



## **Estudo sobre a influência do gás dióxido de carbono em relação à temperatura diária na Avenida Treze de Maio, Fortaleza – Ceará**

**Natália Nogueira Rocha<sup>1</sup>, Adeildo Cabral da Silva<sup>2</sup>, Phylippe Gomes de Lima Santos<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Graduação em Tecnologia em Gestão Ambiental – IFCE. Bolsista FUNCAP. e-mail: naty.nogueirarochoa@gmail.com

<sup>2</sup>Professor do Programa de Pós-Graduação em Tecnologia em Gestão Ambiental - IFCE. e-mail: cabral@ifce.edu.br

<sup>3</sup>Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Tecnologia em Gestão Ambiental – IFCE. Bolsista CAPES/CNPq. Email: phylippesantos@gmail.com

**Resumo:** Desde a Revolução Industrial, ao longo das últimas décadas, atividades antropológicas têm amplificado sobremaneira a concentração atmosférica dos gases causadores do efeito estufa, como por exemplo, o gás carbônico (CO<sub>2</sub>). Diante disto, o CO<sub>2</sub> tem causado polêmica quanto à quantidade emitida em principais locais e fontes de emissão, além da necessidade de controle de emissões. Este trabalho consiste no estudo das emissões de gás CO<sub>2</sub> por fontes móveis, por exemplo, veículos movidos à gasolina, a álcool e a diesel, analisando sua relação com a temperatura ambiente. Para realização deste trabalho optou-se como objeto de monitoramento da região do entorno do Instituto Federal do Ceará (IFCE), compreendida pelo corredor da Avenida Treze de Maio. Esta consiste em uma área central da cidade de Fortaleza e é uma localidade de densa ocupação do solo, tráfego contínuo e constatação de poucas áreas verdes remanescentes. Para alcançar o objetivo, foi feita escolha de pontos para obtenção de dados, que incluiu conhecer os pontos críticos de congestionamento para implantação dos sensores usados no monitoramento de modo a possibilitar dados consistentes. O estudo apresentado neste trabalho é referente ao período de janeiro a março de 2012, que consiste no verão no hemisfério sul. Após análise dos dados dos três meses de estudo, pode-se constatar que as mais altas concentrações diárias de CO<sub>2</sub> estão diretamente ligadas às mais elevadas temperaturas e ao horário maior fluxo de veículos automotores, como no dia 2 de janeiro, a máxima concentração de CO<sub>2</sub> chegando a 650 ppm, com a temperatura de 31°C, às 13 horas; no dia 4 de fevereiro, a máxima concentração de CO<sub>2</sub> chegando a 715 ppm, com temperatura de 32°C, às 8 horas da manhã; e no dia 7 de dezembro, a máxima concentração de CO<sub>2</sub> chegando a 664 ppm, com temperatura de 31°C, às 14 horas.

**Palavras-chave:** dióxido de carbono, emissões, Avenida Treze de Maio, fontes móveis, temperatura.

### **1. INTRODUÇÃO**

Ao longo da história de formação do planeta Terra, a atmosfera caracterizava-se por ser uma mistura de substâncias sólidas, líquidas e gasosas produzidas por processos biogênicos, geogênicos e atmosféricos. Com o desenvolvimento humano, a composição da atmosfera passou a ser modificada. O enorme crescimento da população, somado à exploração excessiva de recursos naturais e aos avanços tecnológicos da sociedade têm impactado de forma negativa a qualidade do ar ambiente (BELO et al., 2000, *apud* GODISH, 2004).

Segundo Baid (2002), alguns gases presentes no ar podem absorver temporariamente luz infravermelha térmica de comprimentos de onda específicos, sendo assim, nem toda radiação infravermelha (IR) emitida pela superfície da Terra e pela atmosfera escapa diretamente para o espaço. Logo após sua absorção pelas moléculas presentes no ar, como o CO<sub>2</sub>, a luz infravermelha é reemitida em todas as direções, de modo completamente aleatório. Deste modo, uma parte do IR térmico é diretamente relacionada de volta em direção à superfície, sendo reabsorvida, e conseqüentemente provocando o aquecimento adicional tanto da superfície quanto do ar, fenômeno esse chamado que efeito estufa.

O Protocolo de Kyoto classifica como gases de efeito estufa que devem ter suas emissões antrópicas controladas, o dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), metano (CH<sub>4</sub>), óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) e os



compostos fluorados, que abrangem os hidrofluorcarbonetos (HFC's), perfluorcarbonos (PFC's) e hexafluoreto de enxofre (SF<sub>6</sub>) (BRASIL, 2006).

O efeito estufa é um processo que ocorre naturalmente e é um dos fatores responsáveis pela existência de vida no nosso planeta. Por meio desse mecanismo, a Terra absorve radiação do sol, sendo que 30% não conseguem atravessar a atmosfera e são refletidos de volta para o espaço. Setenta por cento dessa radiação atinge a atmosfera e a superfície terrestre passa a emitir energia em comprimentos de onda mais longos (radiação infravermelha). Parte dessa energia se perde no espaço; o restante é absorvido pelos gases de efeito estufa, presentes normalmente em quantidades muito pequenas. A energia absorvida é então irradiada de volta à superfície terrestre (BESSA, 2010).

O fenômeno que hoje tanto desperta preocupação da sociedade é a intensificação do aquecimento da baixa atmosfera, particularmente da troposfera, a camada sobre a qual se voltam os estudos da climatologia (MENDONÇA, 2008).

O CO<sub>2</sub> é um gás comum na maior parte das combustões. É formado quando se queimam materiais contendo carbono na sua composição. O dióxido de carbono é um gás incolor, inodoro, e não faz mal a saúde das pessoas nas concentrações que se encontra na atmosfera. Por possuir o elemento carbono na sua forma mais oxidada (4+), o CO<sub>2</sub> tem a propriedade de ser inerte às reações de oxidação da atmosfera e, portanto, pode permanecer nela por longos períodos. Um dos principais mecanismos de sua remoção na atmosfera ocorre via reação de fotossíntese pelos vegetais presentes na superfície do mar e dos continentes. A grande estabilidade química do CO<sub>2</sub> na atmosfera faz com que ele possa permanecer, em média, de um a quatro anos nesse compartimento, tempo suficiente para se espalhar globalmente, formando algo semelhante a uma camada envolvente no planeta (Rocha et al, 2009).

A elevada motorização, o transporte individual, os congestionamentos de grandes extensões nos horários de pico, a redução da velocidade média do trânsito nos corredores de tráfego, o maior gasto de combustíveis são questões que fazem parte da realidade dos centros urbanos (OLIVEIRA, 2009).

Neste trabalho, serão enfatizadas as emissões do gás CO<sub>2</sub> por fontes móveis, como por exemplo, veículos movidos à gasolina, a álcool e a diesel, devidos o aumento da frota de veículos na cidade de Fortaleza, o que justifica o monitoramento das emissões de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) por parte da equipe de trabalho que desenvolve a presente pesquisa.

Para a realização deste estudo relacionou-se os dados monitorados de temperatura com as concentrações do gás dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) na região do entorno do Instituto Federal do Ceará (IFCE), compreendida pelo corredor da Avenida Treze de Maio, via de intensa urbanização e tráfego, que por sua vez, está em uma área central da cidade de Fortaleza e é uma localidade de densa ocupação do solo, tráfego contínuo e constatação de poucas áreas verdes remanescentes, durante o mês de outubro de 2011, que consiste na primavera no hemisfério sul.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

A cidade de Fortaleza localiza-se na porção Norte do Estado do Ceará, ocupando uma área de 336 Km<sup>2</sup> e, abriga uma população de, aproximadamente, 2,5 milhões de habitantes, segundo dados do IBGE (2010).

A área de estudo compreende a região do entorno do Instituto Federal do Ceará (IFCE), compreendida pelo corredor da Avenida Treze de Maio que é uma das vias de intensa urbanização, de circulação de veículos e de corredor de atividades da área urbana da cidade.

De acordo com Silva & Cavalcanti (2002), a localização do Estado do Ceará próximo à linha do Equador (latitudes extremas de 03°43'02"S e 7°49'47"S – GOOGLE EARTH, 2009) favorece uma intensa insolação durante todo o ano e, dessa maneira, muita calor caracterizando-o como uma área típica de climas tropicais.

A temperatura média anual nas áreas mais litorâneas é da ordem de 26° C a 27° C com máximas situando-se com maior frequência, entre 31° C e 32°C. A frota de automóveis na cidade é de, aproximadamente, 640 mil veículos (O POVO, 13/04/2010).

A fim de alcançar o objetivo estabelecido ao início do trabalho, foi feito, primeiramente, a escolha de pontos para obtenção de dados, que incluiu conhecer os pontos críticos de

congestionamento a fim de implantar os sensores usados no monitoramento de modo a possibilitar dados consistentes.

Foi implantado o sensor da marca HOBO, modelo data logger temp/RH/2 ext channels, como mostrado na figura 1, que fica numa mini-estação de monitoramento automático, localizada no IFCE, durante o período de monitoramento, de janeiro a março de 2012, que compreende no verão no hemisfério sul.

Foram adquiridos dados diários para monitorar a relação dos seguintes elementos: CO<sub>2</sub> em partes por milhão (ppm), temperatura do ar em °C, umidade relativa do ar em porcentagem.

Ao final, foram plotados os resultados obtidos por meio dos softwares HOBOWare Pro. e feita elaboração e análise de gráficos.



**Figura 1** – Sensor automático de CO<sub>2</sub> umidade e temperatura. Fonte: Rocha (2012).



**Figura 2** – Miniestação de monitoramento automático localizada no IFCE. Fonte: Ferreira (2012).

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nesse período do ano estudado, outubro de 2011, a temperatura média histórica é de 26,2°C e a média histórica de umidade relativa do ar é 80%.

De acordo com Vianello (1991), as variações da umidade relativa do ar estão nitidamente relacionadas com a temperatura. Quando a temperatura é máxima a umidade relativa é mínima. O conhecimento deste fator auxilia na interpretação dos dados encontrados após o período monitorado.

A fim de facilitar a compreensão dos níveis de dióxido de carbono registrados, foram elaborados gráficos por cada mês monitorado. Os mesmos foram gerados a partir do cálculo das médias diárias de CO<sub>2</sub> captado pelo sensor utilizado para o monitoramento deste gás a cada dia.

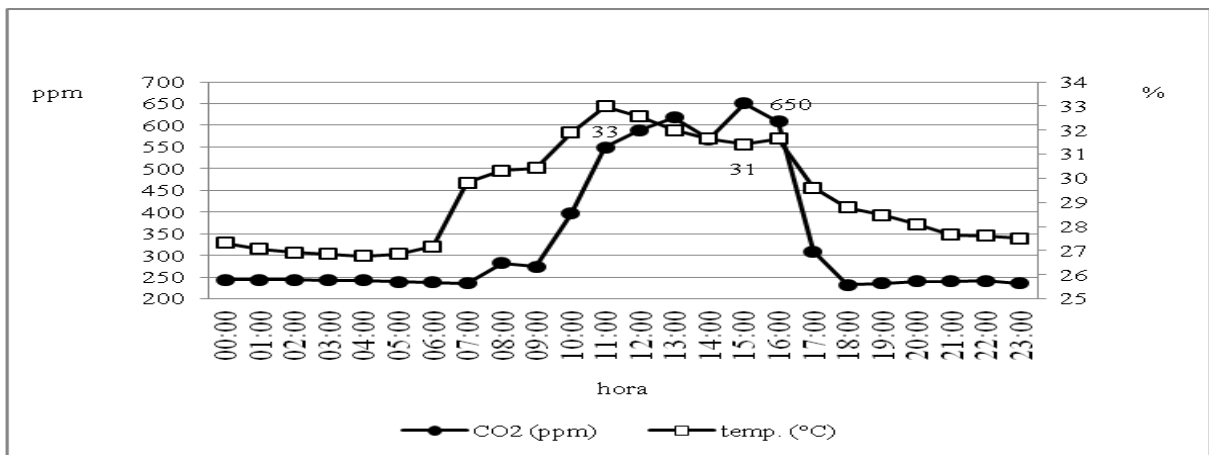


Figura 18: Níveis de CO<sub>2</sub> e temperatura no dia de máxima concentração média de CO<sub>2</sub> de jan./2012

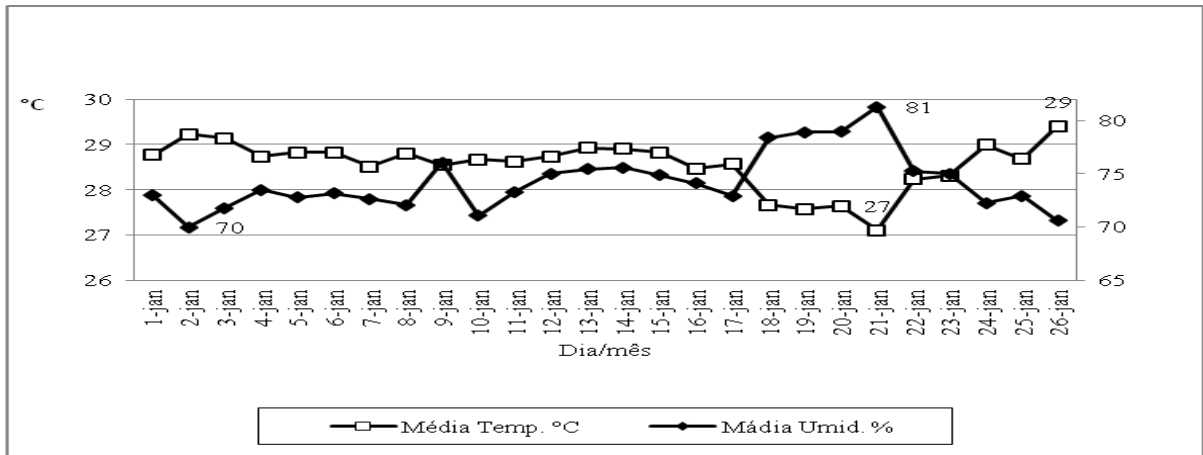


Figura 4: Níveis de temperatura e umidade na Avenida Treze de Maio no mês de janeiro de 2012.

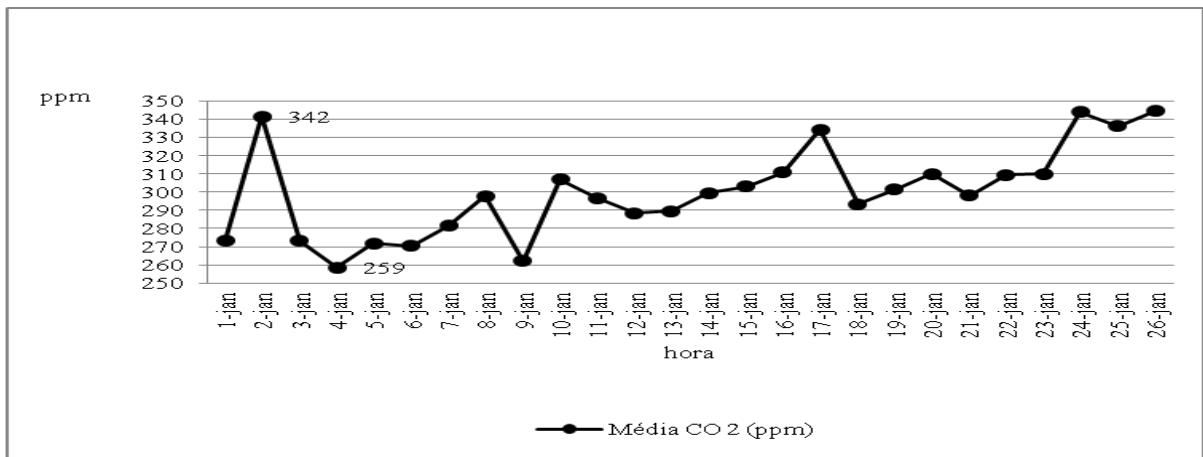


Figura 5: Monitoramento de CO<sub>2</sub> do mês de janeiro de 2012.

As maiores concentrações de dióxido de carbono foram no dia 02, como se pode ver na figura 5, quando a média do nível de concentração chegou à 342 ppm, com um pico de concentração chegando a 650 ppm como se pode observar na figura 3, às 15 horas, quando ocorreu também a temperatura de 31°C, não sendo a máxima temperatura do dia, 33°C (figura 3).

Neste horário de intenso transito de veículos automotores, os quais são um dos principais emissores do gás em estudo, na avenida, o que se pode explicar a máxima concentração do gás e a alta temperatura.

A média da umidade relativa do ar do dia 02 chegando a 70% (figura 5), uma das mais baixas do mês de janeiro, porém está dentro das médias do período. Neste dia a média de temperatura não passou de 28°C, não atingindo a média de temperatura máxima do mês de janeiro, de 29°C, no dia 26 como se pode ver na figura 4.



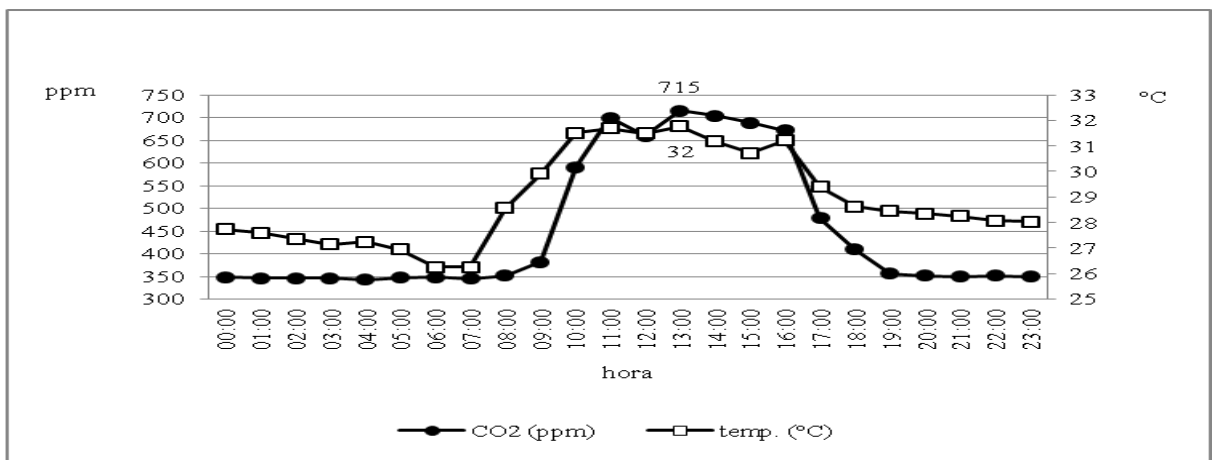


Figura 6: Níveis de CO<sub>2</sub> e temperatura no dia de máxima concentração média de CO<sub>2</sub> de fev./2012

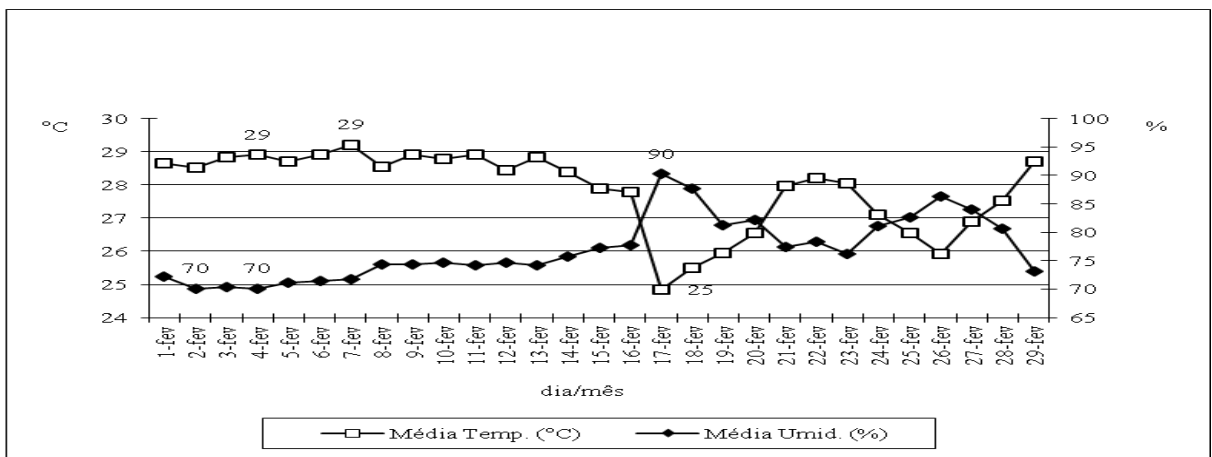


Figura 7: Níveis de temperatura e umidade na Avenida Treze de Maio no mês de fevereiro de 2012.

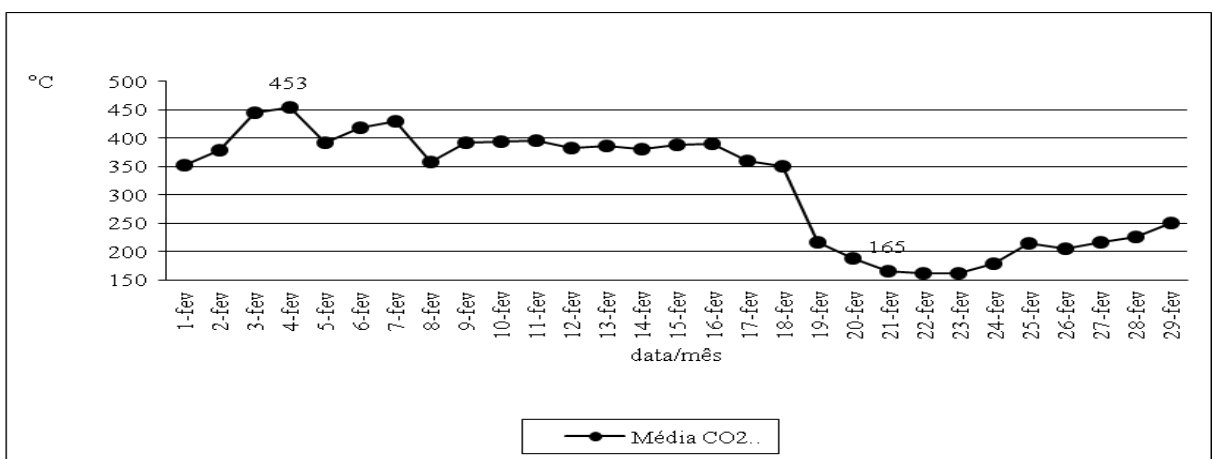


Figura 8: Monitoramento de CO<sub>2</sub> do mês de fevereiro de 2012.

As maiores concentrações de CO<sub>2</sub>, no mês de fevereiro, foram no dia 04, como se pode ver na figura 8, quando a média do nível de concentração chegou a 453 ppm, com um pico de concentração chegando a 715 ppm como se pode observar na figura 6, às 13 horas, quando ocorreu também a temperatura máxima do dia, 32°C (figura 6).

Como no mês de janeiro, neste horário de intenso trânsito de veículos automotores, os quais são um dos principais emissores do gás em estudo, na avenida, o que se pode explicar a máxima concentração do gás e a alta temperatura.

A média da umidade relativa do ar do dia 04 chegando a 70% (figura 7), uma das mais baixas do mês de fevereiro, porém está dentro das médias do período. Neste dia a média de temperatura foi de 29°C, uma das maiores deste mês.

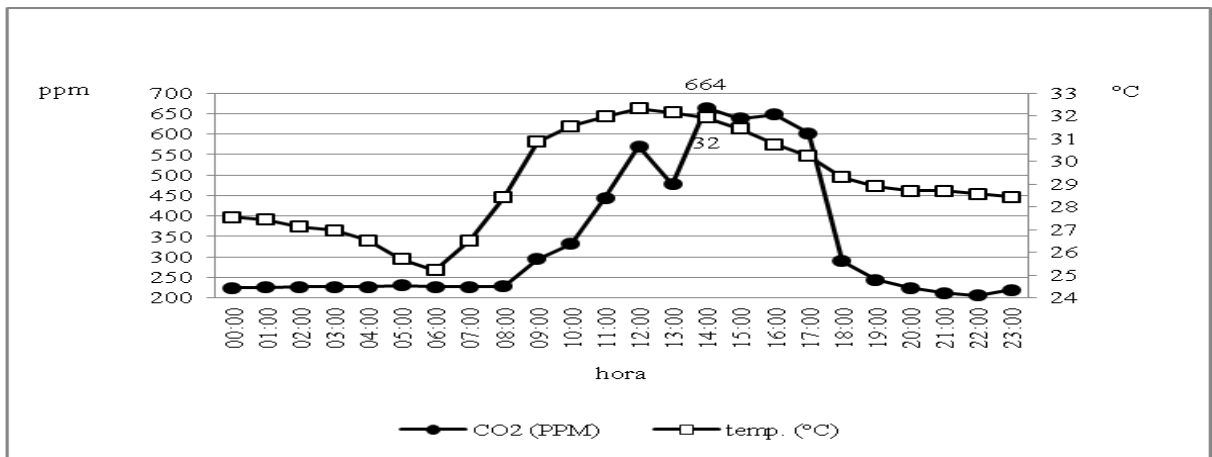


Figura 9: Níveis de CO<sub>2</sub> e temperatura no dia de máxima concentração média de CO<sub>2</sub> de mar./2012.

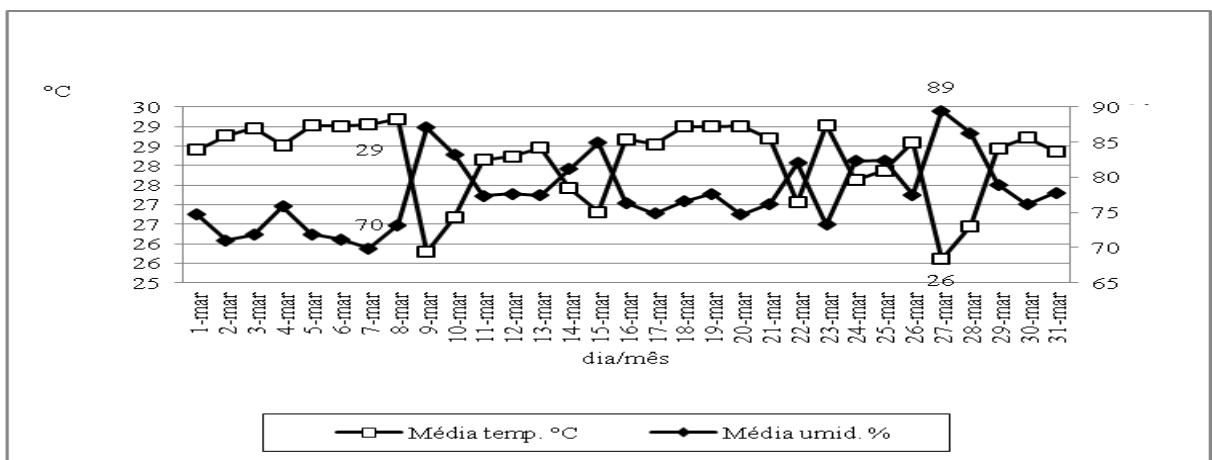


Figura 10: Níveis de temperatura e umidade na Avenida Treze de Maio no mês de março de 2012.

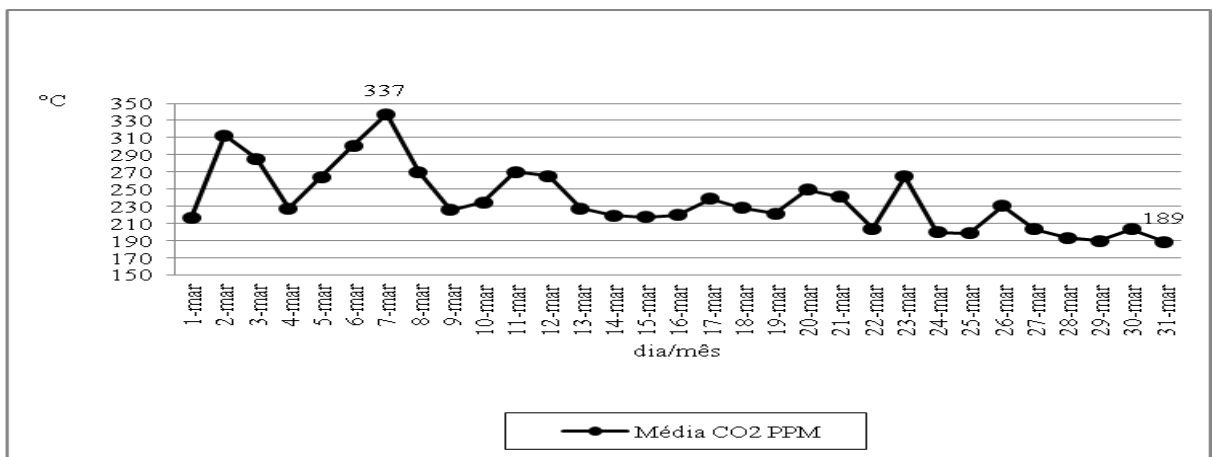




Figura 11: Monitoramento de CO<sub>2</sub> do mês de março de 2012

As maiores concentrações de CO<sub>2</sub>, no mês de março, foram no dia 07, como se pode ver na figura 11, quando a média do nível de concentração chegou a 337 ppm, com um pico de concentração chegando a 664 ppm como se pode observar na figura 9, às 14 horas, horário de intensa circulação de veículos na avenida, quando ocorreu também a temperatura máxima do dia, 32°C (figura 9).

A média da umidade relativa do ar do dia 07 chegou a 70% (figura 10), uma das mais baixas do mês de março, porém está dentro das médias do período. Neste dia a média de temperatura foi de 29°C, uma das maiores deste mês.

As altas temperaturas diárias nos três meses, nos horários de máximas concentrações de CO<sub>2</sub>, também podem ser justificadas, segundo BAIRD (2002) devido a alta capacidade das moléculas de CO<sub>2</sub> de absorver luz infravermelho sobre uma curta faixa de frequência da luz, obtendo, assim, capacidade de armazenar calor como forma de energia.

## 6. CONCLUSÕES

Os resultados apresentado neste trabalho fazem parte de um estudo inicial da qualidade do ar na região da Avenida Treze de Maio, e dada a importância do monitoramento da qualidade do ar investigação sobre clima, é importante a continuidade do monitoramento para construção de um histórico de dados.

Os resultados de temperatura e umidade apresentados no período se enquadraram dentro da média prevista para o período de janeiro a março de 2012, contudo percebe-se uma relação direta dos valores de temperatura com os de concentração de CO<sub>2</sub>. Assim, para os valores dos regimes diários do mês, o acompanhamento de CO<sub>2</sub> foi favorável e tendencial aos valores obtidos para temperatura.

Recomendam-se estudos relacionando o conforto térmico de áreas com altas concentrações de CO<sub>2</sub>, desta forma, confirmando a influencia do gás dióxido de carbono na temperatura, e a aplicação do estudo em outras avenidas.

## AGRADECIMENTOS

Ao convênio (Projeto PPP – processo: 9792/06 FUNCAP/CNPq) pelo suporte para financiamento dos equipamentos e ao Laboratório de Energias Renováveis e Conforto Ambiental (LERCA) pelo apoio e espaço que tornaram possível a realização da pesquisa.

## REFERÊNCIAS

BAIRD, C., **Química Ambiental**. 2 ed. Porto Alegre, Bookman 2002.

BELO, P. I. D; TOFOLI, R. Qualificação dos níveis de partículas finas (MP<sub>2,5</sub>) no município de Vitória. Projeto de graduação – Graduação em Engenharia Ambiental da **Universidade** Federal do Espírito Santo, p. 9, 2011. apud GODISH, T. **Air Quality**. Boca Raton: CRC Press LLC, 2004.

BESSA, V. M. T. **Contribuição à metodologia de avaliação das emissões de dióxido de carbono no ciclo de vida das fachadas de edifícios de escritórios**. Tese (Doutorado em Engenharia da Construção Civil e Urbana). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2010.

BRASIL – **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. **Contagem da população por município (2007)**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 17 jun 2010.

CEARÁ – **Departamento de Trânsito do Ceará - DETRAN**. **Evolução da frota de veículos 1980-2007**. Disponível em: <<http://www.detran.ce.gov.br>>. Acesso em: 12. jun. 2010.

CEARÁ – **Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos – FUNCEME**. Disponível em: <<http://www.funceme.br/index.php/areas/clima/projeto-downscaling>>. Acesso em: 07 jul. 2012.



MENDONÇA, F. **Aquecimento global e saúde: uma perspectiva geográfica – notas introdutórias.** Terra Livre, São Paulo, v. 1, n. 2, p. 205 – 221, jan./jul. 2003.

OLIVEIRA, Antonio Carlos Seidl., **Estudo da emissão da frota de veículos diesel e ciclo Otto, sem conversores catalíticos nos municípios de Sorocaba e Votorantim/** - Dissertação – Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, São Carlos, 2009.

ROCHA, J. C., ROSA. A. H., CARDOSO, A. A. **Introdução à química ambiental. 2ª edição.** Porto Alegre. Bookman, 2009.

SILVA, J. B; CAVALCANTI,T.C. (2002) **Atlas Escolar Ceará.** João Pessoa: Grafset

VIANELLO, Rubens Leite; **Meteorologia básica e aplicações.** Viçosa, UFV, Impr. Univ., 1991.