

ESTUDO DA SENSAÇÃO TÉRMICA E SUAS VARIAÇÕES NA CIDADE DO RECIFE - PE

Gleyce Nair De Andrade¹
Marco Aurélio Ribeiro²
Glédson Luiz Pontes de Almeida³

RESUMO

Na dinâmica entre o clima e os seres humanos há bilateralidade, assim como o clima interfere no rendimento das atividades humanas, o ser humano interfere no clima em decorrência das inúmeras atividades antrópicas exercidas ao longo de décadas. A definição do conforto térmico é potencialmente complexa, visto que além de fatores físicos naturais, há influência de fatores subjetivos, tal como o sistema termorregulador presente em cada indivíduo. Nesse contexto, o objetivo do presente trabalho é analisar como se comportou a sensação térmica na cidade do Recife ao longo da série histórica compreendida no período de 1962 – 2015, ao considerar as médias da máximas e mínimas temperaturas registradas dia-a-dia. Os dados foram obtidos Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) e para sua análise se utilizou um programa de planilha eletrônica. Para analisar o nível de conforto térmico utilizou-se o índice bioclimático proposto por Thom (1959) para descrever a sensação térmica que uma pessoa experimenta devido às condições climáticas ambientais. A análise das médias relativamente às sensações térmicas verificadas a partir das temperaturas máxima e mínima revela que acerca das temperaturas máximas há um estado de emergência médica devido a um desconforto muito forte, quanto à temperatura mínima se enquadra na condição em que 50% da população nutre um desconforto crescente. Fatores como a precipitação pluviométrica, temperatura e umidade relativa do ar provocam mudanças sensíveis nos níveis de desconforto, amenizando-o ou intensificando-o e conduz a sensação térmica a variar entre o bem-estar e o desconforto extremo.

Palavras-chave: Conforto térmico, Índice bioclimático, Sensação térmica, Temperatura, Umidade.

INTRODUÇÃO

Na dinâmica entre o clima e os seres humanos há bilateralidade, ou seja, assim como o clima interfere no rendimento das atividades humanas, o ser humano interfere no clima em decorrência das inúmeras atividades antrópicas exercidas ao longo de décadas. Conseqüentemente, as alterações locais provocadas pelas atividades humanas podem ser mais intensas e acarretar mudanças nos centros urbanos, que modificam a paisagem drasticamente. Verificam-se essas ocorrências, por exemplo, diante da formação das ilhas de calor, fenômeno

¹ Graduanda pelo Curso de Engenharia Civil da Universidade Federal de Pernambuco- UFPE/CAA, gleycenair@gmail.com;

² Mestre do Curso de Engenharia Química da Universidade Federal de Pernambuco - UFPE, marco.aurelioribeiro@ufpe.br;

³ Professor orientador: Pós-doutor, Engenharia Agrícola e Ambiental da Universidade Federal Rural de Pernambuco - UFRPE, gledson81@hotmail.com.

que diante do desconforto térmico acarreta um aumento na vulnerabilidade à deflagração de distúrbios respiratórios entre outras doenças (NÓBREGA e LEMOS, 2011). Além da saúde, a energia e o conforto dos seres humanos são afetados diretamente pelo clima, mais que por outros aspectos inerentes ao meio ambiente (CRITCHFIELD, 1974 *apud* AYOADE, 1991).

A definição do conforto térmico é potencialmente complexa, haja vista que além de fatores físicos naturais, há influência de fatores subjetivos, tal como o sistema termorregulador presente em cada indivíduo (NÓBREGA e LEMOS, 2011). Portanto, de maneira sistemática, há dois grupos de fatores que permeiam a percepção e constatação do desconforto térmico, a saber, o pessoal (inclui o metabolismo e vestuário) e o ambiental (relacionado à temperatura, umidade e velocidade do ar) (NÓBREGA e LEMOS, 2011).

Visto que a umidade do ar representa um importante fator nas considerações a respeito da sensação térmica, sabe-se em conformidade com Sousa et al. (2013) que

os sistemas atmosféricos que mais contribuem na precipitação da Região Metropolitana do Recife, são os Sistemas Frontais (em menor frequência), os Distúrbios Ondulatórios de Leste e a Brisas Marítimas e Terrestres, sendo estes últimos originados no Oceano Atlântico; as Ondas de Leste são mais comuns no outono/inverno, empurradas pelos alísios de sudeste, elas atingem a costa oriental do Nordeste, trazendo chuvas fortes, outro indutor de precipitações é a Zona da Convergência Intertropical (ZCIT), a ZCIT atinge o Recife, principalmente no outono, e causa chuvas com trovoadas e mudança na direção dos ventos de SE para NE, ou mesmo, calmarias. As formações dos sistemas de Vórtices Ciclones de Altos Níveis (VCAS) quando de suas formações nos meses de fevereiro a abril e com suas bordas sobre o NEB em especial acima do estado do Pernambuco aumenta a cobertura de nuvem e provocam chuvas de alta intensidade e curto intervalo de tempo, causando prejuízo às comunidades como alagamento, enchentes, inundações e ao setor socioeconômico, agropecuário e ao transporte urbano.

A interferência da sensação térmica na produtividade humana atinge tal magnitude que Frota e Schiffer (2003) em seu estudo das relações entre temperaturas e as atividades profissionais constataram que o rendimento de operários e soldados na Inglaterra decrescia na presença de condições climáticas adversas.

Diante do aumento na temperatura há o decréscimo da proatividade humana em taxas bastantes significativas, a saber, uma variação de temperatura de 20° C para 24° C provocou uma queda no rendimento em 15%. Bem como, fixada uma alta temperatura, o aumento da umidade relativa potencializa a sensação de desconforto térmico (FROTA E SCHIFFER, 2001).

As pesquisas acerca do conforto térmico respeitam as disposições determinadas pelas normas internacionais ISO 7730 (1994), ISO 7933 (1989), ISO 8996 (1989) e ISO 9920 (1993). A ISO 7730 converge com o modelo sugerido por Fanger (1982)

onde em câmara climática, se admitiu que o corpo humano em determinado ambiente, em estado de equilíbrio térmico ou sem acumular calor em seu interior, está desta forma, muito próximo da condição de neutralidade térmica. Entretanto, a condição de neutralidade térmica ou de verificação do balanço térmico é condição necessária, mas não suficiente para que a pessoa encontre-se em conforto térmico, pois a mesma pode encontrar-se ao mesmo tempo em situação de neutralidade térmica e ainda assim estar sujeita a algum tipo de desconforto localizado como, por exemplo, devido à radiação assimétrica (International Organization for Standardization).

Tendo em vista o que foi abordado, o ser humano necessita de condições climáticas favoráveis ao seu conforto como um requisito fundamental ao desempenho das atividades pessoais e profissionais, a análise da sensação térmica atual e o modo como, ao longo dos anos, ela se modificou mediante o processo de urbanização, a análise da variação diária e sazonal do conforto térmico em Recife surge como uma variável relevante ao entendimento da dinâmica estabelecida entre o clima e o ser humano. Assim o objetivo do presente trabalho é analisar como se comportou a sensação térmica na cidade do Recife ao longo da série histórica analisada, correspondente ao período de 1962 – 2015, ao considerar as médias da máximas e mínimas temperaturas registradas dia-a-dia.

METODOLOGIA

Caracterização da região de estudo

Recife localiza-se na latitude 08°01'S e de Longitude 34°51'W, com altitude média de 72 metros. Limita-se ao norte com as cidades de Olinda e Paulista, ao sul com o município de Jaboatão dos Guararapes, a oeste com São Lourenço da Mata e Camaragibe, e a leste com o Oceano Atlântico. O município do Recife situa-se no litoral nordestino e ocupa uma posição central, a 800 km de outras duas metrópoles regionais, Salvador e Fortaleza, disputando com elas o espaço estratégico de influência na região.

Segundo os dados do recenseamento do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) – Censo 2010 – a Cidade do Recife possui uma população de 1.537.704 habitantes, correspondendo a 17,48% da população do Estado, e a 41,63% da RMR, o que lhe propicia uma densidade demográfica de 6.989 habitantes/km².

Os dados de precipitações utilizados consistiram a série histórica do período de 1962-2015. Para análise dos dados foi utilizado um programa em planilha eletrônica. Os referidos dados foram adquiridos do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 2015). As distribuições pluviométricas ocorrem de forma irregular e com variação durante todos os anos. Essas séries foram selecionadas com base no critério de analisar apenas aquelas sem falhas e contínuas, bem como distribuídas homogeneamente na área de estudo, para as séries que continham falhas, utilizou-se o método de preenchimento.

A temperatura média compensada do ar foi utilizada do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) para o período médio de 1962-2015.

Figura 1: Localização do município de Recife em relação ao estado de Pernambuco



Fonte: Os autores (2019).

Coleta dos dados

Os dados de temperatura e umidade relativa do ar mensais utilizados consistiram da série histórica de 53 anos (1962 a 2015) adquiridos do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Utilizou-se um software editor de planilhas eletrônicas para manipulação dos referidos dados e através da estatística básica se obtiveram os cálculos dos valores médios das temperaturas e da umidade do ar.

Nível de conforto térmico

Para analisar o nível de conforto térmico utilizou-se o índice bioclimático proposto por Thom (1959) para descrever a sensação térmica que uma pessoa experimenta devido às condições climáticas ambientais. Este índice oferece medida razoável do grau de desconforto para várias combinações de temperatura e umidade relativa do ar.

Na estimativa do índice de desconforto térmico de Thom (IDT), aplicou-se a Equação 01:

$$IDT = T - (0,55 - 0,0055 UR) (T - 14,5) \quad (\text{Eq. 01})$$

Onde T é a temperatura do ar (°C) e UR é a umidade relativa do ar (%). Na caracterização do nível de desconforto térmico aplicou-se a classificação proposta por Giles et al. (1990) (Tabela 1).

Tabela 1. Faixa de classificação do índice de desconforto de Thom (IDT).

Descrição	Classe do desconforto (ID)
Bem estar	$ID < 21$
Menos de 50% da população possui um ligeiro desconforto	$21 < ID < 24$
Outros 50% da população possui um crescente desconforto	$24 \leq ID < 27$
A maioria da população possui um relativo desconforto e há significativo deterioramento da condição psicofísica	$27 \leq ID < 29$
Todos possuem um forte desconforto	$29 \leq ID < 32$
Estado de emergência médica, um desconforto muito forte	$ID \geq 32$

Fonte: Thom & Bosen (1959).

Para calcular o índice thom foi necessário realizar uma média das temperaturas mínimas e máximas e uma média da umidade relativa do ar, sendo assim, possível tratar os dados de maneira mais acessível.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O índice de desconforto térmico aumenta conforme a temperatura e umidade relativa do ar no local. É possível verificar a variação da temperatura e umidade do ar no período referente à série histórica considerada através de suas médias mensais (Tabela 2). Os valores de temperatura variaram entre as média de 20,7°C a 30,°C. Já a umidade relativa apresentou média mínima de 73,0% e máxima de 85,0%. Segundo Sardo et al. (2013) condições de elevada ou baixa umidade relativa do ar podem ser prejudiciais ao ambiente e acarretam desconforto aos seres humanos.

Tabela 2: Médias das temperaturas e umidade relativa do ar.

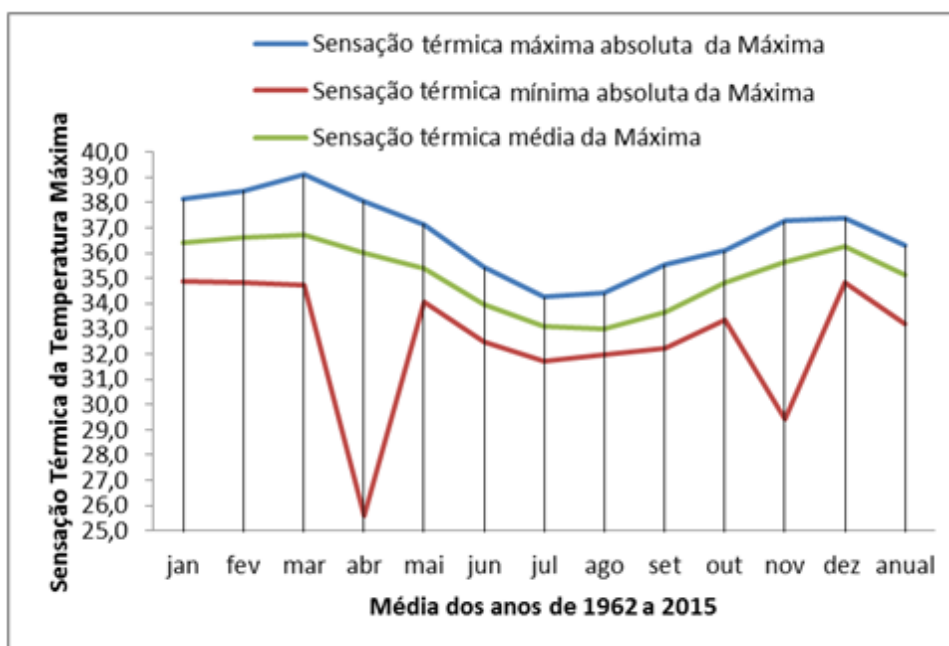
Meses	Temperatura mínima	Temperatura máxima	Temperatura média	Umidade relativa
Janeiro	22,7	30,5	26,7	74,4
Fevereiro	22,9	30,5	26,9	75,5
Março	22,9	30,5	26,7	78,4
Abril	22,7	29,8	26,2	81,4
Maió	22,2	29,2	25,5	84,0
Junho	21,8	28,2	24,6	85,0
Julho	21,0	27,6	24,0	84,3
Agosto	20,7	27,7	24,1	81,1
Setembro	21,3	28,3	24,9	77,9
Outubro	21,9	29,3	25,7	74,6
Novembro	22,3	30,0	26,3	73,0
Dezembro	22,6	30,4	26,7	73,5
Média	22,1	29,3	25,7	78,6
Máximo absoluto	22,9	30,5	26,9	85,0
Mínimo absoluto	20,7	27,6	24,0	73,0

Fonte: Os autores (2019).

Primeiramente, é sabido que cada dia possui um único valor de temperaturas máxima e mínima. Assim, a sensação térmica média para a temperatura máxima considera a média das temperaturas máximas registradas mês a mês, ou seja, por exemplo para janeiro se analisou a média das temperaturas máximas durante todos os meses da série histórica e posteriormente se realizou a média das médias de cada um desses meses de janeiro, o mesmo se fez para os demais meses. Já a sensação térmica máxima absoluta para a temperatura máxima avaliou o mês ao longo da série histórica cuja média das temperaturas máximas foi a maior possível, raciocínio parecido realizado para a sensação térmica mínima absoluta para a temperatura máxima, porém nesse caso se considera o mês com a menor média das temperaturas máximas. O mesmo se fez para a sensação térmica relativamente às mínimas temperaturas.

A partir dos dados foi possível calcular a sensação térmica experimentada na cidade do Recife por meio do índice proposto por Thom e aqui aplicado para as médias das máximas e mínimas temperaturas registradas na totalidade dos dias inclusos na presente série (Figuras 2 e 3).

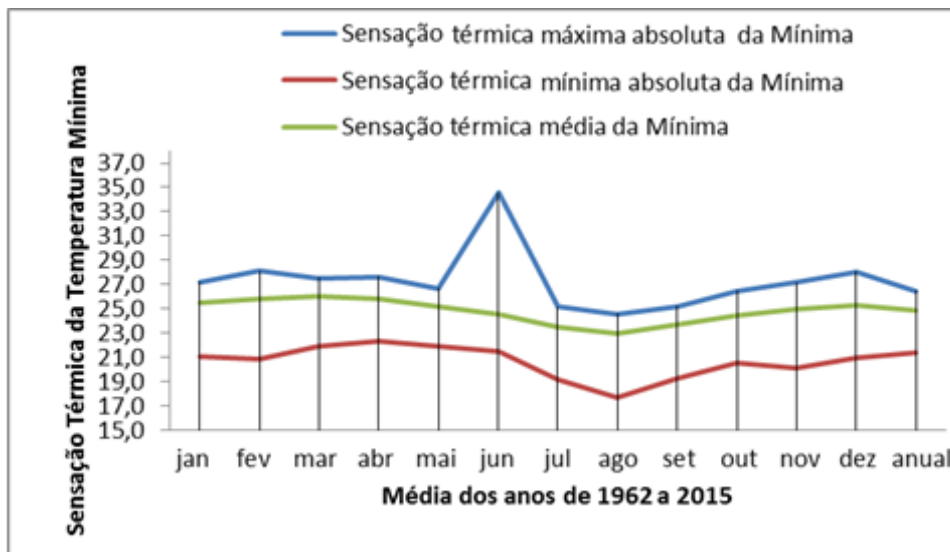
Figura2: Sensação térmica da temperatura máxima.



Fonte: Os autores (2019).

Assim, observa-se que para as máximas temperaturas os meses de junho à setembro representam o período de menor sensação térmica média, visto que compõem o período referente ao inverno. Na curva da sensação mínima absoluta se destacam dois pontos, os meses de abril e novembro, cuja condição se explica por terem sido os meses cuja temperatura máxima apresentou os menores valores. Para o mês de abril essa condição se associa à ocorrência da zona de convergência intertropical (ZCIT). A ZCIT é, por consenso, o mecanismo mais importante na produção de chuva, chegando a sua posição extrema nos meses de março e abril, quando o máximo de precipitação para essa região é observado (HASTENRATH e HELLER, 1977). Consequentemente, devido à ocorrência de chuvas frequentes no mês de abril por ação da ZCIT, há um abaixamento na sensação térmica para esse mês, tendo em vista que a chuva nessa situação reduz o nível de desconforto térmico pela diminuição da temperatura.

Figura3: Sensação térmica da temperatura mínima.



Fonte: Os autores (2019).

Já acerca da sensação térmica calculada para as temperaturas mínimas, percebe-se que a sensação térmica média apresenta notável linearidade ao longo dos meses, fator que indica que as temperaturas mínimas possuem menor amplitude de variação comparado às temperaturas máximas durante o ano. Ainda assim, os meses correspondentes à estação do inverno possuem menores sensações térmicas em decorrência das combinações de valores de temperatura e umidade que favorecem essa condição.

Um ponto característico se observa na curva da sensação máxima absoluta da temperatura mínima, centrado no mês de junho e que indica que para esse mês as temperaturas mínimas apresentam maiores valores absolutos em comparação às mínimas registrados nos demais meses. Fenômeno que se explica através da ocorrência dos distúrbios de leste que ocorrem no litoral pernambucano. São comuns na maioria dos anos, porém sua intensidade depende da temperatura da superfície do mar (TSM), do cisalhamento do vento e dos efeitos da orografia e da circulação de brisa marítima e terrestre, influenciando na intensificação ou dissipação desse tipo de sistema (ARAÚJO et al., 2008) e Segundo Ratisbona (1976) os distúrbios de Leste têm o seu máximo em junho. Essas massas de ar atuantes são instáveis, profundas e úmidas, por causa da atuação dos ventos alísios de sudeste. Portanto, em virtude do aumento na umidade relativa do ar, há a potencialização da sensação térmica percebida em junho.

A análise das médias relativamente às sensações térmicas experimentadas a partir das temperaturas máxima e mínima revela que acerca das temperaturas máximas, conforme o

índice proposto por Thom há um estado de emergência médica devido a um desconforto muito forte (ID acima 32), quanto à temperatura mínima o índice fornece um ID em torno de 25, portanto, enquadra-se na circunstância em que 50% da população nutre um desconforto crescente. Já para as sensações térmicas absolutas, sejam as máximas ou mínimas e tanto para as temperaturas máximas e mínimas, os valores indicam situações desde ao bem estar, principalmente para a sensação mínima absoluta da temperatura mínima, como também condições de forte desconforto sobretudo para os valores máximos absolutos das temperaturas máximas.

Essa dinâmica climática é característica da região apresentada, visto que esta é marcada por uma estação seca e uma chuvosa bem definidas e esse mecanismo influencia nitidamente nas oscilações das medidas da sensação térmica, pois, fatores como a umidade, velocidade do vento e temperatura variam ao longo do ano e apresentam tendências marcantes a essas estações.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nota-se que os valores médios da sensação térmica revelam um estado alarmante quanto ao desconforto térmico na cidade do Recife, visto que relativamente às temperaturas máximas registradas a média da sensação térmica indica um estado de desconforto muito forte e emergência médica. Enquanto, acerca das temperaturas mínimas, a média da sensação térmica provoca um grau de desconforto térmico crescente em 50% da população, aspectos previstos por Recife se tratar de um centro urbano densamente povoado e que está situado em uma zona de baixas latitudes na qual incide uma radiação solar elevada.

Na prática, mesmo em relação às temperaturas máximas há níveis de desconforto térmico menores que o indicado quando se considera somente a média dessas temperaturas, bem como quanto às temperaturas mínimas há níveis maiores de desconforto quando se analisa além da própria média dos dados obtidos. Os fatores como a precipitação pluviométrica, temperatura e a umidade relativa do ar, que oscilam continuamente, provocam mudanças sensíveis nos níveis de desconforto, amenizando-o ou intensificando-o e conduz a sensação térmica a variar entre o bem-estar e o desconforto extremo.

A tendência de crescente urbanização que conduz à verticalização imobiliária e favorece o desenvolvimento das ilhas de calor, bem como a emissão de poluentes preocupa no que concerne ao aumento dos níveis de desconforto térmico, já acentuados, ao longo dos

próximos anos, sobretudo num futuro mais distante. Mesmo diante do prognóstico alarmante é possível minimizar os níveis de desconforto térmico através de medidas públicas que promovam a restauração e manutenção de praças e parques, bem como a proliferação consciente dessas áreas e também no despertar do desejo da população em usufruir desses locais, além da restauração dos manguezais e área litorânea e outras medidas sustentáveis que, dentre outros benefícios, auxiliem na mitigação do desconforto térmico.

REFERÊNCIAS

ARAÚJO, L. E. **Análise estatística de chuvas intensas na bacia hidrográfica do rio Paraíba**. Revista Brasileira de Meteorologia, v. 23, n. 2, p. 162-169, 2008.

AYOADE, J. O. **Introdução à Climatologia para os Trópicos**. Trad Maria J. Z. dos Santos. 3.ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1991, 332 p.

CRITCHFIELD, W. J. *General Climatology*. 2.ed. New Delhi: Prentice-Hall of India Private Limited, 1968, 420 p.

FANGER, P. O. *Thermal Comfort – Analysis and Applications in Environmental Engineering*. Robert E. Krieger Publishing Company, Malabar, Florida. 1982.

FROTA, A. B.; SCHIFFER, S. R. Manual de desconforto térmico: 5. ed. São Paulo: Studio Nobel, 2001.

Giles, B. D.; Balafoutis, C. H.; Maheras, P. *Too hot for comfort: the heatwaves in Greece in 1987 and 1988*. **International Journal Biometeorology**, 34, 98-104, 1990.

HASTENRATH, S.; HELLER, L. *Dynamics of climatic hazards in northeast Brazil*. Q. J. R. Meteorol. Soc., V. 103, p.77-92, 1977.

INMET. Instituto Nacional de Meteorologia. **Dados de Temperatura e Umidade dos anos de 1962 a 2015**. Disponível em: <
<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=estacoes/estacoesAutomaticas>>. Acesso em:
Agosto de 2016.

ISO 7730 – International Organization for Standardization. **Moderate thermal environments** – Determination of the PMV and PDD indices and specification of the conditions for thermal comfort. Geneva, 1994.

NÓBREGA, R. S.; LEMOS, T. V. S. O microclima e o (des)conforto térmico em ambientes abertos na cidade do Recife. **Revista de Geografia** (UFPE) V. 28, No. 1, 2011.

RATISBONA, C. R. *The climate of Brazil*. In. *Climates of Central and South America: world survey of climatology*: Elsevier, v.12, 1976. p.219-293.

SARDO, J. et al. **Análise do índice de sensação térmica para a cidade de Rio do Sul/SC**. Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v.9, n.17; p. 2013 154.

SOUSA, W. S.; ASSIS, J. M. O.; SILVA, R. F.; CORREIA, A. M. Análise do comportamento das chuvas durante os últimos 50 anos (1961 – 2011), na cidade do Recife/PE. **Revista Pernambucana de Tecnologia**. v. 1, n.1(2013) – Recife/PE: ITEP.

Thom, E.C. **The discomfort index**. *Weatherwise*, Boston, 12(1), 57-60, 1959.