições entre si, e a diferença dos valores de espessura óptica dos aerossóis. Com o mesmo parcialmente nublado, no entanto, observou-se uma variação maior entre as medições, uma vez que existe a mais possibilidade de uma eventual nuvem colocar-se entre o sol e o fotômetro, alterando os valores encontrados. Outro fator observado nesse experimento foi que no segundo caso, os valores de AOT nos canais avaliados (440, 575 e 1020 nm) se aproximaram. Isso implica que com a presença de um maior número de nuvens no céu, as concentrações dos aerossóis, presentes na atmosfera, de diâmetros de partícula diferentes se aproximam.



**Ilustração 9:** Medições executadas de forma intermitente com céu aberto no dia 08/06/08.



**Ilustração 10:** Medições executadas de forma intermitente com céu parcialmente nublado no dia 15/06/08.

Abaixo, encontram-se disponibilizadas, de forma sucinta, as médias de todos os resultados encontrados durante a execução do presente projeto de pesquisa. As tabelas 1 e 2 contêm as informações desde setembro de 2006, quando o projeto era executado pelo aluno bolsista anterior, até junho de 2008. As médias foram calculadas sem levar em consideração possíveis variações nas condições climáticas de cada dia de medição, ou seja, foram unidos resultados de dias de céu totalmente aberto com resultados de dias com céu parcialmente nublado. As mesmas também não consideraram a hora em que a medição foi efetuada. Portanto, tais resultados estão sendo apresentados para expor a duração do projeto de iniciação científica, assim como a importância de continuidade de metodologia aplicada, a fim de uma melhor interpretação de resultados.

Já a ilustração 11 e as tabelas 3 e 4 apresentam as médias calculadas utilizando todas as medições em torno de 09:00h (de 8:41h até 9:30h) dos filtros de onda 440, 675 e 1020 nm, no intuito de observar a variação dos aerossóis com partículas destes diâmetros ao longo dos meses.

|           | set/06 | out/06 | nov/06 | dez/06  | jan/07  | fev/07 | mar/07  | jun/07  | jul/07    | ago/07 |
|-----------|--------|--------|--------|---------|---------|--------|---------|---------|-----------|--------|
| SIG440    | 456,80 | 521,62 | 606,43 | 638,11  | 627,89  | 612,01 | 650,48  | 346,91  | 458,13    | 428,68 |
| SIG675    | 672,46 | 821,71 | 875,19 | 950,88  | 945,32  | 848,02 | 935,93  | 616,46  | 776,29    | 713,24 |
| SIG870    | 470,65 | 572,26 | 604,25 | 646,68  | 648,38  | 572,45 | 635,24  | 0,02    | 532,51    | 401,13 |
| SIG936    | 245,38 | 206,63 | 195,88 | 236,38  | 172,39  | 251,67 | 288,52  | 193,64  | 257,46    | 230,51 |
| SIG1020   | 774,70 | 953,89 | 998,41 | 1072,87 | 1072,43 | 931,03 | 1039,55 | 723,59  | 905,63    | 829,05 |
| STD440    | 0,199  | 0,055  | 0,005  | 0,005   | 0,004   | 0,012  | 0,006   | 0,005   | 0,003     | 0,004  |
| STD675    | 0,212  | 0,058  | 0,012  | 0,004   | 0,007   | 0,011  | 0,004   | 0,005   | 0,003     | 0,004  |
| STD870    | 0,200  | 0,053  | 0,005  | 0,008   | 0,007   | 0,010  | 0,006   | #DIV/0! | 0,004     | 0,005  |
| STD936    | 0,229  | 0,055  | 0,012  | 0,006   | 0,009   | 0,011  | 0,009   | 0,011   | 0,004     | 0,004  |
| STD1020   | 0,211  | 0,050  | 0,005  | 0,006   | 0,008   | 0,011  | 0,007   | 0,011   | 0,003     | 0,004  |
| R440 675  | 0,6648 | 0,5993 | 0,6882 | 0,6710  | 0,6612  | 0,7247 | 0,6931  | 0,5524  | 0,5808    | 0,5929 |
| R675 870  | 1,4318 | 1,4327 | 1,4451 | 1,4707  | 1,4709  | 1,4569 | 1,4727  | #DIV/0! | 2480,2637 | 1,3877 |
| R875 936  | 2,3754 | 2,9584 | 3,0952 | 2,7922  | 4,1701  | 2,4167 | 2,2664  | 0,0001  | 2,2620    | 1,9801 |
| R936 1020 | 0,2977 | 0,2139 | 0,1960 | 0,2206  | 0,1604  | 0,2680 | 0,2767  | 0,2533  | 0,2768    | 0,2749 |
| AOT440    | 0,495  | 0,271  | 0,280  | 0,166   | 0,137   | 0,355  | 0,158   | 0,346   | 0,208     | 0,303  |
| AOT675    | 0,412  | 0,176  | 0,189  | 0,102   | 0,090   | 0,306  | 0,106   | 0,294   | 0,143     | 0,227  |
| AOT870    | 0,356  | 0,132  | 0,132  | 0,072   | 0,060   | 0,275  | 0,074   | #DIV/0! | 0,106     | 0,139  |
| AOT936    | 0,353  | 0,123  | 0,127  | 0,067   | 0,057   | 0,279  | 0,074   | #DIV/0! | 0,106     | 0,138  |
| AOT1020   | 0,350  | 0,119  | 0,123  | 0,061   | 0,055   | 0,283  | 0,075   | 0,270   | 0,106     | 0,187  |
| WATER     | 2,13   | 2,63   | 3,47   | 2,65    | 3,33    | 2,69   | 2,22    | #DIV/0! | 1,56      | 1,67   |

|           | set/07    | out/07    | nov/07   | dez/07   | jan/08   | fev/08   | mar/08   | abr/08   | mai/08  | jun/08   |
|-----------|-----------|-----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|---------|----------|
| SIG440    | 415,24    | 459,36    | 418,80   | 528,40   | 547,54   | 482,63   | 442,24   | 515,45   | 496,05  | 358,44   |
| SIG675    | 733,31    | 757,14    | 620,01   | 773,93   | 789,27   | 724,29   | 763,06   | 836,27   | 785,20  | 637,94   |
| SIG870    | 6,73      | 0,26      | 1,14     | 2,40     | 1,46     | 2,91     | 76,17    | 130,22   | 24,97   | 2,51     |
| SIG936    | 216,45    | 240,94    | 199,46   | 208,20   | 191,45   | 177,37   | 158,13   | 233,57   | 235,29  | 160,66   |
| SIG1020   | 885,32    | 892,71    | 675,92   | 826,56   | 839,13   | 775,17   | 841,52   | 885,82   | 815,49  | 716,49   |
| STD440    | 0,007     | 0,005     | 0,007    | 0,011    | 0,010    | 0,007    | 0,008    | 0,006    | 0,006   | 0,006    |
| STD675    | 0,009     | 0,005     | 0,008    | 0,008    | 0,007    | 0,006    | 0,006    | 0,004    | 0,008   | 0,006    |
| STD870    | 0,054     | 0,045     | 0,036    | 0,036    | 0,039    | 0,032    | 0,028    | 0,024    | 0,035   | 0,037    |
| STD936    | 0,008     | 0,005     | 0,010    | 0,014    | 0,012    | 0,006    | 0,007    | 0,004    | 0,010   | 0,007    |
| STD1020   | 0,013     | 0,007     | 0,010    | 0,014    | 0,011    | 0,006    | 0,012    | 0,007    | 0,011   | 0,008    |
| R440 675  | 0,5830    | 0,5915    | 0,6844   | 0,6797   | 0,7001   | 0,6636   | 0,5627   | 0,5962   | 0,6265  | 0,5475   |
| R675 870  | 2279,8996 | 2874,2692 | 529,4707 | 383,9999 | 565,7780 | 297,5027 | 251,6590 | 295,5273 | 81,8623 | 264,8076 |
| R875 936  | 0,0415    | 0,0016    | 0,0120   | 0,0188   | 0,0182   | 0,0242   | 0,8421   | 1,0341   | 0,1924  | 0,0174   |
| R936 1020 | 0,2814    | 0,2648    | 0,2838   | 0,2465   | 0,2238   | 0,2247   | 0,1837   | 0,2557   | 0,2848  | 0,2228   |
| AOT440    | 0,319     | 0,411     | 0,666    | 0,505    | 0,501    | 0,427    | 0,340    | 0,175    | 0,252   | 0,330    |
| AOT675    | 0,200     | 0,255     | 0,586    | 0,438    | 0,444    | 0,345    | 0,216    | 0,113    | 0,193   | 0,241    |
| AOT870    | 4,515     | 5,973     | 1184,243 | 4705,739 | 2278,474 | 4437,045 | 3,230    | 2,988    | 2,218   | 2,894    |
| AOT936    | 2,326     | 3,058     | 668,185  | 2575,652 | 2849,250 | 2373,361 | 1,718    | 1,562    | 1,221   | 1,559    |
| AOT1020   | 0,169     | 0,182     | 0,575    | 0,446    | 0,449    | 0,350    | 0,206    | 0,135    | 0,225   | 0,223    |
| WATER     | 0,44      | #DIV/0!   | #DIV/0!  | 0,14     | 0,08     | 0,15     | 1,37     | 1,43     | 0,22    | 0,10     |

Tabelas 2 e 2: Médias das medições durante todo o período do projeto de pesquisa, incluindo os dados do aluno anterior.

| MÉDIAS  | junho-07 | julho-07 | agosto-07 | setembro-07 | outubro-07 | novembro-07 | dezembro-07 |
|---------|----------|----------|-----------|-------------|------------|-------------|-------------|
| AOT440  | 0,271    | 0,194    | 0,417     | 0,279       | 0,330      | 0,835       | 0,220       |
| AOT675  | 0,228    | 0,117    | 0,340     | 0,152       | 0,194      | 0,830       | 0,143       |
| AOT1020 | 0,215    | 0,067    | 0,308     | 0,105       | 0,129      | 0,870       | 0,123       |

| MÉDIAS  | janeiro-08 | fevereiro-08 | março-08 | abril-08 | maio-08 | junho-08 |
|---------|------------|--------------|----------|----------|---------|----------|
| AOT440  | 0,769      | 0,411        | 0,289    | 0,161    | 0,231   | 0,373    |
| AOT675  | 0,741      | 0,349        | 0,178    | 0,106    | 0,157   | 0,309    |
| AOT1020 | 0,759      | 0,362        | 0,179    | 0,127    | 0,179   | 0,343    |

Tabelas 3 e 4: Médias das medições considerando apenas as efetuadas em torno de 09:00h.

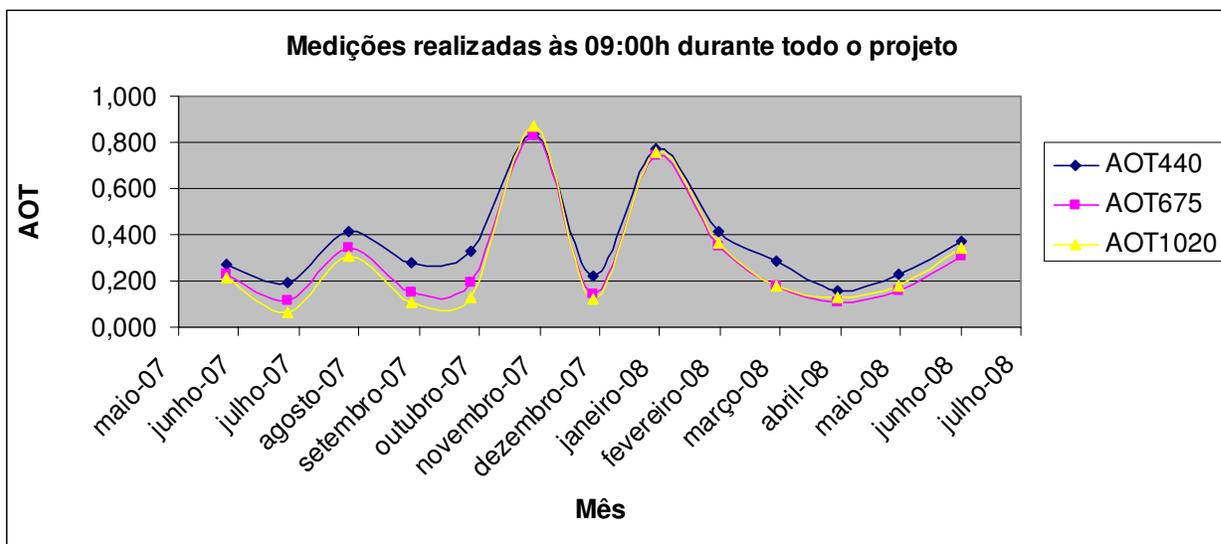


Ilustração 11: Gráfico referente às médias calculadas considerando as medições em torno de 09:00h.

| LEGENDA   |
|---|
| DATE - Data                                       |
| TIME - Hora de Greenwich                          |
| LATITUDE  |
| LONGITUDE   |
| ALTITUDE  |
| PRESSURE - Pressão em milibares                   |
| SZA - Ângulo de zênite solar                      |
| AM - Optical airmass                              |
| SDCORR - Correção da distância Terra-Sol          |
| TEMP - Temperatura                                |
| ID - Identificação de usuário                     |
| SIG440 - Sinal em milivolts[mV]                   |
| SIG675 - Sinal em milivolts[mV]                   |
| SIG870 - Sinal em milivolts[mV]                   |
| SIG936 - Sinal em milivolts[mV]                   |
| SIG1020 - Sinal em milivolts[mV]                  |
| STD440 - Desvio Padrão dos sinais medidos         |
| STD675 - Desvio Padrão dos sinais medidos         |
| STD870 - Desvio Padrão dos sinais medidos         |
| STD936 - Desvio Padrão dos sinais medidos         |
| STD1020 - Desvio Padrão dos sinais medidos        |
| R440_675 - Proporção dos sinais entre os canais   |
| R675_870 - Proporção dos sinais entre os canais   |
| R875_936 - Proporção dos sinais entre os canais   |
| R936_1020v - Proporção dos sinais entre os canais |
| AOT440 - Espessura óptica do aerossol             |
| AOT675 - Espessura óptica do aerossol             |
| AOT870 - Espessura óptica do aerossol             |
| AOT936 - Espessura óptica do aerossol             |
| AOT1020 - Espessura óptica do aerossol            |
| WATER - Coluna de vapor d'água [cm]               |

**Ilustração 12: Legenda.**

## Referências

- 1 – MYHRE, G.; MYRE, A.; STORDAL, F. Historical evolution of radiative forcing of climate. **Atmospheric Environment**, v. 25, p. 2362-2373, 2001.
- 2 – IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). **Aerosols, their Direct and Indirect Effects**. (Ed.) PENNER, J.E. et al. Cambridge University Press, Cambridge, Reino Unido; Nova York, EUA, Cap. 5, p. 291-348, 2001.
- 3 – KONDRATYEV, K.Y. Greenhouse warming versus aerosol cooling in the context of global climate change. **Energy Conversion and Management**, v. 37, p. 763-768, 1996.