

A FUNÇÃO DA PRECIPITAÇÃO NO CONFORTO DO CLIMA URBANO DA CIDADE DE MANAUS

Daniel Araujo da Silva
Secretaria de Educação e Qualidade do Ensino do Estado do Amazonas.
daniel_sojesus@yahoo.com.br

O CLIMA DAS CIDADES

Resumo

Há na verdade abundante discussão na atualidade a respeito do clima planetário, que muitas vezes se nos apresenta com várias abordagens como mudanças climáticas, aquecimento global, efeito estufa, clima e ambiente, entre outros. O clima é um dos elementos mais variantes da natureza. Para Kandel (1990, p.27), o clima “É uma certa regularidade subjacente a uma aparente desordem.” Dessa maneira, se torna uma ordem composta resultante das desordens de alguns elementos atmosféricos. Sendo assim, o clima é um dos elementos mais complexos da atmosfera terrestre. Adicione-se essa complexidade às características do clima urbano, que é um clima modificado em virtude dos componentes e estrutura da urbanização. Na cidade de Manaus em consequência da ausência de precipitação, que ocorre entre os meses de Julho a Novembro, é o período em que as temperaturas locais registram maiores valores diários alcançando índices superiores a 40°C. Estes são os meses de excessivo desconforto térmico local. Este quadro somente é amenizado com a presença de chuvas, segundo será comprovado neste artigo. A cidade de Manaus assim como a maior parte da região Amazônica têm clima caracterizado pelo desconforto natural, do tipo Equatorial quente e úmido, tendo como origem dois fatores principais: a localização geográfica e a topografia. Este desconforto climático somente é amenizado principalmente pela ocorrência de precipitação, que graças à natureza é abundante na região na maior parte do ano. As precipitações na Amazônia Ocidental e Central e também na cidade de Manaus sofrem variações negativas na sua quantidade, em decorrência da atuação do fenômeno El Niño Oscilações Sul (ENSO). Portanto em período de El Niño haverá menos precipitação na cidade e regiões próximas, agravando adicionalmente o desconforto térmico local (Molion, 2008). Este estudo se justifica em virtude de buscar entender qual é a margem de influência benéfica que a precipitação traz para o clima da cidade de Manaus, e reconhecer cientificamente a contribuição desse importante elemento natural no conforto térmico local. Ademais, malgrado, contribuirá também para aumentar a produção científica sobre a temática clima urbano tão escassa na região. Este artigo teve como objetivo analisar a função da precipitação no declínio da temperatura local, bem como, a contribuição desse declínio da temperatura no conforto térmico do clima da cidade de Manaus. A análise procedeu-se confrontando a temperatura registrada antes e após a ocorrência da precipitação ocorrida no dia 5 de março de 2009, que segundo o Instituto Nacional e Meteorologia (INMET) foi de 39,1 mm. A metodologia consistiu na coleta das variáveis climáticas temperatura e precipitação de 10 (dez) postos meteorológicos móveis instalados ao longo do perímetro urbano da cidade e 3 (três) estações oficiais de meteorologia. As estações móveis foram instaladas na área urbana da cidade procurando atingir as quatro zonas urbanas. Quatro estações foram instaladas em locais com áreas verdes e seis em locais com parcial ou mais intenso uso do solo. Entre os lugares definidos como “áreas verdes” foram selecionados : Reserva Florestal da Universidade Federal do Amazonas (UFAM), Bairro Coroado, Zona Leste; Parque Municipal do Mindú, Bairro Parque 10 de Novembro, Zona Centro-Sul; Jardim Botânico Adolpho Ducke, na Reserva Floresta Adolpho Ducke no Loteamento Cidade de Deus, na Zona Norte; e uma área de fragmento florestal no Conjunto Beija-Flor II, no Conjunto Residencial Parque das Laranjeiras, Bairro de Flores, Zona Centro-Sul. As estações meteorológicas dos lugares com área parcial ou densamente construída funcionaram nos seguintes locais: Aeroclube do Amazonas no Bairro de Flores, Zona Centro-Sul; Praça da Igreja Nossa Senhora de Fátima, Bairro da Praça 14, Zona Centro-Sul; casa do senhor Alaesse Alves da Silva, rua Sobrinho Maranhão, nº 27A, Bairro de São Francisco, Zona Centro-Sul; casa do senhor João Peres de Souza, rua 70, Quadra 142, Nº 5, área treze, no Conjunto Nova Cidade, Bairro da Cidade Nova, Zona Norte; Escola Municipal Júlia Barjona Labre, no Bairro de São José I, Zona Leste e sede do SESC-Manaus

rua Henrique Martins, Zona Sul. Os postos do INMET e dos dois aeroportos na verdade são áreas de uso do solo parcial e apresentam considerável vegetação nos seus entornos. Os resultados demonstraram claramente o efeito negativo (positivo) da precipitação sobre a temperatura na cidade de Manaus, e evidentemente em toda região intertropical, atuando como amenizador do desconforto térmico local. Os meses mais chuvosos são: janeiro, fevereiro, março, abril e maio. Portanto, são os que apresentam as menores temperaturas médias mensais, e conseqüentemente melhor conforto térmico ambiente. Os meses mais secos e de maiores médias térmicas mensais são: agosto, setembro e outubro. Novembro, Dezembro e junho são denominados meses intermediários (NASCIMENTO, 2009). Como resultado constatou-se que o maior declínio na temperatura foi de 5,5°C e ocorreu nos postos da Praça 14 e Escola Municipal Júlia Barjona Labre, no horário entre 11:00 e 13:00 horas, e 11:00 e 12:00 horas respectivamente. Enquanto que o menor declínio verificou-se no posto do Conjunto Nova Cidade de 2,6°C, no horário entre 10:00 e 13:00 horas. O maior volume pluviométrico foi registrado na área do Jardim Botânico de 126,6 mm, cujo índice pode ser considerado como um evento extremo de chuva na cidade. Enquanto que a menor pluviosidade desse dia 5 de março de 2009, ocorreu na área do Aeroporto Ponta Pelada com apenas 20,0 mm. A máxima das temperaturas médias do horário pesquisado ocorreu na estação meteorológica do Conjunto Nova Cidade de 27,4°C. Enquanto que a média mínima registrou-se no Aeroporto Eduardo Gomes de 21,6°C. O tempo ou duração da pesquisa para alcançar o objetivo deste estudo é irrelevante, considerando que o efeito da precipitação sobre a temperatura, é somente questão de ocorreu a precipitação.

ABSTRACT

There are actually plenty of discussion today about the global climate, which often presents us with various approaches such as climate change, global warming, greenhouse effect, climate and environment, among others. The climate is one of the most variants of nature. To Kandel (1990, p.27), the climate "is a certain regularity underlying apparent disorder." Thus, it becomes an order composed of some disorders resulting from atmospheric elements. From that way, the climate is one of the more complex elements of the terrestrial atmosphere. Add to this complexity characteristics of the urban environment, which is a modified atmosphere by virtue of the components and frame urbanization. In the city of Manaus in consequence of the absence of precipitation, which occurs between the months of July to November is the period when local temperatures reaching record daily index values greater than 40 ° C. These are the months of excessive local thermal discomfort. This situation is only mitigated by the presence of rain, the second will be shown in this article. The city of Manaus as well as portion most of the Amazon region have natural climate characterized by discomfort, style Equatorial hot and humid, with the origin of two main factors: geographic location and topography. But this climate discomfort is mitigated mainly by occurrence precipitation, thanks at Nature is abundant in the region in part most of the year. The precipitation in western Amazonia and Central and also in the city of Manaus suffer negative changes in quantity, due to the action of the phenomenon El Nino Southern Oscillation (ENSO). So in a period of El Nino will be less rainfall in the city and nearby regions, increasing still more the local thermal discomfort (Molion, 2008). This study is justified by virtue of seeking to understand what is the degree of influence and benefit which brings precipitation to the climate of the city of Manaus, and recognize the contribution of this scientifically important natural element in the local thermal comfort. Moreover, in spite, also contribute to increasing the scientific literature urban climate great deal of scarce in the region. This article will have as goal to analyze the role of precipitation in the decline of the local temperature, as well as the contribution of the decline of temperature on the thermal comfort of the climate of the city of Manaus. The analysis was carried comparing the temperature recorded before and after the occurrence of rainfall occurred on March 5, 2009, which according to the National Institute and Meteorology (INMET) was 39.1 mm. The methodology consisted of the collection of climatic variables temperature and precipitation of 10 (ten) mobile meteorological stations installed along the perimeter of the city and three (3) official meteorological stations. The mobile stations were installed in the urban area seeking to reach the four urban areas. Four stations were installed in places with green areas and six in part or in places with more intense soil use. Among the places defined as "green areas" were selected: Forest Reserve, Federal University of Amazonas (UFAM), Crowned District, East Zone; Mindú Municipal Park, Ward Park on November 10, South-Center Zone; Adolpho Ducke Botanical Garden, Adolpho Ducke Forest Reserve in the City of God allotment in the north zone, and an area of forest

fragment in Set Kiss-Flower II, the Joint Residential Park of Orange, Flowers District, South Central Zone. The meteorological stations of the places with the partial or densely built worked at the following locations: Aero Club of Amazonas in the neighborhood of Flores, South Central Zone, the Plaza Church of Our Lady of Fatima, Quarter Square 14, South Central Zone, home of Mr. Alaesse Alves da Silva, street Sobrinho Maranhão, No. 27A, District of San Francisco, Zona Center-Sul, home of Sir John Peres de Souza, Street 70, Block 142, No. 5, area thirteen, the Joint New City, Neighborhood City New, North Zone, Julia Barjona Labre Municipal School, the District of St. Joseph I, East Zone and the place of SESC-Manaus Henrique Martins Street, South Zone. INMET The posts and two airports are actually areas of land use partial and have considerable vegetation in their surroundings. The results clearly demonstrated the negative (positive) of precipitation on the temperature in the city of Manaus, and of course throughout the tropics, acting as a softening of the local thermal discomfort. The rainiest months are January, February, March, April and May. So are those with the lowest monthly average temperatures, and consequently better thermal comfort environment. The driest months and the highest average monthly thermal are August, September and October. November, December and June months are called intermediate (Nascimento, 2009). As a result it was found that the greatest decline in temperature was 5.5°C and occurred in positions of Square 14 and Julia Barjona Labre School District, between the hours 11:00 and 13:00 hours and 11:00 and 12 : 00 respectively. While the smallest decline was found in the position of the City of New Set 2.6°C , between the hours 10:00 and 13:00 hours. The largest volume of rainfall was recorded in the area of the Botanical Garden of 126.6 mm, an index can be considered as an extreme rain event in the city. While the lowest rainfall of the day March 5, 2009, occurred in the area of Ponta Pelada Airport with only 20.0 mm. The maximum average temperature occurred in the studied time weather station of the New Joint City of 27.4°C . While the average minimum was recorded at the Airport Eduardo Gomes of 21.6°C . The time or duration of the research to achieve the objective of this study is irrelevant, considering that the effect of precipitation on the temperature, is only a matter of precipitation occurred.

Introdução

A cidade de Manaus bem como as regiões adjacentes têm clima caracterizado pelo desconforto natural, do tipo Equatorial quente e úmido, tendo como origem dois fatores principais: a localização geográfica e a topografia. A essa realidade adicione-se as características do sistema clima urbano (MONTEIRO, 1977) que é um clima modificado, sendo percebido pelo aumento da temperatura, fenômeno *ilha de calor*, diminuição da umidade relativa e aumento da precipitação. No caso de Manaus, o aumento da precipitação é um elemento benéfico para as suas condições climáticas.

Lombardo (1994), apud Aguiar (2001), afirma comentando outros autores, que um desmatamento descontrolado na Amazônia afetaria o equilíbrio de variáveis climáticas como: temperatura, umidade relativa e precipitação principalmente. Henderson – Sellers et al (1984) apud Aguiar (2001), analisaram e concluíram que a substituição da floresta para pastagem e agricultura na Amazônia contribuem para reduzir a precipitação, aumentar a evaporação e a nebulosidade.

Não obstante, a bibliografia afirmando que 50% das precipitações na Amazônia é resultante do processo de evapotranspiração (evaporação + transpiração das plantas), (MOLION, 1988; SALATI, 1983) é questionável, considerando o conhecimentos e as pesquisas atuais sobre os Sistemas Atmosféricos Precipitantes que atuam sobre a região. Ressalte-se ainda que apesar do parcial desmatamento já ocorrido na Amazônia, não há comprovação da diminuição dos índices pluviométricos.

Sioli (1991) afirma que a precipitação é um importante fator que influencia o clima da Amazônia, caracterizando-se por ser abundante, porém não uniforme. Devido a extensão da Região os índices pluviométricos variam no espaço e tempo. Em alguns lugares os valores são superiores a 3.000 mm anuais, podendo alcançar até 6.000 mm, como ocorre nas encostas andinas na Amazônia Ocidental. No limite com o Planalto Central os índices são modestos, cerca de 1.600 mm anuais. A média da precipitação anual é de 2.200 mm anuais (SALATI, 1983).

De acordo com Molion (2008, p. 117) as precipitações podem aumentar em Manaus e em outras partes da Amazônia em correlação com a fase fria da ODP (Oscilação Decadal do Pacífico), que dura geralmente de 25 a 30 anos. Essa fase iniciou-se em 1999 e deve ir até 2025 ou 2030. A fase fria da ODP causa índices negativos de precipitação em todas as regiões do Brasil, exceto o centro, oeste e norte da Amazônia. Esse quadro atmosférico favorece a Bacia do Rio Negro e a cidade de Manaus com maior volume pluviométrico, o que provavelmente explica as duas maiores enchentes do Rio Negro em 2009 e 2012, e a maior do século XX em 1963 que coincidentemente ocorreu na fase fria da ODP de 1947 a 1976.

De acordo com Monteiro (2003) a escassez de precipitação pode contribuir para muitas cidades a uma crise de “abastecimento e energia”. O que não seria o caso da cidade de Manaus, considerando o extenso volume de água do Rio Negro que banha a cidade. Porém, o agravante reside no fato de aumentar consideravelmente o desconforto térmico. Segundo Gonçalves (2003) muitas cidades, como Salvador, São Paulo e outras, devido a fatores físicos como geomorfologia, declividade, rede de drenagem e sítio ecológico, a ocorrência de precipitações com índices superiores a 60 mm, podem ocasionar inundações, desastres, desmoronamentos, escorregamentos de morros, desabrigados, mortes, entre outros. Fatores muitas vezes considerados calamidades públicas. Entretanto, este mesmo índice ocorrendo na cidade de Manaus dificilmente causará problemas deste porte. Antes, porém, contribuirá certamente para o conforto térmico.

Segundo Lombardo (1985) pesquisando o clima na cidade de São Paulo, uma precipitação acumulada em 24 horas que alcança cerca de 18 mm, causa declínio acentuado na temperatura local. Este fato foi comprovado numa cidade situada quase no Subtropical. Em regiões de baixas latitudes, que é caso de Manaus, o efeito da pluviosidade sobre a temperatura é notadamente confortante. Ainda um fator muito interessante comprovado no trabalho de Lombardo (1985), consiste em que a precipitação na área urbana pode diminuir acompanhando o decréscimo das atividades humanas e a poluição do ar, que resulta em enfraquecimento da *ilha de calor*. Essa dinâmica foi comprovada por Ashworth (1929) na cidade industrial de Rochdale (Apud Lombardo, 1985).

Maior parte das precipitações que ocorrem na Amazônia assim como em Manaus são originadas de vários Sistemas Atmosféricos Precipitantes que atuam na Região. Entre estes podem ser mencionados: Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), Anticiclones Subtropicais, Alta da Bolívia, Sistemas Tropicais de Mesoescala (Linhas de Instabilidades – LI’s), Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS), Sistemas de Escala Sinótica que incluem os ‘Sistemas Frontais’ (Massas de ar

Equatorial Continental, Atlântica e Polar). Em escala inferior estão os Sistemas Convectivos de Mesoescala (SCM's), (COHEN, 1989; AGUIAR, 2001; SALATI, 1983; MOLION, 1988).

Destes Sistemas merece destaque a ZCAS (Zona de Convergência do Atlântico Sul) que atua quase que regularmente sobre a Região o ano todo. A ZCAS se caracteriza por ser um “Sistema Atmosférico de larga escala, que contribui para aumentar os valores de precipitação na Amazônia (Figura 01). São bandas de nebulosidade que persistem cerca de quatro dias, na posição noroeste-sudeste do Brasil, estendendo-se do Sul da Amazônia até o Sul e Centro do Oceano Atlântico. São originadas e mantidas “pela interação entre a convecção tropical e os sistemas de grande escala”. Ocorrem com maior frequência no verão, e intensificam o padrão de precipitação no sudeste, centro do Brasil e Sul e Oeste da Amazônia (SILVA, 2009, p. 45).

Em sua porção sobre o continente a ZCAS é formada pelo calor latente liberado principalmente na Amazônia. “A umidade resultante da liberação do calor latente na Amazônia, se junta à umidade oceânica num efeito dinâmico em cadeia formando nebulosidade de vários quilômetros que se estendem de sudeste a noroeste do Brasil” (SILVA, op.cit.).



Figura 01: Exemplo de ZCAS na situação de verão sobre o Brasil em 20/03/2009. Fonte: <<http://pururuca.cptec.inpe.br/repositorio/goes10>>. (Acesso: 25/04/2009).

Segundo Aguiar (1995) utilizando-se de série histórica do INMET Base Manaus, registra aumento de precipitação em Manaus no século 20 de 29,7% de 1901 a 1994. Entretanto, Alcântara (2007), utilizando-se dos mesmos dados acrescidos dos valores até o ano de 2006, verificou que esse aumento ocorreu como segue: de 1990 a 2006 foi de 8,2 mm. Já de 1960 a 2006 o aumento foi de 189,3 mm. Enquanto que de 1930 a 2006 a precipitação aumentou 524,7 mm (Tabela 1)

Tabela 01: Precipitação em Manaus de 1901 a 2006 segundo as Normais Climatológicas.

Precipitações totais acumuladas (mm)													
ANO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	ANUAL
1901/1930	249,9	228,8	252,2	234,9	168,8	88,3	62,6	38,6	54,9	102,9	132,7	196,5	1775,3
1931/1960	275,0	277,1	300,2	287,4	193,3	98,4	60,8	40,8	61,8	111,6	164,7	227,3	2110,7
1961/1990	266,4	275,2	332,7	308,1	266,7	114,5	81,5	52,4	78,3	116,2	180,0	221,2	2291,8
1991/2006	306,7	290,2	302,8	351,9	248,5	109,8	55,7	67,3	79,6	102,9	171,9	212,7	2.300,0

Fonte: INMET; Aguiar (1995); Alcântara (2007). Org. Daniel A. Silva.

As precipitações na Amazônia superam consideravelmente as precipitações nas demais regiões do Brasil em seus índices pluviométricos anuais. Por exemplo, enquanto as médias pluviométricas anuais na Região Nordeste fica entre 750 a 1000 mm, na Amazônia este índice é superior a 2.800 mm (MENDONÇA & DANNI-OLIVEIRA, 2007).

A variação sazonal e diária da temperatura em Manaus é modesta, comparando-se com cidades do sudeste e sul do Brasil. O índice de amplitude térmica anual entre a média máxima e a média mínima oscila entre 9 e 10°C. Semelhantemente este índice ocorre também na amplitude diária entre o dia e a noite, fator que não melhora o conforto térmico durante a noite.

Nascimento (2009) caracterizou a precipitação em Manaus e mais sete cidades da calha média e alta do Rio Solimões no período de 1991 a 2007. Verificou que entre estas cidades, Manaus fica em quinto lugar em quantidade anual de precipitação. Em Manaus chove menos do que em Codajás e Itacoatiara. Verificou também que na cidade os valores pluviométricos de 1991 a 2000 sofreram um leve aumento de 62 mm em relação ao período da normal climatológica de 1961 a 1990, e ainda que o mês de abril surge com uma tendência de mês mais chuvoso, apresentando volume mensal de 377 mm.

Área de estudo

Manaus situa-se na margem esquerda do Rio Negro, bem junto à Foz. Este fato resulta que com a expansão da cidade, já chega ao ponto em que o Rio Negro encontra o Rio Amazonas, dando origem ao magnífico espetáculo turístico do Encontro das águas. A cidade ocupa um sítio de planaltos rebaixados e dissecados do tipo Rio Trombetas – Rio Negro da formação Alter do Chão. A altimetria é muito baixa não ultrapassando 120 metros em toda área urbana. Em média a altimetria é de 70 metros do nível do mar (MUNIZ e VIEIRA, 2004). Uma altitude que também favorece um clima desconfortante pela

inexpressiva ventilação. O crescimento da cidade procedeu-se e continua na direção Leste e Norte, considerando-se que na porção Oeste e Sul é limitada pela Bacia do Rio Negro. A cidade está localizada geograficamente nas coordenadas 3°08' 07" de latitude Sul e 60°01' 34" de longitude a Oeste de Greenwich. A área territorial é de 451,7 km², equivalendo a 3,8% da área do município. Os seus limites são: ao Norte o município de Presidente Figueiredo; ao Sul, Careiro da Várzea e Iranduba; a Leste, Rio Preto da Eva e Itacoatiara e a Oeste, Manacapuru e Novo Airão. Manaus está inserida no clima Equatorial Quente e Úmido, predominante na Amazônia (NIMER, 1989). Especificamente na classificação de Koeppen (1948) apud Aguiar (1995, p.37) o clima amazônico é do tipo Af: clima tropical chuvoso.

A população de Manaus em 2010 alcançou 1.802.014 habitantes, correspondendo a 51,72% da população do Estado do Amazonas, e tem uma densidade demográfica de 158,06 hab/km² (IBGE, 2010). A área do município de Manaus é de 11.458,5 km², equivalente a 0,70% da área do Estado do Amazonas. Concentra a maior parcela da economia do Estado, em 2008 foi responsável por 89,51% do PIB estadual. A atividade econômica principal é a indústria e o comércio de aparelhos eletroeletrônicos, incentivados pela Zona Franca de Manaus. A indústria concentra-se no PIM (Polo Industrial de Manaus) produzindo: televisores, telefone celular, notebooks, aparelhos de som, rádio, computadores, CDs, DVDs, compact disc, fac-símile, forno micro-ondas, bicicletas, motocicletas, relógios, brinquedos, etc. (NORONHA, 1998).

Este artigo teve como objetivo principal analisar quantitativamente a função da precipitação no conforto térmico da cidade de Manaus, considerando a situação de desconforto natural do clima urbano da metrópole amazonense, em virtude de suas elevadas temperaturas diárias. Nesse sentido, foram confrontados os valores de temperaturas antes e após uma ocorrência de precipitação diária registrada nas estações e postos de coleta de dados, ocorrida no dia 5 de março de 2009, com a finalidade de verificar o efeito negativo (positivo) da precipitação sobre a temperatura local.

Material e Métodos

A metodologia utilizada para alcançar os objetivos deste artigo consistiu no aproveitamento dos registros de dados climatológicos da pesquisa efetuada pelo autor no dia 5 de março de 2009 para fins de defesa da Dissertação de mestrado na Universidade Federal do Amazonas. O processo de pesquisa envolveu a instalação de 10 estações meteorológicas móveis no perímetro urbano da cidade Manaus para registrar as variáveis térmicas temperatura, umidade relativa e precipitação, bem como, a utilização desses dados de mais 3 estações meteorológicas oficiais, sendo uma do INMET e as outras dos dois aeroportos da cidade: Aeroporto Internacional Eduardo Gomes e Ponta Pelada. Com a observação de que as estações dos aeroportos são automáticas, porém, a do INMET na época da pesquisa estava funcionando manualmente, devido a automática estar em manutenção. Este ocorrido, dificultou o registro horário da precipitação e temperatura nesta estação oficial. Os registros das variáveis climáticas foram feito das 7:00 às 21:00 horas, porém, optou-se para análise dos resultados

deste artigo, os valores entre as 9:00 e 18:00 horas os quais foram suficientes para alcançar os objetivos propostos acima.

As estações móveis foram instaladas na área urbana da cidade procurando atingir as quatro zonas urbanas. Quatro estações foram instaladas em locais com áreas verdes e seis em locais com parcial ou mais intenso uso do solo. Entre os lugares definidos como “áreas verdes” foram selecionados : Reserva Florestal da Universidade Federal do Amazonas (UFAM), Bairro Coroado, Zona Leste; Parque Municipal do Mindú, Bairro Parque 10 de Novembro, Zona Centro-Sul; Jardim Botânico Adolpho Ducke, na Reserva Floresta Adolpho Ducke, Loteamento Cidade de Deus, na Zona Norte; e uma área de fragmento florestal no Conjunto Beija-Flor II, no Conjunto Residencial Parque das Laranjeiras, Bairro de Flores, Zona Centro-Sul.

As estações meteorológicas dos lugares com área densamente construída funcionaram nos seguintes locais: Aeroclube do Amazonas no Bairro de Flores, Zona Centro-Sul; Praça da Igreja Nossa Senhora de Fátima, Bairro da Praça 14, Zona Centro-Sul; casa do senhor Alaesse Alves da Silva, rua Sobrinho Maranhão, nº 27A, Bairro de São Francisco, Zona Centro-Sul; casa do senhor João Peres de Souza, rua 70, Quadra 142, Nº 5, área treze, no Conjunto Nova Cidade, Bairro da Cidade Nova, Zona Norte; Escola Municipal Júlia Barjona Labre, no Bairro de São José I, Zona Leste e sede do SESC-Manaus rua Henrique Martins, Zona Sul. Os postos do INMET e dos dois aeroportos, na verdade são áreas de uso do solo parcial e apresentam considerável presença de vegetação nos seus entornos.

A análise para verificação do nível de efeito da precipitação no conforto térmico da cidade de Manaus, realizou-se na comparação do índice de temperatura registrado antes e depois da precipitação ocorrida no dia da pesquisa, que provavelmente por ação divina, ocorreu justamente no dia e horário da coleta dos dados, e que, em algumas áreas da cidade foi uma chuva um tanto abundante, alcançando 126 mm no posto do Jardim Botânico, conjunto habitacional Cidade de Deus, zona norte. Essa precipitação logo no dia da pesquisa, não foi uma surpresa, considerando que o mês de março é período de intensas precipitações nessa parte da Amazônia e classificado segundo a literatura, como o segundo mês mais chuvoso na cidade. Não obstante, não deixa de ser uma coincidência.

Discussão e resultados

De posse dos registros da pesquisa do dia 5 de março de 2009 sobre a temperatura e os índices da precipitação que ocorreu nesse dia em Manaus, especificamente entre as 11:00 e 13:00 horas, segundo os registros horários das estações meteorológicas automáticas dos dois aeroportos, procedeu-se as análises dos resultados por estações meteorológicas, confrontando os valores da temperatura antes e após a ocorrência da precipitação, para o conhecimento do efeito desta, sobre o poder de declínio na temperatura local, e qual a sua contribuição para o conforto climático do ambiente. Nesse sentido, segue-se a análise dos resultados nas estações de acordo com a coleta dos dados:

1. Estação Aeroclube – Nessa estação no horário entre 9 e 16:00 horas a temperatura máxima foi registrada às 11:00 horas de 29°C, enquanto que a mínima foi 25°C às 13, 15 e 16 horas. A variação

térmica nesse posto alcançou 4°C. O que contribui sensivelmente para o conforto térmico. O total da precipitação acumulada no horário da pesquisa foi 27,1 mm (figura 2). Entende-se pelo registro da estação automática do aeroporto Eduardo Gomes, que nessa área da cidade a precipitação ocorreu entre as 12:00 e 14:00 horas (Tabela 2). Observe-se ainda na tabela 2, que no Aeroporto Eduardo Gomes o maior volume pluviométrico ocorreu às 13:00 horas, justamente nesse horário foi registrado a temperatura mínima no posto do Aeroclube, após a máxima de 29°C às 11:00 horas (figura 3).

2. Estação Praça 14 – No horário selecionado para análise, nessa estação o maior índice térmico também ocorreu às 11:00 horas de 29,5°C. Enquanto que a mínima registrou-se às 13:00 horas com 24°C, resultando uma amplitude de 5,5°C, apenas no intervalo de 2 horas entre a máxima e a mínima, demonstrando abundante melhora no conforto climático local (figura 4). Esse horário equivale à ocorrência da precipitação na cidade de acordo com as duas estações automáticas. O volume pluviométrico foi de 61,8 mm (tabela 2).

3. Estação São Francisco – Entre o horário analisado esta estação registrou os maiores gradientes térmicos às 10, 11 e 12 horas, com 28, 29 e 28°C respectivamente. O menor gradiente ocorreu às 13:00 horas de 24°C (tabela 2). O índice de amplitude foi acentuado de 5°C entre a máxima e a mínima. Percebe-se claramente pelo declínio da temperatura nesse local a precipitação teve início por volta das 12:00 horas. Em apenas uma hora, o gradiente térmico recuou 4°C. Depois volta a ascender-se, alcançando 27°C às 18:00 (figura 5).

4. Estação E. M. Júlia Barjona Labre- Na área da escola Júlia B. Labre a temperatura alcançou o core máximo às 11 horas com 29°C. Porém, nesse horário houve uma abundante chuva que registrou 85,8 mm. Essa precipitação fez a temperatura despencar para 23,5°C às 12 horas, permanecendo até às 13:00 nesse índice, resultando numa amplitude de gradiente térmico de 5,5°C, um dos maiores ocorridos nas estações meteorológicas trabalhadas no dia da pesquisa (tabela 2; figura 6).

5. Estação SESC – Ocorreram fatos curiosos nessa estação. Foi registrado o segundo menor volume de precipitação entre as estações da pesquisa, com 24,1 mm (figura 2). Essa pluviosidade provavelmente influenciou na pequena variabilidade térmica horária dessa área, antes e após a precipitação, que foi somente 3°C entre 11:00 e 15:00 horas. Ocorreu também que o gradiente térmico após registrar 27°C às 9 horas, retornou para 26,5°C às 10:00 horas (tabela 2). Não obstante, avançou para 29°C às 11:00 horas, permanecendo até às 12:00, momento que tem início a precipitação (figura 7). A oscilação da temperatura entre 9:00 e 11:00 horas, pode estar associada à diferenciação da nebulosidade que ocorreu na cidade no dia da pesquisa influenciada pela ZCAS, como demonstra a figura 1. Entretanto, um fato interessante deste local, foi a permanência do índice térmico de 26°C até às 21:00 horas. Isto provavelmente estar associado às características físicas do local, que é uma área densamente construída e intensa atividades humanas, pois, constitui-se o centro comercial da Zona Franca de Manaus.

6. Estação Conjunto Nova Cidade - No Conjunto Nova Cidade (Bairro Cidade Nova, Zona Norte) o gradiente térmico atingiu o maior core às 11:00 horas de 29,4°C antes da precipitação, e o menor às 13:00 horas de 26,8°C após a pluviosidade, resultando uma variabilidade de apenas 2,6°C. Índice não muito expressivo, que deve estar associado a fatores como: localização da estação meteorológica, que é na periferia da cidade, presença da densa floresta nas proximidades e a mudança da nebulosidade. Tal oscilação da nebulosidade causou o retorno do grande térmico às 16:00 horas para atingir 28,4°C (figura 8).

7. Estação Conjunto Beija-Flor – Nesta estação a temperatura sofreu elevação a partir das 9:00 horas resultantes do incremento dos raios solares aproveitando a diminuição temporária da

nebulosidade. O maior gradiente térmico chegou a 29,3°C às 11:00 horas antecipando-se à precipitação. Após a esta, o índice térmico declinou ligeiramente para 25°C às 12:00 horas, originando dessa maneira, uma amplitude de 4,3°C (figura 9). Este core contribui verdadeiramente para amenizar o desconforto térmico no ambiente. A diminuição do gradiente térmico neste posto estar associado provavelmente ao volume pluviométrico, que foi de 57,0 mm, e à presença expressiva da arborização do lugar.

8. Estação do Parque do Mindu – Nesta estação que é uma das áreas da pesquisa, o índice pluviométrico foi bem expressivo de 63,3 mm. Isto, associado com a vegetação resultou em umidade relativa de 100% em todo horário da pesquisa (tabela 1). O gradiente térmico pro-precipitação alcançou 29,0°C às 11:00 horas, e declinou para 25,0°C às 13:00 horas após a precipitação. A variação térmica resultante da precipitação local foi de 4,0°C, considerado excelente para o conforto térmico (figura 10).

9. Estação Universidade Federal do Amazonas (UFAM) - No posto da UFAM o gradiente térmico pela manhã elevou-se a apenas 27,0°C às 10:00 horas. Após esse horário, tem início um declínio até aos 23,4°C às 15:00 horas, para em seguida ascender a 25,2°C às 16:00 horas (figura 11). Esse declínio provavelmente deve ser associado à presença da abundante vegetação do local e a ocorrência da precipitação que parece ter sido iniciada entre 11:00 e 12:00 horas, considerando que na estação automática do Aeroporto Ponta Pelada que registra a precipitação horária e estar próximo a UFAM, a chuva teve início exatamente às 13:00 horas, com um pequeno atraso em relação aos locais das zonas Norte, Oeste e Leste da cidade.

10. Estação Jardim Botânico – A temperatura nesta estação antes da precipitação elevou-se a somente 27,0°C às 10:00 horas. Este fato deve estar relacionado à forte nebulosidade que esteve sobre a cidade logo no início da manhã deste dia (figura 1). A ocorrência de precipitação nesse posto teve início por volta das 11:00 horas, exatamente quando começa o declínio da temperatura, atingindo 23,0°C às 13:00 horas. A precipitação nesta área foi a maior registrada no dia da pesquisa de 126,6 mm. É interessante observar a variabilidade do índice pluviométrico desta estação para a estação do Aeroporto Ponta Pelada e do SESI, que foram de 20,0 e 24,1 mm respectivamente. Depois, com ausência da precipitação o gradiente térmico volta a elevar-se novamente até os 25,0°C às 15:00 e 16:00 horas. Isto, esclarece fisicamente a função da precipitação sobre a temperatura local (figura 12).

11. Estação INMET – Esta estação não mereceu maiores análises, devido na época da pesquisa se encontrar funcionando apenas com a estação manual, pois a automática estava em manutenção. Na estação manual os valores são registrados somente às 8:00, 14:00 e 20:00 horas, cujas temperaturas foram 24,9; 24,5 e 23,9°C respectivamente. Pelo índice térmico das 14:00 horas, é possível deduzir que é um índice relacionado à ocorrência de precipitação. No acumulado de 24 horas a pluviosidade na área foi de 39,1 mm (tabela 2)

12. Estação Aeroporto Ponta Pelada – Esta estação situa-se próximo à margem do Rio Negro, zona sul da cidade. Notabilizou-se por apresentar o menor índice pluviométrico entre os demais postos de coleta, de 20,0 mm. É uma estação automática, portanto os registros merecem mais credibilidade.

Segundos valores do CINDACT IV cedidos gentilmente para esta pesquisa, nesta estação foram registradas pequenas quantidades de precipitação desde 00:00 do dia 5 de março. O maior volume ocorreu às 13:00 horas de 13,8 mm. Momento exato em que o gradiente térmico recua de 26,2 para 22,6°C, resultando uma variabilidade entre máxima e mínima de 3,6°C (figura 13). O gradiente máximo de temperatura desta estação de 26,2°C, considerado baixo para a Região, provavelmente estar relacionado a fatores como: nebulosidade, localização e as características físicas do local.

13. Estação Aeroporto Eduardo Gomes - Sendo esta estação automática, pode-se conhecer exatamente o volume de precipitação horária, bem como, o efeito na temperatura local. De posse dos valores de 24 horas, cedido gentilmente pelo CINDACT IV, observa-se que nesta estação chueu 7 mm a 00,00 hora do dia 5 de março, com temperatura de 23,0°C. No intervalo de precipitação o índice térmico chegou a 26,9°C às 11:00 horas, provavelmente relacionada com a nebulosidade ocorrida neste dia. Ocorre que com o retorno da precipitação às 12:00 horas, com 12,1 mm, e 13:00 com 25,2 mm a temperatura despenca para 22,8°C, e 21,6°C respectivamente. A variabilidade térmica horária pelo efeito da chuva foi significativa de 5,3°C (figura 14). A precipitação acumulada de 24 horas foi de 47,3 mm (tabela 2; figura 2). Também, esta estação meteorológica notabilizou-se por apresentar o menor índice térmico entre as estações de 21,6°C.

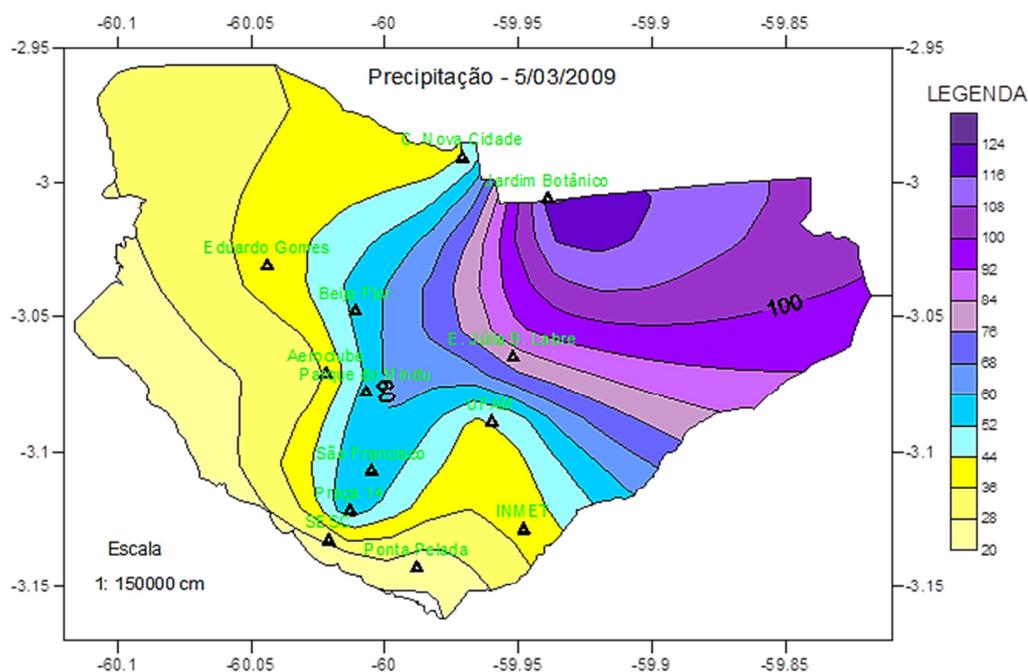
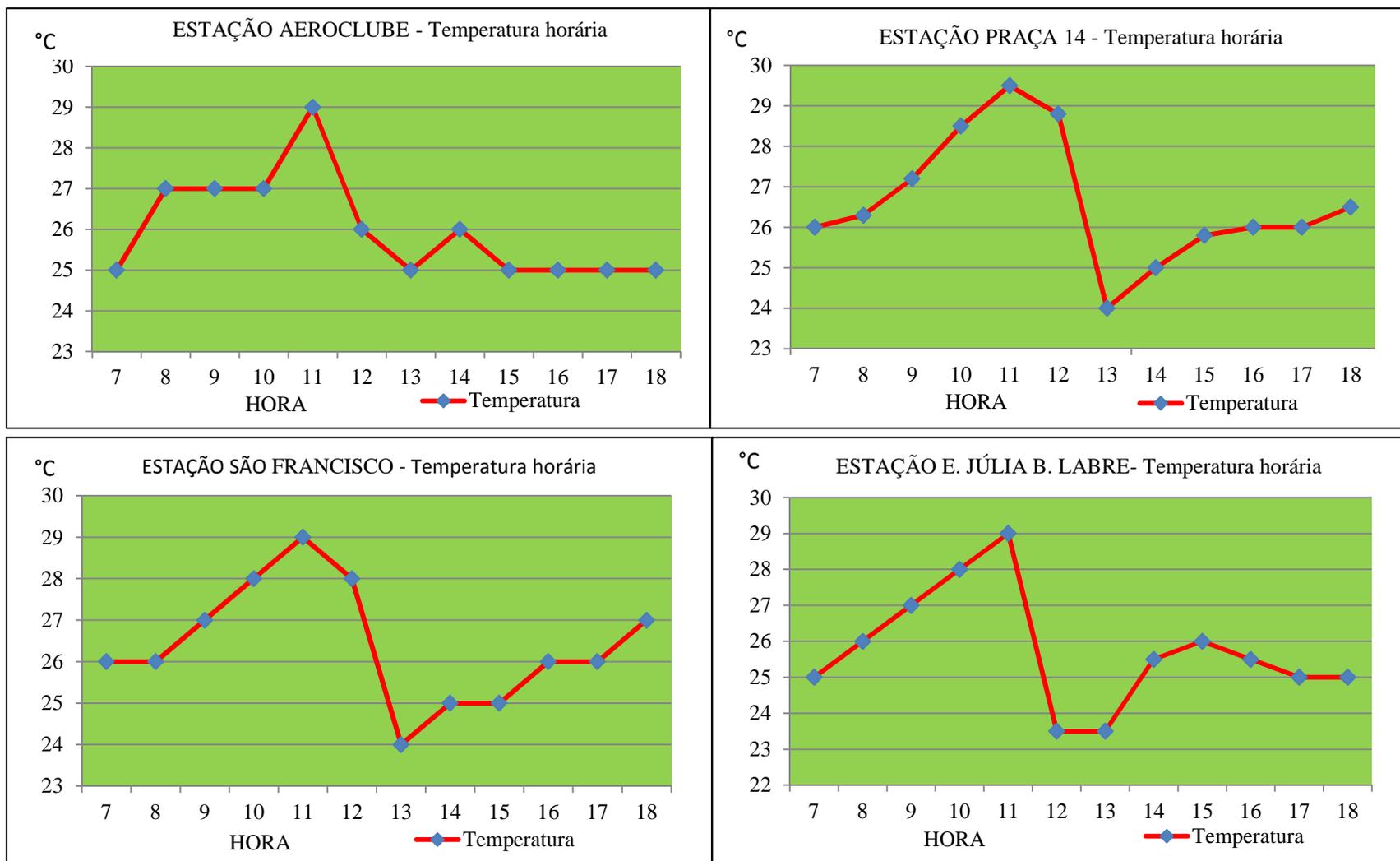
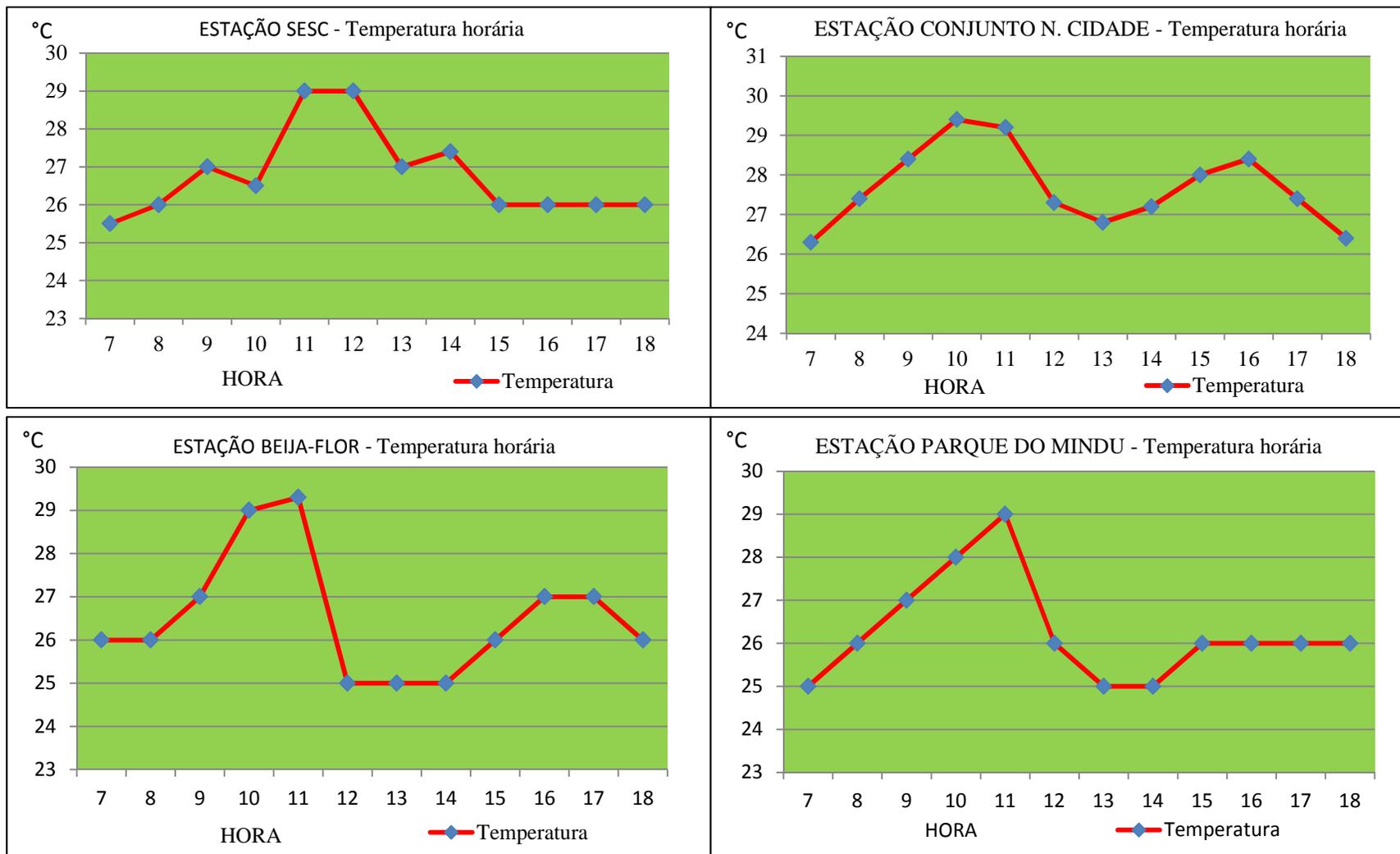


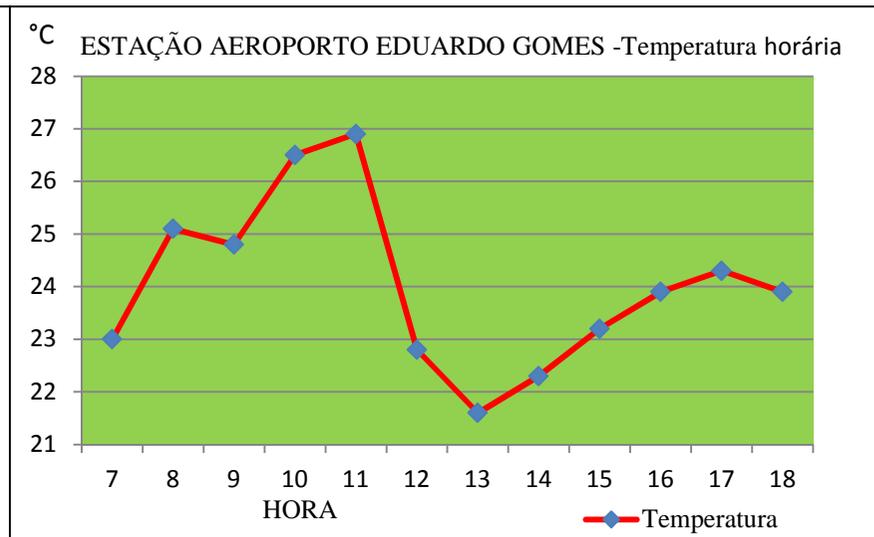
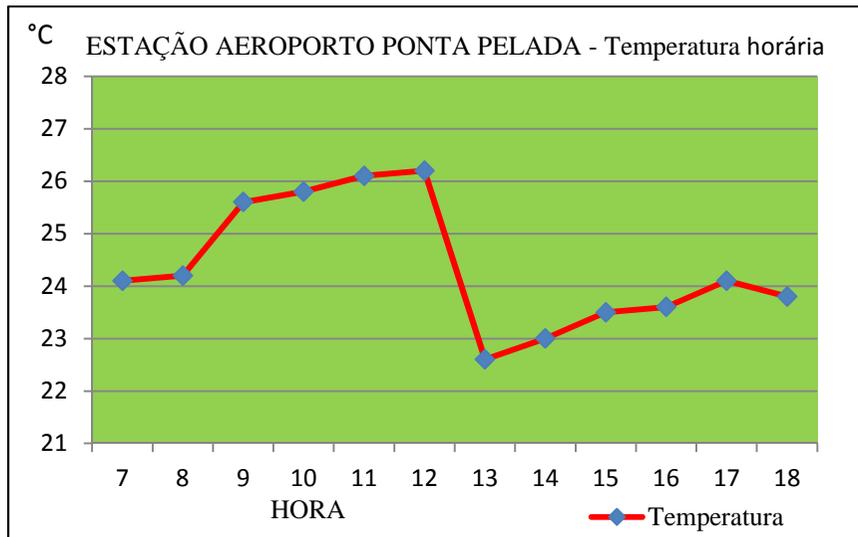
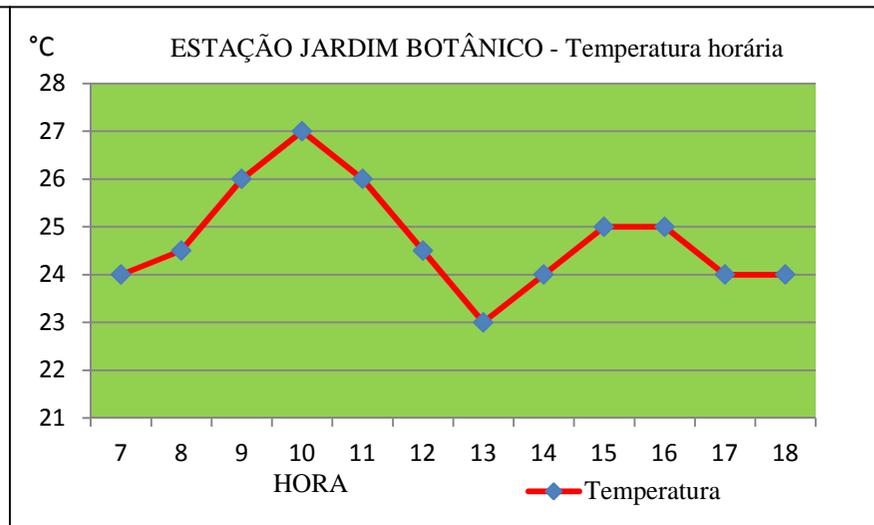
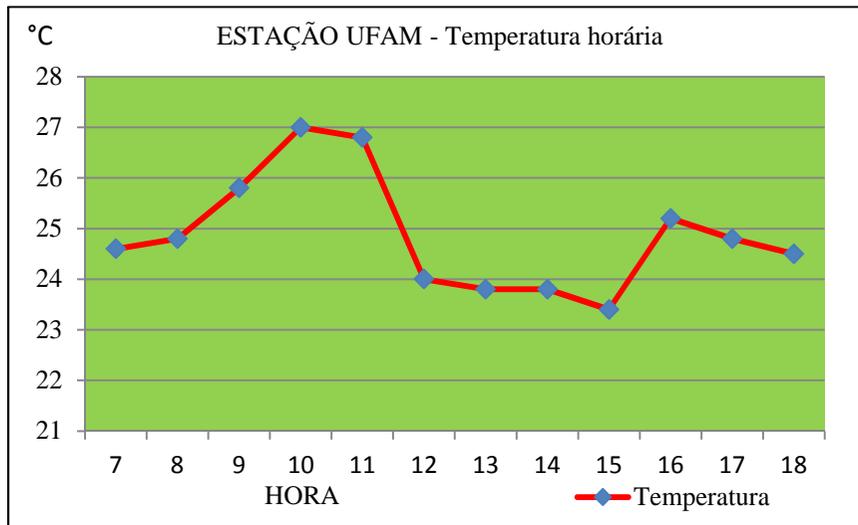
Figura 2. Precipitação (mm) em Manaus em 5 de março de 2009, acumulado das 7 às 21 horas.



Figuras 2,3,4 e 5. Manaus - temperatura horária em 5 de março de 2009.
 Fonte: Coleta de dados.



Figuras 6, 7, 8 e 9. . Manaus - temperatura horária em 5 de março de 2009.
 Fonte: Coleta de dados.



Figuras 10,11,12, e 13. Manaus temperatura horária em 5 de março de 2009.
Fonte: Coleta de dados.

Tabela 2. Manaus – temperatura (°C) e precipitação (mm) em 5 de março de 2009, no horário das 7 às 21 horas.

HORA	Locais de coleta														Média Hor. (°C)	
	AERO	PRAÇA	SÃO	E. J.B.	SESC	NOVA	BIEJA	PARQUE	UFAM	JARDIM	INMET	PONTA PELADA		A. E. GOMES		
	CLUBE	14	Fco	LABRE		CIDADE	FLOR	MINDU		BOTÂNICO		(°C)	(mm)	(°C)		(mm)
7	25,0	26,0	26,0	25,0	25,5	26,3	26,0	25,0	24,6	24,0	-	24,1		23,0	-	25,0
8	27,0	26,3	26,0	26,0	26,0	27,4	26,0	26,0	24,8	24,5	24,9	24,2		25,1	-	25,0
9	27,0	27,2	27,0	27,0	27,0	28,4	27,0	27,0	25,8	26,0	-	25,6		24,8	-	26,7
10	27,0	28,5	28,0	28,0	26,5	29,4	29,0	28,0	27,0	27,0	-	25,8	0,4	26,5	-	27,6
11	29,0	29,5	29,0	29,0	29,0	29,2	29,3	29,0	26,8	26,0	-	26,1		26,9	-	28,2
12	26,0	28,8	28,0	23,5	29,0	27,3	25,0	26,0	24,0	24,5	-	26,2		22,8	12,1	25,9
13	25,0	24,0	24,0	23,5	27,0	26,8	25,0	25,0	23,8	23,0	-	22,6	13,8	21,6	25,2	24,3
14	26,0	25,0	25,0	25,5	27,4	27,2	25,0	25,0	23,8	24,0	24,5	23,0	3,9	22,3	3,0	24,9
15	25,0	25,8	25,0	26,0	26,0	28,0	26,0	26,0	23,4	25,0	-	23,5	1,1	23,2	0,6	25,2
16	25,0	26,0	26,0	25,5	26,0	28,4	27,0	26,0	25,2	25,0	-	23,6	0,3	23,9	-	25,6
17	25,0	26,0	26,0	25,0	26,0	27,4	27,0	26,0	24,8	24,0	-	24,1	0,1	24,3	-	25,5
18	25,0	26,5	27,0	25,0	26,0	26,4	26,0	26,0	24,5	24,0	-	23,8		23,9	-	25,3
19	25,0	26,0	25,0	24,8	26,0	26,3	26,0	25,0	24,4	23,5	-	23,7		23,6	-	24,9
20	25,0	25,0	25,0	24,5	26,0	26,8	25,6	25,0	24,0	23,0	23,9	23,6		23,3	-	24,7
21	25,0	25,0	25,0	24,0	26,0	25,8	25,0	25,0	24,0	22,5	-	23,7		23,3	-	24,5
MÉDIA	25,8	26,4	26,1	25,5	26,6	27,4	26,3	26,0	24,7	24,4	24,4	24,2		23,9	-	25,5
T. MÁX.	29,0	29,5	29,0	29,0	29,0	29,4	29,3	29,0	27,0	27,0	24,9	26,2		26,9	-	28,1
T. MÍN.	25,0	24,0	24,0	23,5	25,5	25,8	25,0	25,0	23,4	22,5	24,5	22,6		21,6	-	24,0
Precipitação (mm)	27,1	61,8	57,3	85,8	24,1	36,2	57,0	63,3	35,5	126,6	39,1		*20,0		*47,3	

Fonte: Coleta de dados. Org. Daniel A. Silva.

*Acumulado em 24 horas.

Considerações finais

A variação e concentração espacial da precipitação na cidade de Manaus, são assuntos que necessitam de maiores pesquisas. No momento pode-se mencionar o trabalho de Aguiar (1995), com índices registrados nos meses de Agosto de 1994 e Março de 1995, verificando uma maior concentração da precipitação nas zonas Norte e Leste, segundo os valores das estações da Fazenda Dinoma, Embrapa e Reserva Ducke. Essa mesma tendência foi detectada por Silva (2009) porém, em apenas um dia de pesquisa, que foi 5 de março de 2009, cujos resultados são analisados neste artigo. Nesse dia, o maior índice de precipitação verificou-se, como já mencionado, no posto de coleta do Jardim Botânico conjunto Cidade de Deus, zona Norte.

Não obstante, este artigo não teve o objetivo de verificar a variação espacial ou temporal da temperatura e precipitação em Manaus nas últimas décadas ou anos. Porém, objetivou-se apenas analisar o efeito da precipitação sobre o declínio da temperatura diária, e quanto essa precipitação influencia, contribuindo para amenizar o desconforto térmico local, que é tão agravante na ausência da mesma, tendo em vista as causas apresentadas na justificativa.

Mediante as análises dos resultados acima, revelou-se que as temperaturas mais elevadas registradas antes da precipitação e as maiores amplitudes térmicas, ocorreram nas estações meteorológicas dos lugares de menor presença de vegetação e intensa densidade de construção, como por exemplo: Praça 14, São Francisco e E. M. Júlia Barjona Labre, cujas temperaturas máximas no dia da pesquisa foram: 29,5, 29,0 e 29,0°C respectivamente. Desse modo, torna-se evidente a importância da arborização para amenização dos desconforto térmico da cidade de Manaus, como foi demonstrado em trabalho anterior do autor em 2009.

A maior amplitude térmica do gradiente registrado antes e após a precipitação foi de 5,5°C, e ocorreu no posto da Praça 14 e E. M. Júlia Barjona Labre. Enquanto que a menor amplitude foi de 3,6°C, ocorreu no posto da UFAM entre as 10:00 e às 13:00 e 14:00 horas, e no Aeroporto Ponta Pelada. Como já mencionado, o índice das duas primeiras estações podem estar associados ao volume de precipitação ocorrido nesses locais. Mas, o índice registrado na UFAM pode ser associado à exuberante floresta da reserva.

A máxima das temperaturas médias do horário pesquisado ocorreu na estação meteorológica do Conjunto Nova Cidade de 27,4°C. Enquanto que a média mínima registrou-se no Aeroporto Eduardo Gomes de 21,6°C. O tempo ou duração da pesquisa para alcançar o objetivo deste estudo é irrelevante, considerando que o efeito da precipitação sobre a temperatura, é somente questão de ocorreu a precipitação.

Os resultados demonstraram claramente o efeito negativo (positivo) da precipitação sobre a temperatura na cidade de Manaus, atuando como amenizador do desconforto térmico local. Os meses mais chuvosos são: janeiro, fevereiro, março, abril e maio. Portanto, são os que apresentam as menores temperaturas médias mensais, e conseqüentemente melhor conforto térmico ambiente.

Referências bibliográficas

AGUIAR, Francisco Evandro Oliveira. **Análise climática da província petrolífera do Rio Urucu (AM) – Identificação de possíveis impactos no clima de uma área de floresta tropical sob processo de intervenção antrópica e seus reflexos em meso e macroescala.** Departamento de Geografia da FFLCH da Universidade de São Paulo (USP). São Paulo, 2001. (Tese de Doutorado), 230 pág.

_____. **Alterações climáticas em Manaus no século XX.** – Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 1995. Dissertação de Mestrado em Geografia, 183 pág.

ALCÂNTARA, Jean Moreira. **Clima e expansão urbana da cidade de Manaus.** Manaus: Universidade Federal do Amazonas – Departamento de Geografia, 2007. (Monografia de Especialização, 62 p.).

BOTELHO, Antônio José Lopes. **Projeto ZFM: vetor de interiorização ampliado.** Manaus: s.ed., 2001.

COHEN, Júlia Clarinda Paiva. **Um estudo observacional de linhas de instabilidades na Amazônia.** Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). São José dos Campos-SP, 1989.

GONÇALVES, Neyde Maria Santos. **Impactos fluviais e desorganização do espaço urbano em Salvador.** In: *Clima Urbano*, Carlos Augusto de Figueiredo Monteiro e Francisco Mendonça – Organizadores. São Paulo: Contexto, 2003.

IBGE, Censo 2010 < www.ibge.gov.br > (Acesso em 03 de Jul. 2011).

LOMBARDO, Magda Adelaide. **Ilha de Calor nas Metrôpoles: o exemplo de São Paulo.** São Paulo: Hucitec, 1985.

MOLION, Luiz C. Baldicero. **Perspectivas climáticas para os próximos 20 anos.** In: *Revista Brasileira de Climatologia / Associação Brasileira de Climatologia (ABClima)*. Volume 3/4. Presidente Prudente: ABClima, 2008.

_____. **A Amazônia e o clima do globo terrestre.** In: *Ciência hoje*, Nº 48 – Nov./88. São José dos Campos/SP. Instituto de Pesquisas Espaciais – INPE, 1988.

MUNIZ, Luciana da Silva & VIEIRA, Antonio Fábio G. **Análise preliminar da erodibilidade dos solos da Bacia do Igarapé do Mindu: Curso superior-Manaus,AM.** In: *Boletim Amazonense de Geografia*, nº 4 (2004) – Manaus: Associação dos Geógrafos Brasileiros, 2004.

NASCIMENTO, Telma Santos do. **Caracterização das condições atmosféricas no período de (1991-2007) em cidades que compõem a calha do rio Solimões-Amazonas** – Manaus: UFAM, 2009.

NORONHA, Marconde Carvalho de. **Geoespaço: Lições de geografia com base no espaço geográfico do Amazonas.** Manaus: Cecil Concorde, 1998.

SALATI, Enéas. **O clima atual depende da floresta.** SALATI, Enéas et al In: **Amazônia – desenvolvimento, integração, ecologia.** São Paulo: Brasiliense, Brasília CNPq, 1983. Cap. 1, p.15-43.

SILVA, Daniel Araújo da. A **influência das áreas verdes no clima da cidade de Manaus**. Manaus: Universidade Federal do Amazonas (UFAM), Departamento de Geografia, 2009. (Dissertação de mestrado).