

## VI-068 - AS VARIAÇÕES DAS CONCENTRAÇÕES DE CO<sub>2</sub> E CO E O CONFORTO AMBIENTAL NO MUNICÍPIO DE MARABÁ-PA

**Bruno Delano Chaves do Nascimento<sup>(1)</sup>**

Acadêmico de Engenharia Ambiental pela Universidade do Estado do Pará-UEPA. cursando o curso técnico em Saneamento Ambiental no Instituto Federal de Ciência, Tecnologia e Educação do Pará-IFPA.

**Emayara Lima Leite**

Acadêmica de Engenharia Ambiental pela Universidade do Estado do Pará-UEPA. cursando o curso técnico em Química Industrial no Instituto Federal de Ciência, Tecnologia e Educação do Pará-IFPA.

**Gisele Patrícia Mourão Araújo**

Acadêmica de Engenharia Ambiental pela Universidade do Estado do Pará-UEPA.

**André Thiago Lemos Miranda**

Acadêmico de Engenharia Ambiental pela Universidade do Estado do Pará-UEPA. Monitor do laboratório de Química da Universidade do Estado do Pará-UEPA.

**Eliane de Castro Coutinho**

Possui graduação em Meteorologia pela Universidade Federal do Pará (1993), Especialização em Meteorologia Tropical e Educação em Saúde Pública e Mestrado em Meteorologia pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (1999). Atualmente é professor assistente I, com tempo integral e dedicação exclusiva da Universidade do Estado do Pará.

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Tv. Onze, 51, Conjunto Catalina - Mangueirão - Belém - PA - CEP: 66640-360 - Brasil - Tel: +55 (94) 8159-2572 - e-mail: [brunodelano@yahoo.com.br](mailto:brunodelano@yahoo.com.br)

### RESUMO

Esse trabalho se propôs a verificar no município de Marabá-PA a variação da concentração de CO<sub>2</sub> e CO (o primeiro um gás causador do efeito estufa e o segundo um gás muito prejudicial à saúde humana), e determinar o conforto ambiental e como as atividades humanas os influencia. Para tanto, foram feitas medições de CO<sub>2</sub>, CO, Temperatura e Umidade Relativa do ar em quatro pontos do município de Marabá-PA dentro de um período de 10 horas, cada ponto com características físicas distintas e sob a influência de diferentes atividades humanas. Os pontos escolhidos foram uma área desflorestada, uma área industrial, uma área urbana e uma área de floresta nativa. Comparando os resultados de cada ponto notou-se que a concentração de CO<sub>2</sub> apresenta comportamento semelhante no período estudado (diurno), cada ponto apresentando pequenas particularidades. A concentração de CO não foi significativa só apresentando valores mais elevados na área urbana de Marabá. A temperatura e umidade foram os dois fatores que mais se diferenciaram de um local para o outro, caracterizando a área urbana de Marabá como uma área sem conforto ambiental, mesmo sob o efeito da movimentação do ar, na maior parte do tempo de estudo.

**PALAVRAS-CHAVE:** concentração de CO<sub>2</sub>, conforto ambiental, Marabá-PA.

### INTRODUÇÃO

A poluição atmosférica é notadamente um ponto de grande importância e repercussão para a ciência diante da recente “consciência ambiental” que voltou os olhos do mundo para temas como aquecimento global, derretimento das calotas polares, elevação do nível dos oceanos e toda a problemática das mudanças climáticas, que até então não era tratada com tanta relevância. Mas Segundo Yu (2004), essas mudanças climáticas são processos naturais, quando consideradas as escalas de tempo de milhares de anos de eras geológicas. Entretanto, a velocidade e intensidade com que estão ocorrendo mudanças no sistema climático da Terra a partir da Revolução Industrial é que tem sido objeto de preocupação de cientistas e líderes mundiais, principalmente nas duas últimas décadas.

Atualmente entidades de vários países vêm desenvolvendo estudos relacionados com o CO<sub>2</sub>, principalmente o World Climate Research (WRCR) e o Intergovernamental Panel on Climate Change (IPCC). Um aumento expressivo da concentração de CO<sub>2</sub> na atmosfera foi mostrado pelo IPCC (2000) na ordem de 3,2 Gt C ano<sup>-1</sup>, onde as principais trocas de carbono com a atmosfera ocorrem pela liberação por queima de combustíveis

fósseis, a produção de cimento, queimadas e absorção pelos oceanos e pela biota terrestre (HERRMANN, 2004). Uma grande fonte de carbono para atmosfera é a queima de combustíveis fósseis utilizados em atividades humanas, em que desde o início da era industrial a concentração média de CO<sub>2</sub> passou de 280 ppm para cerca de 360 ppm, desse total 50 % permanecem na atmosfera.

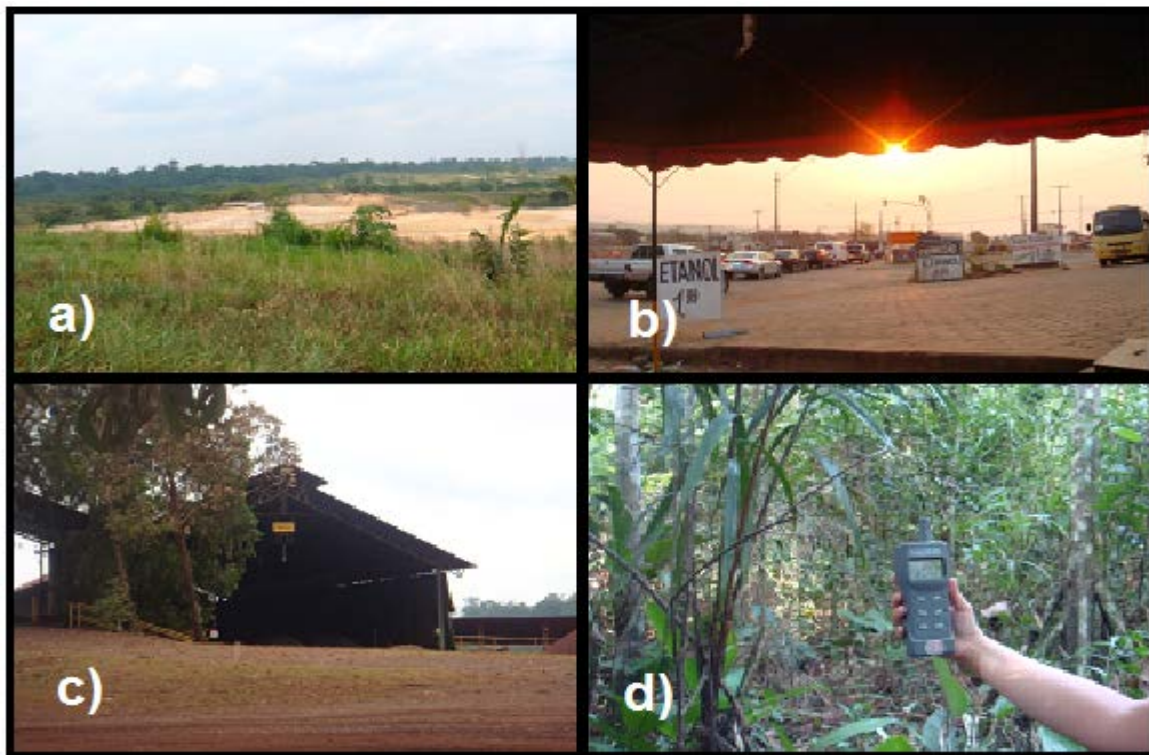
Tentando traçar uma perspectiva da influência das atividades humanas (ou da inexistência delas) na variação da concentração de dióxido de carbono e monóxido de carbono atmosférico e no conforto térmico é que esse trabalho se propôs a monitorar em um período de 10 horas, em alguns pontos selecionados do município de Marabá, a variação destes gases e de parâmetros como temperatura e umidade e tentar avaliar até que ponto o homem e suas atividades estão contribuindo ou influenciando nessa variação. O município de Marabá foi o escolhido por ser um polo industrial em expansão no meio daquela considerada um importante sumidouro de carbono, a floresta amazônica, e que além de ser um polo siderúrgico, e de apresentar grande parte de suas áreas florestadas (que são responsáveis pela manutenção de um clima agradável) desmatadas, Marabá esta recebendo um enorme contingente populacional que tende a aumentar muito mais a emissão de gases. Outro fator relevante é o clima intensamente quente e seco da região, onde as altas temperaturas e os baixos índices de umidade atribuem ao município um grande desconforto térmico.

Portanto, ficou estabelecido como objetivo deste trabalho, monitorar a variação da concentração de dióxido de carbono e monóxido de carbono e o conforto ambiental em um período de dez horas de pontos específicos com características físicas distintas no município de Marabá-PA, avaliando a influência das atividades humanas no agravamento ou não da concentração desses gases, no aumento da temperatura e diminuição da umidade relativa e verificar o quanto essas atividades são representativas na emissão desses gases e no desconforto térmico e ambiental.

Para tanto, o desenvolvimento deste trabalho contou com o apoio do Condomínio Ipiranga Ecoville, da Fundação Parque Zoobotânico de Marabá e da Siderúrgica Sinobrás S.A..

## **MATERIAIS E MÉTODOS**

O trabalho desenvolveu-se no município de Marabá-PA em alguns pontos de interesse para o estudo e previamente selecionados por apresentarem características físicas distintas e potencial efeito sobre a emissão de gases. Estes pontos de estudo foram uma área com remanescente florestal, no caso a Fundação Parque Zoobotânico de Marabá, uma área desmatada e antropizada, que é um loteamento urbano em implantação, uma área da cidade com grande tráfego de veículos e uma área dentro de uma indústria siderúrgica, no Distrito Industrial de Marabá (DIM). A figura 1 mostra os locais onde se realizou a pesquisa.



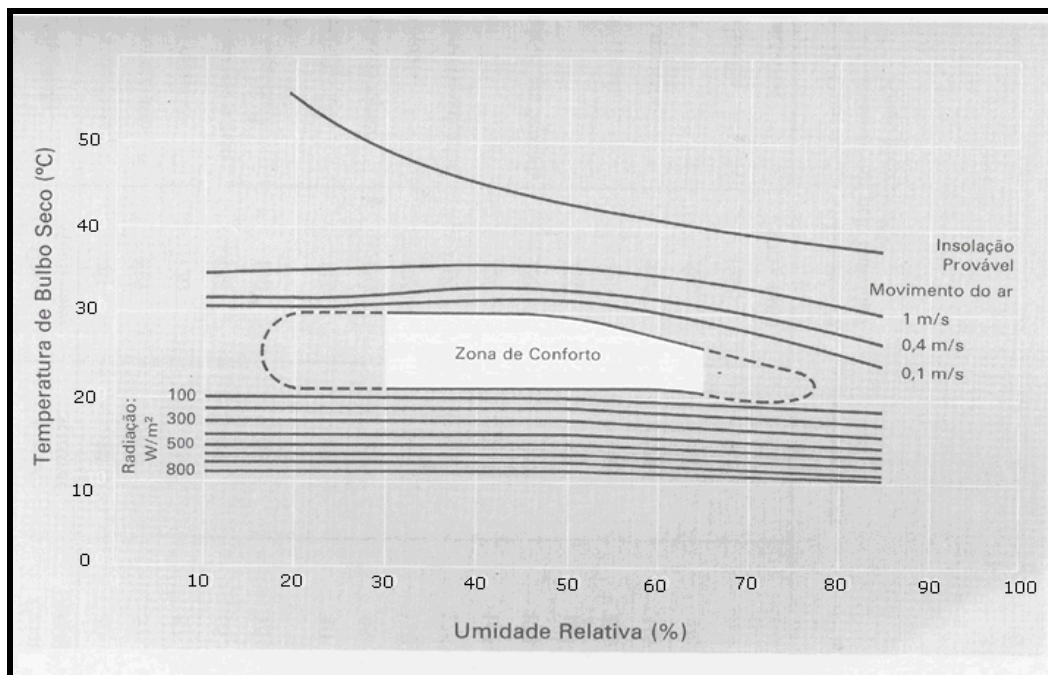
**Figura 1: Pontos selecionados para o estudo: a) Condomínio Ipiranga Ecoville, b) núcleo urbano Nova Marabá c) Siderúrgica Sinobrás S.A. e d) Fundação Parque Zoobotânico de Marabá.**

Durante um dia em cada ponto das 8 às 18 horas realizou-se medições da concentração de CO em um Medidor de monóxido de carbono – marca ICEL Manaus – modelo DG-5080 que fornece a concentração em ppm de CO, e das concentrações de CO<sub>2</sub>, de umidade relativa do ar (UR) e de temperatura (T) por um Medidor de dióxido de carbono, umidade relativa do ar e temperatura – marca Instrutemp – modelo AZ 77535 que fornece a concentração de CO<sub>2</sub> em ppm, da UR em porcentagem e da T em °C, ambos representados na figura 2.



**Figura 2: Medidor de CO e medidor de CO<sub>2</sub>, temperatura do ar e umidade relativa do ar.**

Os dias em que se realizou o monitoramento foram no mês de outubro de 2010, período em que já não se tem a incidência constante de queimadas na região. No dia 12 de outubro de 2010 o ponto de estudo foi o Local de implantação do loteamento, no dia 14 na siderúrgica, no dia 15 na cidade e para finalizar dia 18 no Parque Zoobotânico.



**Figura 3: Carta bioclimática de Olgay para habitantes de regiões de clima quente.**

Para a análise de conforto térmico e ambiental, os dados de temperatura e umidade relativa do ar foram comparados com a carta bioclimática de Olgay, para habitantes de regiões de clima quente representada na figura 3. Na região central da Carta está delimitada a zona de conforto. Se os pontos determinados pelo cruzamento desses parâmetros se localizarem nesta zona, as condições apresentadas serão consideradas como de conforto. Se o ponto determinado pelas condições de temperatura e de umidade relativa do ar estiver acima da zona de conforto, será necessário recorrer-se ao efeito do movimento do ar. Se a temperatura do ar é elevada, mas a umidade é baixa, o movimento do ar é pouco significativo (FROTA & SCHIFFER, 2003).

## RESULTADOS OBTIDOS

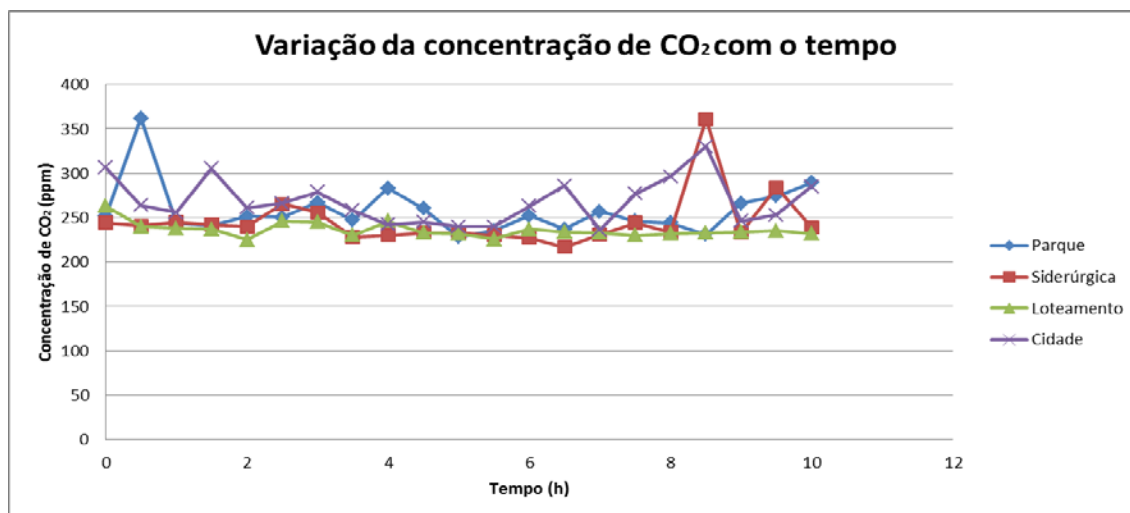
Em linhas gerais a variação da concentração de dióxido de carbono não apresentou grandes alterações de um ponto de análise para outro. O período de monitoramento em todos os locais foi das 8:00 às 18:00 horas, ou seja, 10 horas de monitoramento. A tabela 1 mostra os valores da concentração de CO<sub>2</sub> em 10 horas no Parque Zoobotânico (área de floresta natural), na Siderúrgica Sinobrás S.A (Distrito Industrial de Marabá), no Loteamento do Condomínio Ipiranga Ecoville (área desflorestada) e na Cidade de Marabá, no núcleo urbano Nova Marabá e as respectivas médias das concentrações em 10 horas. A figura 4 expressa a variação da concentração de CO<sub>2</sub> em 10 horas para cada um dos pontos de análise.



Tabela 1: Concentrações de CO<sub>2</sub> (ppm) em 10 horas.

Hora	Parque	Siderúrgica	Loteamento	Cidade
0	252	244	263	306
0,5	362	241	240	264
1	244	245	238	256
1,5	241	242	237	305
2	251	240	225	261
2,5	250	265	246	266
3	267	256	245	279
3,5	247	228	230	258
4	283	230	246	242
4,5	260	233	233	245
5	228	233	232	240
5,5	235	230	226	240
6	252	227	237	263
6,5	237	217	234	286
7	257	231	233	236
7,5	246	244	230	277
8	244	234	232	296
8,5	231	361	233	330
9	266	233	234	246
9,5	274	284	235	253
10	289	239	232	285
Médias	257,90	245,57	236,24	268,29

De acordo com a tabela 1 e a figura 4 apenas na siderúrgica e no parque foram ultrapassados os 350 ppm de CO<sub>2</sub>. Contudo foram pontos de pico de concentração explicados pelo aumento do tráfego de veículos na siderúrgica entre a 8ª e 9ª hora e pela inexistência de ventilação no Parque Zoobotânico, mas na maior parte do tempo o parque e a siderúrgica apresentaram baixas concentrações com médias de 257,90 ppm e 245,57 ppm respectivamente. O loteamento apresentou as menores concentrações e mais uniformes durante todo o período com uma média de 236,24 ppm. As medidas que mais se distanciaram das demais foram as de dentro da Cidade de Marabá em que se obteve a maior média 268,29 ppm e ultrapassando os 300 ppm três vezes. A segunda maior média foi a do parque, porém devem ser considerados fatores como a respiração da vegetação e a pouquíssima ventilação (quase inexistente) que não favorecia a dispersão do gás na área, oposto ao que ocorria na siderúrgica e loteamento em que houve brisas frequentes.

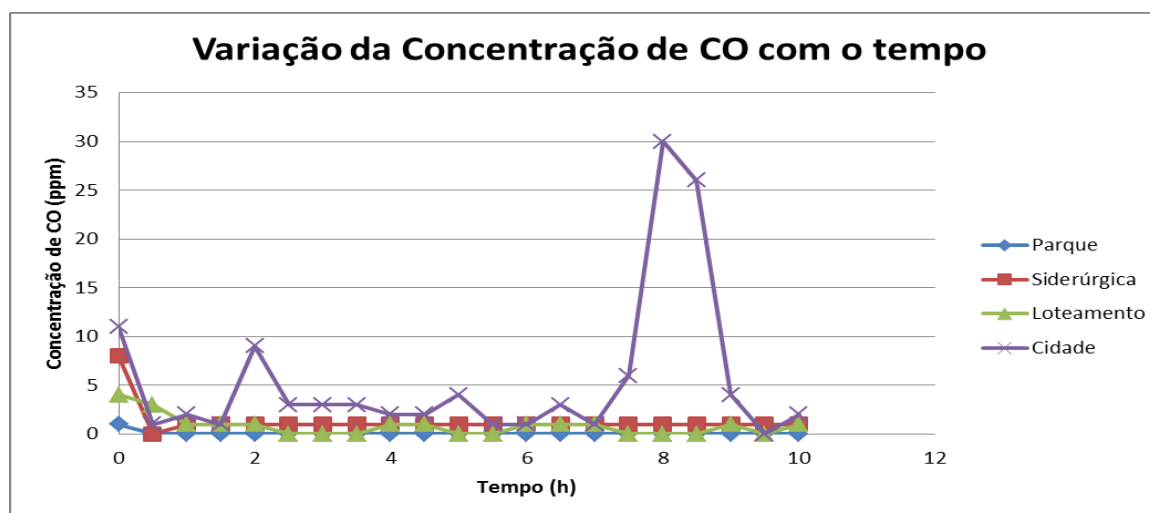
Figura 4: Variação da concentração de CO<sub>2</sub> com o tempo.

As concentrações de CO foram pouco representativas. A tabela 2 mostra a variação das concentrações de CO e as respectivas médias em 10 horas para cada ponto. Verifica-se que a concentração deste gás não ultrapassa os limites cobrados pela legislação, haja vista que o CONAMA - Resolução nº 3 de 28/06/90 - estabelece uma concentração média de 8 (oito) horas de 10.000 (dez mil) microgramas de CO por metro cúbico de ar (9 ppm), que não deve ser excedida mais de uma vez por ano, como padrão primário e concentração média de 1 (urna) hora de 40.000 (quarenta mil) microgramas de CO por metro cúbico de ar (35ppm), que não deve ser excedida mais de uma vez por ano, como padrão secundário para este parâmetro de qualidade do ar.

**Tabela 2: Concentrações de CO (ppm) em 10 horas.**

Hora	Parque	Siderúrgica	Loteamento	Cidade
0	1	8	4	11
0,5	0	0	3	1
1	0	1	1	2
1,5	0	1	1	1
2	0	1	1	9
2,5	0	1	0	3
3	0	1	0	3
3,5	0	1	0	3
4	0	1	1	2
4,5	0	1	1	2
5	0	1	0	4
5,5	0	1	0	1
6	0	1	1	1
6,5	0	1	1	3
7	0	1	1	1
7,5	0	1	0	6
8	0	1	0	30
8,5	0	1	0	26
9	0	1	1	4
9,5	0	1	0	0
10	0	1	1	2
<b>Médias</b>	0,05	1,29	0,81	5,48

A figura 5 apresenta as variações das concentrações de CO em cada ponto durante as 10 horas estudadas. Todos os pontos de análise apresentaram concentrações mínimas e apenas a Cidade de Marabá obteve uma variação maior alcançando um pico de 30 ppm na 8ª hora e uma média em dez horas de 5,48 ppm.

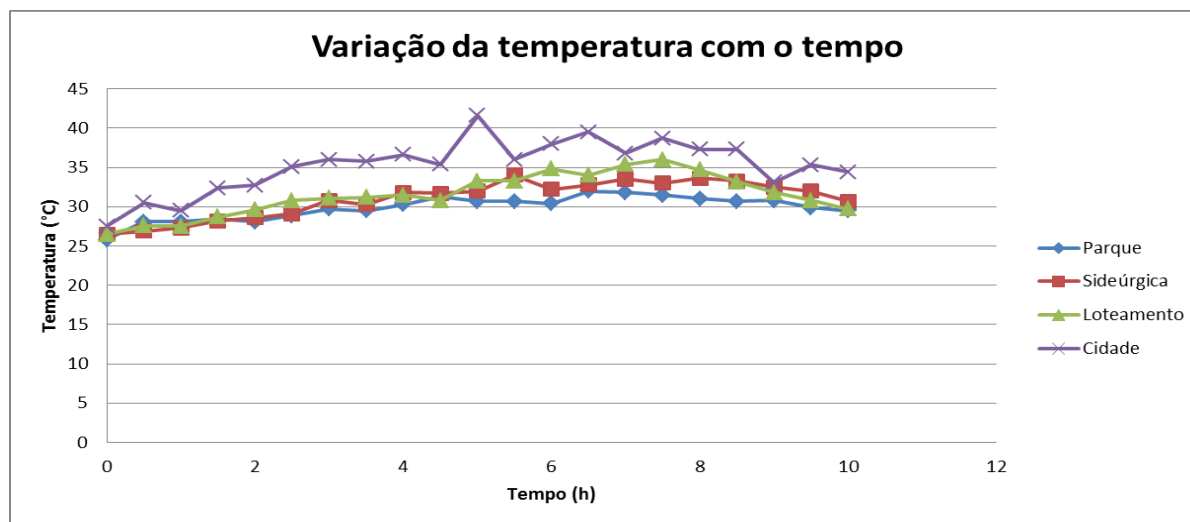


**Figura 5: Variação das concentrações de CO com o tempo.**

A temperatura e a umidade relativa foram os valores que mais se diferenciaram de um ponto para outro. As tabelas 3 e 4 mostram os valores de umidade e temperatura e as suas médias em dez horas.

**Tabela 3: Temperatura (°C) em 10 horas.**

Hora	Parque	Siderúrgica	Loteamento	Cidade
0	25,8	26,5	26,5	27,5
0,5	28,1	26,9	27,6	30,5
1	28,1	27,3	27,5	29,5
1,5	28,4	28,2	28,7	32,4
2	28,1	28,6	29,6	32,7
2,5	28,9	29,1	30,8	35,1
3	29,7	30,8	31,1	36
3,5	29,5	30,3	31,2	35,8
4	30,3	31,8	31,5	36,6
4,5	31,3	31,7	30,8	35,4
5	30,7	32	33,3	41,6
5,5	30,7	34	33,3	36
6	30,4	32,2	34,8	38
6,5	32	32,8	34	39,5
7	31,8	33,5	35,4	36,8
7,5	31,5	33	36	38,7
8	31	33,6	34,7	37,3
8,5	30,7	33,3	33,2	37,3
9	30,8	32,5	31,8	33,1
9,5	29,9	32	30,8	35,3
10	29,5	30,7	29,7	34,4
Médias	29,87	30,99	31,54	35,21



**Figura 6: Variação da Temperatura com o tempo.**

As figuras 6 e 7 expressam os valores de temperatura e umidade relativa respectivamente.

Tabela 4: Umidade Relativa (%) em 10 horas.

Hora	Parque	Siderúrgica	Loteamento	Cidade
0	80,6	83,2	78,2	76,7
0,5	71,4	81,3	76,7	69
1	71,2	79,6	74,9	67
1,5	69,6	75,4	71	63,6
2	71,3	73,7	65,6	58,7
2,5	70,9	70,1	61	53,3
3	70,9	62,7	61,7	52,4
3,5	70,6	66,4	62,7	48,2
4	69,4	58,9	59	43,7
4,5	65,1	57,5	60,9	44,4
5	64,1	56,6	54,4	36,6
5,5	63,3	50,4	56,1	44,3
6	65,1	51,6	49,4	39,8
6,5	57,2	50,8	50,6	35,4
7	59,6	51,2	47,2	37,1
7,5	60,2	50,1	43,6	35,8
8	66,8	48,7	45,1	38,8
8,5	68,2	50,8	53,4	34,7
9	67,5	56,1	56,5	53
9,5	71,3	57,9	58	43
10	72,6	64,6	62	45,1
Médias	67,95	61,79	59,43	48,6

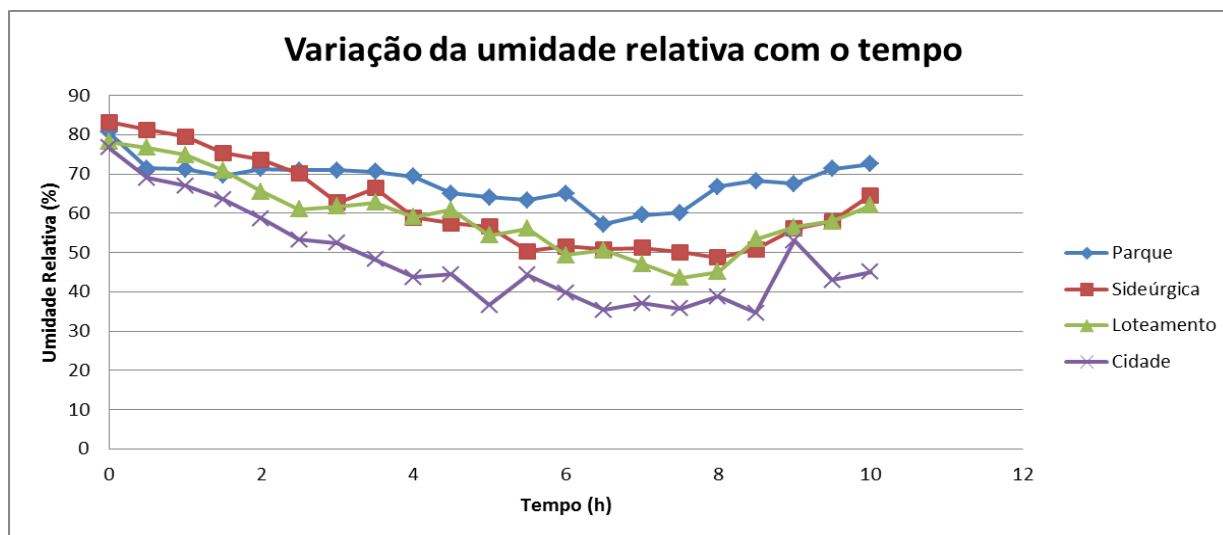


Figura 7: Variação da Umidade Relativa com o tempo.

A cidade apresentou os mais baixos índices de umidade e as maiores temperaturas chegando a 34,7 % de umidade e 41,6° C de temperatura e obteve a maior média de temperatura (35,21° C) e menor de umidade (48,6%).

Com os dados de temperatura e umidade relativa do ar constatou-se que todos os pontos apresentaram valores fora da zona de conforto. Segundo a carta bioclimática de Olgyay para o Parque Zoobotânico dos 21 momentos em que as medições foram realizadas em 100% deles só haveria conforto se houvesse movimentação do ar, porém, não houve ventilação no parque, pois a mata fechada serviu como barreira natural à ventilação, muito embora o conforto ambiental tenha sido garantido pela proteção da mata contra a radiação solar. Para a siderúrgica e o loteamento os resultados foram semelhantes. Na siderúrgica só haveria conforto se associado à ventilação em 90,5% dos instantes analisados e no loteamento em 76% deles e nos dois locais houve brisas



frequentes que garantiram o conforto nestes instantes. Na cidade de Marabá em 76% dos casos mesmo se a ventilação fosse frequente não haveria conforto ambiental devido às altas temperaturas e aos baixos índices de umidade relativa, ventilação que também não existiu garantindo um desconforto durante todo o período até nos instantes em que a ventilação seria o fator que determinaria o conforto.

## CONCLUSÕES

Apesar dos pontos estarem relativamente próximos um dos outros (distantes no máximo 9 km) estes apresentaram diferenças nas concentrações dos gases, na temperatura e na umidade relativa. As concentrações de dióxido de carbono obtidas em todos os pontos estão todas abaixo da média global que é de 360 ppm, no entanto deve ser observado que o período em estudo era o diurno e segundo Leal (2006), os fluxos de dióxido de carbono durante todo um dia apresenta sentidos diferentes. No período diurno o fluxo é predominantemente negativo indicando a assimilação do CO<sub>2</sub> atmosférico pelo ecossistema. Já no fluxo noturno há uma inversão e ele torna-se positivo, o que determina que o CO<sub>2</sub> está sendo emitido para a atmosfera. Júnior et al (2004) observou em um trabalho realizado em uma área de pastagem amazônica que após o nascer do sol a concentração do dióxido de carbono diminui bruscamente até estabilizar-se por volta das 9:00 horas, variando pouco a partir deste horário voltando a aumentar próximo às 18:00 horas. De maneira semelhante às concentrações nos pontos estudados apresentaram maiores valores no início e no final do período de estudo (entre 8:00 horas e 18:00 horas), embora tenham sido notados pontos de pico na siderúrgica pela presença de veículos automotores que funcionaram como fonte pontual de emissão e pela ausência de ventilação no parque.

Este fluxo diurno pode sofrer influência de condições e variáveis meteorológicas como a temperatura do ar e a velocidade do vento. Na Siderúrgica e no loteamento essas duas condições favoreceram a dispersão desse gás. Na cidade de Marabá mesmo com altas temperaturas a quase insignificante ventilação favoreceu para este ponto obter as maiores concentrações.

O CO só apresentou valores mais elevados na Cidade, devido ao tráfego de veículos, estes que são os principais responsáveis pela combustão incompleta que poderá gerar o poluente. No entanto, estes valores estão abaixo do que é padrão limite cobrado na Legislação.

Com relação ao conforto térmico e ambiental, os resultados mostraram que dentro da cidade as altas temperaturas, a baixa umidade relativa e a inexistência de ventilação frequente, conferiram a este ponto um grande desconforto durante todo o período estudado. No parque Zoobotânico apesar da não ventilação o conforto foi garantido, pois, obtiveram-se altos valores de umidade, baixa temperatura média e a proteção conferida pela vegetação da radiação solar.

A siderúrgica embora seja uma potencial fonte de poluição pouco influenciou na concentração de CO<sub>2</sub>, assim como a área do loteamento que é uma área desmatada e que caracteriza uma área de expansão urbana não influenciou no incremento dessa concentração, mas, influencia na não captação do carbono que poderia ser assimilado pela vegetação (vale ressaltar que esta é uma área ainda não habitada e que está em processo de implantação, logo quando uma população ali se estabelecer essa influência não será a mesma). Na Cidade de Marabá a influência das atividades humanas na concentração dos gases (como a queima de combustível em veículos automotores) foi a que apresentou maior significância. Quanto ao conforto térmico a cidade também apresentou um grande desconforto, que pode ser explicado possivelmente pela pouca arborização. Investimentos em arborização de praças, vias públicas e espaços ociosos (como as rotatórias das avenidas da cidade) pode ser uma medida para minimizar o desconforto ambiental e a aumentar a participação da cidade na assimilação de gases de efeito estufa.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA). Resolução CONAMA nº 003 de 28 de junho de 1990. Dispõe sobre padrões de qualidade do ar, previstos no PRONAR.
2. FROTA, A. B.; SCHIFFER, S.R. Manual de conforto térmico. 8ª ed. São Paulo: Studio Nobel, 2003.
3. HERRMANN, V.I. Balanço de CO<sub>2</sub> na Atmosfera da Bacia Amazônica: O Papel dos Sistemas Convectivos. São Paulo, 2004. Dissertação de Mestrado em Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas-Universidade de São Paulo, 2004.

4. JÚNIOR, R. S. S. et al. Estudo da concentração do CO<sub>2</sub> atmosférico em área de pastagem na região amazônica. *Revista Brasileira de Geofísica*, v.22, n.3, p. 259-270, 2004.
5. LEAL, L.S.M., et al. Variação diurna da concentração de CO<sub>2</sub> no dossel vegetativo da floresta Amazônica em Cuiabá-PA. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v.21, n.3a, p. 122-128, 2006.
6. MOTA, S. *Urbanização e Meio Ambiente*. 3ª ed. Rio de Janeiro: ABES-Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2003. 356 p.
7. YU, C.M. *Sequestro florestal de carbono no Brasil - Dimensões políticas socioeconômicas e ecológicas*. Curitiba, 2004. Tese de Doutorado em Meio Ambiente e Desenvolvimento-Universidade Federal do Paraná, 2004.