



INDICADORES DO CONFORTO AMBIENTAL URBANO NO BAIRRO URAIM I (PARAGOMINAS - PA)

Lucimar Costa Pereira ¹ Túlio Marcus Lima da Silva ²

¹ Graduação em Engenharia Ambiental. Universidade do Estado do Pará -Campus VI - Paragominas-PA, Brasil. (lu.costa0708@gmail.com)

² Mestre em Geociências-Área de Concentração: Geoquímica Ambiental. Universidade do Estado do Pará, Campus VI - Paragominas-PA, Brasil

Recebido em: 06/04/2018 – Aprovado em: 10/06/2018 – Publicado em: 20/06/2018
DOI: 10.18677/EnciBio_2018A6

RESUMO

O processo de urbanização das cidades brasileiras é tradicionalmente marcado pela falta de planejamento e da efetivação dos instrumentos de ordenação territorial previstos em lei. Resultam desta realidade problemas ambientais associados à poluição do solo, ar e recursos hídricos, desconforto climático, contaminação do solo e águas subterrâneas, alteração do balanço hídrico local, dentre outros que exercem influência direta sobre a qualidade de vida das populações que vivem nos médios e grandes núcleos urbanos. A cidade de Paragominas, localizada no Estado do Pará, região Norte, é um exemplo deste processo, pois os investimentos econômicos e avanços sociais alcançados nos últimos anos pelo município, com forte participação do setor mineral e da pecuária, resultou em um crescimento urbano significativo frente a outras cidades do interior do Estado. Mediante este quadro, o presente trabalho objetivou analisar indicadores associados ao conforto ambiental em dois diferentes momentos do dia, um durante o período de menor atividade urbana (menor fluxo veicular e de pedestres) e outro abrangendo o horário de pico (maior fluxo veicular e de pedestres) em um bairro com aspectos demográficos que evidenciam o crescimento urbano sofrido pela cidade, o bairro do Uraim I. Para tanto, foram realizadas medições dos parâmetros temperatura, dióxido de carbono, umidade relativa do ar e o mapeamento da cobertura vegetal do bairro. Os resultados permitiram concluir que a distribuição da vegetação e a variação do tráfego de veículos e pedestres exerce notável influência sobre o conforto ambiental do Bairro, chamando a atenção para a necessidade da aplicação de medidas como a arborização de vias públicas.

PALAVRAS-CHAVE: Mapeamento; Parâmetros; Tráfego de veículos.

INDICATORS OF URBAN ENVIRONMENTAL COMFORT IN THE URAIM I (PARAGOMINAS - PA)

ABSTRACT

The process of urbanization of Brazilian cities is traditionally marketed by the lack of planning and the implementation of the instruments of territorial planning provided by law. The result of this reality is a series of environmental problems, such as air pollution and soil degradation, that have a direct influence on the quality of life of the populations living in the middle and large urban nuclei. The city of Paragominas, located in the State of Pará, in the North region, is an example of this process, since

the economic investments and social advances achieved in the last years by the municipality, with strong participation of the mineral sector and the livestock sector, resulted in a significant urban growth in front of other cities of the interior of the State. The objective of this study was to analyze indicators associated with environmental comfort in two different moments of the day, one during the period of lower urban activity (lower vehicular and pedestrian flow) and the other covering the peak time (greater vehicular flow and pedestrians) in a neighborhood with demographic aspects that show the urban growth suffered by the city, the neighborhood of Uraim I. For this, measurements were made of parameters temperature, carbon dioxide, relative humidity and mapping of the vegetation cover of the neighborhood. The results allow to conclude that the distribution of vegetation and the variation of vehicular and pedestrian traffic exerts a notable influence on the neighborhood's environmental comfort, drawing attention to the need to apply measures such as afforestation of the neighborhood's public roads.

KEYWORDS: Mapping; Parameters; Car Traffic.

INTRODUÇÃO

A partir da década de 1960, a conjugação entre o avanço acelerado de áreas urbanas e a implantação de um modelo de desenvolvimento descomprometido com a distribuição equitativa de bens, serviços e infraestruturas, criou e ampliou desigualdades nos espaços urbanos e também nas condições de vida da população. A poluição atmosférica é uma das consequências com efeitos mais alarmantes do processo de expansão antrópica, e tem como consequências perturbações nos espaços, afetando direta e indiretamente a saúde das populações (MACHADO et al., 2015).

A qualidade do ar em áreas urbanas têm sido insatisfatória, de maneira especial em grandes cidades. Entretanto, os municípios menores, como Paragominas, no Estado do Pará, também sofrem consequências da má gestão ambiental dos espaços urbanos. Nestes lugares, os padrões de qualidade do ar têm sido ultrapassados constantemente, agravando os problemas de saúde, de conforto e a degradação de patrimônios históricos (MALHEIROS; ASSUNÇÃO, 2017).

Com o aumento demográfico mundial e a consequente expansão das cidades, especialmente nos países em desenvolvimento, é de fundamental importância a definição e monitoramento de indicadores de qualidade ambiental urbana nos municípios brasileiros. A avaliação desses permitirá, entre outras ações, a inclusão de variáveis e parâmetros ambientais nos instrumentos de caráter urbanístico, como planos diretores, planos setoriais, leis de parcelamento do solo e zoneamentos urbanos (BRASIL, 2017).

Motivado por tal conjuntura, o presente estudo objetivou analisar indicadores associados ao conforto ambiental em dois diferentes momentos do dia, um durante o período de menor atividade urbana (menor fluxo veicular e de pedestres) e outro abrangendo o horário de pico (maior fluxo veicular e de pedestres), em um bairro com características demográficas que evidenciam o crescimento urbano sofrido pela cidade de Paragominas nos últimos anos. Deste modo, constrói-se relações ambientais em um contexto marcado por variações sistemáticas nos níveis de poluição e nas condições climáticas locais, bem como pela distribuição heterogênea de importantes fatores ambientais urbanos, especificamente a cobertura arbórea e a existência de equipamentos com destacada função social, tais como hospitais, igrejas e escolas.

MATERIAL E MÉTODOS

A área de estudo compreende a malha urbana do loteamento oficialmente denominado Uraim I, localizado no distrito sede do município amazônico de Paragominas, no Estado do Pará. Trata-se de um bairro com perfil misto, mas predominantemente residencial, que resultou do desmembramento do antigo Bairro Uraim, até então estabelecido pela Lei nº 597 de 2006 (Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano).

A estratégia de coleta consistiu na definição de uma grade contendo 42 pontos localizados nos cruzamentos (esquinas) entre as vias que cortam o bairro (Figura 1). Esta distribuição visou contemplar os locais de convergência do fluxo de veículos automotores, compreendendo assim posições com tendência para a concentração de emissões atmosféricas e ruídos.

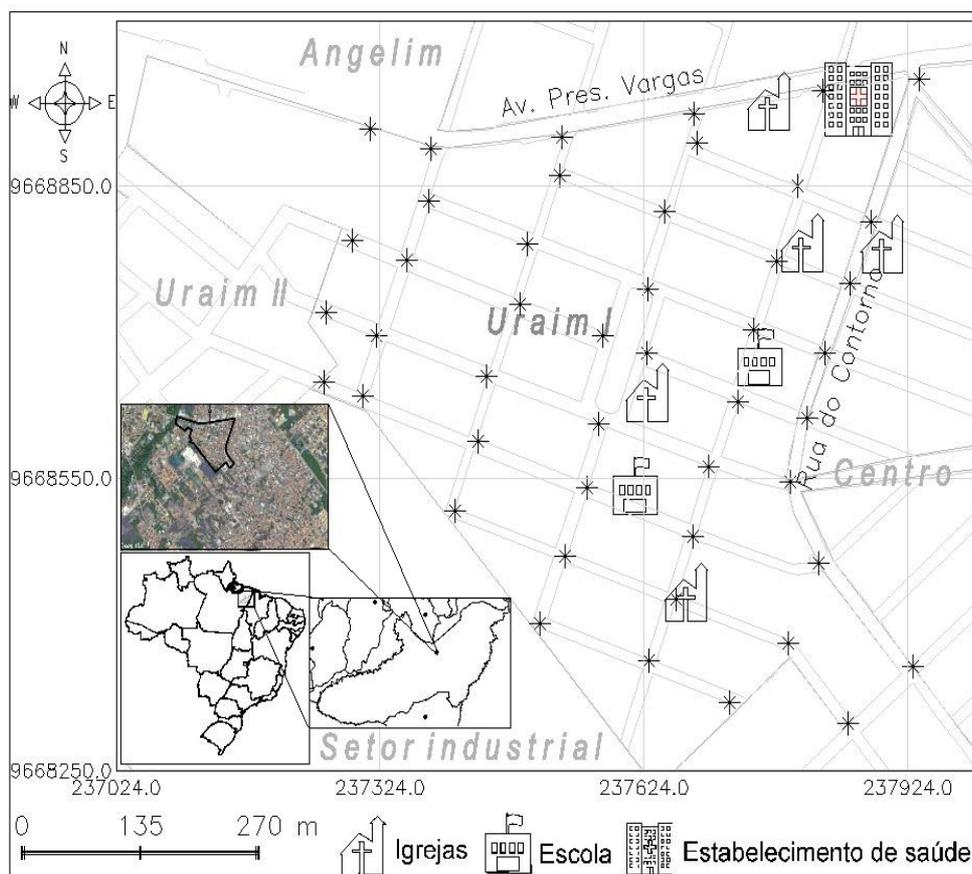


FIGURA 1: Localização do Bairro Uraim I, com representação da grade amostral (asteriscos). Fonte: Autores (2017)

Estabelecida a grade de medições, uma estratégia de coleta foi traçada, orientada por rotas de varredura concebidas de tal modo que os elementos mais vulneráveis quanto a sua importância social, como o hospital municipal, igrejas e escolas, fossem alcançados próximo aos horários de tráfego menos intenso, em torno das 10 horas da manhã, e durante o pico de tráfego ao fim do dia, considerado neste estudo como sendo às 18 horas. Cada campanha durou aproximadamente 3 horas, sendo a primeira iniciada às 10:00 h e a segunda às 17:00 h.

Utilizou-se sensor eletroquímico modelo AZ77535 da AKSO® para efetuar as medições de dióxido de carbono (CO₂), temperatura e umidade relativa do ar, e medidor de nível sonoro modelo DT85A da CEM para mensurar o nível sonoro nos

pontos de amostragem. Um receptor GPS de navegação modelo Etrex® da Garmin® registrou as coordenadas geográficas de cada ponto da grade. O tempo de leitura dos sensores durou, em média, 10 segundos, intervalo no qual se observou os valores mínimo e máximo calculados pelo equipamento, extraído-se a mediana entre estes para inserção na planilha de dados. As leituras foram realizadas a uma altura média do solo de 1,2 m, conforme orientação da NBR ABNT 10151:2000 (ABNT, 2000). A planilha utilizada em campo contém os seguintes campos: código do ponto, ruído (dBA), CO₂ (ppm), T (°C), umidade (%), latitude (m) e longitude (m). Os indicadores ambientais selecionados são amplamente utilizados na literatura sobre conforto térmico e ambiental urbano, como se pode observar nos estudos desenvolvidos por Filho et al. (2011), Freitas et al. (2014), Machado et al. (2015), Albuquerque e Lopes (2016) e Lobato et al. (2016), para citar alguns exemplos. Adicionalmente, registrou-se as condições de cobertura de nuvens e nível de incidência solar no momento da coleta.

Após inseridos na planilha, os dados registrados foram submetidos à análise estatística descritiva e correlacionados entre si por meio de coeficientes de correlação de Pearson, gerando assim medidas de tendência central (média) e dispersão (desvio padrão) e uma matriz com os coeficientes de correlação de Pearson.

Após uma etapa preliminar de conversão dos arquivos em formato .csv (Valores Separados por Vírgula) para .shp (*shapefile*) no programa Quantum GIS 2.16. (QGIS DEVELOPMENT TEAM, 2017), os parâmetros físico-químicos medidos, juntamente com as respectivas coordenadas, foram então incorporados a um banco de dados geográficos, manipulado em ambiente SPRING - INPE. Realizou-se, em seguida, a interpolação dos valores com base no algoritmo Média Ponderada por Quadrante (FELGUEIRAS; CÂMARA, 2001) utilizando o valor 1 (um) como potência, raio de 164 m e tamanho do pixel de 15,75 m no eixo X e 8,88 m no eixo Y, correspondentes a um fator de 1/8 vezes as distâncias médias entre os pontos de coleta no campo. A interpolação, executada utilizando as funções de Modelo Numérico de Terreno do SPRING, deu origem a grades regulares que expressam a distribuição espacial dos parâmetros medidos, estimada a partir da amostragem executada. As grades geradas foram associadas a uma paleta de cores com gradação correspondente aos valores calculados, de tal forma que é possível avaliar visualmente as tendências estimadas.

O mapeamento da vegetação foi executado utilizando a técnica de classificação de imagens aplicada sobre uma composição de bandas (R4,G3 e B2) do satélite sino-brasileiro CBERS 4, obtidas sem custo no catálogo de imagens do INPE. Após serem baixadas, as bandas sofreram o processo de fusão para aumentar sua resolução espacial de 10 m para 5 m, através da transformação RGB – IHS, tornando-as apropriadas para a escala de análise deste estudo. Em seguida, procedeu-se a classificação supervisionada da imagem, utilizando o método “pixel a pixel” pelo classificador Máxima Verossimilhança (MaxVer). Informações detalhadas sobre classificação supervisionada de imagens podem ser encontradas em INPE (2006).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Temperatura (°C)

Os maiores valores de temperatura no primeiro período de coleta foram medidos na região que se prolonga ao longo da Avenida Presidente Vargas, na divisa entre os bairros Angelim e Uraim I (parte superior da Figura 2 A). A

temperatura média entre as mensurações no período foi de $33,0 \pm 1,18$ °C, e a máxima de 36,6 °C. Já no segundo período, os níveis de temperatura foram mais reduzidos no geral, com os maiores valores sendo medidos nas regiões sul, sudeste e sudoeste do bairro Uraim I (Figura 2 B), alcançando média de $30,75 \pm 0,84$ °C e máxima de 33,33°.

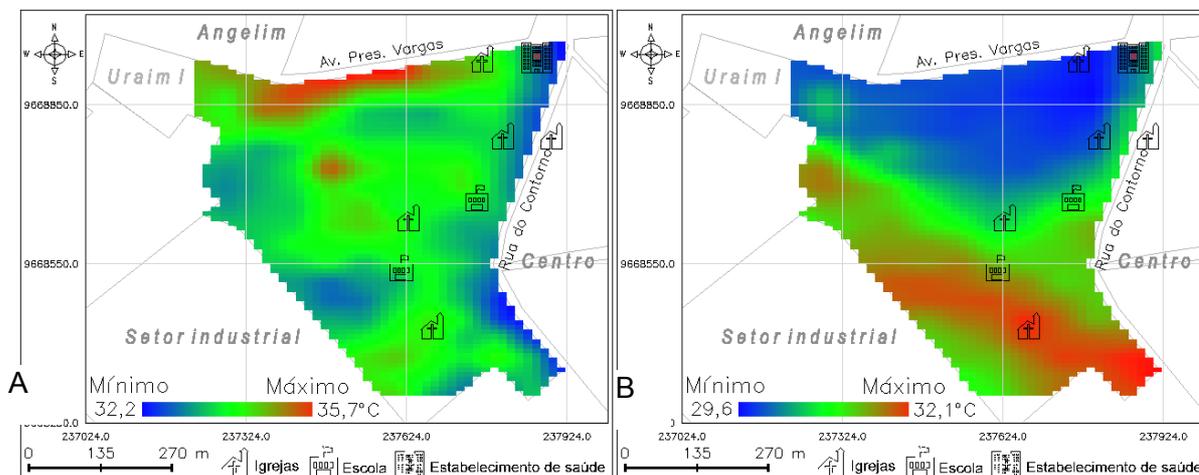


FIGURA 2: Grade regular dos valores de temperatura nos dois períodos de coleta de dados. A) Período de 10h às 13h e B) Período de 17h às 19h. Fonte: Autores (2017).

As áreas com maiores temperaturas durante o período de maior incidência solar direta (10h às 13h), são locais onde a presença de cobertura vegetal é inexpressiva (Figura 6), com destaque para a mancha de altas temperaturas formada na porção noroeste do bairro pela parte da manhã (Figura 2 A). A relação entre temperatura do ar e densidade arbórea-arbustiva seguiu a mesma lógica encontrada por Lobato et al. (2016) ao monitorarem temperatura e umidade em quintais e áreas urbanas na cidade de Abaetetuba-PA, onde áreas com menor densidade arbórea apresentaram as maiores médias de temperatura máxima (32,6 e 33,8 °C), em torno das 14:00h, e menores médias de temperatura mínima (23,4 e 23,3 °C), em torno das 06:30h. Freitas et al. (2014) obtiveram resultados similares no contexto de um campus universitário, com temperaturas na média de 25,9 °C em borda de mata ciliar e de 26,6 °C em pontos marcados por ausência de cobertura vegetal e pela forte presença de edifícios.

No horário de pico rodoviário (Figura 2 B), não se estabeleceu uma relação visualmente clara entre temperatura e outra variável normalmente influenciada pelo aumento de tráfego veicular, de modo que apenas uma correlação negativa com a umidade relativa do ar foi verificada (Tabela 1). Portanto, o cenário de aumento termal observado na porção sul da área de estudo no horário de pico pode ser melhor atribuído a condições microclimáticas específicas, em detrimento da influência de parâmetros diretamente associados à intensidade de tráfego, especificamente CO₂ e ruído. Evidencia-se, com isto, um baixo nível de conforto ambiental nesta região ao fim da tarde e início da noite, caracterizado por baixa umidade e elevada temperatura, porém, sem ligação nítida com a variação no fluxo de automóveis.

Umidade Relativa do Ar

Os maiores índices de Umidade relativa do ar no primeiro período de coleta foram mapeados na região nordeste do bairro Uraim I, nas proximidades da via que confronta com o bairro Célio Miranda (lado direito da área em estudo), denominada Avenida do Contorno (Figura 3 A). O índice médio de umidade relativa no período foi de $42,7 \pm 4,41\%$ e o maior foi 53,0%. No segundo período de coleta, os índices de umidade tenderam a valores maiores, principalmente nas regiões norte e noroeste do bairro, especificamente em ruas paralelas a Avenida Presidente Vargas (Figura 3 B). Dentre as medições efetuadas, o índice médio neste período foi $55,02 \pm 4,03\%$ e o máximo foi de 60,9%.

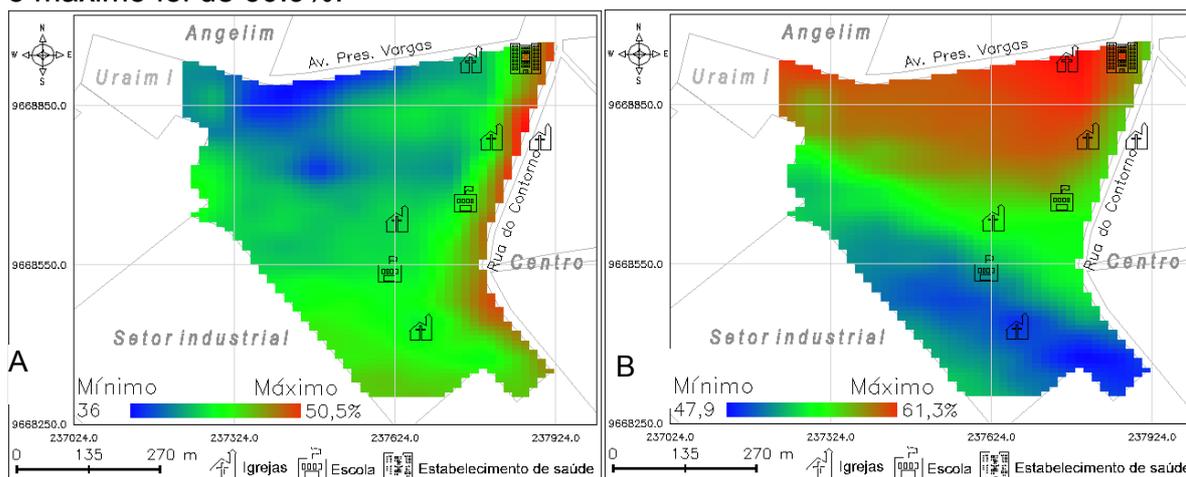


FIGURA 3: Grade regular de níveis de umidade relativa do ar nos dois períodos de coleta de dados. A) Período de 10h às 13h e B) Período de 17h às 19h. Fonte: Autores (2017).

Os maiores níveis de umidade verificados no primeiro período de coleta coincidem espacialmente com baixos valores de temperatura nesse mesmo intervalo de tempo, o que caracteriza relação inversamente proporcional entre estas variáveis (Tabela 1). No segundo período, a relação entre a distribuição dos níveis de umidade e de temperatura seguiram a mesma tendência. Na parte da manhã, fica evidente a formação de um corredor de forte umidade na borda leste do bairro, definido pela via denominada Rua do Contorno, onde baixas temperaturas também foram medidas. Já no segundo período, verifica-se um gradiente positivo no sentido sul-norte, aumentando rumo à Avenida Presidente Vargas.

Considerando a relação da umidade com os outros parâmetros analisados, vale destacar a formação de uma zona de elevado desconforto ambiental no extremo noroeste do bairro pela manhã. Esta ocorrência se dá em detrimento do acúmulo de baixos níveis de umidade, elevadas temperaturas, ruído intenso (Figura 5) e altas concentrações de gás carbônico (Figura 4). Nota-se que estes resultados ocorreram na porção menos arborizada da área de estudo, como se pode observar na Figura 6. Logo, dada a baixa influência do tráfego de veículos neste horário, pode-se definir o aparecimento desta zona de relativo desconforto como um provável efeito da esparsa cobertura vegetal na área.

É válido também observar a ocorrência simultânea de percentuais relativamente altos de umidade e teores moderados de CO_2 ao norte do bairro no período de pico de tráfego, o que contraria a relação normalmente observada entre umidade e concentração de poluentes, que tende a ser inversa. Dentre os mecanismos envolvidos, está a ressuspensão de partículas em períodos mais secos

(CARVALHO et al., 2000), aumentando a concentração de poluentes, enquanto sua dispersão é favorecida por percentuais de umidade elevados (DUCHIADE, 1992). Não apenas quanto à concentração de particulados, mas em relação ao próprio Índice de Qualidade do Ar (IQA) – maior para níveis de poluição maiores, a umidade tende a se relacionar inversamente com a poluição atmosférica, condição que fica clara nos resultados de Bueno et al. (2010) sobre qualidade do ar e doenças respiratórias em Divinópolis-MG, onde o coeficiente de correlação de Pearson entre as referidas variáveis apresentou valor de -0,71. Logo, as tendências simultaneamente positivas de umidade e CO₂ nas imediações da Avenida Presidente Vargas, umas das principais vias de acesso à cidade, aponta para o provável efeito de um aumento considerável nas fontes de emissão durante o horário de pico, o que pode ter tido efeito especialmente pronunciado sobre a qualidade do ar na região, em detrimento das condições meteorológicas teoricamente favoráveis à dispersão de poluentes.

Sabe-se que a vegetação em áreas urbanas é um componente de grande importância por exercer influência direta no microclima, contribuindo para o aumento da umidade relativa do ar, para a diminuição da temperatura e, conseqüentemente, para a melhoria do conforto térmico (LONDE; MENDES, 2014). Devido a isto, a influência da densidade arbórea sobre os níveis de umidade fez-se igualmente presente em medições realizadas por Filho et al. (2011) no mesmo município, onde compararam áreas com diferentes tipos de uso e cobertura do solo (parque ambiental, floresta primária alterada, pastagem, cultura agrícola e zona urbana). Os autores registraram na zona urbana, especificamente na borda de uma rotatória, o menor percentual de umidade relativa do ar (53,88%), enquanto que no setor coberto por floresta primária a umidade alcançou o valor de 78,92%. A regra é vastamente demonstrada na literatura, como nos estudos de Albuquerque e Lopes (2016) em bairros da cidade de Teresina- Piauí (~35% de umidade no bairro mais arborizado e ~24% no bairro menos arborizado, em torno das 15h), Freitas et al. (2014) no Campus da Universidade Federal da Paraíba (UFPB) em Rio Tinto (84% em borda de vegetação nativa, 79% em áreas sem cobertura vegetal) e Martini et al. (2017) em diferentes tipos de florestas urbanas em Curitiba-PR (correlação de 0,7 entre densidade arbórea e umidade)

Dióxido de Carbono (CO₂)

Os níveis de dióxido de carbono medidos nos dois períodos de coleta não apresentaram uma tendência clara de distribuição. No primeiro intervalo, os maiores teores foram medidos no centro-norte da área de estudo, enquanto no segundo se concentraram no extremo nordeste do bairro (Figura 4 A e B). No primeiro momento de coleta, obteve-se uma média de 437,80 ± 18,26 ppm de dióxido de carbono e um índice máximo de 473 ppm. Já no segundo período, o nível médio foi de 448,56 ± 20,57 ppm e o máximo de 507 ppm.

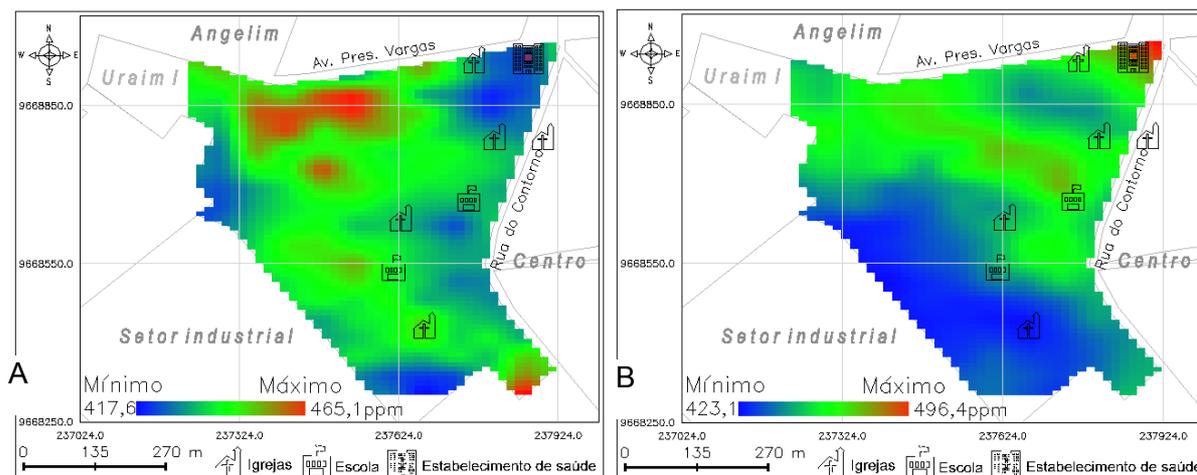


FIGURA 4: Grade regular de níveis de dióxido de carbono (CO₂) nos dois períodos de coleta de dados. A) Período de 10h às 13h e B) Período de 17h às 19h. Fonte: Autores (2017).

No período da manhã verificou-se a formação de ilhas com elevados níveis de CO₂ no noroeste do bairro, nas proximidades da Avenida Presidente Vargas, o que pode estar relacionado ao baixo índice de vegetação nessa área, conforme mostra a Figura 6. Já na transição tarde-noite, houve concentração de valores altos de dióxido de carbono nas proximidades do Hospital Municipal, um importante equipamento público de saúde, com atividade ambulatorial que vai da atenção básica a alta complexidade, e atividade hospitalar de média e alta complexidade (BRASIL, 2017).

Este resultado surge nos arredores do cruzamento entre duas das principais vias da cidade, a Avenida Presidente Vargas e a Rua do Contorno, ponto onde o trânsito é controlado pelo funcionamento de semáforos. Portanto, considerando o pico de tráfego durante a segunda coleta, é provável que a esquina do Hospital tenha se tornado uma intensa fonte de gás carbônico, devido à constante presença de veículos, seja em movimento, em ponto morto ou em modo de arranque. O tráfego é um influente direto na taxa de poluição atmosférica, principalmente quando o fluxo de veículos é bastante elevado. Exemplo desta relação é a pesquisa realizada por Machado et al. (2015) sobre ilhas de calor, concentração de CO₂ e ruído no centro de Feira de Santana-BA, onde os níveis de CO₂ foram muito mais elevados do que aqueles mapeados ao longo do bairro Uraim I, justamente em função de uma frota de veículos maior e em constante movimentação na cidade bahiana.

A avaliação dos níveis de CO₂ serve para indicar em contexto local a taxa de ventilação do ambiente e a qualidade do ar, partindo do princípio de que se há presença desse gás, outros poluentes podem estar acumulados no local (COSTA; ARAUJO, 1999). De tal forma, analisando os elevados níveis de dióxido de carbono mapeados ao norte do Uraim I no período da manhã e no extremo nordeste (Hospital Municipal) ao fim da tarde, é pertinente considerar a possibilidade de haver níveis significativos de outros gases no local, os quais juntamente com o CO₂ estariam contribuindo para a diminuição da qualidade do ar e conseqüente desconforto térmico.

Ruído

Os maiores níveis de ruído em ambos os períodos foram medidos na região norte do bairro, onde a influência do tráfego de veículos da Avenida Presidente

Vargas é maior. Esta é a principal via de acesso a Paragominas e concentra parte significativa do comércio local de produtos e serviços. O ruído médio obtido no período de tráfego menos intenso foi de $53,5 \pm 7,93$ dBA, enquanto que no período que cobriu o horário de pico, os valores giraram em torno de $59,32 \pm 8,45$ dBA. Pela manhã, o nível de ruído chegou ao valor máximo de 75,5 dBA, marcando pouca variação em relação ao segundo período, que registrou 74,9 dBA. A Figura 5 (A e B), apresenta a grade retangular referente a amostragem dos níveis sonoros medidos no bairro Uraim I, nos dois períodos de coleta de dados.

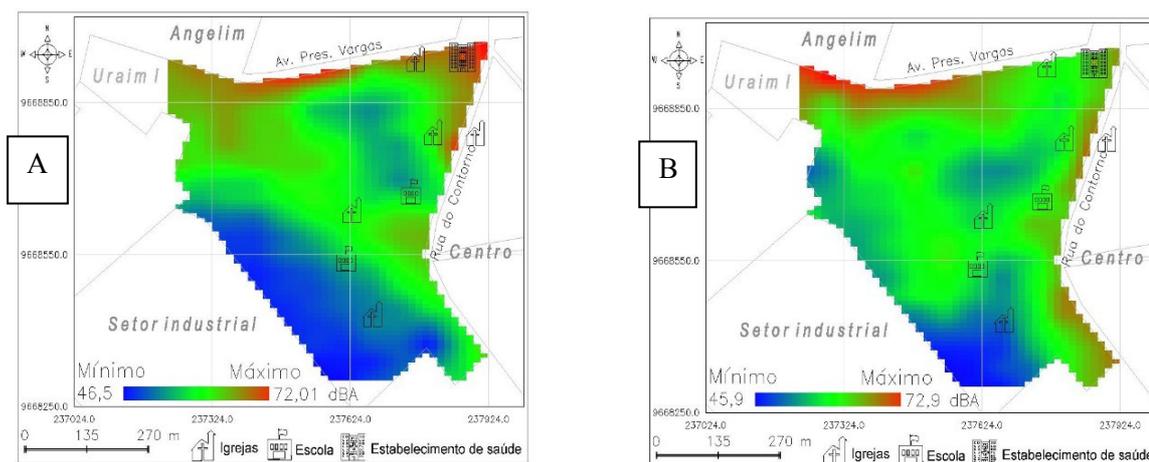


FIGURA 5: Grade regular de níveis de ruídos nos dois períodos de coleta de dados. A) Período de 10h às 13h e B) Período de 17h às 19h. Fonte: Autores (2017).

A tendência crescente dos níveis de ruído em direção ao eixo da Avenida Presidente Vargas, em ambos os períodos de amostragem, sugere que a intensidade do tráfego de veículos constitui um importante fator de influência sobre os níveis de pressão sonora. Conseqüentemente, o parâmetro ruído, no geral, contribui para baixos níveis de conforto ambiental na região norte do bairro estudado. Interessa notar, contudo, que os parâmetros temperatura e umidade, que também influenciam o nível de conforto, apresentaram valores propícios a um maior conforto ambiental durante o horário de pico, com níveis mais baixos de temperatura e mais altos de umidade. Ainda no lado norte, merece atenção a redução dos níveis de ruído no extremo nordeste ao fim da tarde, onde está localizado o Hospital Municipal. Tal mudança sugere influência limitada da intensidade de tráfego sobre os níveis de pressão sonora nesta área específica, uma vez que o período da manhã, apesar de não apresentar elevado fluxo de veículos e pedestres, marcou os maiores valores.

Também é válido analisar a dinâmica do quadrante sudoeste, onde a distribuição de ruído apresentou variação expressiva entre os dois períodos, tornando nítida a formação de uma zona com níveis relativamente elevados durante o 2º período de coleta. Tal aumento foi simultâneo à intensificação do tráfego de veículos e pedestres normalmente observada em horários de pico, porém ocorreu em menor escala do que no eixo da Avenida Presidente Vargas. Evidentemente, ainda que maior na transição tarde-noite, o fluxo de automóveis e pedestres neste quadrante dificilmente superaria a atividade observada em avenidas principais da cidade, o que explica a permanente diferença geográfica dos níveis de ruído.

Por outro lado, deve-se analisar o fato de o aumento da variável ruído não ter sido acompanhado por aumento nos níveis de CO₂, poluente cuja principal fonte são os escapamentos de automóveis. Neste sentido, vale considerar a alteração das condições microclimáticas ocorridas entre a manhã e o final da tarde-noite no quadrante em questão, onde se observou aumento de temperatura e queda de umidade, formando condição mais favorável à dispersão do que à concentração de gases poluentes como o gás carbônico. Todavia, as condições menos favoráveis do meio de propagação não foram suficientes para anular o notável aumento de ruído, uma vez que houve incremento significativo na fonte do agente.

A relação diretamente proporcional entre ruído urbano e nível de tráfego já é amplamente conhecida, e tem sido demonstrada em pesquisas realizadas em diferentes cidades do Brasil. Em Natal-RN, Pinto et al. (2013) observaram relação diretamente proporcional entre valores de ruído e intensidade de tráfego no bairro Lagoa Nova, tanto no período diurno quanto no noturno. Levantando níveis de emissão às margens de duas rodovias federais (BR-116 e BR-277) que cortam a cidade de Curitiba-PR, Calixto (2002) encontrou o maior coeficiente de correlação (0,6758) entre as variáveis taxa de fluxo de veículos e nível médio equivalente de emissão sonora (L_{eq}), dentre todas as variáveis medidas em seu estudo. O fluxo total de veículos por hora também influenciou os níveis de L_{eq} no estudo realizado por Carvalho da Paz e Zannin (2014) em trecho de outra rodovia que corta a capital paranaense, a BR-476, onde os autores calcularam coeficiente de correlação de 0,66 entre as médias de ambas as variáveis. Logo, pode-se afirmar que há influência direta do pico de tráfego no comportamento do ruído urbano no bairro Uraim I, efeito que é especialmente sentido na área norte do bairro.

Vegetação

A cobertura arbórea-arbustiva no bairro estudado apresentou padrão predominantemente esparsa, pontuada por algumas áreas de maior densidade vegetal, sem a formação pronunciada de corredores verdes contínuos (Figura 6). Estas concentrações de verde ocupam, via de regra, terrenos desabitados ou sedes campestres. A região onde estão localizadas as principais escolas e igrejas e o hospital municipal, todos a leste do bairro, são dotadas de alguma arborização, com destaque para o pequeno corredor formado na praça central do bairro.

A presença de árvores nesta área tende a gerar efeito positivo sobre o ambiente climático dos referidos equipamentos urbanos. Na região do médio noroeste, contudo, a escassez arbórea se torna especialmente evidente. Nesta área, observaram-se as maiores concentrações de CO₂, os menores percentuais de umidade, as maiores temperaturas e altos níveis de ruído durante o primeiro período de observação.

Vale ressaltar a fraca presença de arborização ao longo da borda sul da Avenida Presidente Vargas, onde a pressão sonora e a concentração de gás carbônico mantiveram-se em níveis, no mínimo, moderados, tanto na parte da manhã quanto no horário de pico de tráfego. A cobertura verde também é insignificante ao longo da borda oeste da Rua do Contorno, eixo pelo qual se concentraram fortes ruídos, tanto nas horas de pouco tráfego quanto nas horas de pico.

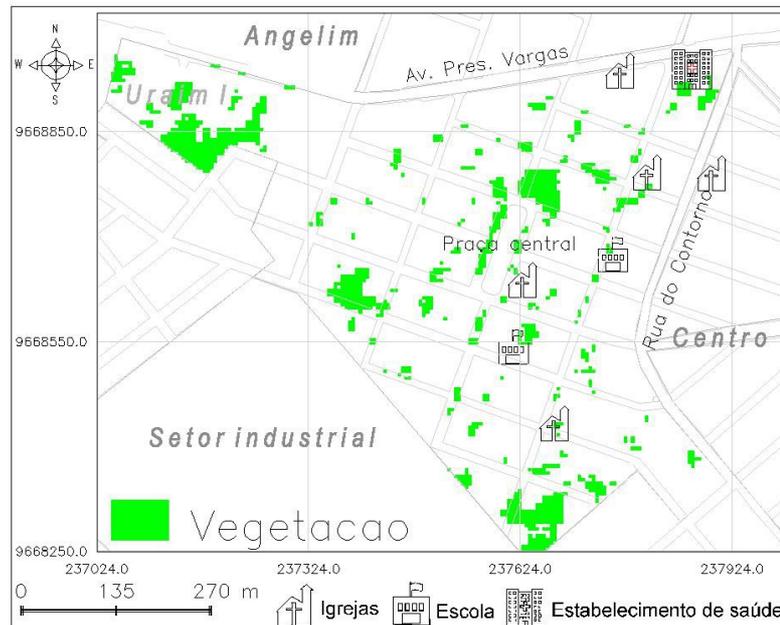


FIGURA 6: Cobertura vegetal no bairro Uraim I, demonstrando seu nível de arborização. Fonte: Autores (2017)

No geral, os níveis de umidade, que sofrem influência do processo de transpiração das plantas, acompanharam claramente a distribuição da vegetação em horários de menor atividade rodoviária (Figura 3 A), sendo maiores nas áreas de maior densidade arbórea, enquanto que a concentração de gás carbônico apresentou valores destacadamente elevados no pouco arborizado noroeste. Todavia, é interessante notar que a fraca arborização no trecho mapeado da Rua do Contorno não coincidiu necessariamente com baixos valores de umidade, em ambos os períodos de coleta, ao contrário do que poderia se esperar de um corredor com pouca vegetação. Seus índices de CO₂, por sua vez, variaram entre baixo-moderado na parte da manhã e predominantemente moderado no horário de pico.

Quando comparados com outras regiões do bairro, estes parâmetros não apontaram para menor conforto ambiental localizado, principalmente em horários com menor interferência de tráfego. Pelo contrário, sob menor influência do tráfego, a Rua do Contorno apresentou baixas temperaturas e elevada umidade (Figuras 2 A e 3 A). Houve, sim, queda de umidade em alguns trechos da via ao se aproximar o início da noite, porém esta mudança resultou de um gradiente latitudinal que afetou o bairro como um todo. Tal resultado sugere que o grau de conforto ambiental, no trecho da Rua do Contorno que delimita o bairro Uraim I, se deve mais às variações temporais dos parâmetros ligados diretamente ao tráfego de veículos (ruído e CO₂) do que a sua condição de arborização, o que significa prejuízo do conforto ambiental urbano especificamente devido ao incremento de ruídos e gases poluentes. Por fim, cabe ressaltar que uma maior arborização desta via certamente pode contribuir para a amenização dos efeitos supracitados.

Correlação entre parâmetros

Alguns parâmetros apresentaram grau de correlação significativo, seja em ambos os períodos de coleta ou em apenas um dos momentos amostrados (Tabela **ENCICLOPÉDIA BIOSFERA**, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v.15 n.27; p. 64 2018

1). No primeiro caso, enquadra-se a relação entre umidade relativa do ar e temperatura, cujo grau de correlação negativa mostrou-se forte tanto pela manhã ($r: -0,76$) quanto na transição entre o fim de tarde e início da noite ($r: -0,94$), quando as variáveis se explicaram ainda mais. Este resultado denota a elevada influência que o nível de umidade exerce sobre a temperatura do ambiente urbano, com destaque para o horário de pico no fluxo veicular e de pedestres. Neste horário, a temperatura também apresentou correlação com os níveis de gás carbônico (CO_2), em proporção igualmente inversa, porém em menor intensidade ($r: -0,42$). Relação semelhante se estabeleceu entre o gás carbônico e a umidade relativa do ar para o mesmo período de medições, todavia neste caso as concentrações do gás se comportaram de modo crescente face ao aumento dos níveis de umidade relativa ($r: 0,52$).

TABELA 1 – Matriz de correlação de Pearson para os períodos de menor atividade urbana (1º período) e de maior atividade (2º período)

	1º período				2º período				
	Ruído	CO ₂	T	UR	Ruído	CO ₂	T	UR	
Ruído	1				Ruído	1			
CO ₂	0,03	1			CO ₂	0,28	1		
T	0,04	0,22	1		T	-0,18	-0,42	1	
UR	0,00	-0,28	-0,76	1	UR	0,26	0,52	-0,94	1

Nota: Ruído medido em dBA, gás carbônico (CO_2) em ppm, temperatura (T) em °C e umidade relativa (UR) em porcentagem.

Como se pode observar, não houve correlação significativa entre os demais parâmetros medidos, principalmente no período da manhã, onde os valores do coeficiente de correlação de Pearson revelaram-se menores. De modo menos expressivo, percebe-se ainda uma inversão na relação entre alguns parâmetros, sendo dignos de nota os pares temperatura- CO_2 e umidade- CO_2 , cujos valores de r mudaram de sinal entre as duas medições efetuadas. Assim, mesmo que de maneira fraca, temperatura e gás carbônico se comportaram de forma diretamente proporcional no horário de menor atividade urbana, enquanto que ao fim da tarde o aumento de um explicou a diminuição do outro.

Em se tratando de umidade e gás carbônico, percorreu-se o caminho contrário, pois os dois parâmetros se comportaram de modo inversamente proporcionais durante a manhã, ao passo que no horário de pico, os aumentos nos valores de umidade explicaram moderadamente concentrações crescentes de gás carbônico. Dessa forma, as relações estabelecidas entre as variáveis medidas demonstram haver influência mensurável entre indicadores de conforto ambiental, nível de tráfego veicular e condições de arborização urbana no Bairro Uraim I.

CONCLUSÃO

Os elevados níveis de ruído, aliados a altos valores de temperatura e pouca umidade, contribuíram para a caracterização da área noroeste do Uraim I - especialmente nas imediações da Avenida Presidente Vargas - como região de conforto ambiental relativamente menor em horários de baixo fluxo veicular durante o turno da manhã. Na zona a sudoeste do bairro, as condições de conforto se deterioraram à medida que se aproximava o período noturno, resultando em altas temperaturas, baixa umidade e ruído intenso durante as horas de pico rodoviário. Entre ambas as situações, as condições menos agradáveis, contudo, foram

observadas no primeiro caso, demonstrando que a variação na intensidade de tráfego gerou maior efeito sobre as áreas mais residenciais do bairro do que aquelas que concentram o maior fluxo comercial e veicular. Durante o pico rodoviário, o ambiente pouco agradável na porção norte do Uraim I se deveu principalmente à permanência dos níveis de ruído e CO₂ na escala moderado-alto, uma vez que a temperatura reduziu e houve aumento de umidade.

O comportamento dos indicadores avaliados também permite concluir que o conforto ambiental no bairro Uraim I sofre significativa influência do nível de arborização das suas vias, fato demonstrado pelos maiores níveis de CO₂, temperatura e ruído observados nas áreas onde a vegetação é mais esparsa, enquanto que os percentuais de umidade foram notavelmente maiores onde há presença mais evidente da vegetação. Esta relação torna-se mais nítida em condições de baixo tráfego veicular.

Por outro lado, deve-se alertar para os níveis de CO₂ no quadrante norte durante o horário de pico de tráfego, os quais, ainda que moderados, ocorreram em condições climáticas normalmente associadas à dispersão de poluentes, situação que sugere a forte presença dos poluentes emitidos pelos escapamentos de veículo que trafegam na Avenida Presidente Vargas. Neste sentido, cabe atenção especial para as imediações do Hospital Municipal, onde foram registrados os maiores níveis de CO₂ no intervalo que contemplou o pico de tráfego. Neste caso, recomenda-se ações de arborização do bairro frente aos resultados expressivos de desconforto nas zonas com pouca vegetação arbórea-arbustiva.

Deve-se atentar também para os ruídos moderados e intensos detectados na esquina do Hospital Municipal, um estabelecimento de saúde que, como tal, demanda condições ambientais favoráveis para o repouso e recuperação de seus pacientes. Neste caso, o reforço na arborização também pode contribuir para a melhoria do conforto ambiental, além de medidas de curto a médio prazo, como ações educativas voltadas para os motoristas que transitam pelo local.

Níveis baixos de conforto ambiental podem comprometer a qualidade de vida dos habitantes e trabalhadores do bairro, bem como daqueles que apenas percorrem suas ruas. Portanto, é necessário que as ações recomendadas, além de outras planejadas ou a serem definidas pelo poder público local, sejam tomadas o mais breve possível, para que seus efeitos ocorram o quanto antes. Finalmente, cabe registrar que estudos considerando a variabilidade microclimática em recortes temporais maiores, e com mais variáveis, são necessários para avançar na consolidação do entendimento sobre os mecanismos envolvidos no conforto ambiental em diferentes setores do bairro Uraim I, em especial no setor sudoeste.

REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, M.M.; LOPES, W.G.R. Influência da vegetação em variáveis climáticas: estudo em bairros da cidade de Teresina, Piauí. **Raega**, Curitiba, v.36, n. 8, p. 38-68, abr. 2016. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.5380/raega.v36i0.39719><http://dx.doi.org/10.5380/raega.v36i0.39719>>. Acesso em mar. 2011. DOI: 10.5380/raega.vraega.v36i0.39719.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 10151**: acústica: avaliação do ruído em áreas habitadas, visando o conforto da comunidade: procedimento. Rio de Janeiro, 2000.

BRASIL. **Cadastro Nacional de Estabelecimentos de Saúde (CNES)**. Departamento de Informática do Sistema único de Saúde (DATASUS). Ficha de

Estabelecimento – Hospital Municipal de Paragominas. 2017. Disponível em: <<http://cnes.datasus.gov.br/pages/estabelecimentos/ficha/atividade/150550231862>>. Acesso em: 19 nov. 2017.

BUENO, F. F.; FONSECA, A. R.; BRAGA, F. A.; MIRANDA, P. S. C. Qualidade do ar e internações por doenças respiratórias em crianças no município de Divinópolis, Estado de Minas Gerais. **Acta Scientiarum. Health Sciences**, Matingá, v. 32, n. 2, p.185-189, 2010. Disponível em:<<http://www.redalyc.org/html/3072/307226627010/>>. Acesso em: 26 abr. 2018.

CALIXTO, A. **O Ruído Gerado pelo Tráfego de Veículos em "Rodovias-Grandes Avenidas" Situadas Dentro do Perímetro Urbano de Curitiba, Analisado sob Parâmetros Acústicos Objetivos e seu Impacto Ambiental**. Curitiba: UFPR, 2002. Disponível em: http://acervodigital.ufpr.br/bitstream/handle/1884/8793/dissertacao_002_Alfredo%20Calixto.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Acesso em 12 mar. 2018.

CARVALHO, F. G. de; JABLONSKI, A.; TEIXEIRA, E. C. Estudo das partículas totais em suspensão e metais associados em áreas urbanas. **Química Nova**, São Paulo, v. 23, n. 5, p. 614-617, Oct. 2000. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-40422000000500008&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 26 abr. 2018.

CARVALHO DA PAZ, E.; ZANNIN, P. H. Avaliação do ruído de tráfego noturno – estudo de caso na cidade de Curitiba, BRASIL, **Raega**, Curitiba, v. 31, p. 29 - 52, jan. 2014. ISSN 2177-2738. Disponível em: <<http://revistas.ufpr.br/raega/article/view/30757>>. Acesso em: 12 mar. 2018. doi:<http://dx.doi.org/10.5380/raega.v31i0.30757>.

COSTA, A; ARAUJO, V. D. Estudos do Clima Urbano de Natal/RN como ferramenta para o planejamento Urbano e edificações. In: ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 5, 1999, Fortaleza. **Anais...Fortaleza: ENCAD**, 1999.

DUCHIADE, M. P. Poluição do ar e doenças respiratórias: uma revisão. **Cadernos de Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 8, n. 3, p. 311-330, set. 1992. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-311X1992000300010&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 26 abr. 2018.

FELGUEIRAS, C. A.; CÂMARA, G. **Modelagem numérica de terreno**. In: CÂMARA, G DAVIS, C.; MONTEIRO, A. M. V. (Eds). **Introdução à Ciência da Geoinformação**. São José dos Campos: INPE, 2001. p. 73 - 78. Disponível em: <http://mtc-m12.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/sergio/2004/04.22.07.43/doc/publicacao.pdf>. Acesso em: 11 mar. 2018.

FILHO, A. S. C. FERREIRA, F. C. COUTINHO, E. C. Diferenças entre fatores climáticos relacionados a sistemas distintos de uso e ocupação do solo. In: Simpósio Internacional de climatologia ,4, 2011, João Pessoa. **Anais Eletrônicos...** João Pessoa: SBMET, 2011. Disponível em: <<http://www.sbmet.org.br/sic2011/arq/9586130427869586130427.pdf>>. Acesso em: 10 mar. 2018.

FREITAS, A. F. SANTOS, J. S. ALMEIDA, N. V. Avaliação do conforto térmico do campus IV - Rio Tinto aplicado ao ordenamento territorial ambiental. **Caminhos da ENCICLOPÉDIA BIOSFERA**, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v.15 n.27; p. 67 2018

Geografia – revista online, [S.l.], v. 15, n. 50, p. 89-99, jun. 2014. Universidade Federal de Uberlândia. ISSN 1678-6343. Disponível em: <<http://www.seer.ufu.br/index.php/caminhosdegeografia/article/view/24421>>. Acesso em: 16 mar. 2018.

INPE. Instituto Nacional de Pesquisas especiais. **Tutorial de Geoprocessamento**. INPE: São José dos Campos, 2006. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/spring/portugues/tutorial/index.html>>. Acesso em: 16 mar. 2018.

LOBATO, G. J. M. Condições térmico-hídricas e percepções de conforto ambiental em quintais urbanos de Abaetetuba, Pará, Brasil. **Raega - O Espaço Geográfico em Análise**, Curitiba, v. 38, n.8 p.245-345, dez. 2016. Universidade Federal do Paraná. Disponível em:<<http://dx.doi.org/10.5380/raega.v38i0.43705>>. doi: 10.5380/raega.v38i0.43705.

LONDE, P. R. MENDES, P.C. A influência das áreas verdes na qualidade de vida urbana. **Hygeia**, Uberlândia, v. 10, n.18, p. 264 - 272, jun. 2014. Disponível em:<<http://www.seer.ufu.br/index.php/hygeia>>. Acesso em: 16 mar. 2018.

MACHADO, R. A. S.; LIMA, L. B.; SILVA, M.P.C. Indicadores ambientais urbanos: análise das ilhas de calor, concentração de CO₂ e níveis de ruído no centro de Feira de Santana – Bahia. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 17., 2015, João Pessoa. **Anais... João Pessoa: Inpe**, 2015. p. 0888 - 0894. Disponível em:<www.dsr.inpe.br/sbsr2015/files/p0170.pdf>. Acesso em: 01 jan. 2018.

MALHEIROS, T. F.; ASSUNÇÃO, J. V. Indicadores ambientais para o desenvolvimento sustentável: um estudo de caso de indicadores da qualidade do ar. In: CONGRESSO INTERAMERICANO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 27., 2017, Porto Alegre. **Anais... Porto Alegre: Abes**, 2017. p. 1 - 7. Disponível em:<www.bvsde.paho.org/bvsaidis/impactos/vi-051.pdf>. Acesso em: 01 jan. 2018.

MARTINI, A.; BIONDI, D.; BATISTA, A. C. Urban Forest Components influencing Microclimate and Cooling Potential. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 41, n. 6, e410603, 2017. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-67622017000600202&lng=en&nrm=iso>. Acesso em 10 Mar. 2018. Epub Nov 30, 2017. <http://dx.doi.org/10.1590/1806-90882017000600003>.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Indicadores ambientais**. Disponível em:<<http://www.mma.gov.br/Indicadores/ambientais>>. Acesso em: 24 ag. 2017.

PINTO, D. N.; ARAÚJO, V. M. D.; ARAÚJO, B. C. D.; GOMES, R. N. Impacto do ruído de tráfego: estudo de caso no bairro de Lagoa Nova, Natal-RN (D.O.I.: 10.5216/reec.v6i2.22557). **Revista Eletrônica de Engenharia Civil**, Goiânia, v. 6, n. 2, fev. 2013. Disponível em: < <https://doi.org/10.5216/reec.v6i2.22557>. doi:10.5216/reec.v6i2.22557.

QGIS DEVELOPMENT TEAM, 2017. **QGIS Geographic Information System**. Open Source Geospatial Foundation Project. Disponível em: <http://www.qgis.org/>. Acesso em: 24 ag. 2017.