- CAPÍTULO 7 -

INFLUÊNCIA DE ÁREAS VERDES NA TEMPERATURA DO AR URBANA: ESTUDO DE ÁREAS ADJACENTES AO PARQUE AMBIENTAL – PARAGOMINAS - PA.

Kathee Lameira de Araújo; Keren Judite Rodrigues dos Santos; Antônio Pereira Júnior.
DOI: 10.4322/978-85-455202-1-4-07

INTRODUÇÃO

A urbanização, que se intensificou no século XX, supõe a substituição de ambientes naturais por centros construídos, onde o meio está organizado para permitir a sobrevivência do homem. Ao criar este ambiente artificial a partir da concentração de indústrias, do adensamento das edificações, da impermeabilização do solo e diminuição das áreas verdes, entre outros padrões específicos do uso urbano, o homem atua como agente modificador do clima local. Estas mudanças resultantes do processo de urbanização geram o denominado "clima urbano", definida como "um sistema que abrange o clima de um dado espaço terrestre e sua urbanização" (MONTEIRO, 2003).

Diversos autores (CORREA, 2008; FROTA, 2003; NÓBREGA; VITAL, 2010) têm relatado as diferenças microclimáticas promovidas nas cidades pelo processo de urbanização. Sabe-se que mudanças na paisagem cênica determinam condições que interferem diretamente na qualidade de vida dos habitantes das cidades.

Nesse contexto, o processo de urbanização da origem ao chamado "ecossistema urbano". Tal denominação refere-se à substituição do *habitat* natural por outro mais adequado às necessidades das pessoas. Entretanto, o ambiente artificial tem excedido no metabolismo de seus habitantes, a necessidade crescente de equilíbrio entre homem e meio ambiente, envolvendo elementos naturais, como espaços livres de construções, presença de vegetação e água (MODNA; VECCHIA, 2003)

Quanto a essas modificações do clima nas cidades, elas podem ser ocasionadas pelos seguintes fatores: presença de poluentes no ar; os materiais utilizados nas construções e uso da pavimentação em lugar do solo natural; a grande densidade de ocupação; as atividades humanas geradoras de calor; a remoção das águas das superfícies e a diminuição de áreas verdes modificam o balanço de energia alterando as trocas térmicas entre a superfície e o meio a presença de poluentes no ar. O ambiente urbano apresenta características climáticas em escala local (BARBUGLI, 2004)

Consequentemente, a cidade e o dinamismo urbano atuam como geradores de um clima urbano. Pois, a modificação do espaço, em forma de verticalização das edificações, impermeabilização do solo e redução das áreas verdes, ou seja, essas alterações ocorrem em função de atividades antropogênicas. Essas ações, direta ou indiretamente favorecem a formação de microclimas distintos em diferentes regiões da cidade ocorrendo assim, o fenômeno denominado ilha de calor (ROSSI; KRUGER, 2005).

Dentre as diversas transformações que ocorrem no espaço urbano pode-se citar a supressão vegetal, que é um dos maiores fatores contribuintes para alterar o clima da cidade, por meio de mudanças nos seus elementos meteorológicos como, por exemplo, a umidade relativa do ar. Por isso, ao se discutir as mudanças climáticas causadas pela urbanização, atribui-se a própria cidade, uma das responsabilidades pelo aquecimento, já que se produz calor, metabolismo da massa dos seres vivos e dos animais, adicionado pela combustão de milhares de veículos motorizados, mas, a principal causa advém da substituição da vegetação por construções, o que contribui para diminuir a umidade relativa do ar, devido a drenagem e impermeabilização de áreas úmidas (FEITOSA, 2010).

Em consequência disso, as áreas verdes contribuem significativamente para resfriar a cidade, economizar energia, além de reduzir a temperatura do ar urbana. O sombreamento do solo proporcionado pelas árvores favorece a proteção de edificações térreas, atenua o efeito estufa, filtra

poluentes, absorve barulho, previne a erosão e proporciona privacidade, a eficiência, no entanto, depende de sua intensidade, forma, dimensão e localização (COSTA, 2003).

Outro aspecto relevante diz respeito ao conhecimento das condições climáticas dos espaços urbanos, as quais possuem fundamental importância para o planejamento urbano. Os estudos do clima urbano existente, dificilmente procuram fazer a aplicação prática dos resultados encontrados, limitando o potencial de informação existente nesse tipo de pesquisa (CONCEIÇÃO; DAMASCENO, 2007).

Em Paragominas, observou-se que o crescimento urbano na última década (27,91%). Com isso, a população urbana elevou-se para 76.478 habitantes (POPULAÇÃO DO BRASIL, s/d), e isso tem proporcionado perda da cobertura vegetal e, consequentemente, da reflectância (CHIQUETTO, s/d). Logo, o processo de arborização não acompanhou o que ordena a Organização Mundial de Saúde (OMS) quanto a área verde em relação ao número de habitantes (12 m^2/habitante).

Para compensar esta perda, as ruas e avenidas construídas atualmente nesse município, encontram-se ornadas com palmeiras imperiais (*Roystornea oleracea*) que não proporcionam sombreamento adequando e isso resulta na elevação do desconforto térmico sentido pela população na atualidade. O processo de pavimentação de calçadas (cimentação) e asfálticas de ruas e avenidas e o número de construções de unidades arquitetônicas tanto horizontais quanto verticais, o que provocou tendência de elevação na temperatura do ar do ar e diminuição da evaporação da água contida no ar atmosférico, proporcionando um clima "desértico".

Logo o crescimento populacional e urbano atua na perda da cobertura vegetal e incrementa a elevação da temperatura do ar do ar, perda da umidade, o que aumenta o desconforto térmico loca, e necessita ser estudado com afinco, o que justifica esta pesquisa e incrementa a relevância da mesma, e permite alcançar o objetivo que foi a verificação da influência da vegetação tanto na temperatura do ar quanto umidade relativa do ar em áreas adjacentes ao Parque Ambiental Adhemar Monteiro, no município de Paragominas – PA, e, finalmente, sugerir medidas urbano-ambientais para melhoramento nas adversidades encontradas nessa relação.

REFERENCIAL TEÓRICO

CLIMA

Clima é o estado médio da atmosfera sobre um lugar, mais exatamente “o conjunto dos fenômenos meteorológicos que caracterizam a condição média da atmosfera em cada lugar da Terra” (CONTI, 2006). De acordo com este autor, esta definição é simples e cômoda, por isso, o mesmo redefiniu o clima como "a série de estados atmosféricos sobre determinado lugar em sua sucessão habitual".

O estado médio da atmosfera assume posição de destaque nos estudos ambientais, pois os seus elementos e fatores encontram em constante interação com as outras esferas do meio ambiente. As condições climáticas influenciam e são influenciadas constantemente pelos elementos da paisagem, como a vegetação e a própria dinâmica da sociedade (PAIVA, 2010).

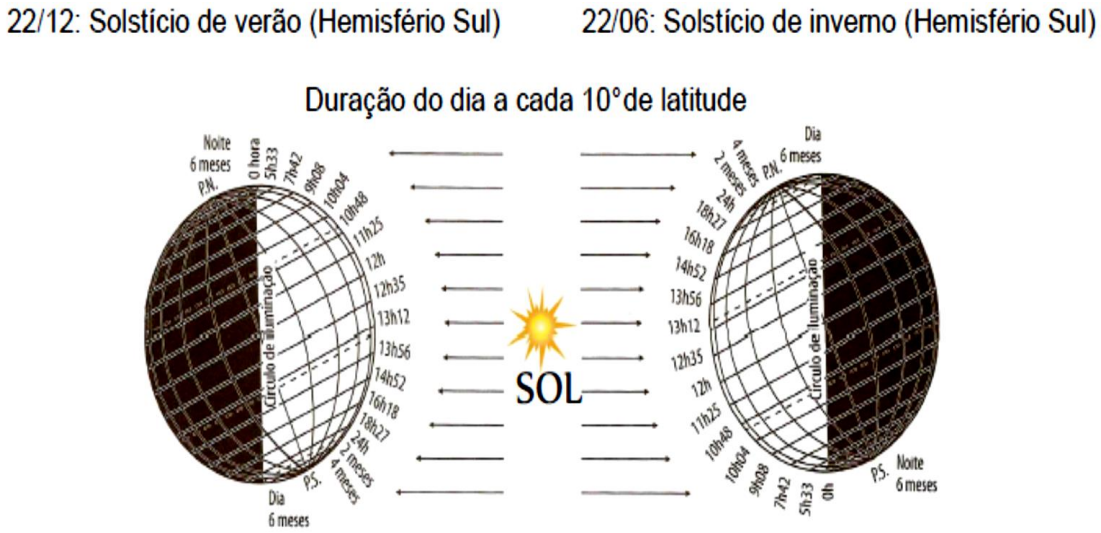
Os fatores do clima, ou controles climáticos, são definidos como aquelas características geográficas estáticas diversificadoras da paisagem, como Latitude, altitude, relevo, vegetação, continentalidade, maritimidade e atividades humanas (COSTA, 2003).

Os efeitos da Latitude estão relacionados com a terra e o sol, e envolve o movimento aparente do sol ao longo do ano. Como consequência do movimento de translação da terra e também da inclinação do eixo terrestre em relação ao plano da elíptica, há variação espacial e temporal do ângulo de incidência dos raios solares na superfície (CORRÊA, 2008).

A Latitude é o fator mais relevante no meio atmosférico, pois este influenciará o ângulo de incidência da radiação solar (Figura 1), alterando, consequentemente, a quantidade de energia solar recebida em cada local. Quanto mais perpendicularmente incidir um feixe de raios solares, menor

será a área de superfície por ele atingida, consequentemente, maior será a concentração de energia por unidade de área. Como a transferência de energia da superfície para o ar é o principal responsável pelo aquecimento do mesmo, o seu aquecimento se dará na mesma proporção da intensidade de energia absorvida na superfície (BORGES, 2009).

Figura 1 - Solstícios para o Hemisfério Sul.

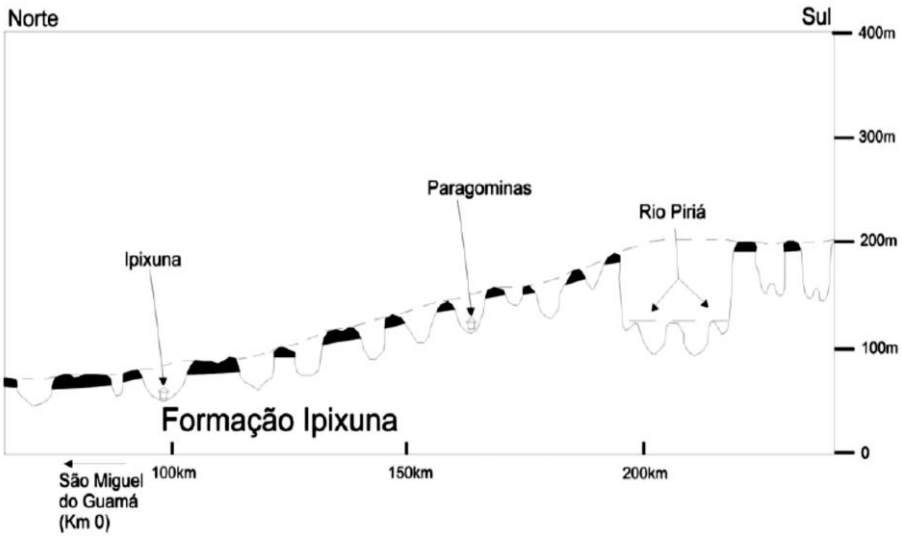


Fonte: Borges (2009).

Leva-se em conta, a altitude relativa ao nível do mar, se mantidos parâmetros ambientais os outros fatores climáticos como, por exemplo, a precipitação, pois, o aumento daquela ocasiona diminuição da temperatura do ar, em consequência da rarefação do ar e da diminuição da pressão atmosférica. Há, em média, um decréscimo de 0,6ºC a cada 100 m de altitude, embora esse valor seja modificado pela concentração de vapor d'água na atmosfera (CORRÊA, 2008).

Outro fator, é a topografia do local (Figura 2), pois, ela é um importante atributo de definição da forma urbana. Em decorrência da variação da forma, declividade e orientação de suas vertentes a topografia caracteriza-se como um importante fator responsável pela diversificação dos padrões climáticos. O relevo é o resultado da diferença vertical relativa (altura) entre vários pontos contidos numa área especifica. As zonas com relevo plano ou acidentado podem acontecer tanto nas grandes altitudes quanto abaixo do nível do mar (BORGES, 2009).

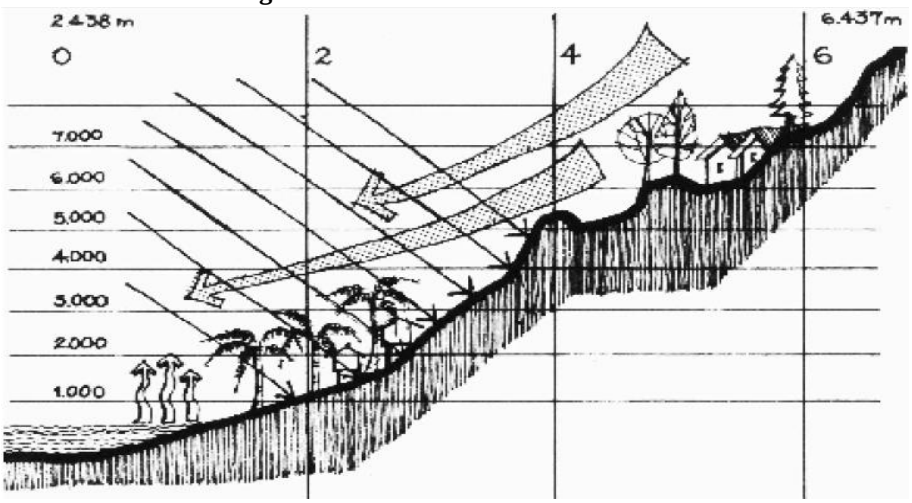
Figura 2 - Perfil topográfico regional ao longo da rodovia BR 010.



Fonte: KOTSCHOUBEY *et al.* [s/d].

Ademais, as formas naturais do relevo bem como as artificiais, introduzidas pelo ser humano sobre a superfície interferem tanto no período de duração do sol quanto no ângulo de incidência solar o que pode acarretar em uma redução na quantidade de radiação recebida pela superfície (Figura 3).

Figura 3 - Influência do relevo no clima.



Fonte: Barbugli (2004).

Em virtude da trajetória solar e da orientação do relevo, as vertentes podem estar expostas a condições de radiação direta ou sombra, originando ambientes aquecidos e mais secos ou mais frios e úmidos, respectivamente. Da mesma forma, nas cidades, áreas densamente ocupadas e verticalizadas deverão receber menos radiação na superfície do solo urbano e maior incidência sobre as coberturas (BARBUGLI, 2004).

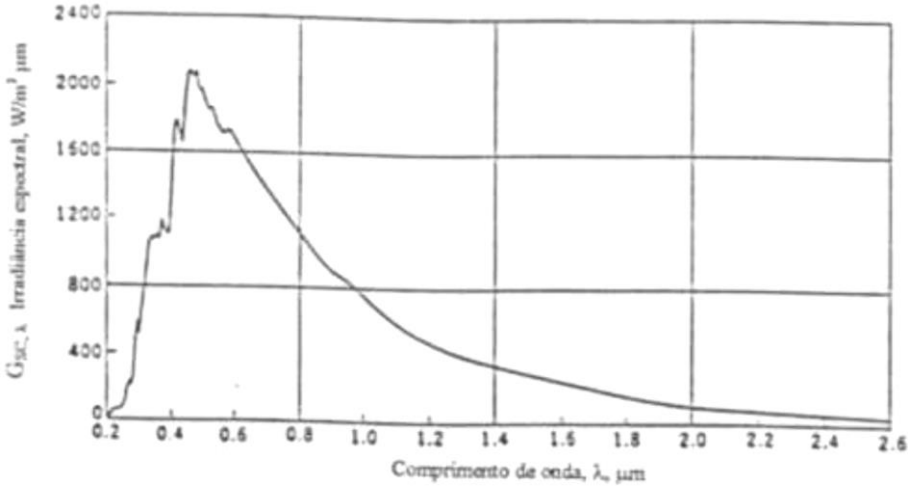
Consequentemente, a vegetação pode proporcionar vantagens ao ambiente urbano, ornamentando-o, fornecendo sombra e reduzindo o consumo de energia nos períodos quentes. Possui relação com microclimas urbanos, controlando a radiação solar, a temperatura do ar do ar, a umidade relativa do ar e a ação dos ventos e das chuvas. As vantagens fornecidas ao clima urbano, pelas áreas verdes, dependem do tipo de vegetação e de seu porte, idade e período do ano (FEITOSA, 2010).

Por fim, deve-se considerar os fatores de oceanidade e continentalidade porque ambos se referem à condição de um local situado próximo ao mar ou oceano, e no interior do continente, com efeitos decorrentes dessa condição. Mares e oceanos são moderadores térmicos, ou seja, sua flutuação térmica é menor ao longo do dia e do ano, devido ao maior calor específico da água em relação aos solos (vegetados ou não). Essa característica é transmitida à atmosfera de localidades litorâneas, onde a amplitude térmica do ar é menor que a das localidades situadas no interior do continente (COSTA, 2003).

Os elementos climáticos, como os atributos físicos, caracterizam as propriedades da atmosfera geográfica de um dado local, é representada pela radiação solar, temperatura do ar, umidade relativa do ar e pressão que manifestam através da precipitação, vento, nebulosidade, ondas de calor e frio, de acordo com a diversidade geográfica (PAIVA, 2010).

Tal radiação, também denominada eletromagnética emitida pelo Sol, se estende por um espectro que é caracterizado por três regiões distintas: a região do ultravioleta (comprimento de onda de 290nm a 380nm), do visível (comprimento de onda entre 380nm e 780nm) e do infravermelho próximo (comprimento de onda 780nm a 2500nm), sendo que esta região do espectro eletromagnético é considerada como onda curta (Figura 4). Logo, a radiação solar causa muitos efeitos nos centros urbanos e a vegetação é um dos elementos que pode ser utilizado para bloquear sua incidência e contribuir para o equilíbrio do balanço da energia nas cidades (PAULA, 2004).

Figura 4 - Irradiância espectral padrão da NASA/ASTM, na distância média entre o Sol e a Terra, e constante solar de 1353 W/m².



Fonte: Paula (2004).

Em relação a temperatura do ar do ar, ela é um índice que expressa a quantidade de calor sensível de um corpo, sendo um dos efeitos mais importantes da radiação solar. As variações temporais e espaciais são condicionadas pelo balanço de energia na superfície. A temperatura do ar máxima ocorre com uma desvantagem de duas ou três horas em relação ao horário de maior irradiância solar (às 12 horas em dias sem nuvens), enquanto que a temperatura do ar mínima ocorre antes do nascer do sol, em função do resfriamento noturno. Ela depende de Latitude, da proximidade de corpos hídricos, do relevo e do deslocamento de grandes massas de ar (COSTA, 2003).

Outra temperatura do ar, a radiante média (TRM) também tem uma influência considerável nas condições de conforto das pessoas traduzindo o processo de transferência de calor por radiação das superfícies circundantes do ambiente para as pessoas. A temperatura do ar do ar pode ser medida por termômetros, sendo comumente dada em Graus (ºC) ou em Fahrenheit (ºF) (CORRÊA, 2008).

Em relação a umidade relativa do ar atmosférico, ela é proveniente da evaporação das águas dos oceanos, rios e superfície úmidas, além do processo de transpiração das plantas, e pode ser expressa de duas formas: umidade absoluta e relativa. A capacidade dê o ar em conter o vapor de água varia progressivamente com a temperatura do ar contida nessa massa úmida, consequentemente, a distribuição da quantidade é variável ao redor da terra, sendo mais elevado nas zonas equatoriais variando nos trópicos e diminuta polos (BORGES, 2009).

Não raro, a umidade relativa varia ao longo das horas do dia e épocas do ano. Isto ocorre devido às mudanças diurnas e anuais na temperatura do ar do ar, que determinam a capacidade potencial do ar em conter determinada quantidade de vapor d'água. Este, por sua vez, é distribuído sobre a superfície da terra pelos ventos.

Já a precipitação pluviométrica é o elemento meteorológico de grande relevância na vida de todos os seres do planeta pelo fato de responder pelo abastecimento dos recursos hídricos e pela alimentação das populações. A chuva ou precipitação pluvial, nas regiões tropicais, é a principal forma pela qual a água retorna da atmosfera para a superfície terrestre após os processos de evaporação e condensação, completando assim o ciclo hidrológico (COSTA, 2003).

Todavia, as chuvas podem sofrer deslocamentos, porque os ventos transportam massas de ar oceânicas ou continentais contendo água evaporada, cujos contrastes entre elas contribuem para diminuir as variações térmicas, aumentar a umidade relativa, formar brisa e alterar o sistema pluviométrico. Aliadas a esses parâmetros, que determinam as condições que regem o clima, estão a topografia do terreno e o revestimento do solo, que também exercem influência na formação de microclimas. Isso acontece, porque os ventos desempenham importante papel sobre a temperatura do ar, pois, tornam o aquecimento da atmosfera menos diferenciada entre as regiões. (FEITOSA, 2010).

Por fim, a nebulosidade é a cobertura do céu por nuvens. Dependendo da quantidade e do tipo de nuvens, estas, podem agir como uma barreira à entrada de raios solares como também à dissipação de calor para a atmosfera pelas superfícies urbanas (PAIVA, 2010). Aquela afeta a quantidade de radiação solar que deveria atingir a superfície terrestre, pois se for suficientemente espessa e ocupar maior parte do céu, pode formar uma barreira que impede a penetração de parte significativa da radiação solar direta. Do mesmo modo, pode dificultar a dissipação na atmosfera do calor desprendido do solo à noite (FROTA; SHIFFER, 2003).

MICROCLIMA

Define-se microclima como resultado das variações climáticas decorrentes de um espaço de proporções reduzidas, onde os principais elementos climáticos (temperatura do ar e umidade relativa do ar, radiação, e velocidade do vento) sofrem influência direta do seu entorno: elemento geográfico (topografia), edificações (gabarito, ocupação), malha urbana, revestimentos, vegetação. Quanto ao termo “microclima”, ele tem sido amplamente utilizado para designar as especificidades do clima no espaço urbano, embora ainda não possua definições mais precisas (BORGES, 2009; PAIVA, 2010), porém, é modificado pela ação humana sobre o seu entorno. As alterações entre climas de um local estão relacionadas com particularidades do local, tendo ainda a contribuição dos resultados de práticas humanas capazes de gerar novos climas, cujas características variam entre bairros, entre ruas e até entre residências vizinhas (FEITOSA, 2010).

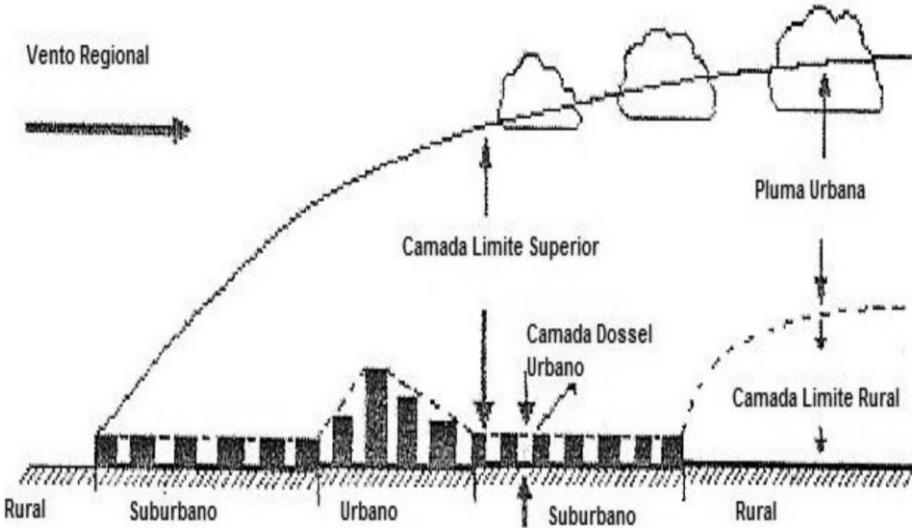
CLIMA URBANO

O clima urbano é a modificação do clima local, resultado de condições particulares do meio ambiente urbano, seja pela rugosidade do tecido urbano, ocupação, permeabilidade ou pelas propriedades térmicas dos materiais que o compõem. É aquele próprio das cidades e áreas urbanas, correspondendo às características do clima original da região onde se assenta a cidade e modificadas localmente pela ação do ser humano. As principais características deste tipo de clima consistem em: aumento da temperatura do ar, diminuição da umidade relativa, maior nebulosidade e precipitação, diminuição da velocidade do vento, aumento da turbulência (BORGES, 2009).

O clima urbano é proveniente da interação advinda dos fatores urbanos com o clima regional e com o meio físico pré-existente, portanto as ações antrópicas modificam a paisagem natural, convertendo-a em um ambiente altamente impermeabilizado. O clima em todo o ambiente urbano não é homogêneo devido à influência de fatores condicionantes que podem ser os tipos de uso do solo, adensamento urbano, índice de áreas verdes e emissão de poluentes, pois corresponde às atividades desenvolvidas naquele local (SOUZA *et. al.* s/d).

Um modelo de climatologia urbana que permite traçar o perfil das ilhas de calor nos grandes centros urbanos é mostrado na Figura 5. Ele distingue duas camadas consideradas na atmosfera urbana, a camada do dossel urbano, que incorpora a escala que vai do nível do solo até altura média das coberturas; e/ou camada limite superior, cuja abrangência corresponde à escala mesoclimática criada pela influência da malha urbana como um todo (MENDONÇA, 2003).

Figura 5 - Representação esquemática da atmosfera urbana.



Fonte: Mendonça (2003).

O estudo do clima urbano pode abranger diversas escalas: a microclimática, que reflete a influência dos elementos urbanos individuais; a topoclimática, referente ao clima de uma área com características homogêneas, como tipo de ocupação do solo comum ou condições topográficas específicas; e a mesoclimática, ou seja, àquela correspondente a influência integrada da cidade (ANDRADE, 2005).

PROCESSO DE URBANIZAÇÃO

A urbanização é um fenômeno que impacta o meio ambiente, em especial as condições climáticas, quando as superfícies do solo são substituídas por diferentes formas de ocupação do solo, alterando as condições naturais do ambiente local. Existem vários estudos (CONTI, 2006; CORRÊA, 2008; COSTA, 2003; MODNA: VECCHIA, 2003) que abordam a questão do clima urbano e constatam que a urbanização e as atividades antropogênicas consequentes desse processo, respondem pela formação de microclimas na cidade.

O crescimento da população acontece na proporção do crescimento de áreas edificadas para atender a demanda básica do contingente de pessoas introduzidas em espaços reservados para habitação, comércio, serviços e indústrias. Esse fato aconteceu a partir do século XX, quando os resultados das atividades industriais e antropogênicas atuaram na atmosfera, e provocaram modificações no padrão natural do ambiente e nos elementos meteorológicos (FEITOSA, 2010).

A degradação ambiental e a diminuição da qualidade de vida nas cidades vêm se agravando à medida que a urbanização se intensifica. Assim, o estudo do clima urbano tem atraído a atenção de diversos ramos das ciências, pois ela intensifica a urbanização e altera significativamente os parâmetros climáticos. Logicamente estas alterações variam de cidade para cidade em virtude da intensidade de uso do solo, do processo de crescimento urbano e das características geoecológicas do lugar (LEÃO, 2008).

Neste âmbito, um dos elementos do ambiente natural que é intensamente modificado, é o clima. O grande número de veículos e indústrias que lançam toneladas de poluentes para a atmosfera como, por exemplo, o dióxido de carbono (CO_2); os prédios que mudam a rugosidade superficial, dificultam e impedem a circulação dos ventos; o asfalto e os calçamentos que alteram o albedo da superfície, armazenando calor; a diminuição das áreas verdes que são responsáveis pela retenção de poluentes e pelo sombreamento, além da manutenção de ambientes com temperatura do ar, amenas.

São alguns dos fatores que geram mudanças profundas no clima local (CONCEIÇÃO; DAMASCENO, 2007).

Portanto, em grandes centros urbanos, o aumento da temperatura do ar do ar está também associado à concentração de veículos e indústrias, que potencializam a produção artificial de calor. Assim, a radiação infravermelha que é emitida da superfície para o espaço fica retida pela camada de poluição, comum nestes centros, provocando um efeito estufa local (CORRÊA; CORRÊA; ANDRADE, 2012).

O USO E OCUPAÇÃO DO SOLO

A relação entre o uso e ocupação do solo com o clima é que, quanto maior a concentração de elementos contendo atividades industriais, comerciais e de prestação de serviços, maior a transmissão de calor e de poluentes atmosféricos, e consequentemente maiores as alterações climáticas (CORRÊA, 2008).

Nesse contexto, a influência do uso e ocupação do solo na configuração de microclimas urbanos demonstra que o espaço construído contribui para a criação de condições climáticas diferenciadas e, na maioria das vezes, desconfortáveis do ponto de vista térmico para os habitantes da cidade. Essas condições climáticas diferenciadas não acontecem somente entre cidade e entorno rural, mas, dentro da própria área urbana, visto que, existem diversos espaços e padrões de ocupação do solo que condicionam microclimas em função de fatores que amenizam ou tornam as condições climáticas regionais mais rigorosas (CONCEIÇÃO: DAMASCENO, 2007).

Enfim, as mudanças no uso do solo não causam mudanças diretas nos elementos climáticos, mas eventualmente instalam novos fatores. Como exemplo, pode-se citar o fato de atividades comerciais e prestação de serviços atraírem um maior fluxo de veículos em horários comerciais, o que pode acarretar um aumento de temperatura do ar em determinados horários do dia e em determinados dias da semana (COSTA, 2003).

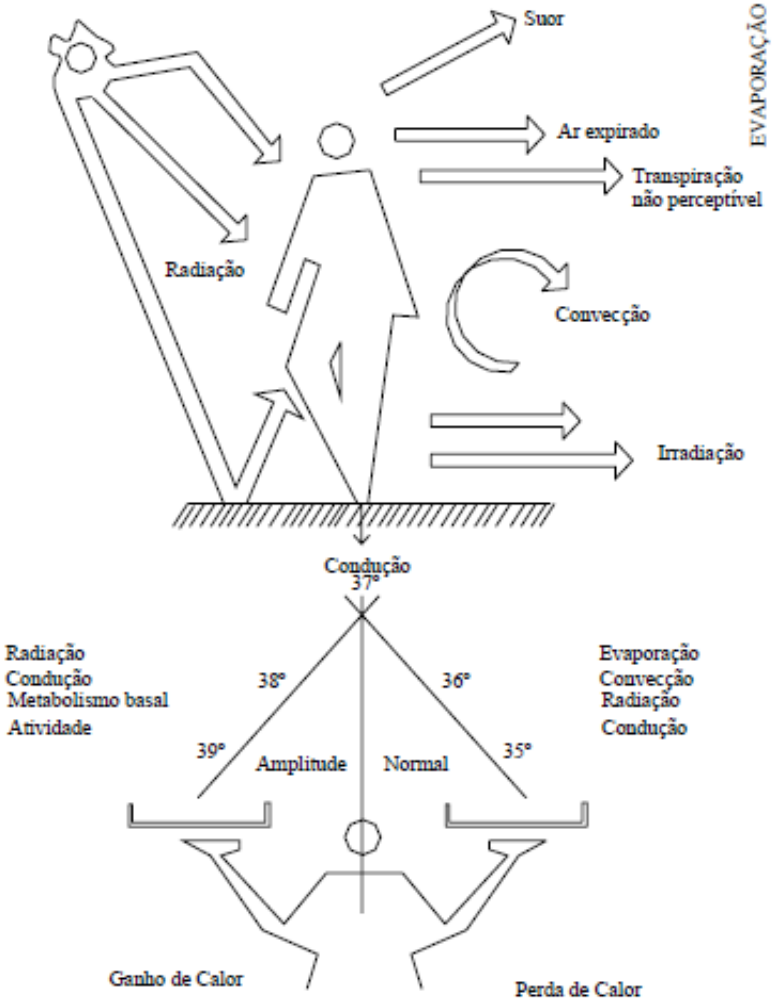
CONFORTO TÉRMICO

O termo “conforto térmico” aplica-se tanto em relação aos ambientes internos como aos externos. O meio externo urbano é fruto das condições ambientais, mas sofre grande influência das atividades exercidas pelo homem, como a poluição de automóveis e a produção de energia pelas edificações. O conforto térmico é então, influenciado pelas condições ambientais, que vêm sendo ameaçadas também pela impermeabilização do solo e mais especificamente pela ausência de vegetação, além das transformações requeridas pelas necessidades do homem no espaço urbano (PAIVA, 2010).

Nesse contexto, tanto a temperatura do ar do ar quanto radiante, além da umidade relativa e a movimentação do ar influem na sensação térmica do homem. O homem é um ser endotérmico, mantém a temperatura do ar do corpo constante (± 37°C). Ele é uma máquina térmica, que produz energia térmica por meio do processamento dos alimentos ingeridos (BUENO-BARTHOLOMEI, 2006).

Por isso, o organismo humano experimenta a sensação de conforto térmico quando seu organismo está em equilíbrio térmico com o ambiente (Figura 6). A quantidade de calor que é produzida por nosso corpo, em certo ambiente, depende do tipo e intensidade da atividade e estrutura do indivíduo, e em menor escala, da idade, sexo e adaptação ao clima. A fim de se estabelecer um equilíbrio com o meio e manter sua temperatura do ar interna em torno de 37ºC, vários processos de trocas térmicas ocorrem entre o homem e o meio ambiente, evaporação, radiação, condução e convecção (PAULA, 2004).

Figura 6 - Equilíbrio térmico no homem.



Fonte: Paula (2004).

Nesse contexto, a temperatura do ar do ar e a umidade, assim como a ação do vento, são sem dúvida, condicionantes importantes que agem na sensação ou não de conforto pelo corpo humano (Tabela 1). Observa-se que quanto mais elevado for o valor da umidade, maior será a sensação de desconforto, pois a temperatura do ar gradativamente vai aumentando (GOMES; AMORIM, 2003).

Tabela 1- Sensação do organismo humano em função da umidade relativa do ar.

Temperatura	Umidade relativa em %					
°C	30	50	70	80	90	100
20	20	21,1	22,2	22,8	23,4	23,9
25	25	26,7	27,8	28,9	30,0	31,1
30	30	32,2	35,0	37,2	37,8	39,4
35	35	38,8	42,2	44,4	46,7	48,9
40	40	45,0	50,0	-	-	-

Fonte: Gomes e Amorim (2003).

ILHAS DE CALOR

É um fenômeno presente em áreas urbanas e suburbanas, onde a temperatura do ar do ar e da superfície são maiores do que em áreas rurais circundantes. Isto ocorre porque os materiais de

construções comuns que compõem estas áreas retêm mais a radiação de onda curta (oriundas do sol) do que os materiais naturais que são predominantes em áreas rurais (CORRÊA, 2011).

Isso ocorre devido ao uso dos materiais naturais (Ex.: vegetação) pelos urbanos (Ex.: cimento, areia, seixo, barro, etc.) provoca mudanças nas características da atmosfera local, observando-se um aumento de temperatura do ar nos grandes centros, fenômeno chamado de "ilhas de calor". Esse fenômeno é uma anomalia térmica, onde o ar da cidade se torna mais quente que o das regiões vizinhas. Elas são um bom exemplo das modificações causadas pelo homem na atmosfera. Pode-se observar que a ilha de calor costuma atingir maiores temperatura do ar se o céu está limpo e claro e o vento calmo, apesar de ocorrer também à noite (PAULA, 2004).

Ainda de acordo com essa autora, a formação delas ocorre devido às massas de edificações, além dos materiais das construções e vias públicas que absorvem grande quantidade de radiação solar, à redução da velocidade do vento pelos prédios, à poluição que reduz a perda de radiação de onda longa pelas superfícies para o céu, causam aquecimento atmosférico, tornam a drenagem insuficiente pelo sistema de captação de águas pluviais, bem como a filtração de água no solo, tudo isso como consequência da utilização de revestimentos impermeáveis e à redução da energia utilizada nos processos de evapotranspiração realizados pela vegetação.

Todavia, a ilha de calor não é consequência de um único fator, e sim, da interação das diversas alterações na superfície da urbe introduzidas pelo homem. A substituição de superfícies naturais por superfícies pavimentadas e construções, produtos da urbanização acelerada e muitas vezes desordenada, altera o balanço de energia. A energia que seria utilizada para evaporar a umidade presente na superfície ([1]calor latente), produzindo consequentemente um resfriamento da atmosfera local, é diretamente absorvida pela superfície urbana (LEÃO, 2008).

Enfim, as modificações causadas pelas construções urbanas no balanço de energia solar têm provocado a formação de ilhas de calor, alterado o conforto térmico, especialmente em áreas onde a vegetação foi totalmente substituída pelas unidades arquitetônicas, pavimentações, e diminuição das áreas verdes nessa urbe.

AS ÁREAS VERDES E O CONFORTO TÉRMICO NO AMBIENTE URBANO

As áreas verdes podem apresentar muitos benefícios ao ambiente urbano, por meio de seu elemento estruturador: a vegetação. Quando inserida no arranjo urbano, pode propiciar alguns benefícios aos parâmetros ambientais, como temperatura do ar e umidade relativa do ar, ventilação, níveis de ruído, concentração monóxido (CO) e dióxido de carbono (CO_2) dentre outros (BARBOSA, 2005).

Nesse contexto, a vegetação regula a temperatura do ar ambiente utilizando a radiação solar em seus processos metabólicos, deixando a temperatura do ar ao seu redor mais amena principalmente àquelas perto de corpos d'água. O conforto térmico de pessoas que circulam em áreas mais arborizadas é muito maior devido ao sombreamento e a ventilação (SOUZA *et al.*, s/d).

Outra utilidade da vegetação como dispositivo de sombreamento e gerador de umidade pode vir a ser bastante eficiente. Porém, a seleção da vegetação adequada para sombreamento de uma edificação dependerá da orientação da fachada que se deseja sombrear, dos ventos dominantes, da qualidade do solo, do espaço disponível no terreno e principalmente da altura e do [2]azimute do sol nos períodos de maior radiação solar, que correspondem aos dias mais quentes do ano (PAULA, 2004).

---

1 Quando uma quantidade de calor é fornecida ou retirada de um corpo, não modifica a sua temperatura do ar, mas produz mudança de seu estado de agregação (CALOR latente, s/d).

2 É o ângulo que a direção do astro, marcada no chão, faz com a direção do Norte no mesmo plano do horizonte, medido também no sentido dos ponteiros do relógio. Vai de 0 a 360 graus (AZIMUTE de um astro, s/d).

Ademais, a redução das amplitudes térmicas locais promovidas pela vegetação provoca o duplo efeito da floresta sobre a umidade relativa do ar, sendo a interceptação e volatilização de parte da água da chuva e o processo de transpiração das folhas que lança, em uma dada escala espacial, mais vapor d'água na atmosfera. Assim, é esperado que se encontrem maiores valores de umidade relativa do ar em ambientes arborizados do que em áreas descobertas. A estes efeitos se agrega ainda a função de barreira aos ventos (MODNA; VECCHIA, 2003).

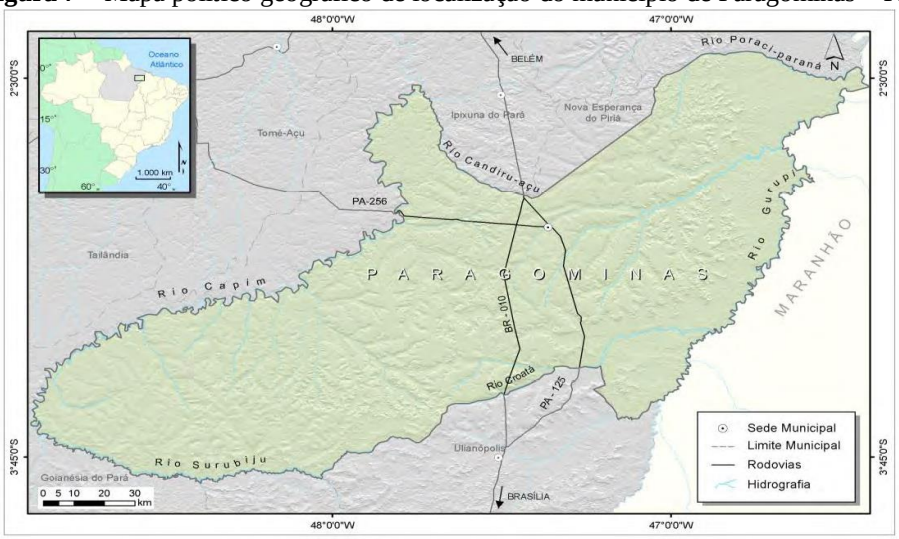
Por fim, todos esses serviços estão comprovados (ALMEIDA JÚNIOR, 2005, MENDONÇA, 2003), tanto na a influência da vegetação sobre o clima (Cuiabá – MT) e a rela importância dos espaços verdes como reguladores das amplitudes termo higrométricas na configuração do clima urbano (Londrina – PR), mesmo que a ocorrência dessas áreas seja pontual.

MATERIAL E MÉTODOS

FISIOGRAFIA DO MUNICIPIO

O município de Paragominas-PA (Figura 7) mesorregião sudeste Paraense, a 310 km de Belém, possui uma área de 1,93 milhões de hectares(1,5% da superfície do Pará) limita-se a leste com o Estado do Maranhão e com cinco Municípios Paraenses: Ipixuna do Pará e Nova Esperança do Piriá, ao norte; Ulianópolis, Goianésia do Pará e Dom Eliseu, ao sul; e Ipixuna do Pará a oeste (IMAZON, 2009).

Figura 7 – Mapa político geográfico de localização do município de Paragominas – PA.

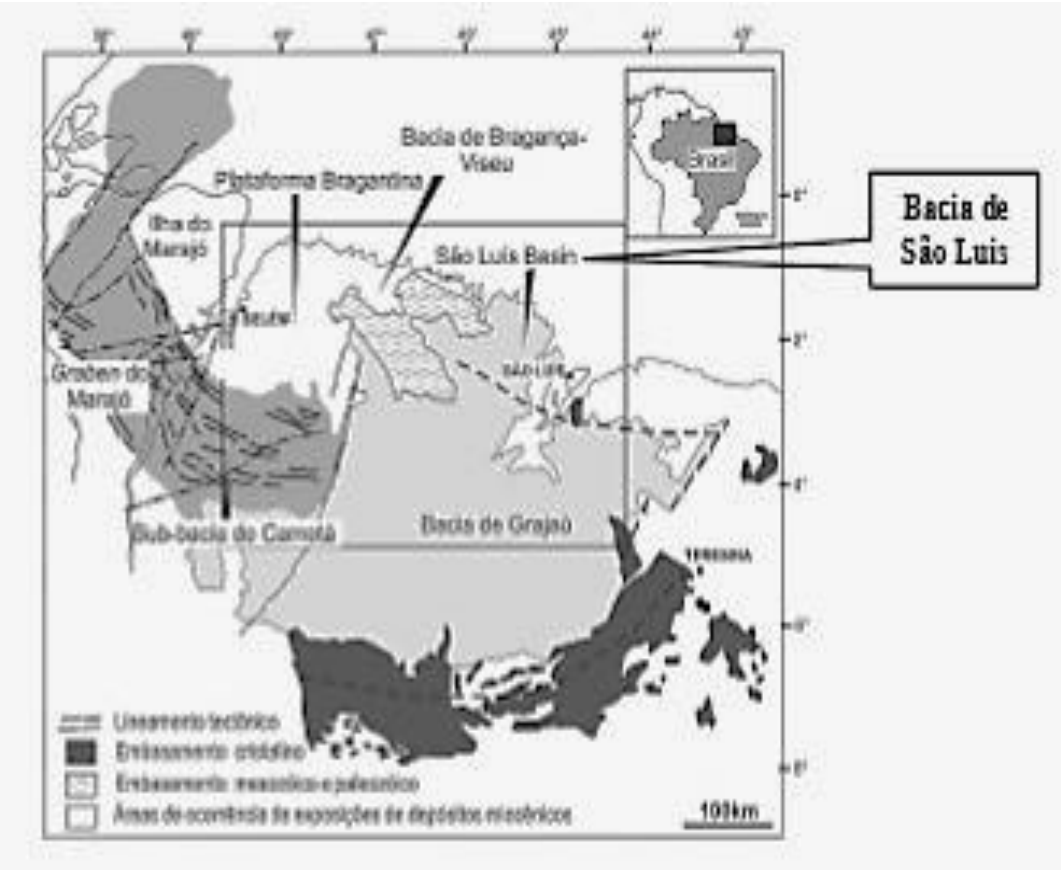


Adaptado a partir de Pinto *et al.* (2009).

SOLOS E VEGETAÇÃO

Em relação ao solo na Amazônia, ele apresenta aspectos muito comuns como: baixa fertilidade natural e alta saturação de alumínio trocável. A caulinita ($Al_2O3.2SiO_2.2H_2O$) é o mineral predominante na fração argila e a capacidade de troca de cátions e a saturação de bases é baixa. O estoque de nutrientes é baixo limitando a produção agrícola e florestal (PEREIRA, 2011). Quanto aos solos existentes no Município de Paragominas, estes são provenientes de rochas sedimentares da formação de Ipixuna e Barreiras do período Terciário e sedimentos recentes do período Holoceno (Figura 8).

Figura 8 – Formações rochosas que originaram os solos predominantes no nordeste paraense, inclusive Paragominas – PA.



Adaptada a partir de Rossetti (2006)

Nesse município, o solo apresenta várias associações, a saber: Latossolo Amarelo, textura muito argilosa, Latossolo Amarelo, textura argilosa e Concrecionários Lateríticos, textura argilosa. Latossolo amarelo, textura média e Areias Quartzosas. Em sua maioria, possuem baixa fertilidade natural, no entanto, possuem boas propriedades físicas (GONÇALVES, 2007).

Quanto à vegetação originária do município, era representada pela Floresta Densa da sub-região dos Altos Platôs do Pará-Maranhão, pela Floresta Densa de Planície Aluvial e dos Ferraços. Entretanto, os constantes desmatamentos, provocados pelo avanço da agropecuária e exploração madeireira na região, reduziram, drasticamente, as grandes áreas cobertas pela floresta original, dominadas, hoje, por extensas áreas de Mata Secundária, ou seja, oriunda de sucessão secundária ou regeneração nos seus diversos estágios de desenvolvimento (PALMEIRA, 2005).

GEOLOGIA, RELEVO E TOPOGRAFIA

A **geologia** do Município é representada pela formação de Itapicuru, do Cretáceo, que apresenta arenitos, predominantemente vermelhos, finos, caulínicos, argilitos vermelhos laminados e calcário margoso fossilífero. Existe, ainda, a presença de sedimentos do Terciário, Barreiras e Quaternários subatual e recente. O **relevo** apresenta tabuleiros relativamente elevados e aplainados, formas colinosas dissecadas, baixos tabuleiros, terraços e várzea. Morfoestruturalmente faz parte da unidade que se convencionou chamar de Planalto Sul do Pará/Maranhão (HIRAI, 2008**)**. A **topografia** do município possui uma topografia onde os níveis altimétricos apresentam pouca variação. Contudo, tais níveis se encontram em cotas mais elevadas que a média dos municípios da Microrregião de Paragominas. A referência que se tem é da sede municipal, onde a altitude alcança

cotas aproximadas de 40m. Entretanto, mais ao Sul, essas cotas crescem um pouco mais (IBGE, 2010).

CLIMA E HIDROGRAFIA

O **clima** do município de Paragominas é do tipo mesotérmico e úmido. A temperatura do ar média anual é elevada, em torno de 26º e a umidade relativa do ar com média igual a 81%, com um período mais chuvoso que compreende dezembro a maio e outros mais secos entre junho e novembro. O regime pluviométrico varia entre 2.250 mm e 2.500 mm anuais (ANDRADE, 2011). Em relação a **hidrografia,** existem vários rios importantes no Município.

Na porção Sudeste-Nordeste, o rio Gurupi, que separa o Pará do Maranhão. Na sua margem esquerda, há vários afluentes: o Gurupizinho, o Uraim, o Coaraci-Paraná, o Croantá e o Piriá. Em direção oposta, no sentido Oeste: o rio Surubiju, que limita o município com Rondon do Pará e recebe uma série de igarapés na sua margem direita, que pertencem a Paragominas. O rio Surubiju é, no Município, o afluente mais importante do rio Capim (PARÁ, 2009).

Por fim, o rio Capim é outro curso d'água de maior importância nesse local e serve de limite entre Paragominas e São Domingos do Capim. Possui a direção Oeste-Leste, depois, a direção Norte, até chegar ao paralelo de 3º, onde recebe o rio Candiru-Açu, seu último afluente da margem direita dentro do Município, serra do Tambaú de limite natural com São Domingos do Capim. O rio Uraiam banha a sede do Município a Noroeste.

MÉTODO

O método utilizado nesse estudo foi baseado na "necessidade de adentrar a cidade para tomar-lhe a temperatura do ar (ALVES, 2009)". Ela promove a coleta de dados em campo em quatro pontos que se diferenciavam basicamente pelo uso e ocupação do solo. No presente estudo, ampliou-se de quatro para cinco pontos de coleta para melhor identificar o campo de ação da biomassa vegetal do Parque Ambiental de Paragominas em áreas próximas ao mesmo.

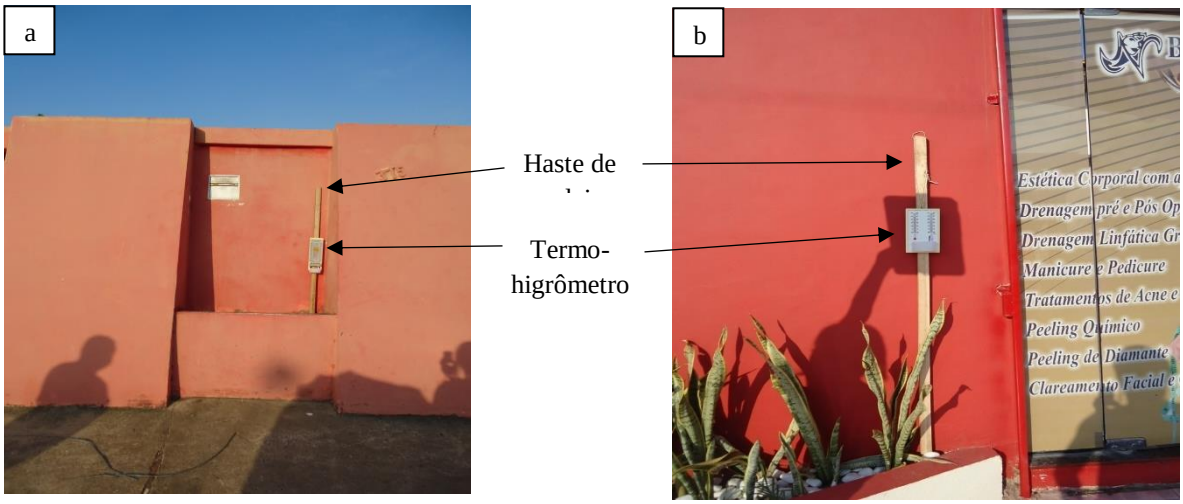
Vale ressaltar que não foram mensuradas as condições de conforto, além do mais, este estudo não está restrito às condições de temperatura do ar e umidade, mas também a outras parâmetros ambientais que também não foram mensuradas, como a velocidade e direção dos ventos e a radiação solar, mas não se deve desconsiderá-las, principalmente no momento de sugerir as intervenções urbanas para melhoria das condições do conforto térmico no município de Paragominas.

De acordo com esta proposta metodológica, foi necessário primeiramente selecionar os locais da área de estudo com características relativamente homogêneas. Ao término dessa fase, os dados coletados foram trabalhados e analisados, para identificação das possíveis variações climáticas intra-urbanas relacionadas ao padrão de ocupação urbano da cidade.

LOCALIZAÇÃO DOS PONTOS DA COLETA DE DADOS

P_1 localiza-se na Rua Renato Pereira Novaes de coordenadas 23°79’61” de Latitude e 96°69’986 de Longitude, e a altitude é de 88m exatamente em frente à residência de número. A área é toda pavimentada e nas calçadas a arborização é mínima, contendo apenas algumas árvores na calçada oposta ao ponto (Figura 8a). **P_2** situa-se na Rua Maria Angélica Dantas de coordenadas 23°80’24” de Latitude e 96°70’018 de Longitude, e a altitude é de 92m e localiza-se em frente à uma clínica de Estética, sem qualquer arborização próxima (Figura 8b).

Figura 8 – a) Vista frontal de **P_1**; b) Vista frontal de **P_2**. Rua Maria Angélica, bairro Promissão, Loteamento I.Paragominas - PA.



Fonte: autores (2012).

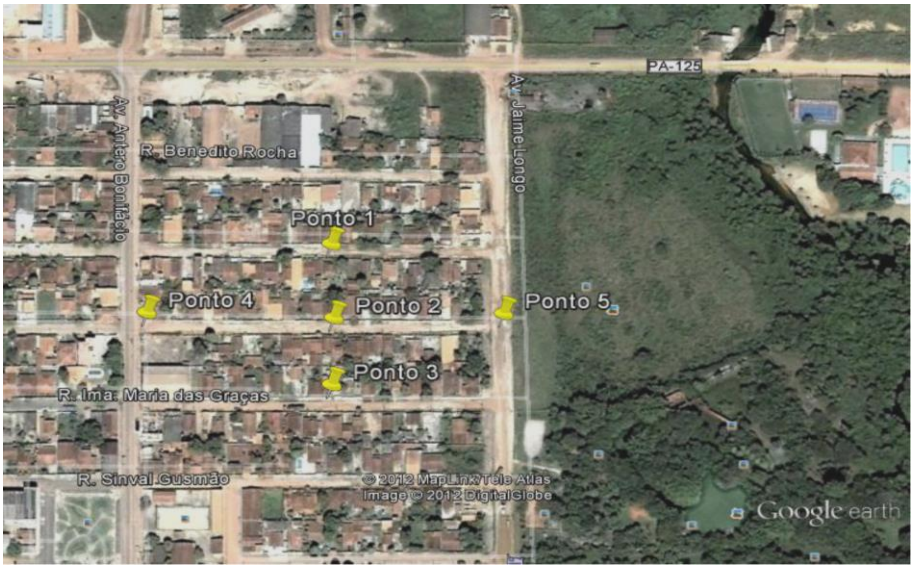
P3 (Figura 9a) encontra-se na Rua Irmã Maria das Graças de coordenadas 23°80’71” S de Latitude, 96°70’054W de Longitude, e a altitude é de 96 m. Localiza-se em frente à academia de Caratê e possui uma arvore próxima ao ponto de medição, a rua é toda pavimentada. **P4** localiza-se na Avenida Antero Bonifácio de coordenadas 23°81’09” W de Latitude, 96°69’906S de Longitude, e a altitude é de 91m. A área é totalmente pavimentada, é a via principal do Bairro Promissão, Loteamento I, próximo a uma floricultura (Figura 9b). **P5** (Figura 9c) situa-se na Avenida Jaime Longo (Avenida do parque Ambiental) e possui coordenadas 23°79’33” N de Latitude, 9670114S de Longitude, e a altitude é de 97m, exatamente no canteiro central que divide as vias de circulação

Figura 10 - Vista lateral de **P3**, localizado na Rua Irmã Maria das Graças; b) Vista frontal de **P4**, localizado na Avenida Antero Bonifácio, bairro Promissão, Loteamento I. Paragominas – PA.

Fonte: autores (2012).

Estes logradouros foram previamente escolhidos por apresentarem uma proximidade maior com o Parque Ambiental de Paragominas, onde há ocorrência de uma grande biomassa vegetal (Figura 10).

Figura 10 – Vista superior das cinco áreas e os pontos de coleta.Parque Ambiental de Paragominas – PA.



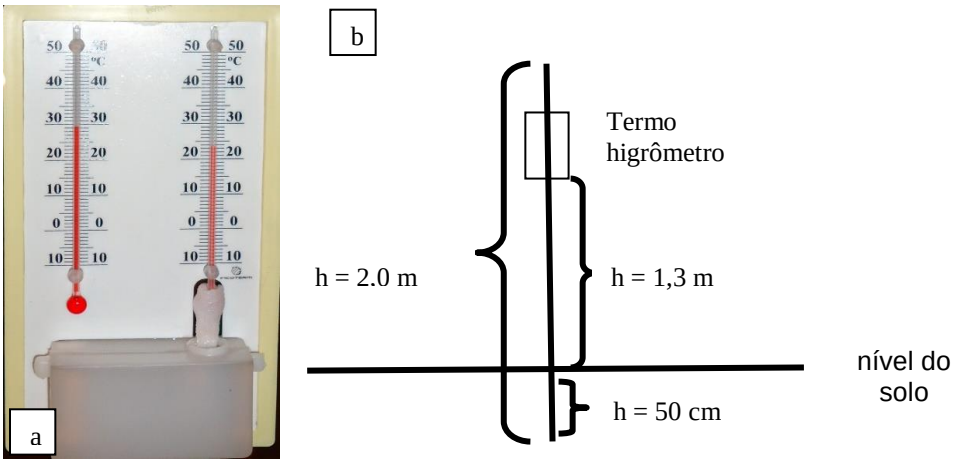
Elaborada a partir de dados coletados no Google Earth (2007).

COLETAS DE DADOS

Para os valores de temperatura do ar do ar e umidade relativa do ar foram efetuadas 210 amostragens em sete dias (8 a 14 de novembro de 2012) em seis horários distintos (00h00; 04h00; 08h00; 12h00; 16h00; 20h00) e em cinco pontos diferentes: **P_1** - Rua Renato Pereira Novais; **P_2** - Rua Maria Angélica; **P_3** - Rua Irmã Maria da Graça; **P_4** - Avenida Antero Bonifácio; **P_5** - Avenida Jaime Longo.

Em cada uma das ruas e avenidas selecionadas foram fixadas (50 cm abaixo no nível do solo), no ponto médio, em metros, hastes de madeira de 2,0 de comprimento nos solos disponíveis diante das residências, em seguidas foram prumadas. Em cada um dos pontos de coleta de dados, foi alocado um termo higrômetro (Figura 9a), a 1,3 m acima do nível do solo (Figura 9b).

Figura 9 – **a)** Termo higrômetro fixado na haste de madeira; b) croqui de fixação da haste de madeira. Paragominas – PA.



Fonte: autores (2012).

Os valores para a umidade relativa do ar foram calculados a partir da diferença entre temperatura do ar do bulbo seco e a temperatura do ar do bulbo úmido, à qual é fornecida pelo

produtor, a qual determina a percentagem da umidade relativa considerando a diferença encontrada entres os dois termômetros e o valor registrado pelo termômetro de bulbo seco (Tabela 2).

Tabela 2 - Tabela utilizada para o cálculo da umidade relativa do ar, fornecida pelo fabricante.

Term seco	DIFERENÇA EM °C ENTRE O TERMÔMETRO ÚMIDO E SECO																			
	0,5	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5	5,5	6	6,5	7	7,5	8	8,5	9	9,5	10
0	90	80	70	60	50	41	31	21	12											
01	90	81	71	62	53	43	34	25	16	08										
02	91	82	73	64	55	46	36	29	21	12										
03	91	82	74	65	57	49	40	32	24	16	09									
04	92	83	75	67	59	51	43	35	28	20	13	05								
05	92	84	76	68	61	53	46	38	31	24	17	10								
06	92	85	77	70	62	55	48	41	34	27	20	14	07							
07	93	85	78	71	64	57	50	44	37	30	24	17	11	05						
08	93	86	79	72	65	59	52	46	39	33	27	21	15	09						
09	93	86	80	73	67	60	54	48	42	36	30	24	18	12	07					
10	93	87	80	74	68	62	56	50	44	38	33	27	21	16	10	05				
11	94	87	81	75	69	63	58	52	46	41	35	30	24	19	14	09				
12	94	88	82	76	70	65	59	54	48	43	37	32	27	22	17	12	07			
13	94	88	83	77	71	66	61	55	50	45	40	35	30	25	20	15	11	06		
14	94	89	83	78	72	67	62	57	52	47	42	37	32	27	23	18	14	09	05	
15	94	89	84	78	73	68	63	58	53	48	44	39	34	30	25	21	17	12	08	
16	95	89	84	79	74	69	64	59	55	50	45	41	37	32	28	24	19	15	11	07
17	95	90	85	80	75	70	65	61	56	52	47	43	38	34	30	26	22	18	14	10
18	95	90	85	80	76	71	66	62	57	53	49	45	40	36	32	28	24	20	17	13
19	95	90	85	81	76	72	67	63	59	54	50	46	42	38	34	30	27	23	19	16
20	95	91	86	81	77	73	68	64	60	56	52	48	44	40	36	32	29	25	22	18
21	95	91	86	82	78	73	69	65	61	57	53	49	45	42	39	34	31	27	24	20
22	95	91	87	82	78	74	71	66	62	58	54	50	47	43	40	36	33	29	26	23
23	96	91	87	83	79	75	71	67	63	59	55	52	48	45	41	38	34	31	28	25
24	96	91	87	83	79	75	71	68	64	60	57	53	49	46	43	39	36	33	30	27
25	96	92	88	84	80	76	72	68	65	61	58	54	51	47	44	41	38	34	31	28
26	96	92	88	84	80	76	73	69	65	62	59	55	52	49	45	42	39	36	33	30
27	96	92	88	84	81	77	73	70	66	63	59	56	53	50	47	44	41	38	35	32
28	96	92	88	85	81	77	74	70	67	64	60	57	54	51	48	45	42	39	36	33
29	96	92	89	85	81	78	74	71	68	64	61	58	55	52	49	46	43	40	37	35
30	96	93	89	85	82	78	75	72	68	65	62	59	56	53	50	47	44	42	39	36
31	96	93	89	85	82	79	75	72	69	66	63	60	57	54	51	48	45	43	40	37
32	96	93	89	86	82	79	76	73	70	67	63	61	58	55	52	49	46	44	41	39
33	96	93	89	86	83	80	76	73	70	67	64	61	58	56	53	50	48	45	42	40
34	96	93	90	86	83	80	77	74	71	68	65	62	59	56	54	51	48	46	43	41
35	97	93	90	87	83	80	77	74	71	68	65	63	60	57	55	52	49	47	44	42
36	97	93	90	87	84	81	78	75	72	69	66	63	61	58	55	53	50	48	45	43
37	97	93	90	87	84	81	78	75	72	69	66	64	61	59	56	54	51	49	46	44
38	97	94	90	87	84	81	78	75	73	70	67	64	62	59	57	54	52	50	47	45
39	97	94	91	87	84	82	79	76	73	70	68	65	62	60	57	55	53	50	48	46
40	97	94	91	88	85	82	79	76	75	71	68	66	63	61	58	56	54	51	49	47

Fonte: Corrêa (2008)

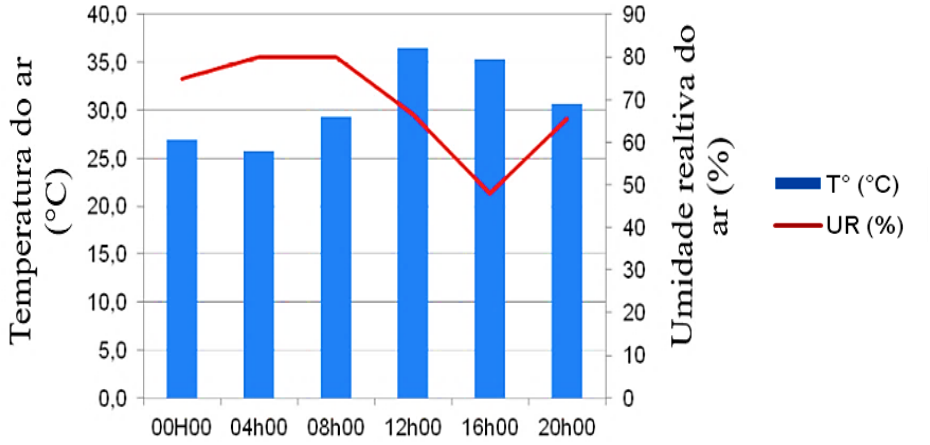
TRATAMENTO ESTATÍSTICO DOS DADOS

O tratamento estatístico dos dados foi efetuado com o uso de planilhas eletrônicas contidas no *software* Excel, versão 2010 (MICROSOLFT CORPORATION, 2010). A estatística aplicada foi a descritiva com o cálculo da média ($\overline{x}$) aritmética de temperatura do ar e umidade relativa do ar, em cada ponto de coleta.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados obtidos e analisados para **P_1** indicaram que a maior média na variação de temperatura do ar ocorreu às 12h00 minutos, e a menor média de variação ocorreu às 04h00. Quanto a umidade relativa do ar, a análise dos dados indicou que a menor média ocorreu as 16h00, e apresentou-se estável entre 04h00 e 08h00. Porém, a partir desse horário até as 16h00 há uma tendência a diminuição desse parâmetro e, a partir desse horário, de elevação (Figura 10).

Figura 10 – Tendências de variação entre temperatura do ar do ar e Umidade relativa do ar em **P1.** Paragominas – PA.



Fonte: autores (2012).

Acerca da tendência de variação na temperatura do ar do ar e umidade relativa do ar, foi efetuado estudo em São Luis – MA, por Araújo (2009), o autor concluiu que as mudanças produzidas no balanço energético local devido à área urbanizada que produz alterações na paisagem natural, causando mudanças nos elementos do clima. Em Paragominas, nesse ponto (**P1**), percebeu-se que os dois parâmetros ambientais analisados, apresentaram valores distintos em horários diferentes no mesmo espaço urbano, o que pode ser explicado pela modificação ocorrida na paisagem natural devido ao crescimento da área urbanizada no município de Paragominas, corroborando, dessa forma, com a conclusão descrita para São Luis.

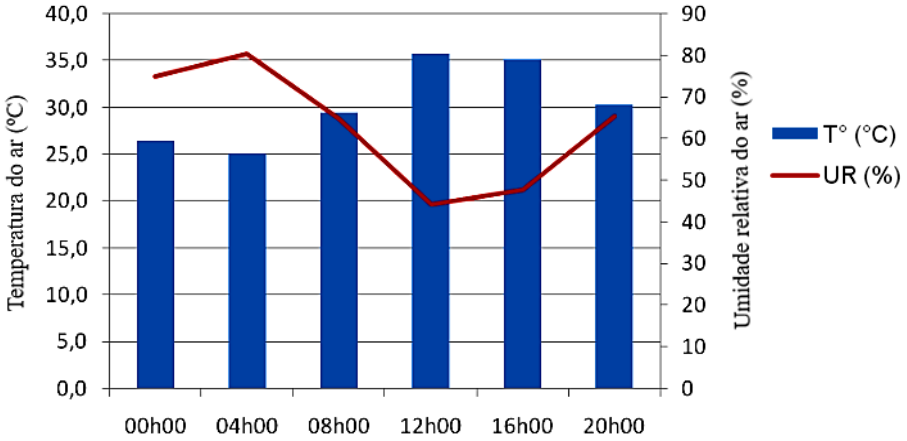
Outra explicação é a estrutura física da área na Rua Renato Pereira Novaes (Figura 11), apresenta baixa densidade vegetal, totalmente pavimentada, e construções horizontais com pé direito aparentando uma altura homogênea o que permite maior circulação do ar atmosférico advindo do Parque Ambiental Municipal, pois o dossel das árvores funciona como um aparato para a velocidade do vento e podem modificar a direção do mesmo, e este, agindo sobre o calor latente do local, promove a dispersão dele. Mesmo assim, entre os pontos estudados, este mostrou ser o mais seco da cidade, já que predomina a ocupação horizontal proporcionando poucas áreas sombreadas, e a arborização, na via, é inexistente.

Figura 11 - Vista frontal da Rua Renato Pereira Novaes, bairro Promissão, Loteamento I, onde é visível a escassez de vegetação. Paragominas - PA.

Fonte: autores (2012).

Os dados obtidos e analisados para **P_2 -** Rua Maria Angélica**,** indicaram que o maior valor para a temperatura do ar, ocorreu às 12h00, e o menor, às 04h00. Quanto a umidade relativa do ar, a análise dos dados indicou que às 12h00, o valor foi elevado, e manteve-se até as 04h00. A partir deste horário, até as 12h00, a tendência foi para diminuição (Figura 12)

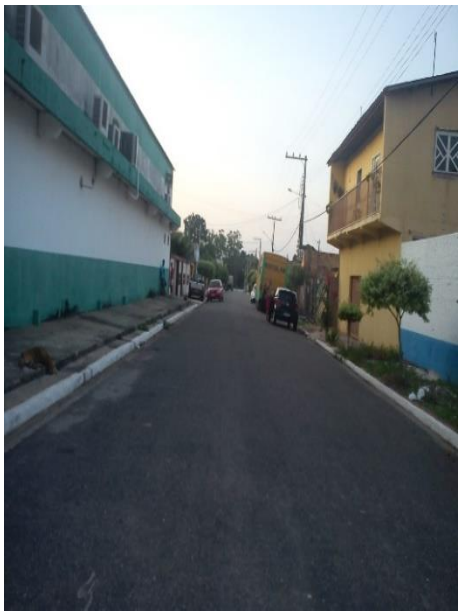
Figura 12 – Valores para temperatura do ar e umidade relativa do ar no ponto de coleta **P_2.** Paragominas – PA.



Fonte: autores (2012).

Sobre a climatologia dinâmica, Modna e Vecchia (2003), realizaram uma pesquisa em São Carlos – SP, e os dados obtidos indicaram que princípios norteadores desse estudo permite a identificação das variações climáticas críticas ao conforto e à saúde humana, e que o ambiente urbano árido apresenta condições indicadoras de desconforto e insalubridade. Na pesquisa realizada em Paragominas, **P_2,** Rua Maria Angélica (Figura 13), apresenta um padrão de ocupação horizontal, sem construções verticais, sem arborização adequada, pavimentação de calçadas e vias de fluxo, que contribuem para a elevação do estado de aridez, e determina uma similaridade com o ocorrido em São Carlos.

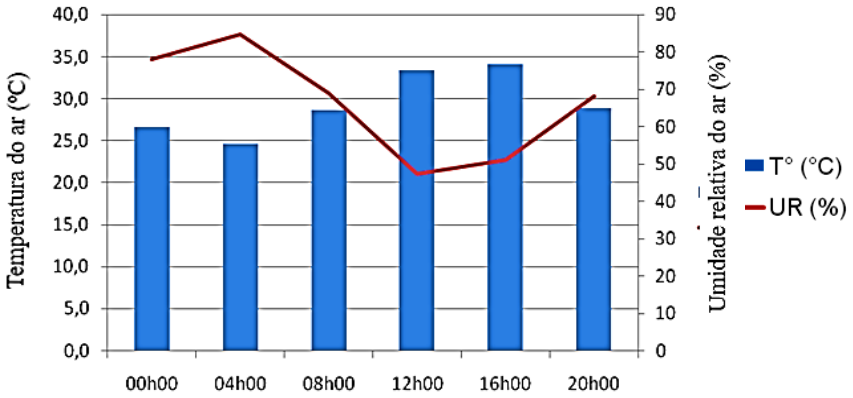
Figura 13 - Vista frontal da Rua Maria Angélica, bairro Promissão, Loteamento I, com ausência de construções verticais, pavimentação de calçadas e pistas de rolamento, escassez de vegetação, caracterizando a aridez. Paragominas – PA.



Fonte: autores (2012).

Para **P3** (Rua Irmã Maria das Graças), a análise dos dados indicou que houve tendência de elevação da temperatura às 16h00s, e a diminuição, às 04h00 minutos. Quanto a umidade relativa do ar, os dados obtidos e analisados indicaram uma tendência a diminuição as 12h00 e, a partir desse horário, houve elevação. Isso ocorreu entre 16h00 e 04h00. Porém, a partir desse horário até as 12h00, a tendência da UR, é de diminuição (Figura 14)

Figura 14 – Valores para a temperatura do ar e umidade relativa do ar no ponto de coleta **P3**. Paragominas – PA.



Fonte: autores (2012).

Quanto as influências do uso e ocupação solo sobre os parâmetros ambientais aqui analisados, foi efetuado um estudo, na Região Metropolitana de Belém, (RMB), por Conceição e Damasceno (2007), onde esses autores procuram identificar as possíveis influências entre ambos. Sobre isso, ele concluiram que, o crescimento populacional na RMB pressionou a ampliação de áreas urbanizadas e provocou alterações em ambos. Nas duas últimas décadas, no município de Paragominas, principalmente na zona urbana, fez-se necessário modificar o uso do solo de Floresta Natural para "Floresta de concreto", e assim proporcionar maior área habitável e que atenda os moradores quanto a unidades habitacionais disponíveis, com ruas e calçadas pavimentadas, o que, para a maioria, significa "melhoria na qualidade de vida".

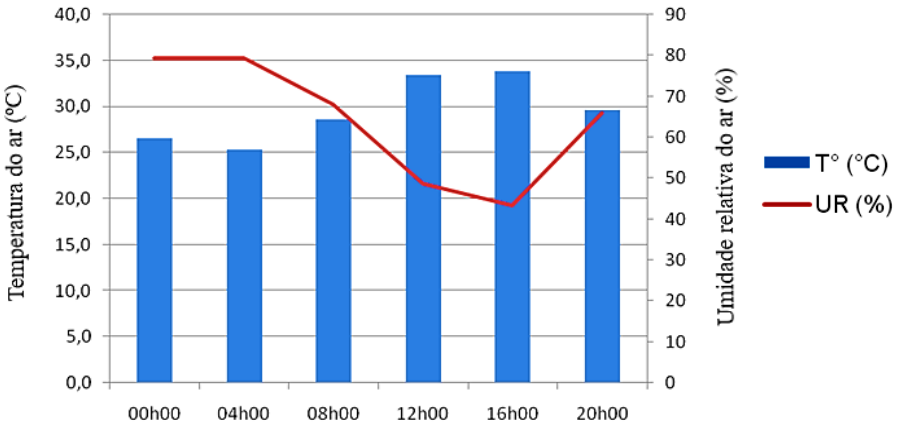
Surpreendentemente, os valores obtidos para temperatura do ar e umidade relativa mostraram tendências a diminuição, quando comparadas aos valores obtidos para **P1** e **P2**. Este fato está relacionado pela maior presença de biomassa vegetal verificada na área (Figura 154), proporciona sombreamento e elevação na taxa da transpiração, incremento na oferta de água no ar atmosférico, elevando a umidade, além da baixa incidência de fluxo de veículos de quatro e dois eixos neste logradouro público.

Figura 15 - Vista frontal de **P3** - Rua Irmã Maria das Graças (Figura 14a), bairro Promissão, Loteamento I, onde se observa a presença de vegetação mais abundante quando comparada com **P1** (Figura 14b) e **P2** (Figura 14c). Paragominas – PA.

Fonte: autores (2012).

Em relação a **P4,** Avenida Antero Bonifácio, a análise dos dados obtidos indicou que houve tendência de elevação para os valores da temperatura do ar às 16h00 minutos, mas, as 004h00, houve tendência a diminuição. Quanto a umidade relativa do ar, os dados obtidos indicaram uma tendência a diminuição até as 16h00, com uma estabilidade entre 00h00 e 14h00. Porém, a partir desse horário até as 16h00, a tendência foi para a diminuição. Porém, deste horário até a 00h00, a tendência foi de elevação (Figura 16).

Figura 16– Valores obtidos para temperatura do ar e umidade relativa do ar em **P4**. Paragominas – PA.



Fonte: autores (2012).

A justificativa para tais valores e tendências para os dois parâmetros ambientais analisadas, é a verticalização das unidades arquitetônicas que estão presentes em **P4,** e isso foi associado a supressão vegetal ocorrida na área para efeito da urbanização. Sobre a verticalização e a modificação do espaço urbano, Santos et al. (2015) afirma que o processo de verticalização é atrelado à expansão urbana que acompanha o crescimento populacional de uma cidade. A produção de edifícios modifica o espaço urbano a partir do momento que demanda outras características vinculadas a esse processo.

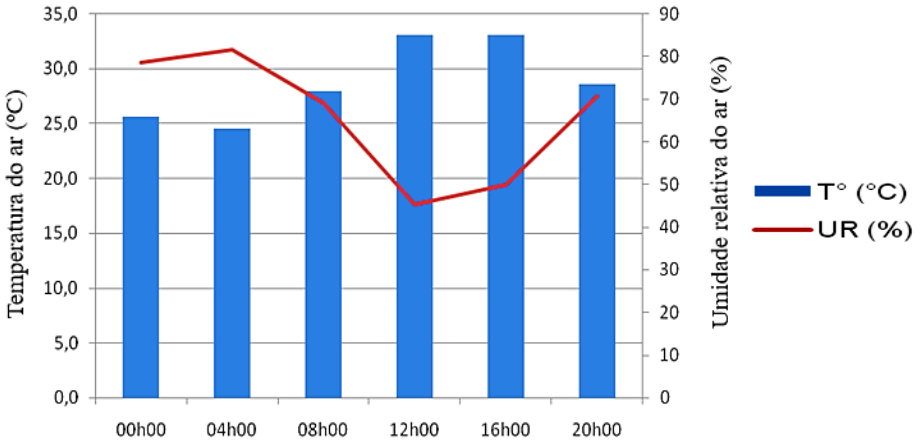
Tows e Mendes (2011), complementam que a verticalização segue um crescimento quantitativo e espacial com peculiaridades que ao longo de seu processo vem alterando a paisagem urbana e o modo de viver da cidade. As consequências da verticalização vão desde aspectos ecológicos, políticos, climáticos, fisio-biológicos, éticos e até psicológicos.

Ambos os dados obtidos nesses estudos corroboram com o que foi observado e mensurado em **P4,** especialmente quanto a alterações dos parâmetros temperatura do ar e umidade relativa do ar, Principalmente durante o dia, pois as áreas verticalizadas contribuem para a existência de superfícies sombreadas e menor área impermeabilizada, além da baixa densidade vegetal, alto fluxo de veículos de quatro e dois eixos, é pavimentada e possui um padrão de ocupação predominantemente vertical (Figura 17a). Esse padrão físico difere daqueles observados em **P1 (**Figura 17b), **P2 (**Figura 17c) e **P3** (Figura 17d).

Figura 17 - Vista frontal de **P4 -** Avenida Antero Bonifácio, bairro Promissão, Loteamento I, onde há predominância de verticalização nas construções e baixa densidade vegetal. Paragominas - PA

Finalmente, para **P_5 -** Avenida Jaime Longo, os dados obtidos e analisados indicaram que, entre 12h00 e 16h00, houve tendência de elevação da temperatura do ar, e diminuição as 04h00. Quanto a umidade relativa do ar, a análise dos dados indicou que a tendência para diminuição ocorreu às 12h00, mas, ocorreu tendência a elevação as 04h00. Porém, a partir desse horário até as 12h00, houve tendência a diminuição (Figura 18).

Figura 18 – Valores obtidos para **P_5 –** Avenida Jaime Longo, para temperatura do ar e umidade relativa do ar. Paragominas – PA.



Fonte: autores (2012).

Acerca dessas tendências, a pesquisa realizada na cidade de Cuiabá – MT, por Almeida Junior (2005), os dados obtidos indicaram que a influência da vegetação sobre o clima na região central da cidade e, com isso, provoca sensíveis diferenças na temperatura do ar e umidade relativa do ar, quando existe o sombreamento proporcionado pela arborização ou existência de praças. Em Paragominas, a Avenida Jaime Longo (Figura 19) é uma área que apresenta canteiro central arborizado, menor presença de unidades arquitetônicas horizontais e verticais, estas, em menor número, e é frontal ao Parque Ambiental de Paragominas, uma Unidade de Conservação classificada como de Proteção Integral, e subdivisão da categoria Parque Nacional, posto que, é um Parque Municipal.

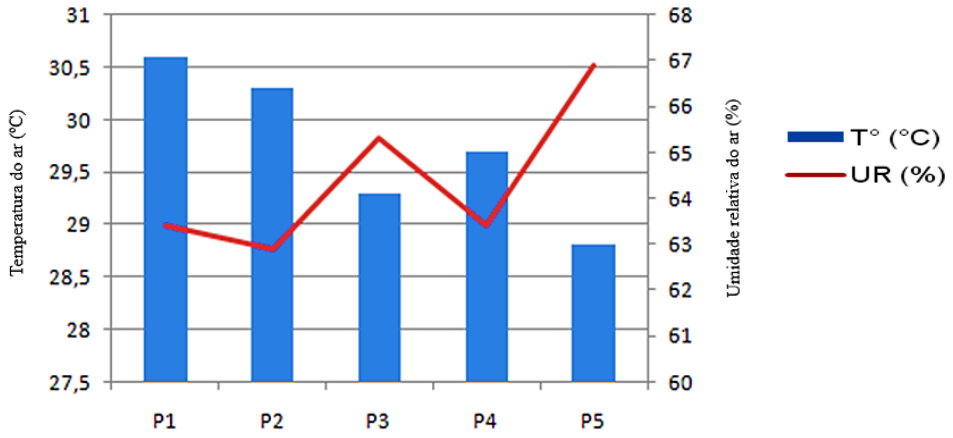
Figura 19 - Vista frontal da Avenida Jaime Longo, bairro Promissão, Loteamento I, onde se localiza o Parque Ambiental. Paragominas – PA.

Parque Ambiental de Paragominas vista lateral.

Fonte: autores (2012).

Devido à presença de arborização, em toda a extensão da Avenida Jaime Longo, a tendência da temperatura do ar é manutenção de valores mais baixos quando comparados aos outros quatro pontos analisados, já a umidade relativa do ar, mantém tenência inversa à temperatura do ar (Figura 20).

Figura 20 - Comparação das médias para temperatura do ar e umidade relativa do ar, obtidas para **P_1, P_2, P_3, P_4 e P_5,** bairro Promissão, Loteamento I. Paragominas – PA.



Fonte: autores (2012).

A ocorrência dessas tendências, é explicada a partir da quantidade arbórea existente nessa avenida, bem como a presença, no interior do Parque Ambiental, do Rio Uraim que funciona como "espelho d'água" e absorve, de forma anômala, a radiação solar, e a libera, de forma gradativa. Sobre a presença de parques urbanos, Rodrigues, Pasqualetto e Garção (2017), efetuaram estudo sobre eles, em Goiânia – GO, e concluiram que eles são criados para suprir determinadas necessidades, tanto para os habitantes de uma cidade que irão usufruir desses espaços para lazer e descanso, quanto para a realização de metas estabelecidas pelas políticas públicas de uma região. Mas principalmente para manutenção da vida silvestre e dos ciclos biogeoquímicos da natureza, os quais são essenciais para o equilíbrio do ambiente, em especial os dois parâmetros ambientais como temperatura do ar e umidade relativa do ar.

CONCLUSÃO

A temperatura do ar e a umidade relativa do ar apresentaram valores diferentes nas cinco áreas analisadas. Nas áreas de maior concentração vegetal, a temperatura do ar apresentou média inferior em relação as áreas onde a vegetação é escassa ou ausente. Quanto maior a proximidade da área estudada com o Parque Ambiental de Paragominas, menor o valor para a temperatura do ar e maior a porcentagem de água na massa de ar atmosférico (umidade relativa do ar). A ação da vegetação parece ser muito mais significativa para impedir o aquecimento do solo do que em promover o resfriamento por evapotranspiração, uma vez que temperatura do ar elevadas provocam como resposta nos vegetais o fechamento dos estômatos, evitando que as folhas percam água para o ambiente.

As pavimentações, sejam concretícias ou asfálticas, e o fluxo de veículos automotores, em subsistemas viários arteriais e vias, contribuíram de forma significativa para as variações nas médias de temperatura do ar e umidade relativa do ar porque nas áreas onde o fluxo é intenso houve elevação da primeira variável e diminuição da segunda. Considerando as médias entres os pontos, essas variações atingiram um diferencial térmico de 1,7ºC entre **P_1**, mais aquecido, e **P_5**, menos aquecido. Entretanto, em valores horários absolutos, essa diferença chegou a atingir 2,4ºC entre **P_5** e **P_2**, às 12h da tarde.

O ambiente urbano árido apresenta condições propícias ao desconforto, e pode atingir situações de insalubridade. Diante disso, reafirma-se a importância da conservação de um ambiente equilibrado, cujas funções fornecem às populações humanas uma grande quantidade de serviços ambientais, que possibilitam condições de boa qualidade de vida.

No que se refere à influência do uso do solo sobre as variações de temperatura do ar e umidade nos cinco pontos escolhidos do Bairro Promissão, Loteamento I, pôde-se identificar a ocorrência desta, principalmente entre os pontos localizados próximos ao Parque Ambiental de Paragominas

(**P_5**), ou com presença de grandes áreas verdes (**P_3**), onde, apesar da ocupação urbana ainda é possível verificar arborização nessas áreas, em relação àqueles situado em área mais afastada ao Parque Ambiental (**P_4**) ou com pouca arborização considerável (**P_1** e **P_2**), devido a uma crescente ocupação urbana desordenada.

SUGESTÕES

A partir do conhecimento obtido sobre as características climáticas de cada ponto, são propostas algumas sugestões para melhoria das possíveis condições de conforto térmico da população. Nesse sentido, indicamos algumas intervenções no desenho urbano das ruas e avenidas estudadas, situados no bairro da Promissão, Loteamento I, considerando os parâmetros ambientais climáticas mensuradas no estudo e outras que possivelmente também interferem no conforto ambiental. Com o intuito de contribuir para o estabelecimento de uma melhor qualidade de vida e ambiental, no que se refere ao conforto térmico, sugere-se:

- Escolha de materiais adequados à realidade climática da região, ou seja, dar preferência àqueles materiais cujas propriedades térmicas não favoreçam tanto armazenamento do calor e a reflexão da radiação, principalmente nos espaços públicos e abertos (calçamentos e passeios), onde os órgãos governamentais têm o dever de atuar em benefício da coletividade.
- Tornar eficiente a fiscalização e o controle por parte dos órgãos municipais no que se refere aos índices de ocupação e aproveitamento dos terrenos ou lotes, de modo a limitar a impermeabilização do solo; além dos espaçamentos e recuos adotados nas edificações, de modo a garantir a porosidade da estrutura urbana.
- Melhorias quanto à infraestrutura urbana, por meio da arborização das vias, construção de áreas de lazer, como praças e ciclovias, propiciando a existência de espaços com características de sombreamento e ventilação. É necessário sensibilizar a população quanto à necessidade de arborização e incluí-la no processo decisório acerca do Plano de Arborização do Município de Paragominas.
- Desobstrução dos espaços situados próximos às margens do Rio Uraim, com a construção de áreas livres, permitindo melhor ventilação para as ruas e avenidas estudadas, além da melhoria das condições de conforto térmico para a população inserida na área.
- Diversidade na arborização dos canteiros centrais, como é o caso da Avenida Jaime Longo e adjacências.
- Incentivar a população a criar e manter jardins e quintais arborizados, propiciando aumento nos índices de cobertura vegetal do bairro e contribuindo para manutenção de microclimas com temperatura do ar mais baixas.
- Ordenação do trânsito e das vias com tráfego intenso, contribuindo para a diminuição da poluição e do aquecimento provocado pelo lançamento de gases oriundos dos veículos automotores.
- Contenção do avanço da urbanização, pois há ruas e avenidas que concentram um considerável percentual de áreas verdes, o que contribui e influencia no equilíbrio térmico das áreas.
- Adequar o ambiente urbano ao clima de um determinado local significa criar espaços que possibilitem ao homem melhores condições de conforto e consequentemente para a melhoria da qualidade de vida.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA JUNIOR, N. L. **Estudo de clima urbano: uma proposta metodológica**. 2005. Dissertação (Mestrado em Ciências Exatas e da Terra) - Universidade Federal do Mato Grosso, Cuiabá, 2005.

ALVES, E. D. L. **Contribuição aos estudos do clima urbano: variação térmica e higrométrica em espaços intra-urbanas**, **Revista Mercator**, v. 8, n. 17, p. 181-191, 2009.

ANDRADE, H. O clima urbano – Natureza, escalas de análise e aplicabilidade. **Finisterra – Revista Portuguesa de Geografia**, n. 80, p. 67-91, 2005.

ANDRADE, F. S**.** Variabilidade da precipitação pluviométrica de um Município do Estado do Pará. **Engenharia Ambiental.** v. 8, n. 4, p. 138-145, 2011.

ARAÚJO, R. R. Bioclimatologia urbana e conforto térmico em São Luis. **Ciências Humanas e Revista,** v. 7, n. 2, p. 1 - 9, 2009.

AZIMUTE de um astro. In: **nautilus.** Disponível em: <http://nautilus.fis.uc.pt/astro/hu/movi/azimute.html>. Acesso em 19 nov. 2012

BARBOSA, R. V. R. **Áreas verdes e qualidade térmica em ambientes urbanos: estudo em microclimas de Maceió (AL).** 2005. Dissertação (Mestrado em Ciências da Engenharia Ambiental). Universidade de São Paulo, São Carlos, 2005.

BARBUGLI, R. A. **Influência do ambiente construído na distribuição das Temperatura do ar em Araraquara/SP.** 2004. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2004.

BORGES, M. G. E. **Influência do ambiente construído no microclima urbano: Estudo de caso no campus da Universidade Federal de Santa Catarina.** 2009. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2009.

BUENO-BARTHOLOMEI, C. L. **Conforto III: Térmico.** Presidente Prudente: FCT – UNESP,2006.

CALOR Latente. In: **cepa.** Disponível em: <http://www.cepa.if.usp.br/energia/energia1999/Grupo2B/Refrigeracao/latente.htm>. Acesso em 19 nov. 2012

CHIQUETTO, J. B. **O sistema de clima urbano. Uma visão geográfica.** Disponível em: <http://www.geografia.fflch.usp.br/graduacao/apoio/Apoio/Apoio_Elisa/flg0355/filespdf/Clima_urbano.pdf>. Acesso em: 10 dez.2012.

CONCEIÇÃO, R. L.; DAMASCENO, E. O. **Variações termo higrométricas e sua relação com o uso do solo durante a estação seca na cidade de Belém, Pará.** 2007. Monografia (Graduação em Engenharia Ambiental) - Universidade do Estado do Pará, Belém, 2007.

CONTI, J. B. Objeto e método da climatologia. **Revista do Departamento de Geografia,** v. 18, p. 89 – 94, 2006.

CORRÊA, P. B.; CORRÊA, J. A. J.; ANDRADE, S. C. P. Análise da temperatura do ar de superfície da área urbana de Santarém através de imagens termais do Landsat 5. **Revista Geonorte**, v. 4, n. 2, p. 714 – 722, 2012.

CORRÊA, L. V. **Avaliação do efeito amenizador climático de algumas áreas verdes do espaço urbano de Belém-PA.** 2008. Monografia (Graduação em Engenharia Ambiental) – Universidade do Estado do Pará, Belém, 2008.

CORRÊA, L. V. **Análise dos efeitos térmicos de superfície na cidade de Belém-Pará-Brasil utilizando imagens de satélite**. 2011. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) - Universidade Federal do Pará, Belém, 2011.

COSTA, A. D. L. **Análise bioclimática e investigação do conforto térmico em ambientes externos: uma experiência no bairro de Petrópolis em Natal/RN.** 2003. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2003.

FEITOSA, S. M. R. **Alterações climáticas em Teresina-PI decorrentes da urbanização e supressão de áreas verdes.** 2010. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) **–** Universidade Federal do Piauí, Teresina, 2010.

FROTA, A. B.; SHIFFER, S. R. **Manual do conforto térmico.** 7 ed. São Paulo: Studio Nobel, 2003.

HIRAI, E. H. **Avaliação da exploração florestal de impacto reduzido em atributos físicos e químicos do solo e na regeneração natural em Paragominas, PA** 2011. Dissertação (Mestrado em Ciência Ambientais). Universidade Federal do Pará, Belém, 2011.

GOMES, M. A. S.; AMORIM, M. C. C. T. Arborização e conforto térmico no espaço urbano: estudo de caso nas praças públicas de Presidente Prudente (SP). **Caminhos de Geografia - Revista on line,** v. 7, n. 10, p. 94-106, 2003.

GONÇALVES, S. F. S. **Relações entre os sistemas de produção agropecuários adotados e a qualidade da água em igarapés Amazônicos de duas bacias hidrográficas na região de Paragominas (PA)**. 2007. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) - Universidade Federal do Pará, Belém, 2007.

GOOGLE. **Google Earth.** Version 7.0 (beta): satellite's image software. Disponível em http://earth.google.com/. Acesso em: 04 nov. 2012.

IBGE.INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Cidades@ – Censo Demográfico 2010.** Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/cidadesat/xtras/perfil.php?codmun=150550>. Acesso em: 12 nov. 2012.

JARDIM, C. H. Variações da temperatura do ar do ar e o papel das áreas verdes nas pesquisas de climatologia urbana. **Revista de Ciências Humanas**, v. 10, n. 1, p. 9 - 25. Viçosa, 2010.

KOTSCHOUBEY, B. *et al.* **Caracterização e gênese dos depósitos de bauxita da província bauxitífera de Paragominas, noroeste da bacia do Grajaú, nordeste do Pará/ oeste do Maranhão,** p. 687-782. s/d. Disponível: <http://www.adimb.com.br/publicacoes_amazonia/Indice/Cap_XI.pdf>. Acesso em: 20 nov.2012.

LEÃO, M. S. **Diagnóstico climático e estudo das variações termo higrométricas do município de Sete Lagoas – MG.** 2008. Dissertação (Mestrado em geografia) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2008.

MONTEIRO, C. A. F. Teoria e clima urbano: um projeto e seus caminhos. In: MENDONÇA, F.; MONTEIRO, C. A. F. (Org.). **Clima urbano**. São Paulo: Contexto, 2003. p. 9-67.

MENDONÇA, F.; MONTEIRO, C. A. F. (Org.). **Clima urbano**. São Paulo: Contexto, 2003. 192p.

MODNA, D.; VECCHIA, F. **Calor e Áreas Verdes: um estudo preliminar do clima de São Carlos, SP.** In: VII ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO e III CONFERÊNCIA LATINO-MERICANA SOBRE CONFORTO E DESEMPENHO ENERGÉTICO DE EDIFICAÇÕES. 7. 2003. Paraná. **Anais...** Curitiba: Universidade Católica de Curitiba, 2003.

NÓBREGA, R. S.; VITAL, L. A. B. Influência da urbanização sobre o microclima de Recife e formação da Ilha de calor. **Revista Brasileira de Geografia Física**, n.3, p. 151 - 156, 2010.

PAIVA, J. P. M. **Análise microclimática em conjuntos habitacionais: o caso do conjunto Ceará – Fortaleza/CE.** 2010. Dissertação (Mestrado em geografia). Universidade Estadual do Ceará, Fortaleza, 2010.

PALMEIRA, A. F. **Técnicas de sensoriamento Remoto e Geoprocessamento aplicadas a gestão do território do Município de Paragominas-PA.** 2005. Dissertação (Mestrado em sensoriamento remoto). Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE, 2005.

PARÁ. INSTITUTO DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO SOCIAL E AMBIENTAL DO PARÁ. **Estatística municipal.** Disponível em: http://iah.iec.pa.gov.br/iah/fulltext/georeferenciamento/paragominas.pdf. Acesso em: 10 dez. 2012

PAULA, R. R. **A influência da vegetação no conforto térmico do ambiente construído.** 2004. 119 p. Dissertação (Mestrado em engenharia civil, arquitetura e urbanismo) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2004.

PEREIRA JÚNIOR, A. **Fertilidade e fauna edáfica em solo sob reflorestamento com Paricá (*Schizolobium amazonicum* Huber ex Ducke) no Município de Aurora do Pará, 2011.** 131 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) - Universidade Federal do Pará, Belém, 2011.

POPULAÇÃO DO BRASIL. s/d. Disponível em: <http://www.populacaodobrasil.com/populacao/populacao-de-paragominas-pa>. Acesso em: 10 dez. 2012

PINTO, A. *et al.* **Diagnóstico socioeconômico e florestal do Município de Paragominas-PA,** Relatório técnico. Belém: IMAZON, 2009.

ROSSI, F. A.; KRUGER, E. L. Análise da variação de temperatura do ars locais em função das características de ocupação do solo em Curitiba. **Revista Espaço Geográfico em Análise,** n. 10, p. 93 -105, 2005.

SANTOS, L. A. *et al*. Impactos socioambientais resultados do processo de verticalização. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO AMBIENTAL. 6. 2015. Rio Grande do Sul. **Anais...**Porto Alegre: Metodista, 2015.

SOUZA, A. S. *et al.* **Análise do conforto térmico em pontos distintos do Município de Paragominas-PA.** (s/d). Disponível em: <http:qwww. http://sic2011.com/sic/arq/3746912508863746912508.pdf>. Acesso em: 26 nov. 2012

TÖWS, R. L.: MENDES, C. M. O estudo da verticalização urbana como objeto da geografia: enfoques e perspectivas metodológicas. In: SIMPÓSIO DE ESTUDOS URBANOS: DESENVOLVIMENTO REGIONAL E DINÂMICA AMBIENTAL, 1, Maringá, PR, 2011. **Anais...** Maringá, PR, 2011.

Kathee Lameira de Araújo
Engenheira Ambiental.
katheearaujo@hotmail.com

Keren Judite Rodrigues dos Santos
Engenheira Ambiental.
keren_santos@hotmail.com

Antônio Pereira Júnior
Mestre em Ciências Ambientais
Universidade do Estado do Pará.
Departamento de Engenharia Ambiental.
antonio.junior@uepa.br