



VARIAÇÕES DE TEMPERATURA E UMIDADE DO AR NA ESTAÇÃO ECOLÓGICA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS

ALEXSANDRO DOS SANTOS OLIVEIRA¹
LÍDIA MARINA BENÍCIA COMINI²
GUILHERME EDUARDO MACÊDO COTA³
KLINSMANN CORTEZZI PEDRAS⁴
JANICE FERREIRA DE SOUZA⁵

Resumo: O clima urbano das principais cidades brasileiras tem sido o alvo de muitos estudos. Belo Horizonte é uma delas. O presente artigo busca entender e mensurar as variações de temperatura e umidade da Estação Ecológica da Universidade Federal de Minas Gerais, inserida nesse contexto urbano. Para atingir esse objetivo, realizou-se medições em diferentes ambientes; analisou-se a carta sinótica e imagem de satélite do dia com as massas de ar atuantes e por fim selecionou-se os dados mais discrepantes para elaboração dos resultados. A partir deles, discutiu-se qual desses ambientes possui elementos que proporcionam conforto térmico para o ser humano.

Palavras-Chave: Clima Urbano; Estação Ecológica; Conforto Térmico.

Abstract: The urban climate of the major Brazilian cities has been the subject of many studies. Belo Horizonte is one of these, and has identified core heating. This article seeks to understand and measure climate changes and moisture of the Federal University of Minas Gerais, which is part of this urban context Ecological Station. To achieve this goal, we performed measurements in different environments of the green area; analyzed the synoptic chart and satellite image of the day with the masses of active air; and finally we selected the most discrepant data for processing of the results. From them, it was discussed which of these environments has elements that provide thermal comfort for humans.

Keywords: Urban climate; Ecological Station, Thermal Comfort.

1 – Introdução

As questões socioambientais urbanas não são recentes, só nas últimas décadas, elas passaram a fazer parte de políticas públicas integradas, em função da escala e da gravidade

-
- 1- Graduando do curso de Geografia IGC/UFMG. E-mail de contato: oliveralex@live.com
 - 2- Graduanda do curso de Geografia IGC/UFMG. E-mail de contato: lidiacomini@gmail.com
 - 3- Graduando do curso de Geografia IGC/UFMG. E-mail de contato: guilhermehmg@hotmail.com
 - 4- Graduando do curso de Geografia IGC/UFMG. E-mail de contato: klinsmanncortezzi@gmail.com
 - 5- Graduanda do curso de Geografia IGC/UFMG. E-mail de contato: janice.fds@hotmail.com



por elas assumidas (SILVA;TRAVASSOS, 2008). Belo Horizonte é um exemplo de município que devido ao “processo de urbanização e industrialização, observou-se a diminuição de áreas verdes, impermeabilização do solo, adensamento das edificações e canalização dos córregos” (ASSIS, 2010)

Segundo Assis (2010) existem “arquipélagos de calor” em Belo Horizonte, que atuam em todos os meses do ano. Nessas áreas, as temperaturas e índices de umidade do ar são homogêneos entre si, pois estão associados às características naturais do terreno, como topografia – altura relativa das formas de relevo -, os cursos d’água – rios e córregos - e à interferência humana no uso e ocupação do solo, desde escalas microclimáticas ou até mesmo em escalas locais quando modifica o solo utilizando-o para a agricultura. Os núcleos de aquecimento ocorrem no hipercentro, na região de Venda Nova e entre a região Oeste e a Pampulha, que está sofrendo rápida expansão e verticalização, que é a crescente construção de prédios nos bairros Castelo e Alípio de Melo. Essas “ilhas de calor” urbanas tem como consequências a alteração da dinâmica de ventos, chuvas e umidade relativa do ar nas grandes cidades aumentando assim o desconforto dentro dessas regiões.

A partir dessas discussões sobre as questões socioambientais urbanas e a identificação de núcleos de aquecimento na capital mineira, o grupo responsável por este artigo, buscou informações sobre áreas verdes existentes próximas a esses “arquipélagos de calor”. Uma delas, existente dentro da própria UFMG (Figura 01). De acordo com Telésforo (2009) a vegetação original é característica da transição entre Floresta Atlântica e o Cerrado, apesar de apresentar espécies exóticas, como o eucalipto, essa mudança vem sendo bem aproveitada nas atividades de educação ambiental desenvolvidas na área.

A estação já foi um orfanato e logo depois um depósito de entulhos. A partir de 1988, devido à insistência de várias pessoas da própria Universidade, começou o processo de replantio de vegetação nativa e algumas exóticas, o que resultou na formação de vários microclimas na área.

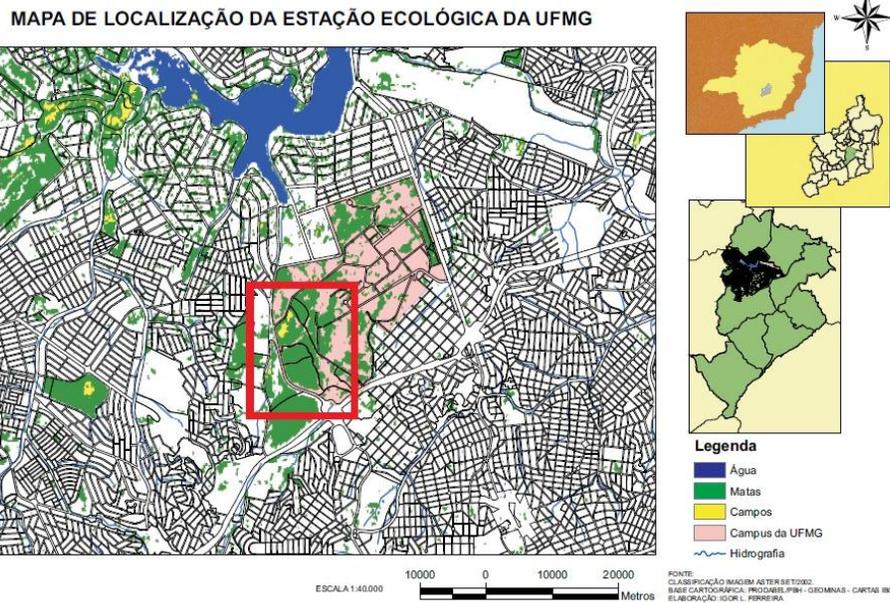


Figura 01 - Localização da Estação Ecológica da UFMG em Belo Horizonte. Coordenadas: S 19° 52' e W 43° 58'. Fonte: < http://www.bibliotecadigital.ufmg.br/dspace/bitstream/handle/1843/MPBB-7SFJ2L/mapa_localiza__o_da_esta__oecologica.pdf?sequence=2> Acesso em: 24 Abr. 2013

Os objetivos do presente artigo são: analisar as relações entre a vegetação e o clima no meio urbano, partindo dos resultados obtidos em campo, propondo comparar os diferentes valores de temperaturas, umidade, direção e intensidade dos ventos, para os distintos microclimas em questão; observar as variações de temperatura e umidade relativa do ar entre os “biótopos” na Estação Ecológica da UFMG permitindo entrelaçar relações interescolares para com os dados pontuais.

Uma das utilidades para esse estudo é entender como os diferentes microclimas interferem em um determinado ambiente, e sua relação com o conforto térmico para o ser humano. Pois a área verde está inserida em uma das ilhas de calor identificadas por Assis (2010), e a ampliação da cobertura vegetal adequada poderá diminuir as temperaturas elevadas.

2 – Metodologia

O primeiro passo consistiu no levantamento e a leitura do material bibliográfico. Os postos de medição foram situados segundo os estudos de Neves (2002): Cerrado, Solo Exposto, Mata Semidecídua com Espécies Nativas e Exóticas (MSENE) e por fim, próximo à



Av. Presidente Carlos Luz. as medições foram realizadas no dia 27/04/2013 no período das 10:30 hs às 15:30 hs, com intervalos de 30 minutos, e no dia 29/03/2014 para se ter uma mensuração melhor dos dados. Os materiais utilizados foram dois psicrômetros giratórios manuais, duas fitas simples, dois termômetros digitais de solo e duas bússolas. As medições de temperatura a seco e úmido e umidade relativa do ar foram obtidas com o psicrômetro de funda. Ele foi rotacionado por dois minutos a uma velocidade constante. Ao fim desse procedimento realizaram-se as leituras das temperaturas a seco e úmido e a partir delas, executava-se uma subtração do valor a seco pelo úmido para encontrar os valores da umidade relativa do ar. Já as temperaturas de solo foram medidas pelo termômetro digital. Associados aos processos anteriores observou-se a direção dos ventos com o auxílio de uma fita e uma bússola para indicar a o seu sentido.

O passo seguinte foi a seleção dos dados mais discrepantes e com isso a comparação horária, como por exemplo, as maiores variações e os menores valores. Além de uma leitura da carta sinótica e da imagem de satélite do dia 27/04/2013 (Figuras 02 e 03), que descrevem as principais massas de ar na perspectiva macroescalar, elaborou-se um croqui para auxiliar na visualização dos sistemas atmosféricos. (Figura 04)

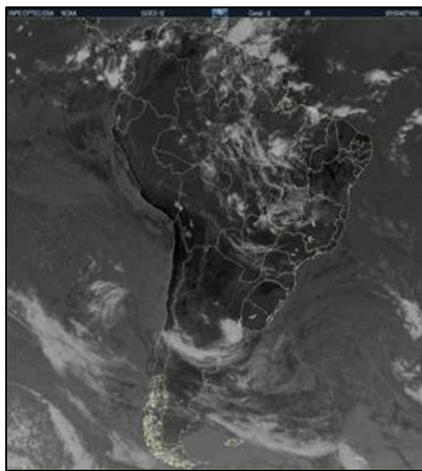


Figura 02 - Foto de satélite do dia 27/04/2013.
Fonte: < <http://satellite.cptec.inpe.br/home/index.jsp> >
Acesso em : 27 Mai. 2013

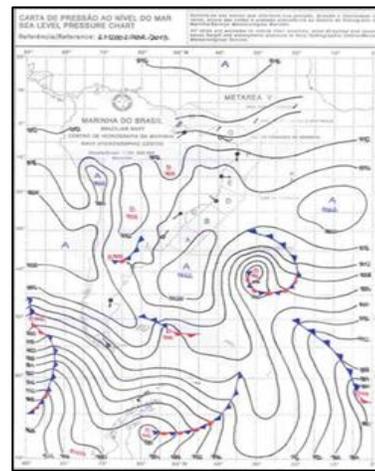


Figura 03 - Carta Sinótica do dia 27/04/13.
Fonte: < <http://www.mar.mil.br/dhn/chm/meteo> >
Acesso em : 27 Mai. 2013

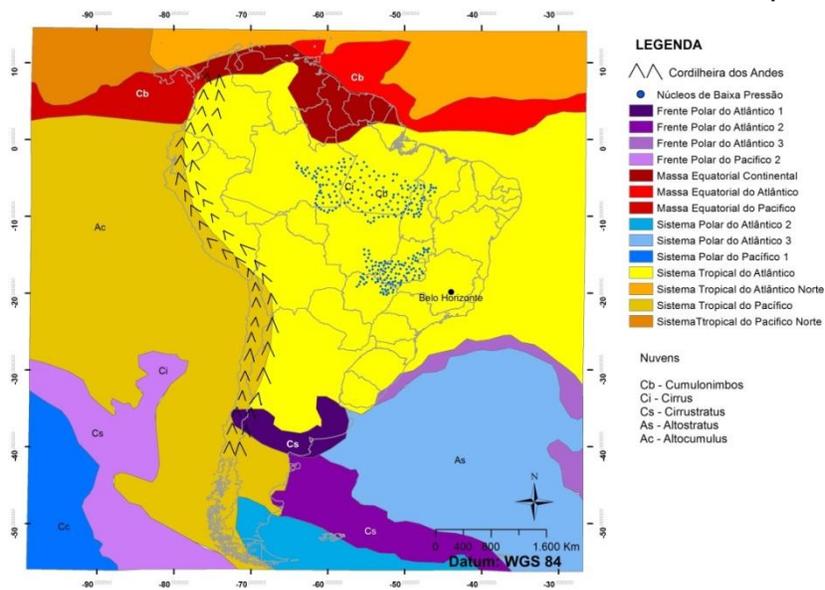


Figura 04 – Centros de Ação e Sistemas Atmosféricos atuantes na América do Sul no dia 27/04/2013.
Fonte: INPE/CPTEC Imagem IR Góes – 13. Organização: COMINI e SOUZA (2013)

3 - Resultados e Discussões

O estado de Minas Gerais possui duas estações bem definidas: uma seca, durante o outono e inverno, na qual atuam a Frente Polar Atlântica (FPA) e o anticiclone subtropical do Atlântico Sul e outra chuvosa, que se estende de outubro a março, em consequência da Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS). Em Belo Horizonte verificou-se a presença de nuvens cirrus, que são nuvens altas e indicam pouca nebulosidade. As três frentes frias indicadas na figura 04 não alcançaram a capital mineira no dia das medições.

Também houve influência do Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul (ASAS) que origina o STA, que influencia o Brasil. Por causa do resfriamento continental a partir do outono esse sistema se estabelece sobre o interior da América do Sul, reduzindo as precipitações e umidade, criando situações de estabilidade meteorológica com dias de céu claro e limpo. Pela análise da carta sinótica, Belo Horizonte recebeu influência do ASAS, assim como a ausência de nuvens devido à alta pressão do anticiclone. Portanto, quanto mais a escala é reduzida, as condições climáticas tornam-se específicas.

A partir desse princípio, os resultados foram discutidos a partir dos componentes de balanço de radiação. Segundo Vianello e Alves (1991), levando em consideração os efeitos do



espalhamento e da absorção pelos constituintes atmosféricos, a radiação solar chega à superfície sob a forma de dois fluxos: radiação direta - atinge diretamente o solo sem interagir com a atmosfera - e radiação difusa - chega ao solo após sofrer o processo de difusão atmosférica, em razão do espalhamento.

Na figura 05 percebe-se como a radiação influi em dois tipos de ambientes diferentes. Na Av. Presidente Carlos Luz essa radiação ocorre sem a presença de uma cobertura vegetal, que no caso reduziria essa radiação direta. A radiação solar incide diretamente sobre o solo que a conduz superficialmente. O solo por ter um calor específico menor que o ar acaba se aquecendo mais rápido. Essa radiação é transmitida por condução e convecção para o ar que recebe energia provinda da superfície. A principal diferença entre as temperaturas do solo e do ar nesta área é que por ser uma área aberta, está sujeita a maior ventilação. O gráfico demonstra essa relação porque a temperatura do solo na Av. Presidente Carlos Luz é sempre maior, pois começou com 33,2°C e 20,2°C no Cerrado às 10h30min da manhã, quando apresenta a maior variação. A menor variação ocorre às 14h30min, quando a temperatura cai para 27,1°C na Av. Presidente Carlos Luz e 23,3°C no Cerrado.

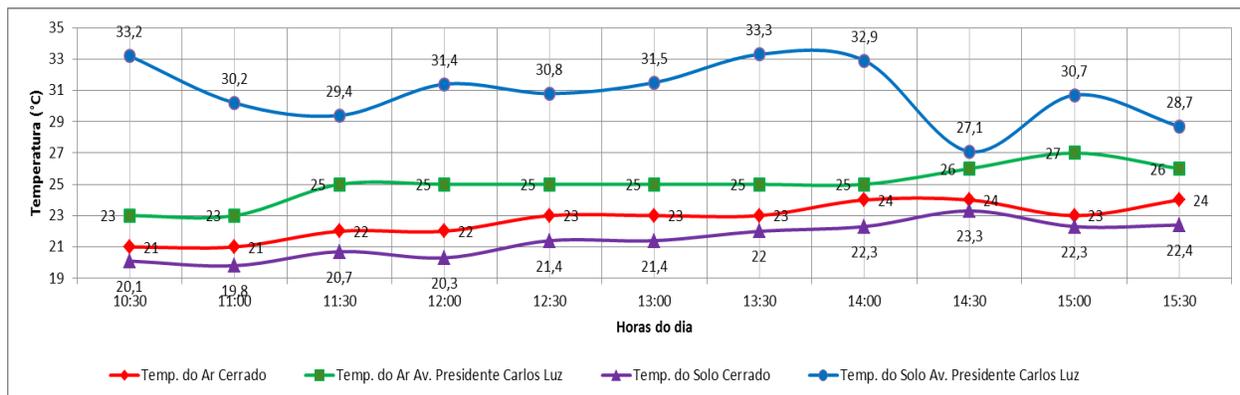


Figura 05 – Estação Ecológica da UFMG: Temperatura do Ar e do Solo no Cerradão e Av. Presidente Carlos Luz. Fonte de dados: medições em campo. Organização: OLIVEIRA e COMINI (2013)

No dia 29/03/2014 a menor variação pode ser verificada no início das medições com temperaturas do solo em 23°C e 28°C no Cerrado e Av. Presidente Carlos Luz respectivamente. A maior variação ocorreu às 14h00min, quando ela chega a 36,8°C na Av. Presidente Carlos Luz e 24,4°C no Cerrado. Tais valores mostram que houve pouca mudança nos valores, apesar da mudanças das massas de ar devido a troca de estação do ano.

No Cerrado a incidência solar ocorre de forma difusa na maior parte e direta em



pequenas frestas da vegetação, por ela ser fechada. Ou seja, a quantidade de radiação incidente nele é muito menor que a em uma área aberta como a Av. Presidente Carlos Luz. Além disso, essa área possui uma pequena cobertura vegetal que retém água, com isso a temperatura leva mais tempo para variar por influência dessa umidade ao contrário de um solo impermeabilizado. A camada da vegetação constrói uma barreira física, conservando a umidade, agindo como um isolante térmico, que diminui as trocas de energia do solo com o ar. Como aponta Geiger (1961) a distribuição vertical da absorção e emissão da radiação pela vegetação significa que não aparecem temperaturas extremas tão afastadas como na superfície nua do solo.

A umidade relativa do ar é um dos fatores que influenciam no conforto térmico do corpo humano segundo Alice Grimm (1999). Conforme Ayoade (1986) apud Souza e Nery (2012) ela desempenha a função de transferir calor entre o indivíduo e o meio através da evapotranspiração, cujos processos fisiológicos para manter o equilíbrio térmico se dão através do suor da pele e da respiração. Observa-se que este elemento meteorológico varia inversamente ao valor da temperatura. Assim, esta relação é capaz de acentuar situações de desconforto térmico.

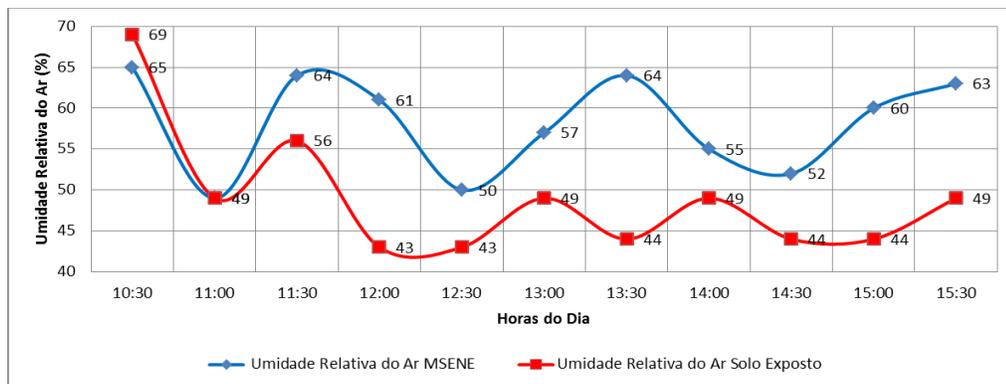


Figura 06 – Estação Ecológica da UFMG: Umidade Relativa do Ar. Fonte de dados: medições em campo. Organização: OLIVEIRA e COMINI (2013)

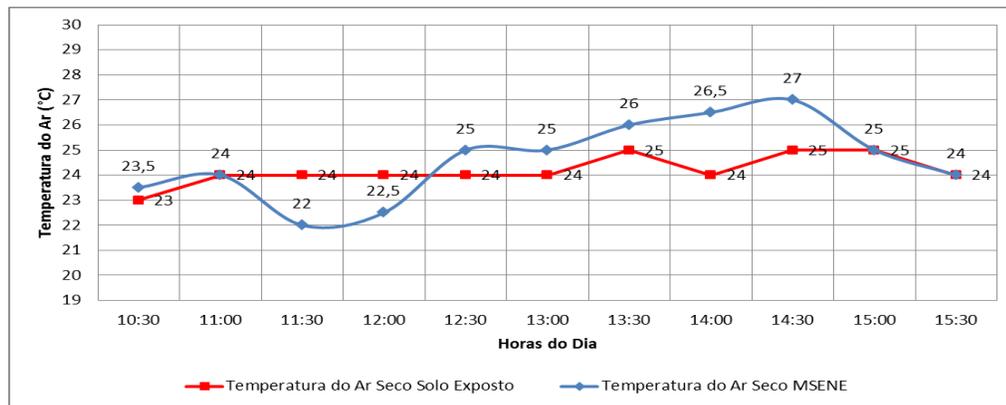


Figura 07 – Estação Ecológica da UFMG: Temperatura do Ar. Fonte de dados: medições em campo. Organização: OLIVEIRA e COMINI (2013)

A figura 06 aponta a diferença de umidade relativa do ar entre os pontos do Solo Exposto e da Mata Atlântica. Quando a radiação solar passou a ser mais intensa nos dois pontos, a partir de 11h30min, os valores começaram a se diferenciar, chegando a uma diferença de 20% no horário de 13h30min, 64% na MSENE⁷ e 44% no Solo Exposto. A MSENE é uma área onde ocorre uma menor incidência direta de radiação para o meio, reduzindo a intensidade das ondas solares quando atingem o solo ou o ar. A radiação incidente nesse sistema provoca a evapotranspiração, ou seja, a planta libera água para o meio reduzindo a disponibilidade de calor sensível aumentando umidade do ambiente. Já no Solo Exposto não existe uma vegetação densa o suficiente que intercepta diretamente os raios solares, portanto recebe radiação direta. Nisto ocorre o processo de condução superficial de calor no solo. O calor ganho nessa superfície é transferido para o ar por processo de condução aumentando a umidade do ar e expandindo suas moléculas. Com essa expansão as partículas do ar presente no ambiente se expandem e aumenta a capacidade evaporativa - ao mesmo tempo que armazena água – reduzindo assim a umidade relativa do ar.

Segundo Geiger (1961) o campo da umidade é determinado pela temperatura. A figura 07 exemplifica essa afirmação, pois quando a temperatura do ar sobe, a umidade relativa do ar cai. Isso acontece no Solo Exposto, pois no intervalo entre 11h00min a 12h00min a temperatura chega a 24°C e a umidade cai para de 49% para 43%. Isso ocorre com intensidades diferentes nos demais postos, pois as variações podem ser maiores ou menores devido a vários fatores como por exemplo o tipo de vegetação, a radiação, direção dos ventos, relevo e etc. Quando a

⁷ Mata Semidecídica com espécies nativas e exóticas.



temperatura do ar cai na MSENE com a intensidade maior entre 11h30min e 12h00min e varia entre 22°C a 22,5°C a umidade do ar eleva-se para 64% e 61%. No decorrer do dia a situação é invertida e permanece estável, a temperatura do ar no Solo Exposto fica entre 24°C e 25°C e umidade em torno de 44% a 49%, e na MSENE entre 25°C a 27°C e 55% a 63%. Somente no meio da tarde as temperaturas do ar se encontram como afirma Geiger (1961), os dois máximos resultam de terem tomado médias que abrangem o dia inteiro onde a umidade relativa é máxima, porque a noite o espaço copas das árvores formam o orvalho, conseqüentemente, a temperatura do ar cairá e a umidade relativa aumentará.

No dia 29/03/2014 a maior variação da umidade relativa do ar foi verificada às 14h00min, quando na MSENE chega a 84% e no Solo Exposto 67% e as temperaturas do ar ficaram em 26°C e 25°C. Pode-se notar que apesar das mudanças de massas de ar e estação do ano, essas variáveis também não apresentaram variações significativas.

Foram criados diversos índices para calcular as faixas de conforto térmico, devido a quantidade de variáveis ambientais e individuais responsáveis pela sensação térmica. (SOUZA; NERY,2012). O Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) desenvolveu o Diagrama de Conforto Humano (figura 7). Souza e Nery (2012) esclarecem que ele considera como termicamente confortável para o ser humano os teores de umidade variando entre 30,0% e 80,0%, dentro da faixa de 8,0°C e 33,0°C, sendo que entre 8,0°C e 20,0°C é preciso ambiente ensolarado e para temperaturas variando de 26,0°C a 33,0°C faz-se necessário ambiente ventilado para obter uma sensação termicamente agradável.

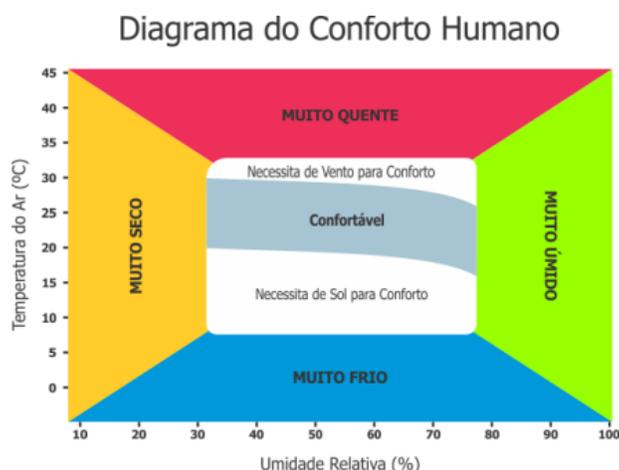


Figura 07: Diagrama do Conforto Humano. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=clima/confortoTermicoHumano>> Acesso em: 11.Mai. 2014



Portanto, considerando esses valores, tanto a MSENE como o Solo Exposto podem ser considerados ambientes confortáveis, desde que seja um ambiente ensolarado e ventilação respectivamente. Como afirma Souza e Nery (2012), o vento quando considerado nas equações tem a capacidade de liberar calor, pode ser um potencial nos dias quentes, mas um limitante nos dias frios para o conforto térmico.

4 - Considerações finais

Há diversas equações que calculam o conforto térmico, mas o Diagrama de Conforto Humano tem sido usado em trabalhos científicos em todo o Brasil, pois utiliza valores de temperatura e umidade relativa das preferências térmicas da população que vivem em regiões tropicais. (SOUZA; NERY,2012).

Quando compara-se as variações entre a MSENE e Solo Exposto percebe-se que lugares com vegetação tendem a ser mais confortáveis do que regiões descampadas. Esta, além de possuir maior radiação incidente apresenta menor umidade. Vale ressaltar também, que “o relevo e a urbanização têm influência sobre a umidade do ar na medida em que influenciam a temperatura.” (Moura et.al. 2013). Outro ponto importante é que a umidade do ar dentro da MSENE (64% e 84%) é igual ou superior do Solo Exposto (49% e 67%) e próxima de áreas urbanas. Ou seja, o foco acerca do clima urbano não deveria ser somente a temperatura, mas também o conforto térmico, que na escala microclimática pode ser modificada pelo homem, onde pode ser usado o Diagrama do Conforto Humano. Ele tem sido muito usado em trabalhos acadêmicos, pois leva em consideração variáveis ligadas à sensação térmica humana.

Este trabalho permitiu quantificar algumas discrepâncias. Seguindo as discussões apresentadas por Assis (2010) sobre os arquipélagos de calor em Belo Horizonte, o ideal seria o planejamento de áreas verdes próximas a essas “ilhas”, que aumentariam o conforto térmico humano, ampliando a umidade do ar, em função da sua maior evapotranspiração. Outro fator é a menor radiação direta que encontra como obstáculo físico a copa das árvores. Essas áreas verdes poderiam ter como modelos a Estação Ecológica da UFMG, adjacentes a esses centros urbanos. Associados a estes espaços verdes nos centros urbanos, seria importante pensar também em outras medidas, como uma maior implantação de árvores nestes, que tem como característica uma maior evapotranspiração e acúmulo de líquidos, aumentando a umidade



dessas áreas. Essas árvores deveriam ser dimensionadas de modo a se evitar problemas com o seu futuro crescimento.

Referências Bibliográficas

ASSIS, W. L. **O sistema clima urbano do município de Belo Horizonte na perspectiva tempo-espacial**. Tese (Doutorado em Geografia) – Departamento de Geografia – Instituto de Geociências – Universidade Federal de Minas Gerais – Belo Horizonte – 2010.

GEIGER, R. **Manual de microclimatologia. O clima da camada de ar junto ao solo**. 4a. ed. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 1961.

GRIMM, A. **Meteorologia Básica – Notas de aula**. UFPR. Disponível em: <<http://fisica.ufpr.br/grimm/aposmeteo/>> Acesso em: 26. Jun. 2013

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. **Diagrama do Conforto Humano**. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=clima/confortoTermicoHumano>> Acesso em: 11.Mai. 2014

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. **Imagem de Satélite**. Disponível em: <<http://satelite.cptec.inpe.br/home/novoSite/index.jsp>> Acesso em: 11.Mai. 2014

Mapa de localização da Estação Ecológica da UFMG. Disponível em: <http://www.bibliotecadigital.ufmg.br/dspace/bitstream/handle/1843/MPBB7SFJ2L/mapa_localiza_o_da_esta_oecologica.pdf?sequence=2> Acesso em: 24 Abr. 2013

MARINHA DO BRASIL. **Cartas Sinóticas**. Disponível em: <<http://www.mar.mil.br/dhn/chm/meteo>> Acesso em: 11.Mai. 2014

MONTEIRO, C. A. F. **Teoria e Cima Urbano**. Tese (Livre Docência) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1975.

MOURA, F. P; MACHADO, L. A; JARDIM, C. H ; BARRETO, A. A. **Correlações entre o relevo, ocupação urbana, temperatura e umidade relativa do ar: estudo de caso na região metropolitana de Belo Horizonte/MG**. In: Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada: uso e ocupação da terra e as mudanças das paisagens, 2013, Vitória. Anais do Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada, 2013. v. 15. p. 138-147.

NEVES, C. **Zoneamento ambiental da estação ecológica da Universidade Federal de Minas**



Gerais : subsídio à implantação de unidades de conservação urbanas. Dissertação (mestrado) – Departamento de Geografia – Instituto de Geociências – Universidade Federal de Minas Gerais – Belo Horizonte – 2002.

SILVA, L; TRAVASSOS, L. **Problemas Ambientais Urbanos: desafios para elaboração de políticas públicas integradas.** Disponível em: <http://www.cadernosmetropole.net/download/cm_artigos/cm19_118.pdf> Acesso em: 15 Jun. 2013

SOUZA, D. M; NERY, J.T. **O conforto térmico na perspectiva da Climatologia Geográfica.** Disponível em: <www.uel.br/revistas/uel/index.php/geografia/article/download/.../13484> Acesso em: 10. Mai. 2014

TELÉSFORO; G. **Estação Ecológica da UFMG: espaço de conhecimento, prática da educação ambiental e conservação da natureza.** Disponível em: <[http://www.agb.org.br/XENPEG/artigos/Poster/P%20\(13\).pdf](http://www.agb.org.br/XENPEG/artigos/Poster/P%20(13).pdf)> Acesso em: 05 Abr. 2013

VIANELLO, R. ALVES, A. **Meteorologia Básica e aplicações.** Viçosa, UFV, Impr. Univ., 1991. 449p.