

**Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Instituto de Geociências
Departamento de Geografia
Trabalho de Graduação II**

Climatologia das Ondas de Calor em Porto Alegre - RS: 1961 a 2010

Vinícius Catto de Cardia

Porto Alegre

2010/2

**Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Instituto de Geociências
Departamento de Geografia
Trabalho de Graduação II**

Climatologia das Ondas de Calor em Porto Alegre - RS: 1961 a 2010

Vinícius Catto de Cardia

Orientador: Prof. Fernando Pohlmann Livi

Banca Examinadora: Prof. Nelson Luiz Sambaqui Gruber
Prof. Francisco Eliseu Aquino

Trabalho apresentado como requisito parcial para a
obtenção do grau de Bacharel em Geografia pela
Universidade Federal do Rio Grande do Sul;

Porto Alegre

2010/2

Agradecimentos

Durante toda a trajetória na Geografia foi-me dada grandes oportunidades que são importantes no desenrolar da vida. Não bastasse o fato de conhecer e vivenciar o dia a dia de pessoas das mais distantes realidades e localidades, também há a experiência de tomar conhecimento sobre uma imensa série de informações.

Dedico meus agradecimentos:

- A minha família, que não é necessário dar explicações;
- Aos bons professores do Instituto de Geociências, que tentaram mostrar que as coisas na Terra funcionam segundo uma linha de pensamento (algumas vezes complexa e confusa);
 - A meus colegas de Geografia 2006/1, pelos momentos de diversão, principalmente nas saídas de campo e intervalos de aula. Em especial às pessoas que passaram a fazer parte do meu cotidiano e que convivi quase que diariamente por um bom tempo, seja por bolsas, estágios, na rotina da UFRGS ou na rotina da vida: João Pedro, Mari, Espíndula, Fernando, Marcelo, Mantova, Mini, Alemão, Fran, Amanda;
 - Ao Bebê Jupiteriano FC, o maior time da Geografia/UFRGS: Caetano, Tiago Hermindo Trombetta, Marin, Vagner, Cabelo, Peter;
 - Ao professor Fernando Livi, por não me escantear mesmo quando minha idéia de TG original naufragou;
 - Ao professor Nelson Gruber, pela oportunidade de ingressar no Laboratório de Gerenciamento Costeiro;
 - A meus colegas do LABGERCO pelo aprendizado;
 - A todos do Núcleo de Vigilância dos Riscos e Agravos Ambientais não-Biológicos, do Centro Estadual de Vigilância em Saúde: Salzano, Liane, Vanda, Luis, Neco, Cláudia, Janes, Régis e também à Elaine da 14ª Coordenadoria Regional de Saúde, pelo convívio sempre prazeroso e divertido, e pela oportunidade de ter uma experiência profissional na área;
 - Ao AC/DC, Ramones e Ratos de Porão, bandas que me fizeram companhia por muitas horas durante o TG2;
 - Ao Gabirú, pelo gol que mudou a história;

*“De tanto ver triunfar as nulidades,
de tanto ver prosperar a desonra,
de tanto ver crescer a injustiça,
de tanto ver agigantarem-se
os poderes nas mãos dos maus,
o homem chega a desanimar da
virtude,
a rir-se da honra,
a ter vergonha de ser honesto”*

Rui Barbosa

Resumo

Ondas de Calor se constituem como eventos em que os valores de temperaturas máximas e mínimas permanecem elevados por um período de tempo de no mínimo 3 dias. Com o intuito de caracterizar e estudar tais fenômenos na cidade de Porto Alegre/RS no período de 1961 a 2010; fez-se uso de dados de temperatura máxima e mínima, adquiridos junto ao 8º Distrito de Meteorologia, referencial teórico acerca de conceitos climatológicos e meteorológicos e análise estatística dos dados através do método da regressão simples, visando caracterizar tendências para os eventos. Foram verificados 43 eventos em 50 anos de observação, contabilizando 60% de frequência. Analisou-se neste estudo a tendência do número de eventos e sua duração, bem como o comportamento das temperaturas máximas e mínimas durante a série, possibilitando verificar também a tendência destas perante os registros.

PALAVRAS-CHAVE: Ondas de Calor; temperatura máxima; temperatura mínima; climatologia; Porto Alegre;

Abstract

Heat waves are events in which maximum and minimum temperatures remain in high values for at least 3 days period. In order to characterize and research these phenomena in Porto Alegre City / Rio Grande do Sul State, during the period of time from 1961 to 2010, meteorological data from 8th Distrito de Meteorologia (located in Porto Alegre) were used, along with theoretical reference about climate and meteorological concepts, besides statistic analysis with method of simple regression. This paper verifies 43 events in 50 years-observation, accounting 60% of frequency. It was also analyzed on this research the trend in the number of events and their duration, along with the behavior of maximum and minimum temperature along the series, making it possible to verify their trend according to the registers

KEY WORDS: Heat Waves; Maximum temperature; Minimum temperature; climatology; Porto Alegre.

SUMÁRIO

| | |
|---|-----------|
| Capítulo 1 - Introdução | 12 |
| 1.1 Apresentação | 12 |
| 1.2 Objetivos | 13 |
| 1.2.1 Objetivo Geral | 13 |
| 1.2.2 Objetivos Específicos..... | 13 |
| 1.3 Justificativa..... | 14 |
| 1.4 Delimitação da Área de Estudo..... | 16 |
| Capítulo 2 - Metodologia..... | 18 |
| Capítulo 3 - Caracterização da Área de Estudo | 20 |
| 3.1 Classificação Climática do Rio Grande do Sul | 20 |
| 3.2 Classificação Climática de Porto Alegre..... | 27 |
| Capítulo 4 - Referencial Teórico..... | 28 |
| Capítulo 5 - Análise e Discussão de Resultados | 33 |
| 5.1 Número de Eventos..... | 33 |
| 5.2 Duração dos Eventos | 34 |
| 5.3 Temperaturas..... | 37 |
| 5.4 Principais Ondas de Calor..... | 62 |
| Capítulo 6 - Conclusões..... | 66 |
| Referências Bibliográficas | 70 |

LISTA DE GRÁFICOS

| | |
|--|----|
| 1. Número de Ondas de Calor por ano de Evento..... | 33 |
| 2. Duração das Ondas de Calor – 1961 a 2010 | 35 |
| 3. Duração das Ondas de Calor – 1961 a 1999 | 36 |
| 4. Duração das Ondas de Calor – 1961 a 2009 | 37 |
| 5. Temperaturas máximas anuais em Ondas de Calor | 38 |
| 6. Temperaturas máximas em Ondas de Calor – Machado (1950) | 39 |
| 7. Temperaturas mínimas em Ondas de Calor..... | 40 |
| 8. Temperaturas mínimas máximas em Ondas de Calor..... | 41 |
| 9. Temperaturas mínimas máximas em Ondas de Calor – 1961 a 2009..... | 41 |
| 10. Temperaturas mínimas máximas em Ondas de Calor – Machado (1950)..... | 42 |
| 11. Temperaturas – Década de 1960 | 43 |
| 12. Amplitude térmica – Década de 1960..... | 44 |
| 13. Temperatura média – Década de 1960 | 44 |
| 14. Temperaturas – Década de 1970 | 45 |
| 15. Amplitude térmica – Década de 1970..... | 46 |
| 16. Temperatura média – Década de 1970 | 47 |
| 17. Temperaturas – Década de 1980 | 47 |
| 18. Amplitude térmica – Década de 1980..... | 48 |
| 19. Temperatura média – Década de 1980 | 48 |
| 20. Temperaturas – Década de 1990 | 49 |
| 21. Amplitude térmica – Década de 1990..... | 50 |
| 22. Temperatura média – Década de 1990 | 51 |
| 23. Temperaturas – Década de 2000 | 51 |

| | |
|--|----|
| 24. Amplitude térmica – Década de 2000..... | 52 |
| 25. Temperatura média – Década de 2000 | 53 |
| 26. Temperaturas – 2001 a 2009 | 53 |
| 27. Temperatura média – 2001 a 2009 | 54 |
| 28. Amplitude térmica – 2001 a 2009 | 55 |
| 29. Temperaturas – 1961 a 2010 | 56 |
| 30. Temperaturas – 1961 a 1999 | 57 |
| 31. Amplitude térmica – 1961 a 2010 | 58 |
| 32. Amplitude térmica – 1961 a 1999 | 59 |
| 33. Temperatura média – 1961 a 2010 | 60 |
| 34. Temperatura média – 1961 a 1999 | 61 |
| 35. Ondas de Calor mais longas (1912 a 1948) | 63 |
| 36. Ondas de Calor mais longas (1961 a 2010) | 64 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|---|----|
| 1. Ondas de Calor no estado, gerais e regionais, que atingiram Porto Alegre (1912 – 1948)) | 31 |
| 2. Comparação das séries históricas quanto ao número de eventos | 34 |
| 3. Comparação das séries históricas quanto a duração dos eventos..... | 36 |
| 4. Comparação entre as duas séries históricas quanto à temperatura máxima anual em Ondas de Calor | 39 |
| 5. Comparação entre as duas séries históricas quanto à temperatura mínima anual em Ondas de Calor | 42 |
| 6. Ondas de Calor mais longas (1912 a 1948) | 62 |
| 7. Ondas de Calor mais longas (1961 a 2010) | 63 |

LISTA DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| 1. Localização do estado do Rio Grande do Sul em Relação ao Brasil e América do Sul | 16 |
| 2. Localização do município de Porto Alegre em relação ao estado do Rio Grande do Sul | 17 |
| 3. Domínios Climáticos do Brasil e principais subtipos..... | 21 |
| 4. Regiões Climáticas do RS | 23 |
| 5. Regiões Ecoclimáticas do RS..... | 24 |
| 6. Principais Centros de Ação da América do Sul | 25 |
| 7. Temperatura média global..... | 28 |

Capítulo 1

Introdução

1.1 Apresentação

O mês de Janeiro é considerado o mais quente do estado do Rio Grande do Sul (RS) de acordo com as temperaturas médias registradas; em geral superiores a 18,0°C e inferiores a 26,5°C.

Quando as temperaturas absolutas ultrapassam valores considerados normais, para mínima e máxima, durante no mínimo 3 dias, na estação de Verão, é considerado e classificado como uma Onda de Calor. (ARAÚJO, 1930)

Este trabalho visa apresentar e analisar os eventos de Ondas de Calor no município de Porto Alegre – RS em uma série de dados do período de 1961 até 2010, bem como interpretar o comportamento e frequência do fenômeno.

Este trabalho irá, também, apresentar e comparar os dados do período acima citado, com os do período de 1912 a 1948, analisados por Machado (1950). Para isso se efetuará o uso de referencial teórico, geração de gráficos, além de caracterizar os aspectos climáticos do estado do Rio Grande do Sul e do município de Porto Alegre para a melhor compreensão da incidência destes fenômenos.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo Geral

Analisar a ocorrência dos fenômenos de Ondas de Calor no município de Porto Alegre/RS, no período de 1961 a 2010, bem como, sua comparação com as do período de 1912 a 1948.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Obter a série histórica dos fenômenos de Ondas de Calor de 1961 a 2010.
- Analisar o comportamento e frequência dos fenômenos ao longo da série histórica, bem como discutir possíveis tendências para o futuro.
- Promover uma análise qualitativa dos fenômenos mais significativos.
- Analisar dados de temperaturas mínimas, máximas e médias.

1.3 Justificativa

O estudo do clima e do tempo é essencial no âmbito das ciências ambientais. Influencia diretamente os quatro domínios globais – atmosfera, hidrosfera, biosfera e litosfera – embora de maneiras diferentes, mas com importâncias fundamentais.

O estudo das relações entre as condições climáticas e meteorológicas, e os organismos vivos, possui conceitos e análises diferenciadas. O conceito de Bioclimatologia, utilizado por Budyko (1974) diz respeito a análises climáticas em que suas análises temporais, como precipitações anuais, possuem influência direta na possibilidade de vida, ou não, em um determinado ambiente. Porém, segundo Munn (1970) eventos meteorológicos de escalas curtas de tempo, tal como temperatura e pressão, ao serem analisadas pontualmente se caracterizam como importante objeto no estudo das relações entre os organismos vivos com a atmosfera.

Parte da biosfera, o homem tem uma relação recíproca com o clima, ao passo que ao mesmo tempo em que suas atividades são influenciadas pelo clima, suas melhorias tecnológicas e científicas vêm causando impactos no clima. Ainda sobre a importância dessa relação, Mendonça (2000) diz:

“As condições atmosféricas desempenham forte influência sobre a sociedade, e os estados de saúde ou doença do organismo humano se constituem numa das várias manifestações desta interação”.

A partir disso, essa relação torna-se uma aplicação extremamente viável, pois cabe ao homem competência dos estudos sobre as condicionantes que interferem na saúde. Segundo Critchfield (1974, *apud* Ayoade, 1983) “a saúde humana, a energia e o conforto são mais afetados pelo clima do que por qualquer outro elemento do meio ambiente”.

Segundo o Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas – IPCC (2007), a temperatura média do Planeta Terra teve um aumento de 0,7°C nos últimos cem anos, e tal alteração teria como principal atuante o ser humano e suas atividades. A crescente evolução de tecnologias atreladas ao desenvolvimento das atividades humanas, em especial a partir da Revolução Industrial, vem trazendo uma

série de agravos quanto à emissão de gases na atmosfera, causando alteração das condições físicas e químicas dessa. Todavia, estudos climáticos indicam que o clima da Terra, através de análises da temperatura do ar, vem alternando nos últimos 850 mil anos entre períodos glaciais e interglaciais, sendo considerado como frio, em relação a outras eras geológicas, e que atualmente o clima se encontra saindo de um período interglacial (Roberts e Landsford, 1979, *apud* Ayoade, 1983). Com uma possível mudança climática, podem ocorrer mudanças de sistemas de organismos vivos, além da propagação e ou exaurição de bactérias e vírus que podem afetar diretamente o homem.

Evento semelhante ao fenômeno de Onda de Calor, o Veranico é também uma maneira de estudar o comportamento de eventos considerados episódicos. Conceitua-se como Veranico a elevação das temperaturas máximas e mínimas por um período de tempo, na estação de inverno. Com o entendimento desse fenômeno, torna-se mais fatural a compreensão das mudanças que o clima pode sofrer. De acordo com o estudo feito por Bohusch (2007), que analisou o fenômeno dos Veranicos em Porto Alegre, de 1965 a 2006, houve um aumento na frequência de ocorrência destes, bem como da intensidade com que ocorrem esses eventos, em número de dias e também em relação às temperaturas. Pode se dizer, a partir dos resultados deste estudo, que os veranicos estão ficando mais frequentes, mais longos e com temperaturas mais elevadas.

O propósito desse trabalho é analisar como tem se comportado o fenômeno climático de Onda de Calor em uma série histórica, visando verificar se há alguma relação de aumento ou diminuição da ocorrência em virtude dos cenários climáticos amplamente divulgados e discutidos nos meios científicos e midiáticos.

1.4 Delimitação da Área de Estudo

O município de Porto Alegre, capital do estado do Rio Grande do Sul (Figura 1), Brasil, com população estimada de cerca de 1 milhão e 450 mil habitantes, área territorial de 497 Km² e coordenadas geográficas de referência 30° 01' 58" S, 51° 13' 48" W; no *datum* WGS 84 (IBGE, 2010). (Figura 2)



Figura 1: Localização do estado do Rio Grande do Sul em relação ao Brasil e América do Sul.
Fonte: Cedido por Centro Estadual de Vigilância em Saúde, adaptado em Terra View.

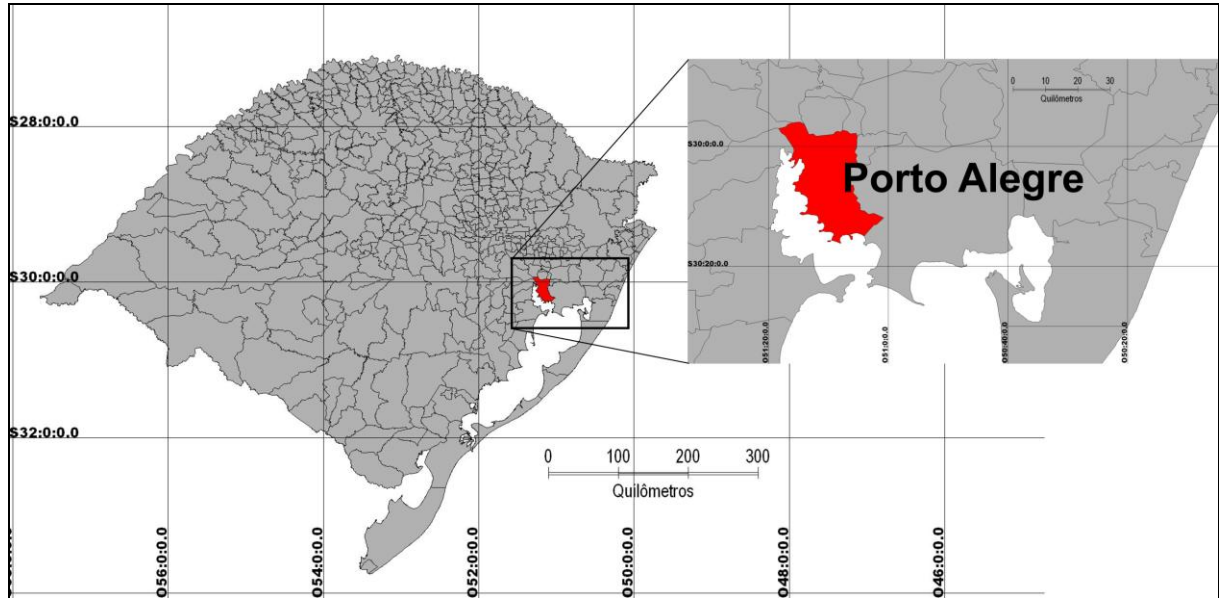


Figura 2: Localização do município de Porto Alegre em relação ao estado do Rio Grande do Sul.
Fonte: IBGE, 2010, adaptado em Terra View.

Capítulo 2

Metodologia

Serão feitas 3 principais etapas na efetuação do corpo técnico do trabalho: desenvolvimento do referencial teórico; levantamento e tratamento dos dados; análises e discussões dos resultados.

O desenvolvimento da revisão de literatura consiste na leitura de material bibliográfico acerca da caracterização do clima do RS e de Porto Alegre, bem como dos conceitos de Onda de Calor que vão ser utilizados no trabalho, referências sobre climatologia e meteorologia de outros trabalhos, passando também por discussões acerca de conceitos do panorama climático atual.

Para a caracterização das Ondas de Calor utilizou-se o critério empregado por Machado (1950) e Conceição (1997) que, baseado nos estudos de Araújo (1930) classificaram as Ondas de Calor no período de 1912 a 1948, e 1961 a 1997 respectivamente.

O levantamento e tratamento de dados correspondem à obtenção e criação de tabelas. Os dados das variáveis meteorológicas foram concedidos pelo 8º Distrito de Meteorologia, do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET); e através do uso do software Microsoft Office Excel 2003®, foram incorporados e sistematizados, podendo assim possibilitar a criação de gráficos. Para tal, se coletou dados de temperaturas máximas e mínimas da série de 1961 a 2010, e em posse desses dados efetuou-se o cálculo das temperaturas médias e valores de Amplitude Térmica, bem como construção de dados referentes a duração dos eventos e a quantidade dos mesmos ao longo do período estudado. Na posse dos gráficos, através da ferramenta de adicionar Linha de Tendência, é possível verificar, através do método da Regressão Linear Simples, a tendência que os valores de temperaturas possuem em relação a seus registros ao longo da série. Essa linha é dada através da *equação de regressão* a seguir:

$$y = a + bx$$

Onde: a é um valor médio entre os registros máximos e mínimos em que a reta da linha de tendência passa; b é quanto a está variando ao longo do plano cartesiano, com o sinal matemático indicando o sentido da variação; x são os intervalos no plano em que está ocorrendo a variação. (Barbetta, 2006)

Em termos de caracterização sobre a proposta deste trabalho, seguindo a metodologia utilizada por Bohusch (2007), observou-se a variação registrada da linha de tendência dos gráficos e a quantificação dessa variação através da observação do item b da equação.

Tendo em vista aprimorar o nível de informações do trabalho, fez-se o uso da comparação dos resultados encontrados, quanto ao número de eventos e duração dos mesmos, com o estudo feito por Machado (1950) a fim de se obter a informação de como as duas séries analisadas se diferenciam e variam.

Capítulo 3

Caracterização Climática da Área de Estudo

3.1 Classificação Climática do Rio Grande do Sul

O Brasil possui uma grande área territorial, com seus limites atingindo diversos fatores que caracterizam os diferentes climas do país. Esses fatores, tais como: a configuração dos limites políticos; a maritimidade; as unidades de relevo e a própria extensão territorial, são importantes para entender como atuam os climas do país. As principais Massas de Ar que atuam no país dizem respeito a Massa de ar equatorial continental (MEC), Massa de ar equatorial atlântica (MEA), Massa de ar tropical atlântica (MTA), Massa de ar tropical continental (MTC) e Massa de ar polar atlântica (MPA). Segundo Mendonça e Danni-Oliveira (2007) tais características enumeradas acima, ao se aliarem à distribuição da temperatura e da pluviosidade, configuram o país em 5 principais grandes tipos climáticos, como mostra a figura 3, que apresenta a distribuição dos climas brasileiros e as massas de ar atuantes.

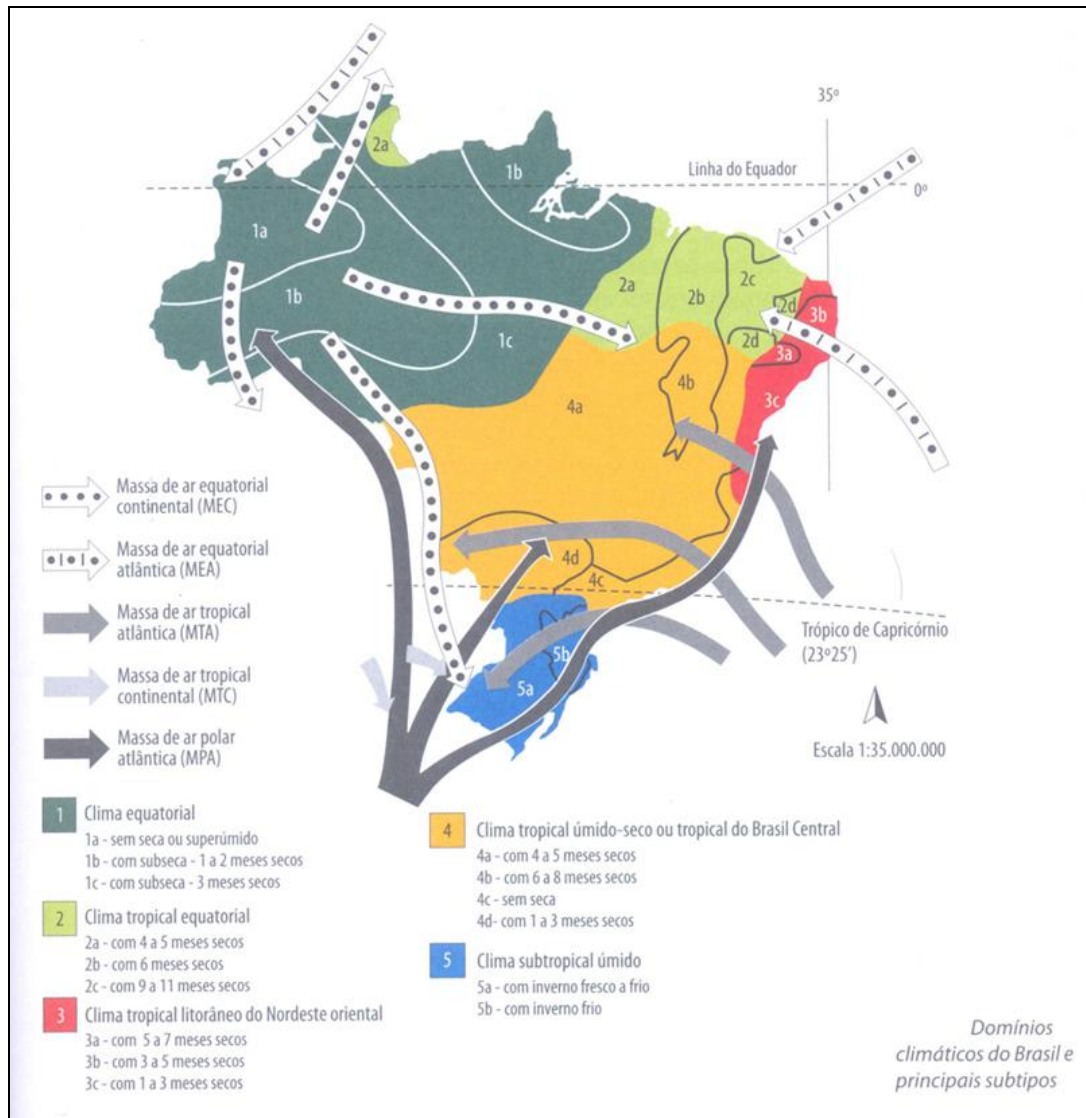


Figura 3: Domínios Climáticos do Brasil e principais subtipos.

Fonte: Mendonça e Danni-Oliveira, 2007.

Os climas propostos são: Clima equatorial, Clima tropical equatorial, Clima tropical litorâneo do Nordeste oriental, Clima tropical úmido-seco ou tropical do Brasil Central e Clima subtropical úmido; este último englobando o RS.

O clima subtropical úmido proposto se subdivide em dois, com inverno fresco a frio, e com inverno frio; este último relacionado diretamente com as cotas altimétricas mais elevadas.

Segundo Nimer (1989), duas das principais características do clima da região sul dizem respeito a sua homogeneidade do regime pluviométrico e a umidade; ao contrário das outras regiões do país, de clima quente, a região sul apresenta clima

mesotérmico do tipo temperado¹. Ainda sobre as características do clima da região Sul, quando se diferencia perante os demais encontrados no país, diz respeito a temperatura de inverno, mais baixas devido a posição geográfica.

A classificação climática de Köppen é das mais populares no mundo; sendo amplamente utilizada. Baseia-se em parâmetros de temperatura, distribuição sazonal da temperatura e aspectos específicos dessas. Segundo a classificação de Köppen, o RS se enquadra climaticamente no clima Cfa e Cfb – Temperados Chuvosos e Quentes, com verões quentes e moderadamente quentes, respectivamente. Com temperaturas do mês mais frio entre -3,0°C e 18,0°C, e temperatura média do mês mais quente acima de 22,0°C (BRASIL, 1972). Essas diferenças de dois climas se dão devido a fatores da morfologia de relevo do estado. As altitudes são importantes quanto a regulação da temperatura, ao passo que com o aumento das cotas, as temperaturas vão gradualmente diminuindo 0,6°C a cada 100 metros (AYOADE, 1983). Isso faz com que as temperaturas sejam levemente menos intensas em partes significativas do Planalto Meridional, caracterizando assim o clima *Cfb*.

Entretanto, existem outras classificações climáticas que abordam outros parâmetros. A classificação climática proposta por Strahler e Strahler (1986) utiliza parâmetros de regimes térmicos e tipos pluviométricos, baseado em explicações considerando a atuação das massas de ar. Assim, o RS se encontra na área compreendida pelos climas de latitudes médias onde há intensa interação entre as massas de ar tropical e polar que determinam e delimitam a zona de atuação da frente polar. Esta região se caracteriza como subtropical úmida, onde a massa de ar dominante no verão é a Tropical Marítima. Os invernos, com as incursões do ar polar continental apresentam períodos de tempo muito frio. A precipitação anual fica em torno de 1000,0 e 1500,0 mm, embora em anos de evento de El Niño e La Niña, essas médias sofrem oscilações positivas, no caso do El Niño, e negativas, em La Niñas (BERLATO E FONTANA, 2003). Araújo (1930) classificou o RS em oito regiões climáticas, baseado nas altitudes e na proximidade com o oceano. Essa classificação (figura 4), mesmo antiga, apresenta cenários similares ao que se apresenta atualmente no que diz respeito a regionalização climática do RS.

¹ O Clima mesotérmico aparece em outras regiões do Brasil, entretanto, sua ocorrência está ligada a áreas de altitudes elevadas, ao passo de que no Sul é encontrado quase a nível do mar (NIMER, 1989).

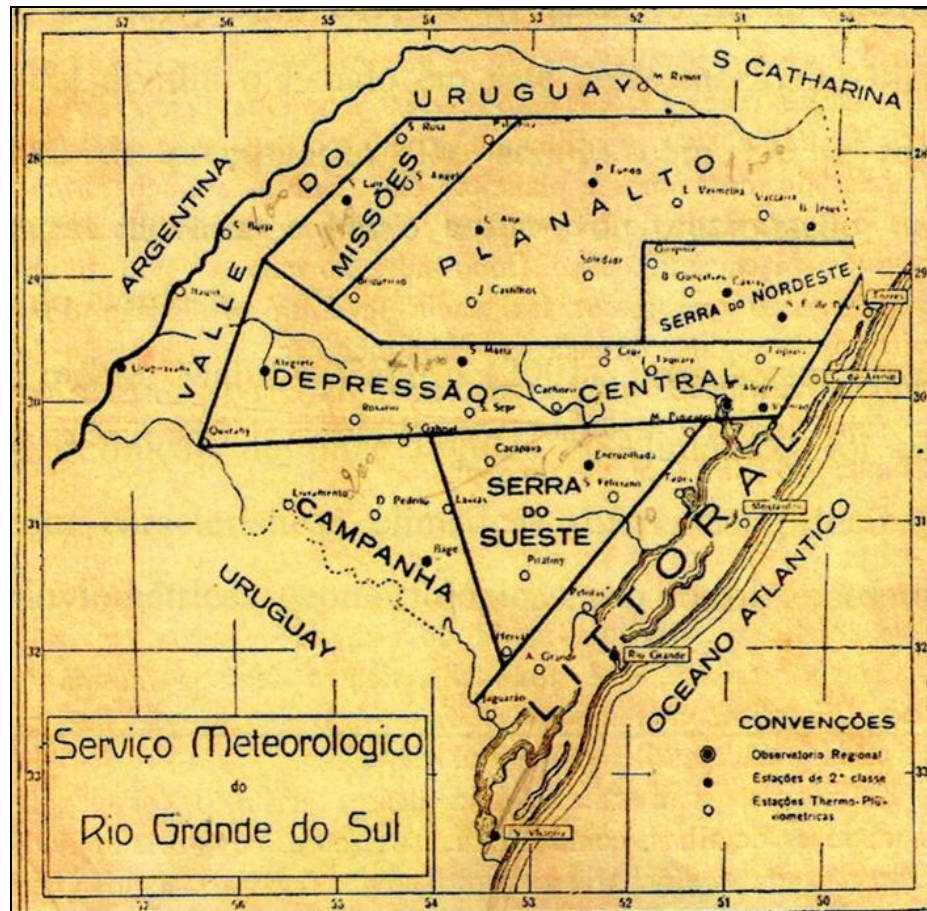


Figura 4: Classificação climática do RS (Araújo, 1930).
 Fonte: Araújo (1930).

Uma recente classificação climática do RS remete aos estudos de Maluf e Caiaffo (2001), que é uma proposta baseada em características termopluiometrias, geomorfológicas, uso do solo, entre outras. Assim, estabeleceram 11 regiões ecoclimáticas, como mostra a figura 5.

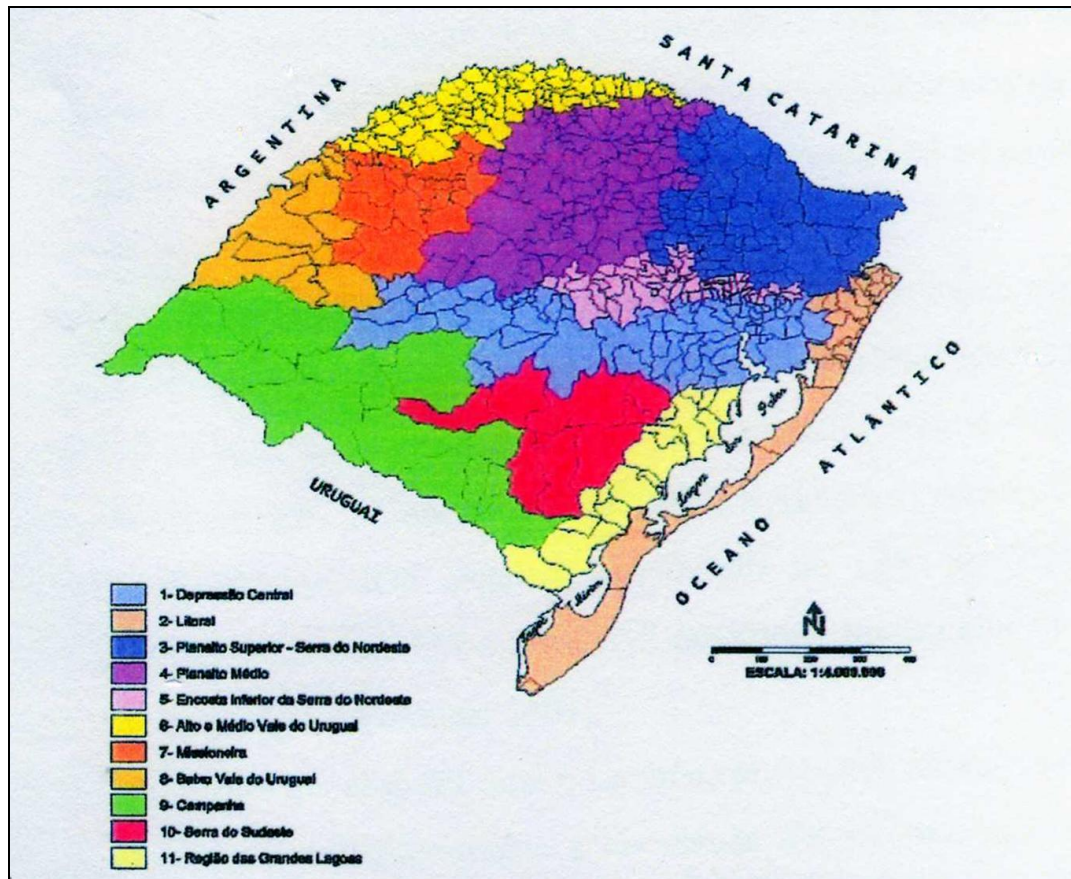


Figura 5: Regiões Ecoclimáticas RS.
Fonte: Maluf e Caiaffo (2001).

Na caracterização do clima do RS um dos principais elementos controladores diz respeito a circulação atmosférica. Na zona situada entre 30° e 40° ocorre a transição da zona tropical para temperada, onde recebe as massas de ar tropicais e polares (MTA, MTC e MPA) e sofre, de maneira geral, influência direta das frentes oriundas das grandes latitudes, sendo frias e úmidas, entrando a Oeste. Outra importante condicionante do clima do RS diz respeito às frentes quentes Equatoriais e Tropicais, quentes e úmidas, que, caracteriza-se como um sistema predominantemente frontal, originando a grande parte das chuvas do estado. (BRASIL, 1972).

Conforme Critchfield (1968), os subtropicais úmidos estão localizados aproximadamente na mesma latitude que os subtropicais com verão seco, mas eles estão na porção leste dos continentes, onde estão sob influência do ar tropical marítimo instável. Durante o verão, os subtropicais úmidos são dominados pelo ar tropical marítimo que invade o continente, originado da circulação anticiclônica das altas subtropicais. No inverno os subtropicais úmidos são influenciados

principalmente pelo cinturão dos ciclones de média latitude, com a massa de ar polar continental mais atuante sobre o RS. As precipitações de inverno se relacionam com processos de passagens de frentes frias, uma chuva mais leve e mais contínua de maior duração.

A circulação geral da atmosfera se baseia em um conjunto dos padrões globais de distribuição média de ventos e de pressões atmosféricas, que pode ser generalizado em um sistema simples que divide a Terra em umas poucas zonas ou faixas latitudinais de grandes dimensões.

É importante no contexto do clima do RS o entendimento dos centros de ação predominantes no continente da América do Sul. Esses centros de ação de maneira geral são moveis devido a variação da radiação nos dois hemisférios e também pelas estações do ano, alteraram os campos de pressão na relação continente-oceano (MENDONÇA E DANNI-OLIVEIRA, 2007).

Segundo Nimer (1989), pela posição do RS compreender as latitudes médias, é afetado pelos principais centros de ação, como mostra a figura 6.

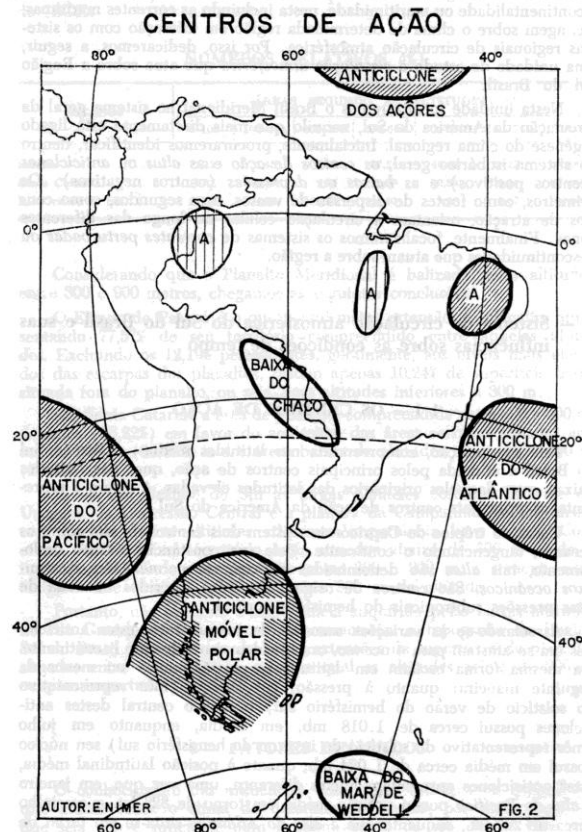


Figura 6: Principais Centros de Ação da América do Sul. Fonte: Nimer (1989)

Os centros de alta pressão, ou anticiclones, servem com fontes de dispersão de ventos e massas de ar, ao passo de que os centros de baixa pressão, ou depressões, funcionam como centros de atração na circulação atmosférica; a direção dessa deflação dos centros de pressão, no hemisfério Sul é para a esquerda, devido a força Coriolis. Os anticiclones são importantes no RS, uma vez que são os responsáveis por originar as massas de ar tropicais. A massa tropical marítima originada do centro de ação anticiclônica do Atlântico Sul afeta diretamente o RS, e também com grande intensidade, pois a circulação anticiclônica no hemisfério Sul ocorre no sentido anti-horário, para a esquerda, facilitando a sua penetração na costa leste do continente, tendo em vista que não há dificuldade por presença de uma barreira orográfica significativa, como no caso do anticiclone do Pacífico que tem sua influência dificultada pela cordilheira dos Andes. Isso provoca as grandes temperaturas e alta umidade na superfície. Outro principal centro de ação no RS é o anticiclone móvel polar, que proporcionam as massas de ar frio que atingem o estado, e proporcionando após a passagem de frentes fria, tempo estável (NIMER, 1989).

A baixa do Chaco é considerada um importante centro de ação em todo o Brasil compreendido pelas faixas tropicais, pois é responsável pela dissipação da frente polar vinda de SW. Entretanto no RS torna-se importante somente nos meses de verão, secos. Por ser um centro de baixa pressão no interior do continente, possui baixa umidade, sendo sua gênese ligada a termodinâmica. Esse centro de baixa pressão é fonte de bom tempo, pois acima dela, há, quase sempre, uma célula anticiclônica, que impede a ascendência das correntes convectivas a níveis superiores, provocando o estacionamento de massas de ar tropicais atraídas para esse centro.

A compreensão dos centros de ação é importante no contexto do RS, uma vez que provocam a troca de energia de uma região para outra, através da diferença do balanço de radiação, que gera alterações de pressão atmosférica (NIMER, 1989). A importância dessa compreensão se relaciona com a afirmação de Critchfield (1968), que diz que as mudanças de temperatura ocorrem com a alternância das estações e com o avanço e recuo das massas de ar.

3.1 Classificação Climática de Porto Alegre

Porto Alegre, por se encontrar na província geomorfológica da Depressão Central, embora com pequenas intrusões do Escudo Sul-Riograndense, possui altimetrias médias e baixas. O ponto mais alto é cerca de 300 m, sendo que a média é de cerca de 5 m (ARAÚJO, 1930).

Sendo parte do clima *Cfa*, (subtropical úmido), proposto por Köppen, Porto Alegre apresenta temperatura média anual de 19,5°C, sendo a do mês mais quente de 24,6°C e do mês mais frio de 14,3°C, com precipitação de 1347,4 mm, distribuída ao longo do ano, com pequena concentração entre os meses de junho a setembro, configurando nesse intervalo 39,6% das chuvas (CONCEIÇÃO, 1997).

Essa duradoura precipitação ao longo do ano, sem configurar algum período seco é devido à influência da massa tropical atlântica, gerada pelo anticiclone subtropical do atlântico, que penetra no estado pela direção NE. Entretanto, eventualmente ocorre a penetração da massa de ar tropical continental, quente e úmida que causam a sensação de mormaço no verão e até mesmo no outono e inverno. A isso se deve o fortalecimento do centro de baixa pressão polar, causando o avanço dos sistemas intertropicais. Nesta situação predominam também (na estação de verão) as chuvas por convecção devido a grande umidade, que ao aquecer durante a manhã, com o resfriamento ocorrendo durante a tarde, formam nuvens que se precipitam de forma intensa e de curta duração caracterizando as tempestades de verão (FERRARO e HASENACK, 2000).

Nos meses de outono e inverno, a massa de ar polar marítima atinge o município, causando tempo frio e seco. Após poucos dias, a massa de ar polar é precedida pela frente polar, provocando grandes precipitações, assim o tempo se estabiliza e pela falta de nebulosidade, as amplitudes térmicas tendem a aumentar, causando frio pelo amanhecer e aquecimento à tarde; essa situação perdura até o enfraquecimento da massa de ar polar, com o subsequente domínio da massa de ar tropical. Cada ciclo tem em média 7 a 10 dias de duração (LIVI, 2006; FERRARO e HASENACK, 2000).

Capítulo 4

Referencial Teórico

Ao se abordar as questões de alterações climáticas, são necessárias que haja identificação do real acontecimento em termos de escala espacial e temporal. Existe mudança climática quando, em nível de macroescala ou regional, registra-se variação em uma das principais componentes do clima, por exemplo, temperatura ou precipitação, em mais de trinta anos consecutivos. Quando ocorre em um período menor de tempo, considera-se como oscilação climática (TARIFA, 1994, *apud* LIVI, 2002).

Os estudos do IPCC indicam que a temperatura média do planeta aumentou $0,7^{\circ}\text{C}$ no último século, entretanto, esses valores flutuam quando observados em algumas cidades da América do Sul, como Quito, no Equador, que apresentou aumento de $0,1^{\circ}\text{C}$ e São Paulo, no Brasil, que apresentou aumento de $0,6^{\circ}\text{C}$ (Druusma, 2002, *apud* Marengo e Valverde, 2007). Isso evidencia a importância dos estudos de climatologia regional nas diversas escalas espaciais perante os resultados do comportamento do clima no planeta. Uma vez que a dinâmica global faz-se de maneiras distintas na superfície da Terra.

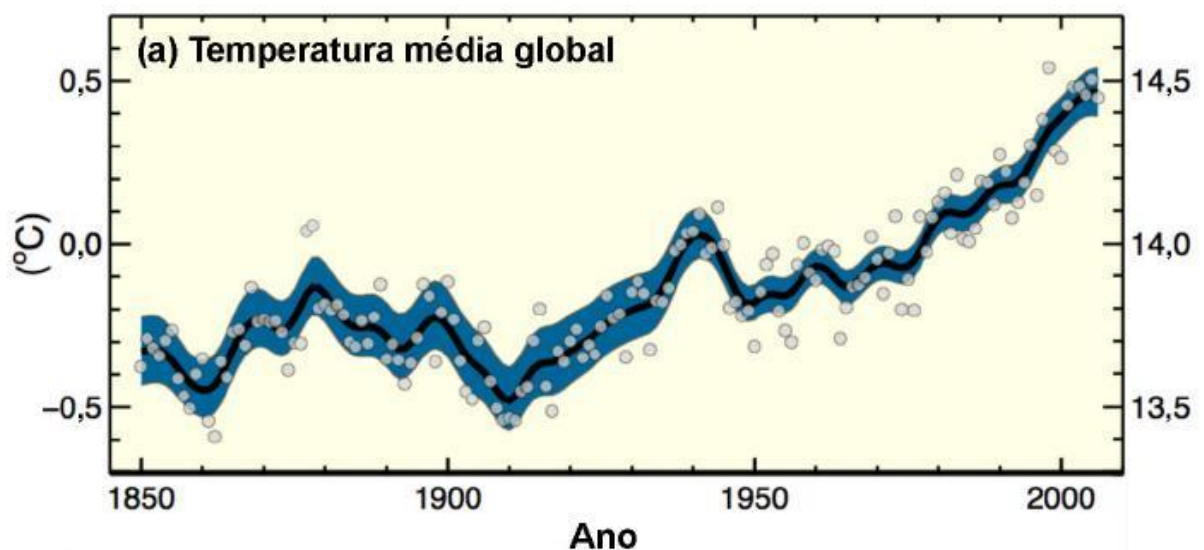


Figura 7: Temperatura Média Global.
Fonte: Modificado de IPCC (2007)

Segundo Marengo e Valverde (2007) os modelos do IPCC apontam para um aquecimento significativo durante os invernos e nas estações de transição, bem como uma tendência das noites tornarem-se mais quentes, com tendências positivas mais intensas na temperatura mínima que as da temperatura máxima. Sendo assim, o risco de ocorrer fenômenos de Ondas de Calor é grande. Embora esses modelos apenas indiquem tendências de futuros cenários, é possível efetuar análises meteorológicas e climáticas para embasar esses estudos, ou mesmo propor novas configurações acerca dos diversos fenômenos incidentes em uma determinada localidade.

No Rio Grande do Sul existem poucos estudos acerca de fenômenos de Ondas de Calor; não pela falta de ocorrência desses, mas pela dificuldade de definir critérios de caracterização. Segundo Peterson *et al* (2001), utilizado pela Organização Meteorológica Mundial:

“Considera-se que ocorre uma Onda de Calor quando num intervalo de pelo menos 6 dias consecutivos, a temperatura máxima diária é superior em 5°C ao valor médio diário no período de referência.” (PETERSON et al, 2001)

Uma das definições mais utilizadas é a de Araújo (1930), que utilizou parâmetros de medição de temperaturas para a caracterização do fenômeno. Ainda que devido a uma explicação através de conceitos meteorológicos, classificou como Onda de Calor quando a temperatura mínima ultrapassar os 22,0°C e a temperatura máxima superar os 33,0°C, por no mínimo 3 dias. A gênese dessa classificação se baseia na conceituação, para o RS:

“No Verão, se tivermos a posição inversa dos sistemas isobáricos, isto é, o Estado na retaguarda de uma alta de pequeno valor e gradiente fraco, e o Continente e o sul do Estado sob o regime de baixa pressão, e se essa situação isobárica ficar estagnada durante alguns dias, estamos em presença, de uma Onda de Calor.” (ARAÚJO, 1930)

Se essa configuração mantiver-se, mesmo com a ocorrência de uma frente fria, de alta pressão (mesmo fraca) se defronte à que tem a sua retaguarda sobre o RS, o fenômeno persistirá. Caso essa frente de alta pressão não possuir a energia suficiente para modificar a situação existente, agravará o calor, pois diminuirá a nebulosidade. Quando a pressão barométrica cair mais fundamente, aumentará a

nebulosidade, o que provoca o abaixamento das temperaturas máximas, mas a sensação de calor aumentará com o crescimento da umidade e das temperaturas mínimas (ARAÚJO, 1930).

De maneira geral, o RS não é passível totalmente como área de possíveis Ondas de Calor. Os fatores determinantes remetem à geografia do estado. Devido à situação continental e de cotas altimétricas mais baixas, as regiões mais afetadas são o Baixo Vale do Uruguai, parte das Missões, Campanha e Depressão Central. A Serra do Nordeste e o Planalto Meridional são raramente atingidas devido a sua relativamente elevada altitude (cerca de 900,0 m). O Litoral raramente apresenta ocorrência dos fenômenos devido a ação termo-reguladora do oceano Atlântico e das grandes lagoas da Planície Costeira.

A origem da incidência desses fenômenos está ligada ao Centro de Baixa Pressão Atmosférica localizado na região do Chaco. É indutor da formação e do deslocamento das massas de ar quentes para o RS, e proporciona a ocorrência de tempos meteorológicos característicos das frentes quentes quando do começo da incidência de altas temperaturas (LIVI, 2002)

No RS, por volta do mês de novembro, começam a serem observados as maiores temperaturas, sendo assim caracterizado a situação ideal para a ocorrência das Ondas de Calor.

“As Ondas de Calor são verificadas nos meses de verão até início do outono, período em que predomina a massa tropical continental. Aliás, nos meses de verão a insolação é mais abundante, há menor nebulosidade e rara formação de nevoeiros, donde o maior aquecimento.” (MACHADO, 1950)

Sobre a ocorrência dos eventos ao longo do tempo, Machado (1950), se utilizando dos critérios estabelecidos por Araújo, estudou as Ondas de Calor que atingiram Porto Alegre na série de 1912 a 1948, sendo registrados 19 anos em que ocorreram os fenômenos (Tabela 1). Esse estudo apresenta resultados de frequência de 52,0 % no mês de janeiro. Porém, é bastante comum ao longo do verão a ocorrência de temperaturas máximas bastante altas, ou até mesmo extraordinárias, sem se constituir como uma verdadeira Onda de Calor, porque não satisfaz as condições estabelecidas e características do fenômeno.

Tabela 1 - Ondas de Calor no estado, gerais e regionais, que atingiram Porto Alegre (1912-1948)

| Ano | Maiores temperaturas extremas (°C) | | | | |
|------|------------------------------------|----------------|--------------|--------|--------------------------|
| | Mês | Duração (dias) | Porto Alegre | | Estado |
| | | | Máxima | Mínima | Máxima (°C) |
| 1913 | Fevereiro | 3 | 36,7 | 24,8 | 38,5 - Taquari |
| 1914 | Janeiro | 4 | 35,9 | 22,7 | 37,3 - Taquari |
| 1914 | Dezembro | 4 | 38,0 | 23,2 | 38,1 - Cachoeira do Sul |
| 1915 | Fevereiro | 7 | 36,0 | 23,3 | 37,5 - São Luís Gonzaga |
| 1916 | Janeiro | 4 | 37,6 | 22,6 | 38,8 - Itaqui |
| 1917 | Fevereiro | 3 | 34,6 | 24,4 | 37,0 - Itaqui |
| 1918 | Janeiro | 6 | 38,3 | 24,3 | 39,2 - Santa Cruz do Sul |
| 1923 | Janeiro | 4 | 38,2 | 22,3 | 41,0 - Dom Pedrito |
| 1925 | Fevereiro | 3 | 35,6 | 24,3 | 36,9 - Santa Cruz do Sul |
| 1925 | Fevereiro | 3 | 35,3 | 23,0 | 38,6 - Santa Cruz do Sul |
| 1927 | Janeiro | 4 | 35,3 | 23,6 | 41,5 - Dom Pedrito |
| 1928 | Janeiro | 6 | 38,2 | 25,8 | 40,8 - Taquara |
| 1931 | Março | 3 | 37,6 | 22,5 | 40,6 - Taquara |
| 1932 | Janeiro | 3 | 34,6 | 24,5 | 39,6 - Uruguaiana |
| 1932 | Janeiro | 3 | 36,2 | 24,2 | 38,5 - Cachoeira do Sul |
| 1934 | Janeiro | 4 | 35,1 | 24,5 | 41,6 - Uruguaiana |
| 1936 | Janeiro | 5 | 36,4 | 24,3 | 37,4 - Santa Cruz do Sul |
| 1937 | Março | 3 | 35,2 | 23,6 | 37,1 - Taquara |
| 1940 | Janeiro | 3 | 35,1 | 23,2 | 37,4 - Taquara |
| 1940 | Dezembro | 4 | 36,8 | 23,7 | 39,0 - São Luís Gonzaga |
| 1942 | Fevereiro | 6 | 35,8 | 24,5 | 38,0 - Taquara |
| 1942 | Março | 3 | 36,4 | 22,1 | 38,5 - Taquara |
| 1947 | Fevereiro | 6 | 38,0 | 24,9 | 39,4 - Taquara |
| 1948 | Janeiro | 5 | 39,0 | 23,6 | 41,5 - São Borja |

Fonte: Machado (1950)

Analisando a tabela, nota-se a diferença entre os registros de temperatura máxima de Porto Alegre em relação aos máximos do RS, onde não obteve nunca os registros máximos para o estado; isso se deve aos fatores geográficos discutidos anteriormente. A partir disso fica evidente que a incidência desse fenômeno possui variáveis de intensidade e duração diferentes em relação a todo o estado e que sob um contexto regional, os resultados podem apresentar diferenças. Isso é um indício de que a climatologia regional é de grande importância para a compreensão da diferenciação dos fenômenos climáticos e meteorológicos.

Além disso, os efeitos das Ondas de Calor não são homogêneos quanto a sua real percepção; uma vez que mesmo contemplando medições de temperatura, seus respectivos impactos ao homem possuem outros agravantes. As implicações sócio-econômicas da área afetada pelos fenômenos são importantes quando se analisa a consequência desses.

Os recentes registros de elevadas temperaturas vêm se tornando habituais em diversas localidades do planeta, ao passo que Ondas de Calor em 2003 provocaram a morte de cerca de 35 mil pessoas na Europa e causaram incêndios florestais que devastaram grandes áreas.² Fenômenos como os registrados no ano de 2003 fizeram com que algumas medidas fossem tomadas por órgãos públicos em alguns países da Europa. Como por exemplo, o Plano de Contingência para Ondas de Calor em Portugal, que desde 2004 vêm disponibilizando informações que visam avaliar os riscos e emitir orientações acerca de impactos na saúde da população. Baseia-se em critérios de nível de alerta, construídos com relação a temperaturas mínimas e máximas, focos de incêndio e outros fatores como nível de radiação ultravioleta.³

² New Scientist - <http://www.newscientist.com/article/dn4259> acesso em 13 de outubro de 2010.

³ Plano de Contingência para as Ondas de Calor 2010 - <http://www.bing.com/search?q=PLANO+DE+CONTING%C3%8ANCIA+PARA+ONDAS+DE+CALOR+2010&form=QBRE&filt=all>

Capítulo 5

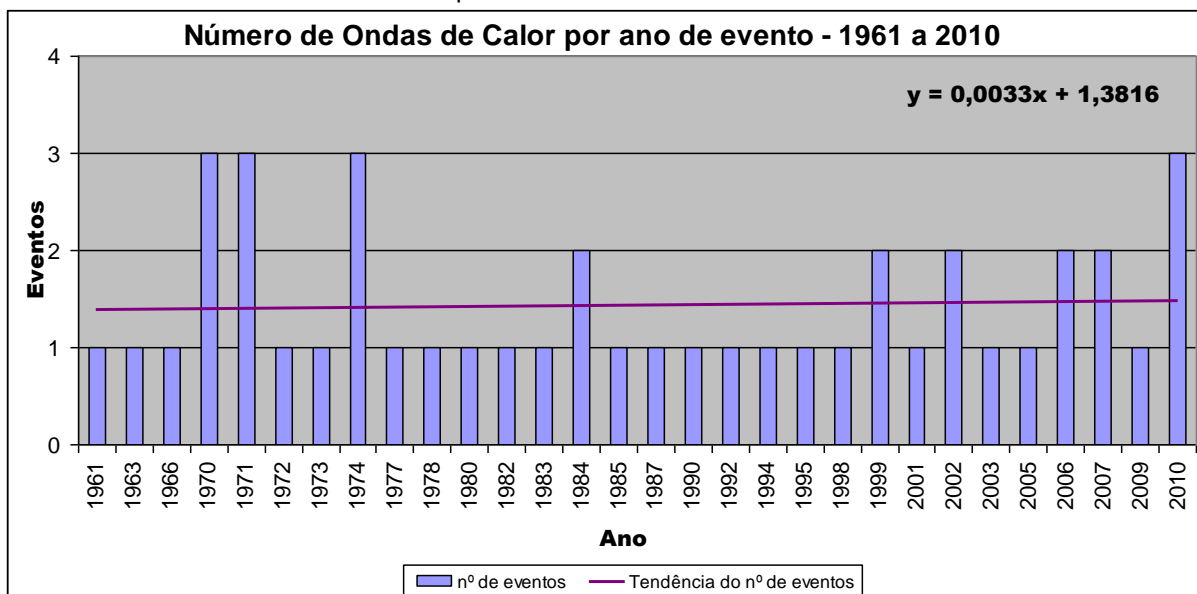
Análise e Discussão de Resultados

5.1 Número de Eventos

A confecção de gráficos acerca da ocorrência, bem como da análise dos eventos de Ondas de Calor, proporcionou a visualização e quantificação dos resultados que permitem identificar as características destes eventos, tomando-se como referência principal a série histórica mais recente, que é a do período de 1961 a 2010, complementado pelos dados de Machado (1950).

O gráfico 1 abaixo nos mostra o comportamento da ocorrência, dos eventos de Onda de Calor, na série de anos mais recentes.

Gráfico 1: Número de Ondas de Calor por ano de evento – 1961 a 2010



A tendência do número de ocorrência, das Ondas de Calor, apresenta-se positiva, embora fraca. Em 50 anos de observações (1961 a 2010), há eventos em 30 anos, ou então, em cerca de 60,0 % do período. Ocorreram 43 eventos, tendo uma média de 1,4 por ano. Ocorreram quatro anos com três eventos (1970, 1971,

1974 e 2010), e cinco anos com dois eventos (1984, 1999, 2002, 2006 e 2007). A década com o maior número de eventos foi a de 2000, com treze eventos em sete anos observados com eventos, média de 1,9 eventos por ano. Observa-se o incremento do número de eventos por ano na década de 2000, quando esse número passa de 1,4 para 1,8.

Machado (1950) apresenta resultados da série de 1912 a 1948, contabilizando 37 anos de observações, contendo 19 anos com no mínimo uma Onda de Calor, tendo assim eventos em 51,3% dos anos. Registrou 24 eventos, com média de 1,3 eventos por ano. O número máximo de eventos por ano foram dois (1914, 1925, 1932, 1940 e 1942). A década que apresentou maior número de eventos foi a de 1930, com oito eventos em seis anos observados com eventos, media de 1,3 eventos por ano. A Tabela 2 apresenta os dados citados acima para fins de comparação.

Tabela 2 – Comparação das séries históricas quanto ao número de eventos

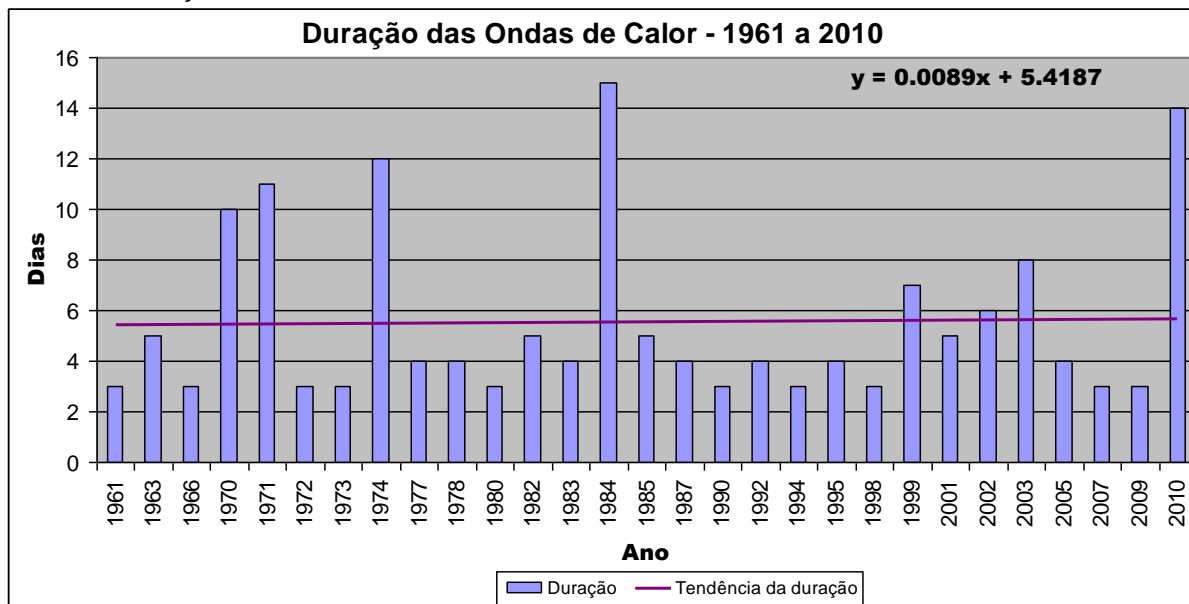
| | Cardia (2010) | Machado (1950) |
|--|----------------------|-----------------------|
| Anos com Evento | 60% | 51,3% |
| Eventos por Ano | 1,4 | 1,3 |
| Nº máximo de eventos por ano | 3 | 2 |
| Década com maior número de eventos [nº] | 2000 [11] | 1930 [8] |
| Eventos por Ano (Década com mais eventos) | 1,9 | 1,3 |

5.2 Duração dos Eventos

Outra importante consideração acerca das Ondas de Calor, se tratando de informações dos eventos propriamente ditos, sem relacionar ainda com as temperaturas, corresponde à duração dos eventos. O gráfico 2 apresenta a duração dos eventos (em dias) ao longo da série histórica, onde a tendência se mostra

positiva, embora de baixo valor. A concepção da duração corresponde ao somatório dos dias de todos os eventos registrados no ano.

Gráfico 2: Duração das Ondas de Calor – 1961 a 2010



Analisando o gráfico 2, nota-se um comportamento pouco homogêneo, com valores de duração oscilando ao longo da série. Os maiores valores encontram-se nos anos de 1984, 2010 e 1974, com respectivamente 15, 14 e 12 dias de duração.

Somados a duração de todos os eventos, se obtém a duração total de 160 dias caracterizados como Ondas de Calor. Tendo como base o número de 39 eventos, chega-se a duração média de 4,1 dias. Os anos que apresentaram a maior duração foram 1984 e 2010, com 15 e 14 dias de Ondas de Calor, respectivamente, distribuídas em 2 eventos. A década em que houve o maior número de dias de Ondas de Calor foi a de 2000, com 43 dias de duração dos eventos.

Machado (1950) identificou 99 dias em que ocorreram Ondas de Calor, tendo duração média de 4,1 dias, uma vez que ocorreram 24 eventos analisados. Os anos que apresentaram maior duração dizem respeito a 1942 e 1914, com respectivamente nove e oito dias de duração, também representados por dois eventos cada. A década com maior número de dias de eventos é a de 1910, com 31 dias de duração dos eventos. A tabela 3 apresenta os registros das duas séries para termos de comparação.

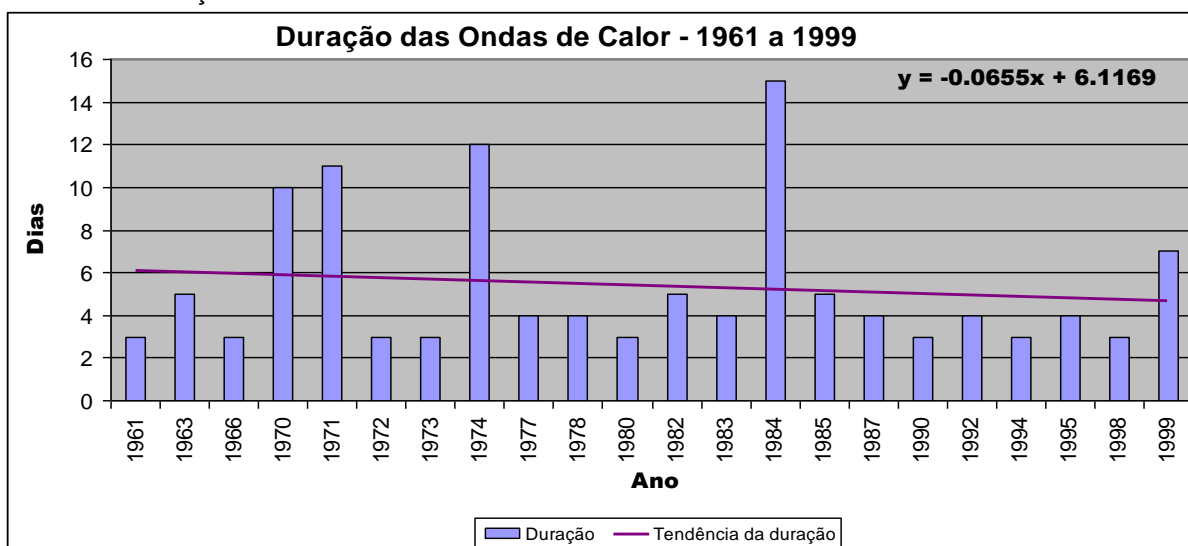
Tabela 3 – Comparação das séries históricas quanto a duração dos eventos

| | Cardia (2010) | Machado (1950) |
|--|----------------------|-----------------------|
| Total | 160 dias | 99 dias |
| Média | 4,1 dias | 4,1 dias |
| Nº máximo de eventos por ano | 3 | 2 |
| Ano de maior duração [dias] | 1984 [15], 2010 [14] | 1942 [9], 1914 [8] |
| Década com maior duração [dias] | 2000 [43] | 1910 [31] |

A duração das Ondas de Calor mostra algumas diferenças entre as duas séries temporais comparadas. A série 1961 a 2010 possui anos mais expressivos quanto à duração por ano, e também quanto à duração máxima na década.

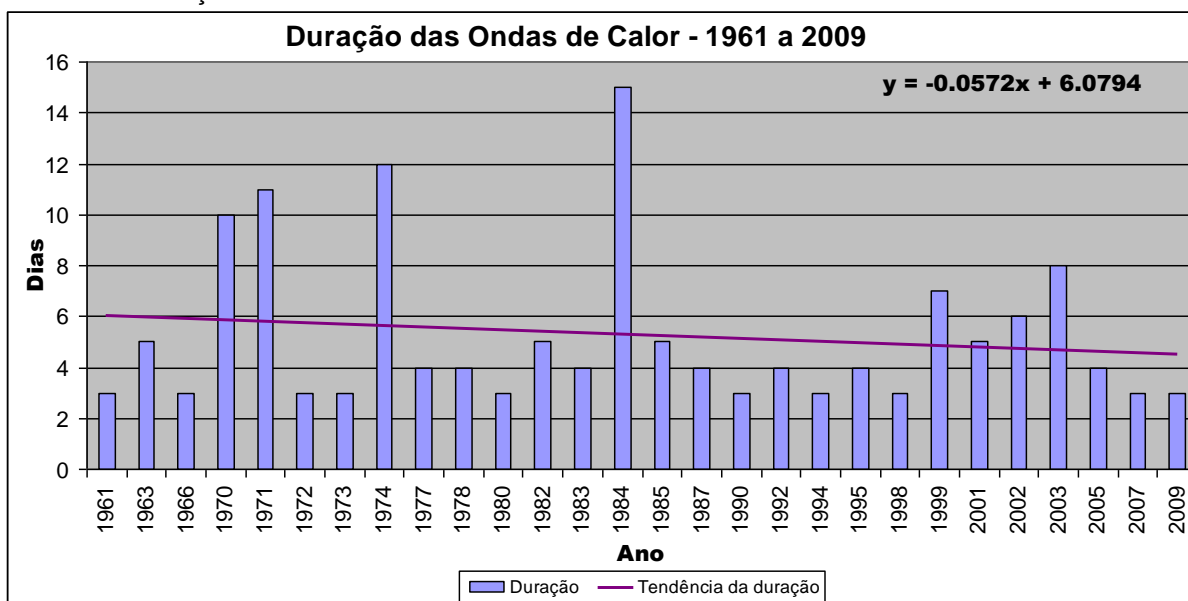
Caso se exclua os valores da década de 2000 (a com maior duração em dias), o comportamento da linha de tendência altera-se tanto em valor como em sinal. Na situação anterior, a linha de tendência mostra-se positiva, ao passo que excluindo a década de 2000 apresenta-se negativa. O gráfico 3 apresenta essa situação.

Gráfico 3 – Duração das Ondas de Calor – 1961 a 1999



A importância do ano de 2010 frente a tendência da duração das Ondas de Calor se evidencia no gráfico 4, quando se suprime apenas o ano referido.

Gráfico 4 – Duração das Ondas de Calor – 1961 a 2009



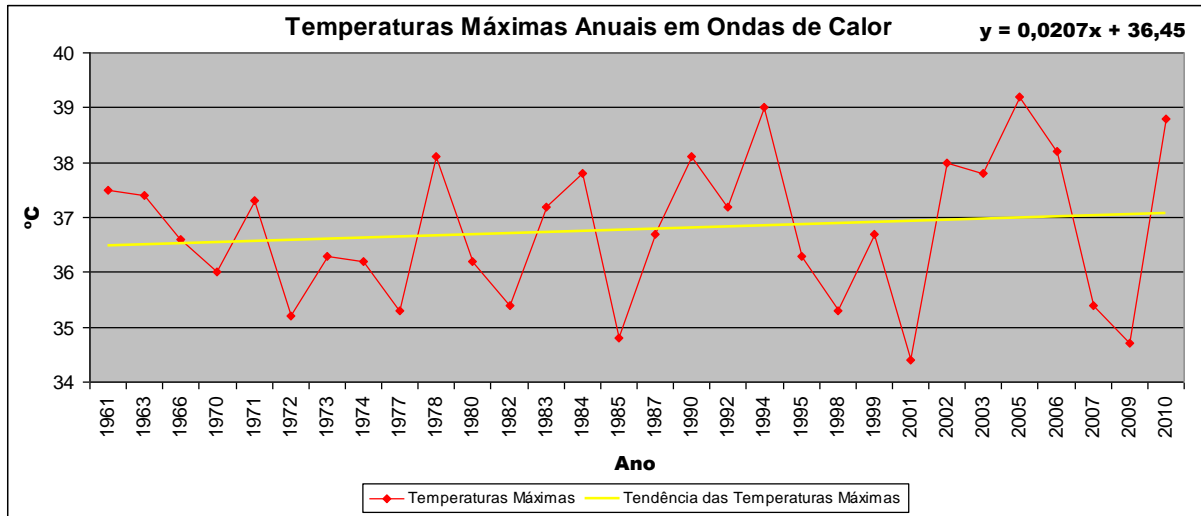
A tendência da duração, comparando os gráficos 3 e 4 salienta que apesar da década de 2000 ser mais duradoura, de maneira geral, só com os dados do ano de 2010 é que a tendência deixa de ser negativa e passa a ser positiva.

Isso mostra que a duração das Ondas de Calor, até 1999 não possuía tendência de aumentar, ao passo que a partir da década de 2000, a tendência teve um aumento significativo.

5.3 – Temperaturas

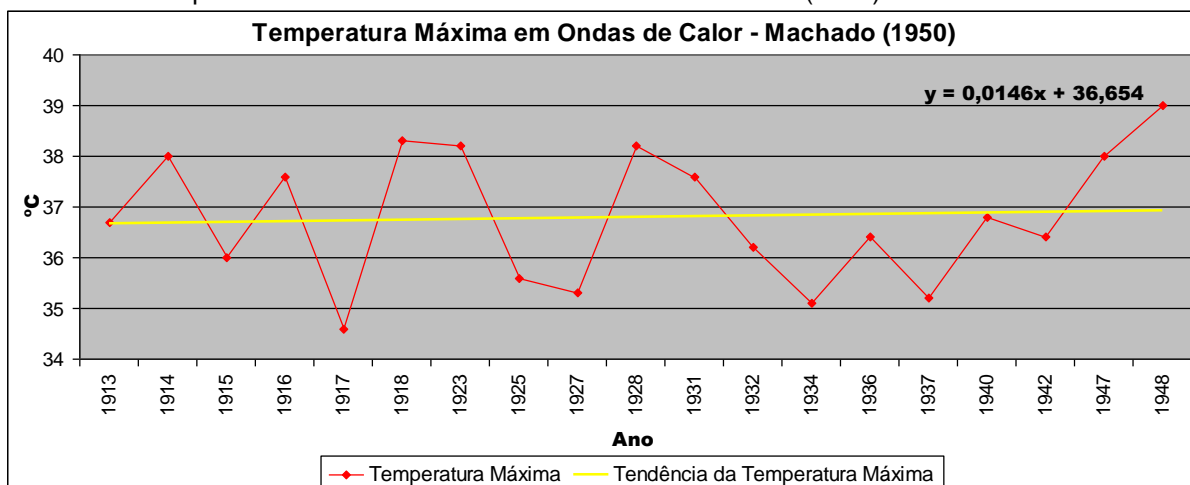
As Ondas de Calor se caracterizam por apresentarem valores de temperaturas acima das médias, para máximas e mínimas. O comportamento dessas ao longo do tempo, em eventos de Onda de Calor, pode se configurar como uma amostra do cenário climático do município de Porto Alegre, ao longo da série histórica estudada. O gráfico 5 apresenta os valores máximos de temperatura registrados em anos em que houve Ondas de Calor.

Gráfico 5 – Temperaturas Máximas Anuais em Ondas de Calor



Ao analisar o gráfico 5, nota-se uma oscilação entre os valores ano a ano, sem apresentar homogeneidade de comportamento. A temperatura máxima do ano de 2001 foi a menor registrada com 34,4°C, e a mais alta em 2005, com 39,2°C. A linha de tendência é positiva, caracterizando a tendência como de aumento nas temperaturas máximas registradas. Apesar de oscilar entre os eventos, nota-se que a amplitude entre esses registros apresentou um aumento ao longo da série. O gráfico 6, na próxima página, apresenta as temperaturas máximas em Ondas de Calor registradas por Machado (1950).

Gráfico 6 – Temperaturas Máximas em Ondas de Calor – Machado (1950)



A maior temperatura registrada foi 39,0°C no ano de 1948, e a menor em 1917, com 34,6°C. A linha de tendência das temperaturas máximas se configura como positiva.

A termos de comparação entre as duas séries a tabela 4 apresenta algumas informações sobre as temperaturas máximas.

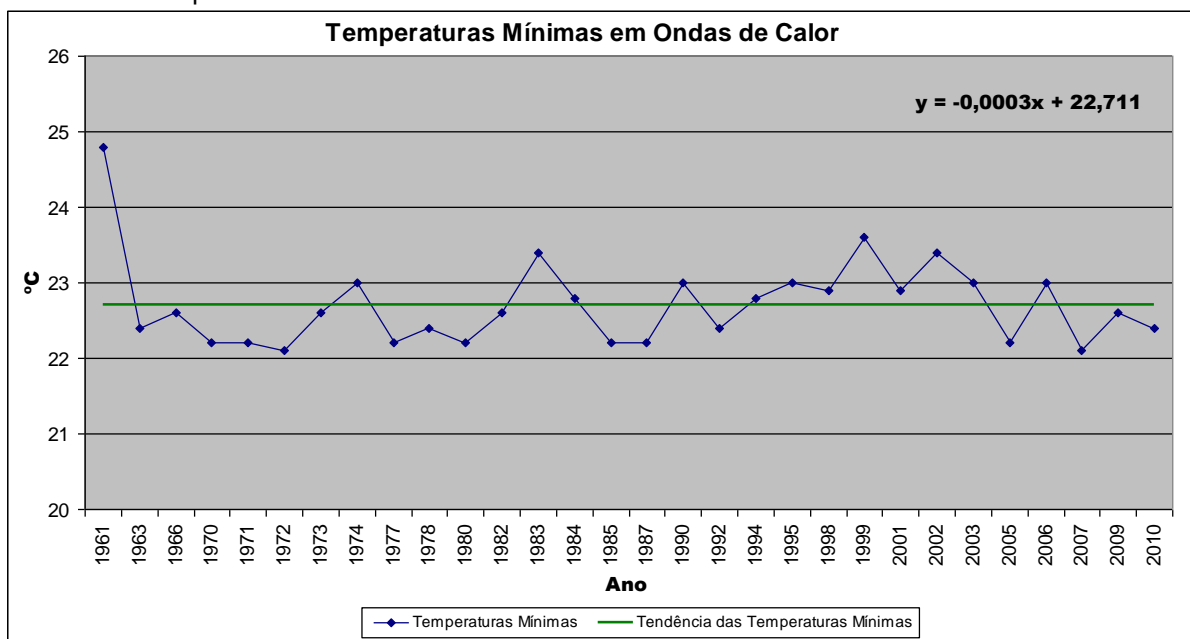
Tabela 4 – Comparação entre as duas séries históricas quanto à temperatura máxima anual em Ondas de Calor

| | Cardia (2010) | Machado (1950) |
|---------------------|----------------------|-----------------------|
| Máxima | 39,2°C | 39,0°C |
| Máxima menor | 34,4°C | 34,6°C |
| Média | 36,7°C | 36,8°C |

As duas séries apresentam similaridades quanto às comparações acima, sem que haja grandes diferenças entre os valores registrados.

As temperaturas mínimas são importantes na caracterização do fenômeno das Ondas de Calor, uma vez que em muitos dados analisados, por diversas ocasiões a temperatura mínima não atingiu os limites necessários; ao passo que as máximas atingem o limite mais freqüentemente. O gráfico 7 apresenta as temperaturas mínimas registradas em Ondas de Calor, por ano de evento.

Gráfico 7 – Temperaturas Mínimas em Ondas de Calor

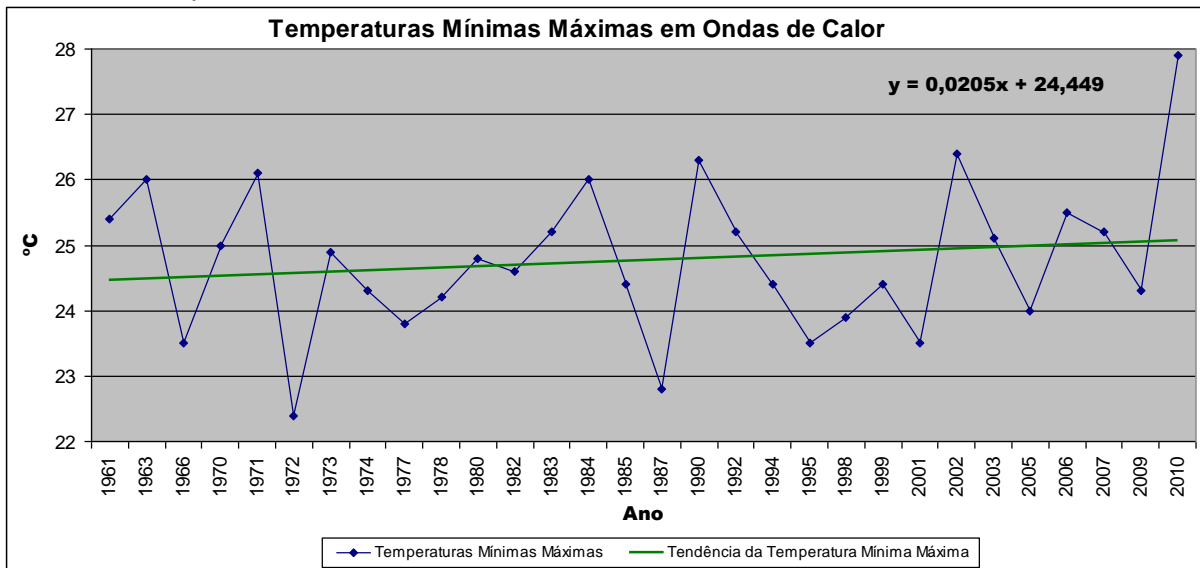


Os valores oscilam em um intervalo pequeno de maneira constante, sendo o valor mais alto no ano de 1961, com 24,8°C e o menor por diversas vezes entre 22,1°C e 22,2°C. A linha de tendência se apresenta levemente negativa, entretanto, muito em conta do registro do ano de 1961, o mais alto até hoje e muito acima dos demais.

Entretanto, quando se analisa as temperaturas mínimas máximas em anos de Ondas de Calor, que mostram o valor máximo que as mínimas atingiram nos anos em que ocorreram eventos, há uma mudança no comportamento dos registros.

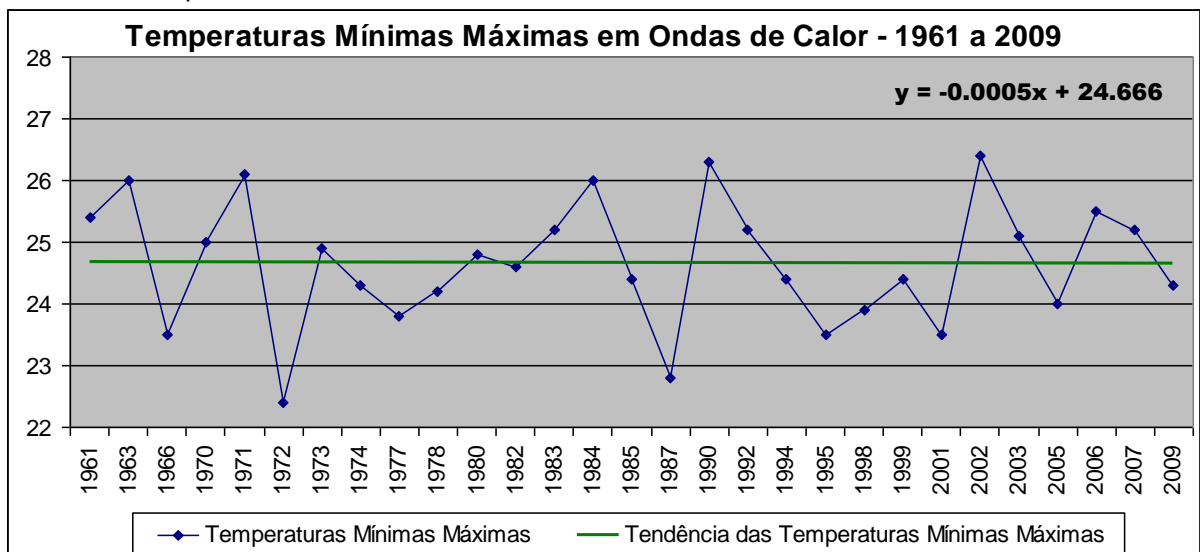
O gráfico 8, a seguir, mostra os maiores valores atingidos pelas temperaturas mínimas em eventos de Ondas de Calor por ano. Ou seja, são os registros mais altos que as temperaturas mínimas atingiram.

Gráfico 8 – Temperaturas Mínimas Máximas em Ondas de Calor



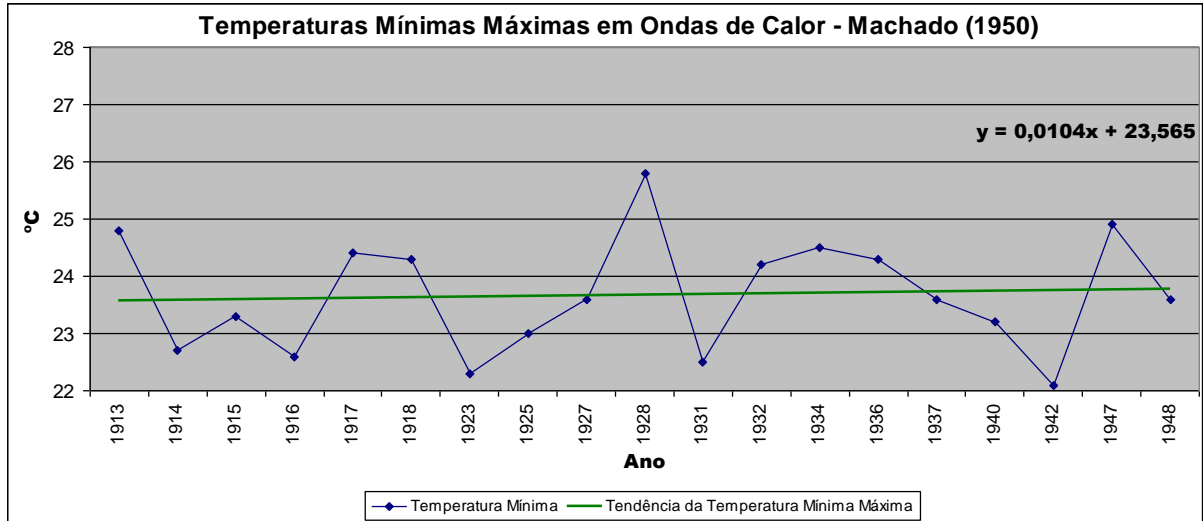
O maior registro foi no ano de 2010, com 27,9°C, enquanto o menor foi de 22,4°C em 1972. A linha de tendência se configura como positiva, entretanto o evento registrado no ano de 2010 foi fundamental para o incremento da tendência. O gráfico 9 mostra as temperaturas mínimas máximas em Ondas de Calor, suprimindo o registro relativo a 2010, onde então, a linha de tendência se apresenta negativa, embora muito fraca, mas mostrando como o valor de um ano da série pode inverter a tendência.

Gráfico 9 - Temperaturas Mínimas Máximas em Ondas de Calor - 1961 a 2009



Machado (1950) ao caracterizar as Ondas de Calor em Porto Alegre no período de 1912 a 1948, apresentou as temperaturas mínimas máximas para o período. Os dados são visualizados no gráfico 10.

Gráfico 10 – Temperaturas Mínimas Máximas em Ondas de Calor – Machado (1950)



O registro máximo foi 25,8°C no ano de 1928, e o menor de 22,1°C em 1942. A linha de tendência apresenta-se positiva.

A principal diferença entre as duas séries diz respeito à concentração da distribuição dos valores entre os intervalos de 22,0°C e 25,0°C; ao ponto de que somente em 1928 ultrapassou tal limite superior.

Comparando com a série mais recente, analisada neste trabalho, que se distribuiu predominantemente entre 23,0°C e 25,0°C, com alguns anos apresentando valores abaixo e acima dos dois limites. A tabela 5 apresenta algumas comparações.

Tabela 5 – Comparação entre as duas séries históricas quanto à temperatura mínima anual em Ondas de Calor

| | Cardia (2010) | Machado (1950) |
|----------------------------|----------------------|-----------------------|
| Mínima Máxima | 27,9°C | 25,8°C |
| Média Mínima Máxima | 24,8°C | 23,7°C |

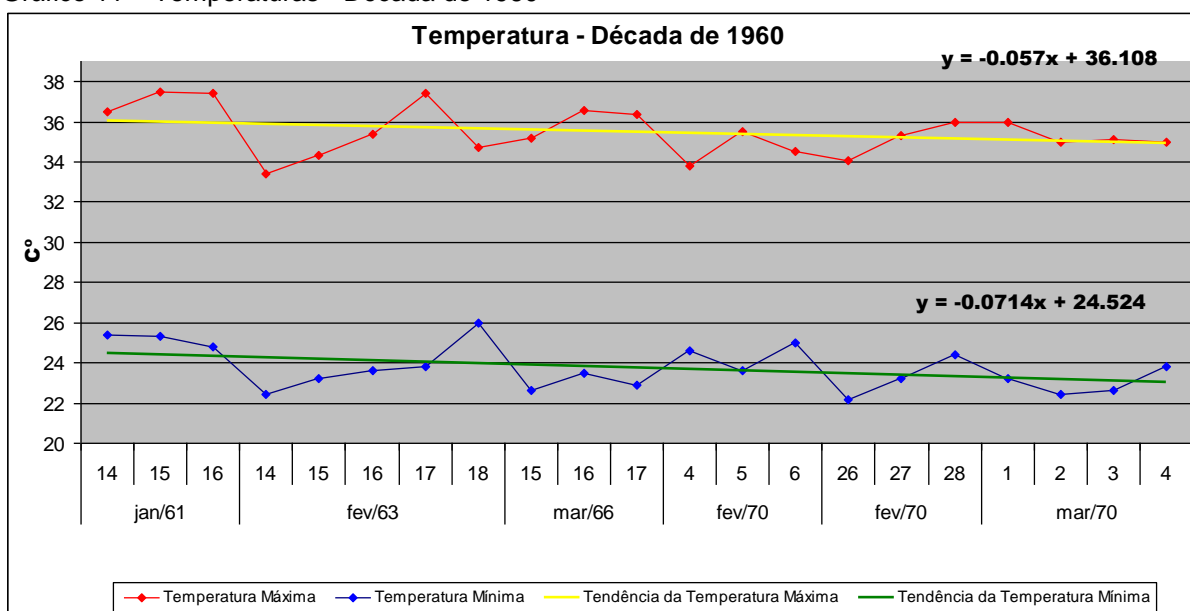
A temperatura média das mínimas máximas é maior na série de 1961 a 2010, em 1,1°C.

Ao comparar as duas séries, em relação às temperaturas máximas e mínimas, em Ondas de Calor, existe uma importante consideração: enquanto as

temperaturas máximas apresentam registros próximos, entre as duas séries, o mesmo não acontece com as temperaturas mínimas. A amplitude entre as mínimas é mais significativa, com valores mais elevados para a série mais recente, se comparados aos dados apresentados por Machado (1950).

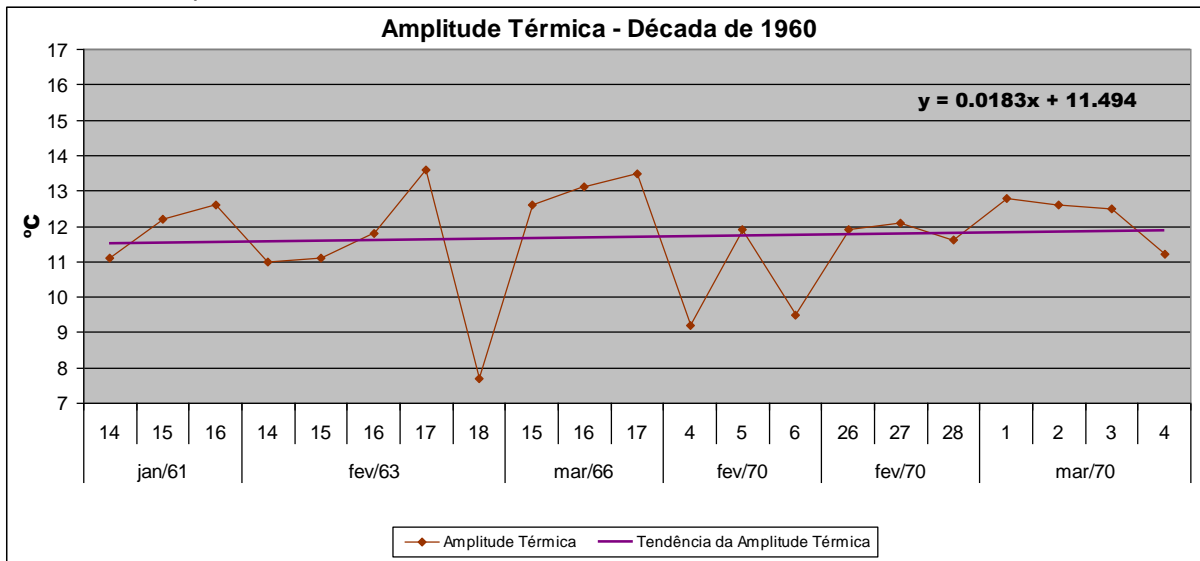
Entretanto, mesmo com os valores máximos apresentando pouca variação, e os mínimos se mostrando mais significativos, o comportamento das temperaturas máximas e mínimas, e suas respectivas linhas de tendências, ao longo das décadas na série, se alternam entre valores altos e baixos, como se pode visualizar no gráfico 11, onde são mostrados os eventos registrados na década de 1960.

Gráfico 11 – Temperaturas - Década de 1960



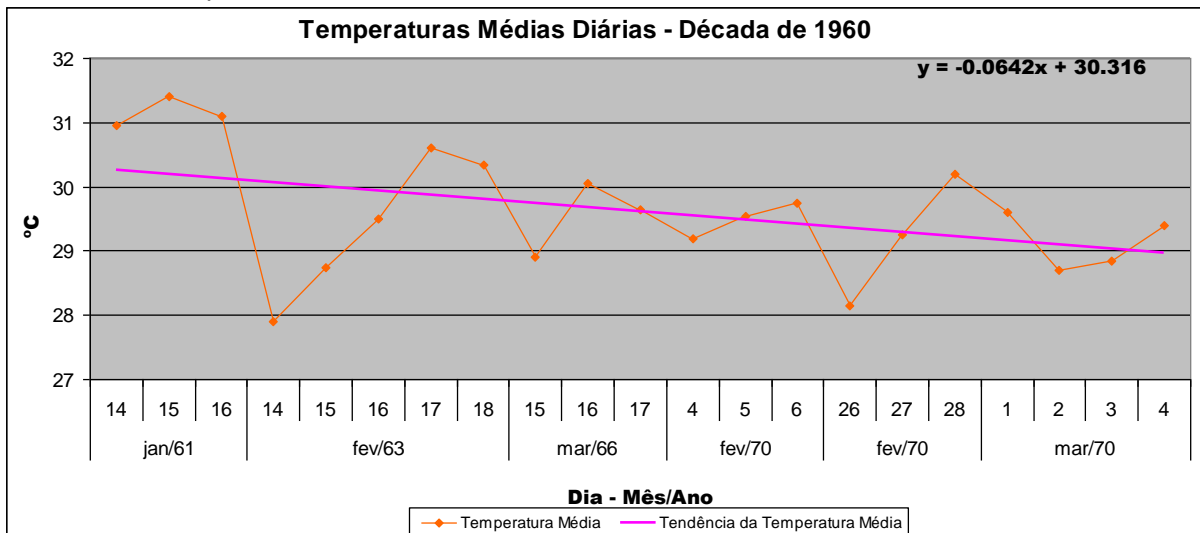
As duas tendências apresentam sinal negativo, mostrando tendência de redução dos valores. A tendência das temperaturas máximas é de 0,057°C ao ano, e a tendência das mínimas é 0,071°C ao ano. O comportamento de amplitude térmica é apresentado no gráfico 12.

Gráfico 12 – Amplitude Térmica – Década de 1960



O aumento da amplitude térmica, resultando das diferentes tendências, configura as temperaturas médias, com tendência negativa, como pode ser visto no gráfico 13.

Gráfico 13 – Temperatura Média – Década de 1960

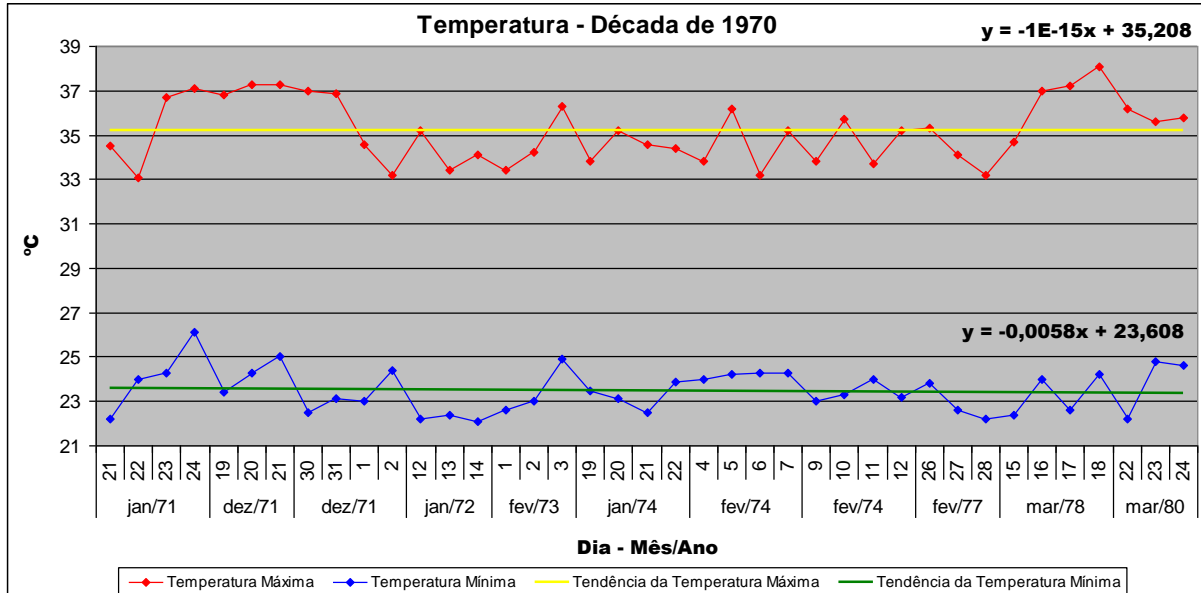


A tendência de diminuição das temperaturas médias é significativa na década de 1960, indo de 30,3°C para aproximadamente 29,0°C.

As medições na década de 1970 se alteram um pouco. Há um forte evento no ano de 1971, que causou a elevação da temperatura máxima e estabilidade da

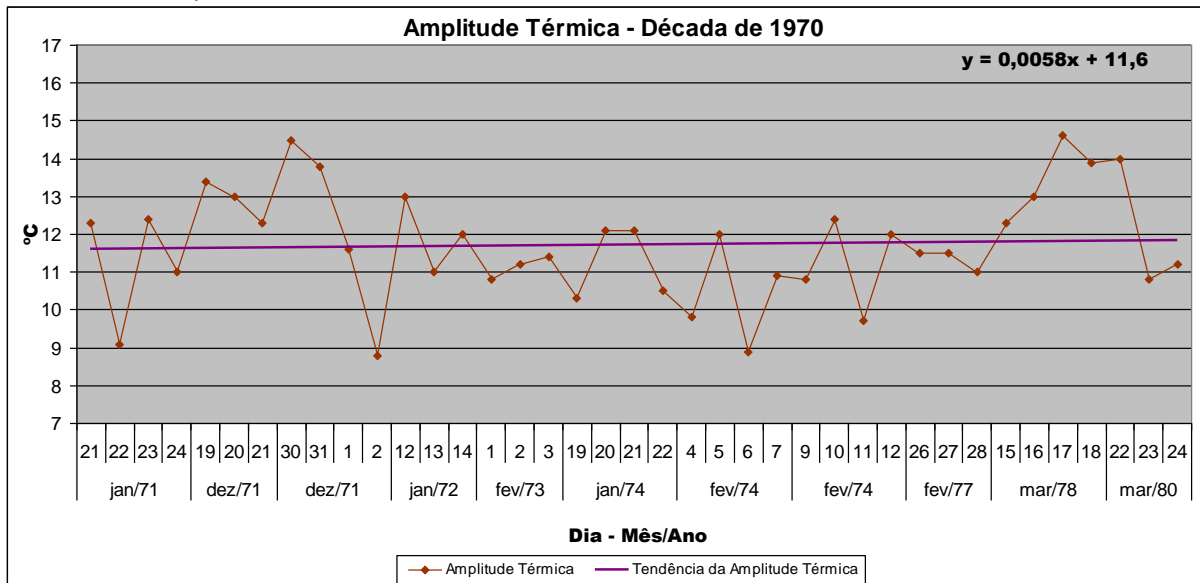
mesma, entretanto as mínimas do evento alternaram seus valores de forma mais significativa. O gráfico 14 apresenta os registros de temperatura máxima e mínima da década de 70.

Gráfico 14 – Temperatura – Década de 1970



A tendência negativa dos dados da temperatura máxima é muito pequena, enquanto a linha de tendência da mínima também apresenta-se negativa, porém menos acentuada do que a da década de 1960. A diferença muito pequena entre a tendência das temperaturas máximas e mínimas se comprova através da análise do gráfico 15, que mostra o comportamento da amplitude térmica. Como a diferença é pequena, a tendência da amplitude se apresenta com um pequeno aumento.

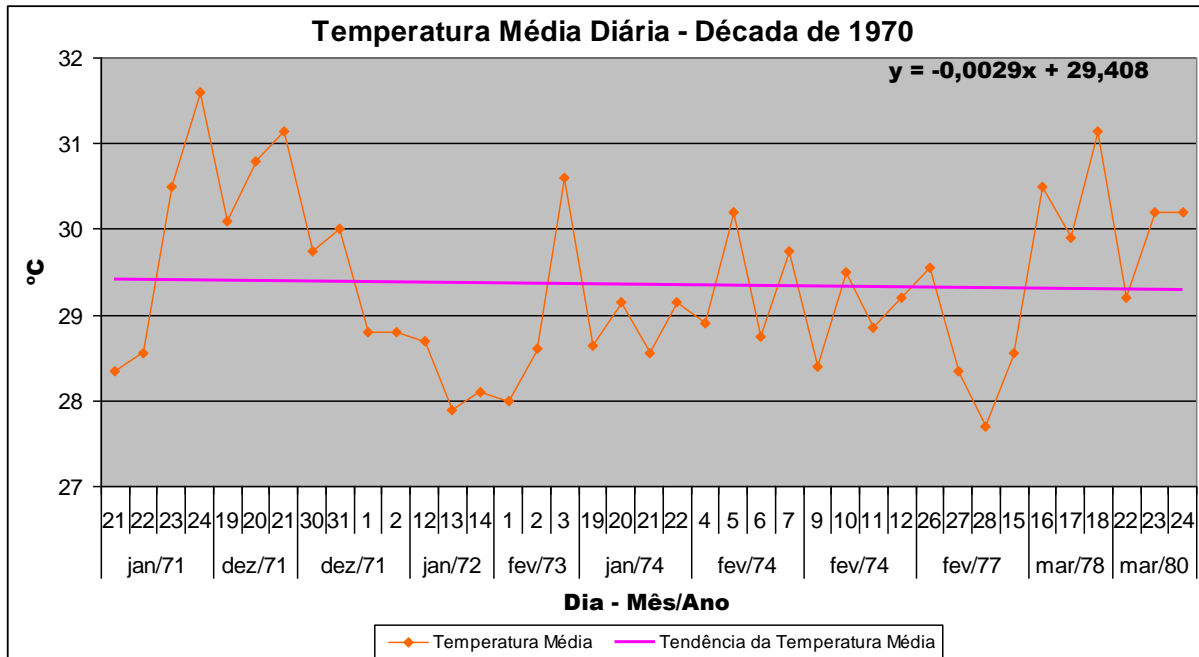
Gráfico 15 – Amplitude Térmica – Década de 1970



Os valores de amplitude térmica mostram a oscilação entre os registros das temperaturas máximas e mínimas, onde se constata a não existência de um padrão de comportamento dos eventos ao longo da série; inclusive dentro dos próprios eventos, em que os valores se alteram muitas vezes com grande variação.

Aliado a essa diminuição das temperaturas máximas e mínimas, isso é comprovado na observação das temperaturas médias de Ondas de Calor na década, como é visto no gráfico 16, na próxima página.

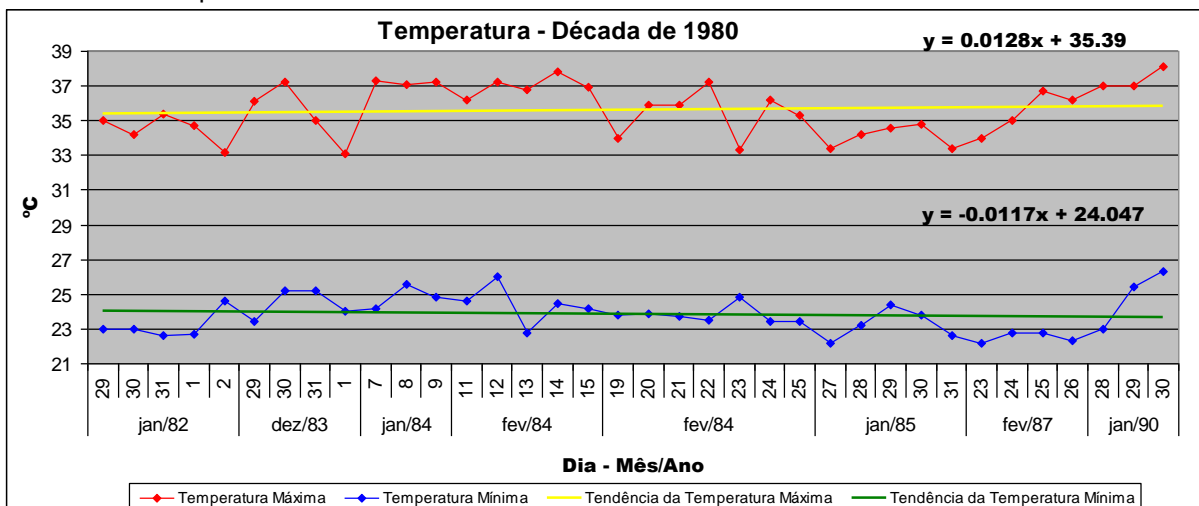
Gráfico 16 – Temperatura Média – Década de 1970



Analisando as temperaturas médias nota-se o grande impacto de temperaturas elevadas, nos eventos de janeiro e dezembro de 1971, quando estiveram em parte, com as temperaturas médias acima de 30,0°C.

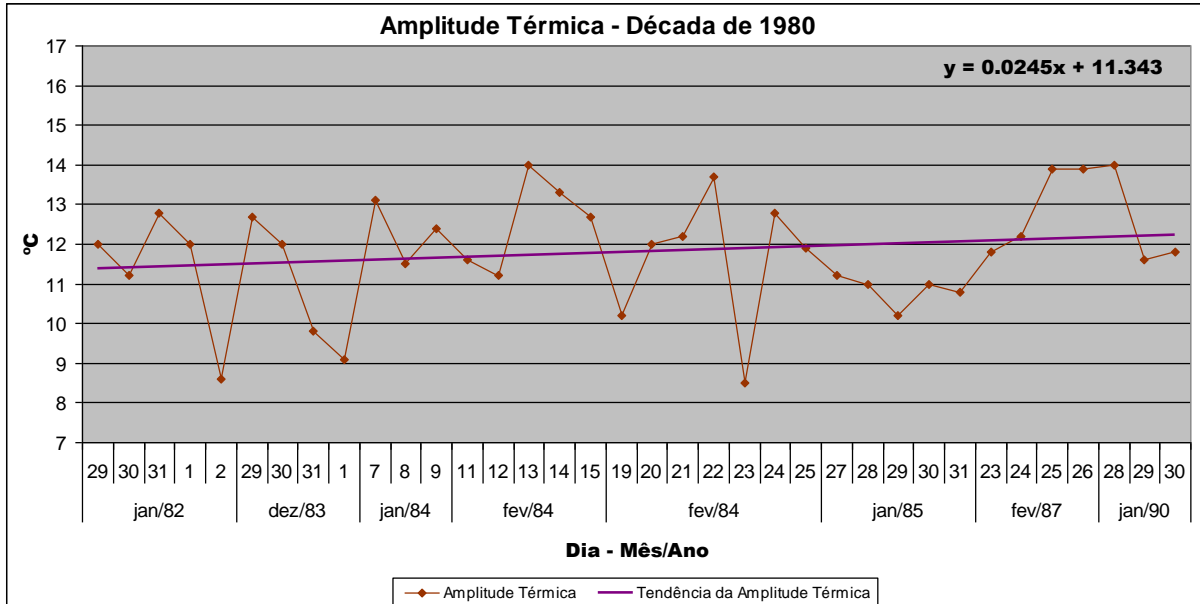
Na década de 1980 as temperaturas começam a possuir comportamentos distintos. As máximas, devido aos eventos de janeiro e fevereiro de 1984, que estiveram em torno dos 37,0°C por boa parte dos dias passam a apresentar tendência positiva, ao passo que as mínimas continuam com tendência negativa. O gráfico 17 apresenta os valores de temperatura da década de 1980.

Gráfico 17 – Temperatura – Década de 1980



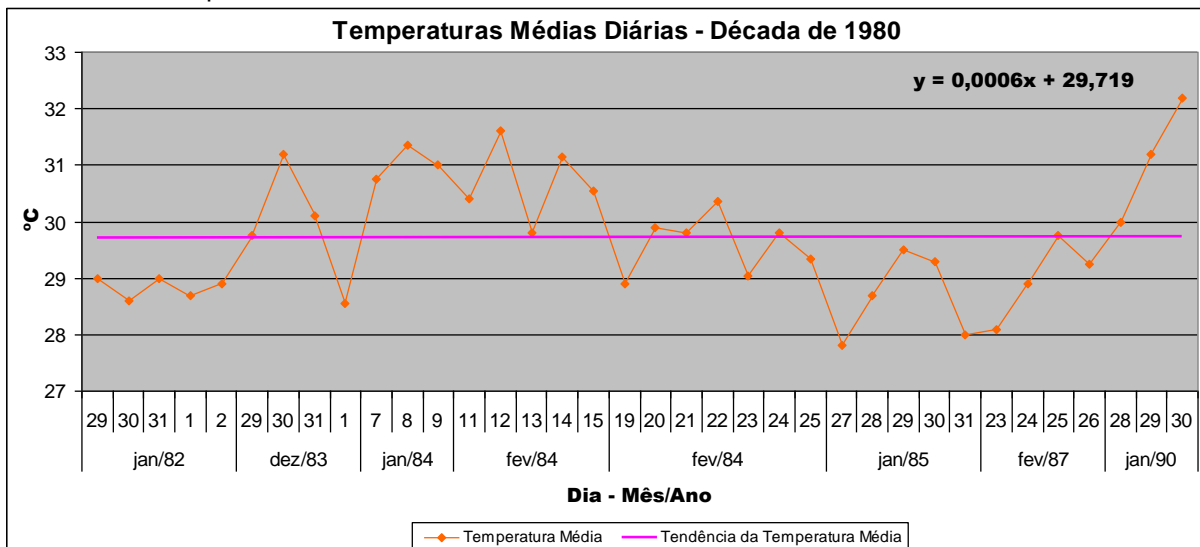
Essas diferenças são mais acentuadas em relação às décadas anteriores, fazendo com que a tendência das amplitudes térmicas se torne mais elevada, como mostra o gráfico 18.

Gráfico 18 – Amplitude Térmica – Década de 1980



Entretanto, a análise das temperaturas mostra-se mais óbvia ao se analisar o gráfico 19, que mostra as temperaturas médias dos eventos, bem como a linha de tendência de comportamento da variável.

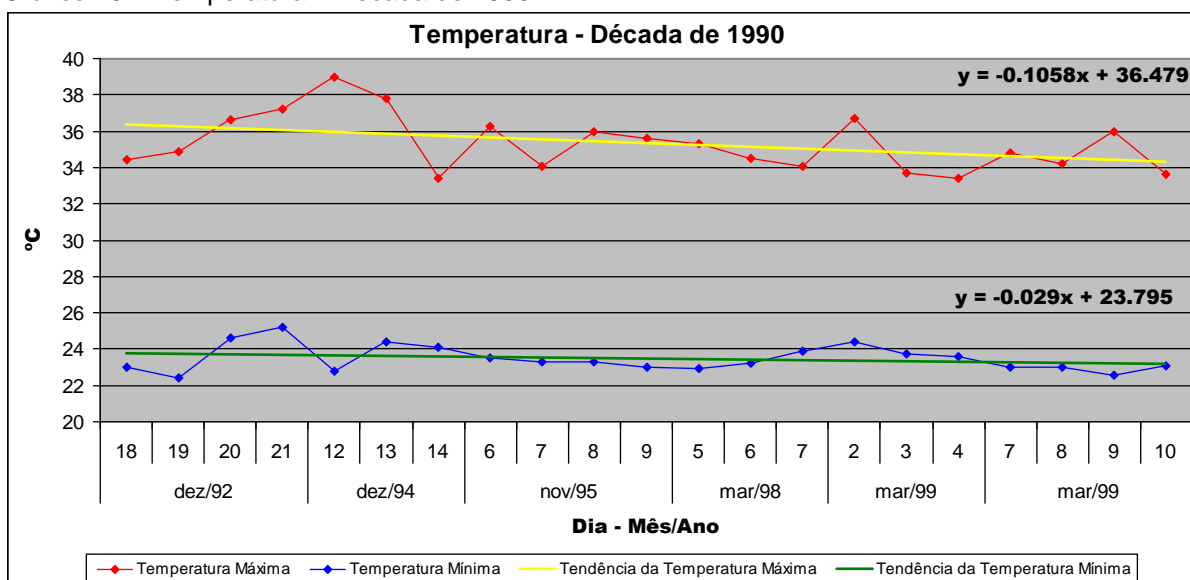
Gráfico 19 – Temperatura Média – Década de 1980



As mínimas apresentaram amplitudes baixas em geral, e após o dia 12 de fevereiro de 1984, passaram a apresentar uma ligeira queda, cessando essa diminuição no evento de janeiro de 1990. Essa diminuição das máximas e mínimas fez com que as temperaturas médias apresentassem uma queda significativa, como mostra o gráfico.

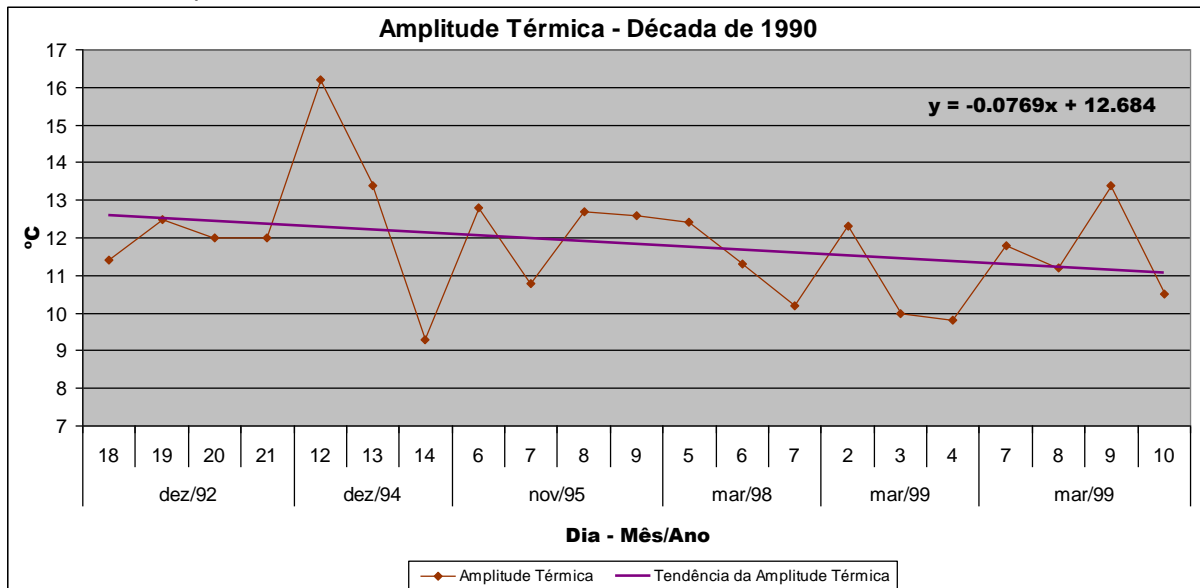
A década de 1990 apresenta singularidades importantes, diferentes das décadas anteriores. Enquanto as temperaturas máximas configuram a linha de tendência como a mais significativa, sendo negativas, as mínimas possuem o mesmo comportamento, de tendência negativa, e de valor pouco acentuado. Isso acarreta na curva da linha de tendência das amplitudes em redução, como apresenta o gráfico 20.

Gráfico 20 – Temperatura – Década de 1990



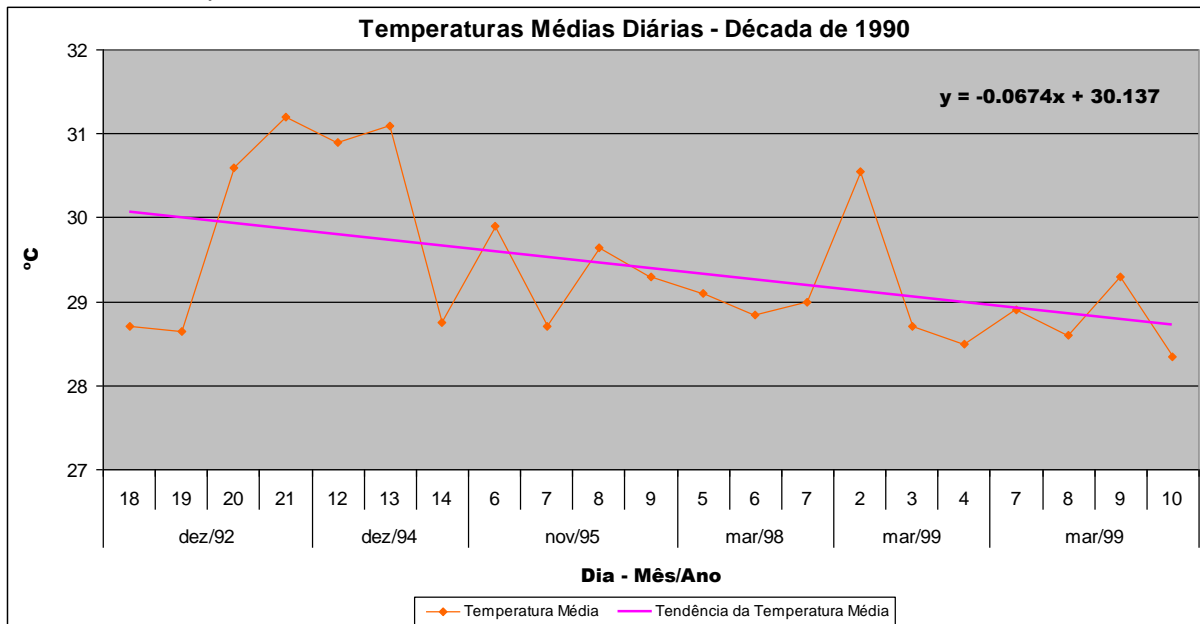
Essa diminuição dos valores com taxas diferentes, a máxima com a maior, faz com que os registros apresentem amplitudes térmicas com tendência negativa, caracterizando a aproximação dos valores de temperatura. O gráfico 21, na página seguinte, apresenta a amplitude térmica na década de 1990.

Gráfico 21 – Amplitude Térmica – Década de 1990



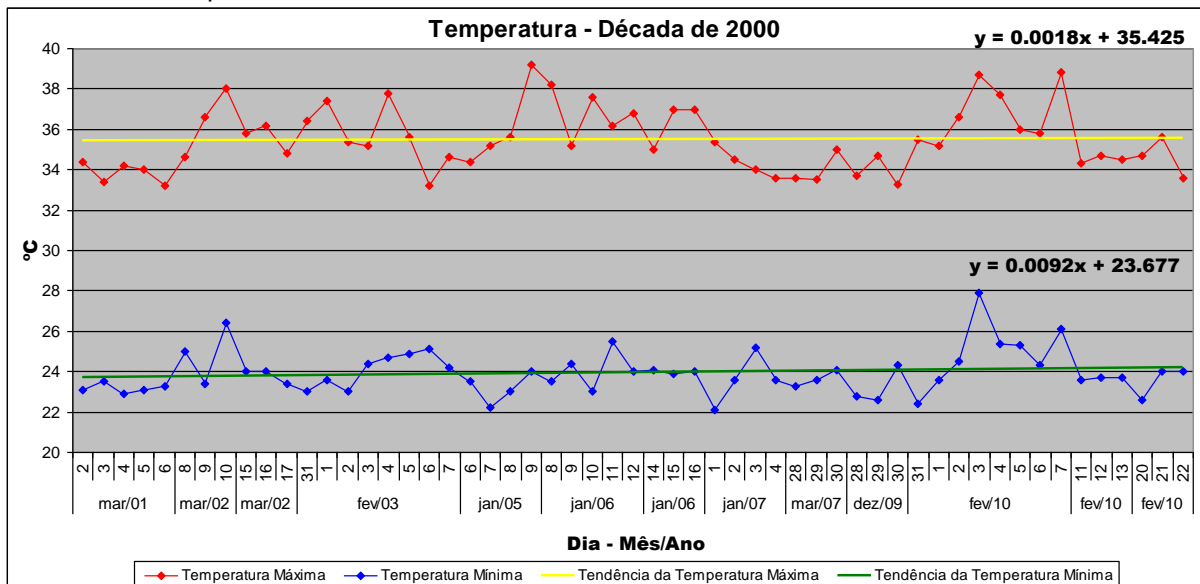
No entanto, ao se analisar o gráfico 22, na próxima página, sobre as temperaturas médias diárias, há semelhança entre os registros da década de 1990 e 1960. A diferença entre as duas décadas está no comportamento das máximas e mínimas. Enquanto o registro das temperaturas médias marca o valor bruto, a tendência negativa das amplitudes térmicas corrobora a diferenciação das duas décadas quanto à mudança de comportamento das temperaturas, em relação a elas. Considerando as temperaturas médias dos eventos de dezembro de 1992 e dezembro de 1994, que foram altas, essa queda da linha de tendência poderia ser menos acentuada.

Gráfico 22 – Temperatura Média – Década de 1990



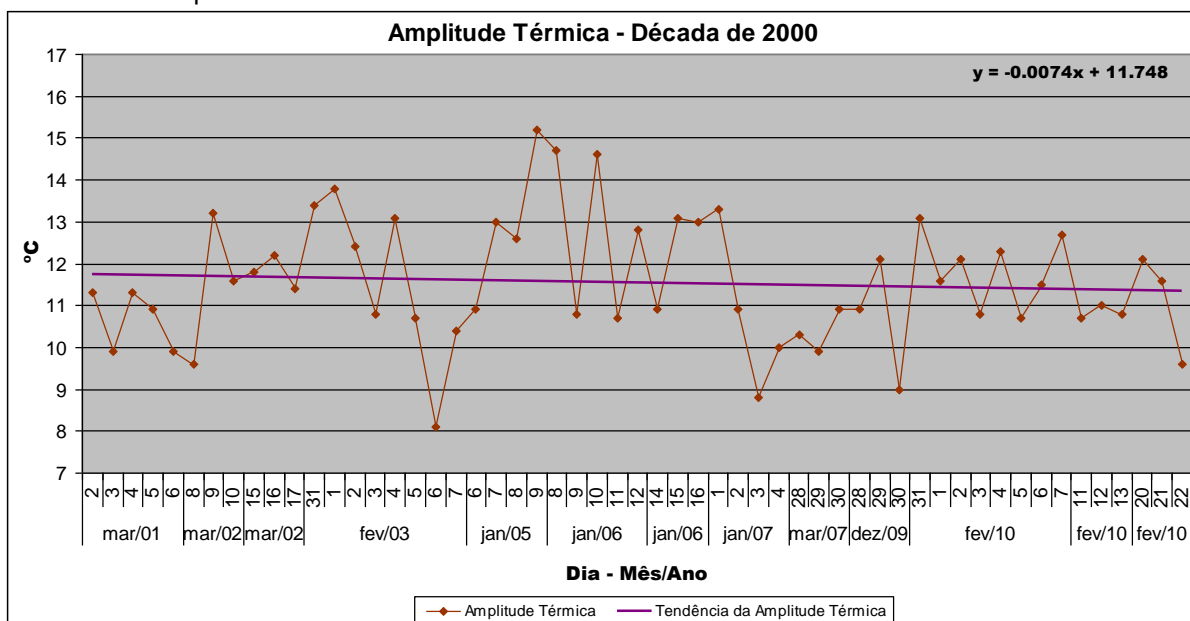
A década de 2000 apresenta registros ainda mais diferentes em relação às décadas anteriores. Avaliando até fevereiro de 2010, as temperaturas máximas, mínimas e médias mostraram-se com tendências positivas, como registra o gráfico 23.

Gráfico 23 – Temperatura - Década de 2000



Entretanto a linha de tendência das amplitudes térmicas continuou negativa (em relação à década de 1990), mostrando que a diferença entre as temperaturas máximas e mínimas vem diminuindo a partir da década de 1990, e continua na década de 2000. Isso se deve muito da importante elevação das temperaturas mínimas no primeiro evento de fevereiro 2010, que chegou a registrar 27,9°C, a maior registrada em toda a série. O gráfico 24 apresenta os valores de amplitude térmica da década de 2000.

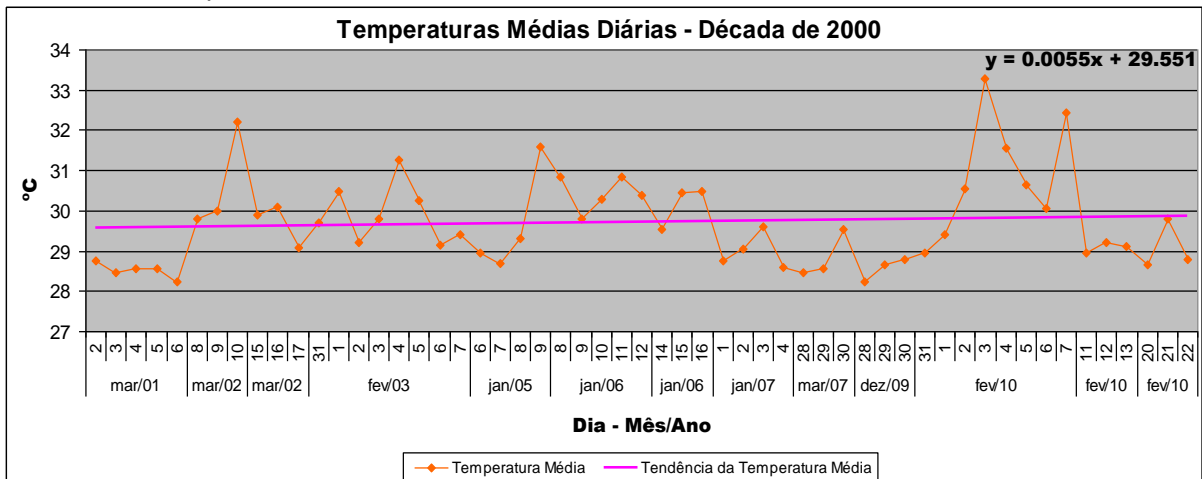
Gráfico 24 – Amplitude Térmica – Década de 2000



A diminuição da tendência das amplitudes evidencia o comportamento que as temperaturas máximas e mínimas possuem. Ao analisar o gráfico 23, das temperaturas máximas e mínimas, conclui-se que é devido ao maior aumento das mínimas em relação às máximas.

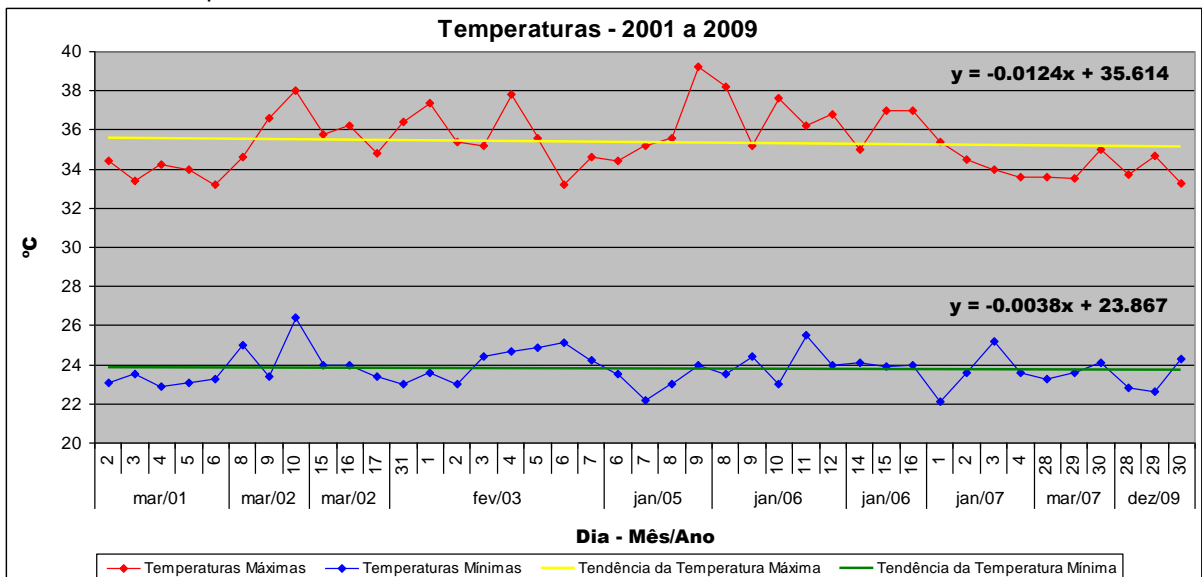
O comportamento das temperaturas médias, através do gráfico 25, a seguir, com a linha de tendência positiva, corrobora com esse aumento das temperaturas máximas e mínimas.

Gráfico 25 – Temperatura Média – Década de 2000



Todavia, a década de 2000 possui uma característica importante. O evento de 2010, que se iniciou no dia 31 de janeiro e se entendeu até dia 7 de fevereiro, foi fundamental no comportamento das tendências da década. Ao se analisar o comportamento das temperaturas médias, máximas, mínimas e das amplitudes, verifica-se que há uma mudança significativa das tendências respectivas. O gráfico 26 apresenta as temperaturas máximas e mínimas sem o ano de 2010.

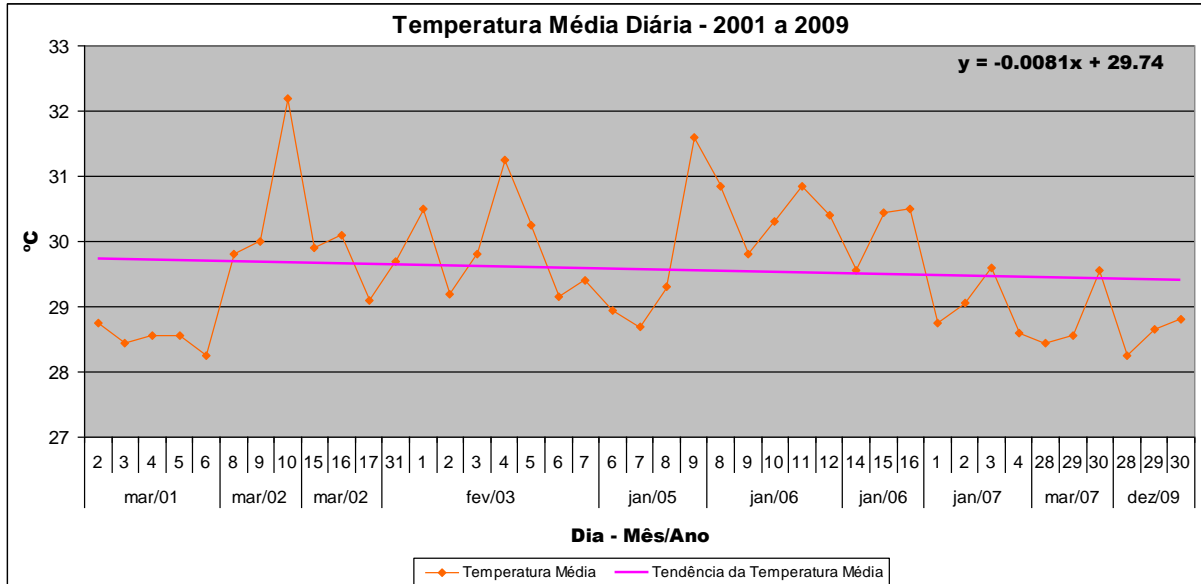
Gráfico 26 – Temperaturas – 2001 a 2009



Enquanto, com os registros dos eventos de 2010, a tendência tanto para as máximas e mínimas se caracterizava como positiva, embora de valores pouco

expressivos, com a supressão desses registros, a tendência é invertida e agora assume valores negativos. Constata-se o mesmo comportamento nas temperaturas médias, como é visto no gráfico 27.

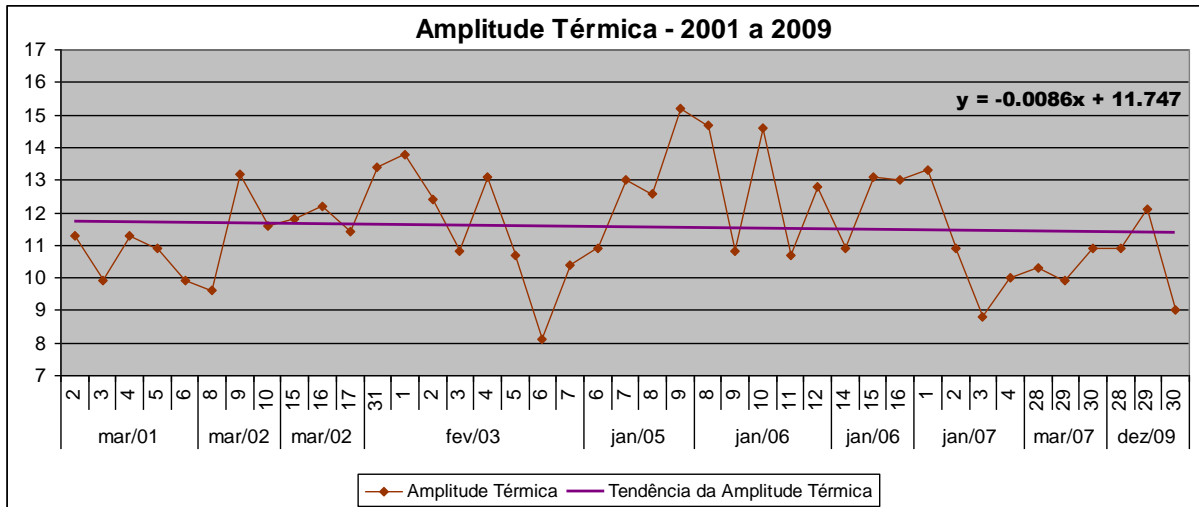
Gráfico 27 – Temperatura Média – 2001 a 2009



Mesmo alternando entre valores altos e mais baixos, justamente essa oscilação que configura a tendência como negativa, ao passo que no evento de fevereiro de 2010 as temperaturas médias apresentaram oscilações pouco significativas, elevando a tendência.

A elevação das temperaturas mínimas no evento de 2010, frente à década de 2000, em relação aos valores da amplitude térmica e sua respectiva linha de tendência, não se apresenta como causa determinante, uma vez que a década registrou grandes valores de temperatura, tanto máximas quanto mínimas. Assim a amplitude térmica sem os eventos de 2010 não configurou a inversão da orientação da linha de tendência, como apresenta o gráfico 28, na próxima página.

Gráfico 28 – Amplitude Térmica – 2001 a 2009



Analisando os gráficos de todas as décadas da série, nota-se que as linhas de tendências para as temperaturas máximas e mínimas, de maneira geral apresentaram a tendência negativa, em valores que variaram ao longo dos eventos. Nas décadas de 1980 e 2000, as tendências tornaram-se positivas devido aos eventos de 1984 e 2010, tendo em vista a intensidade da temperatura máxima e duração (no caso do evento de 1984), e às altas temperaturas mínimas e também da duração excessiva, para o evento de 2010. Devido principalmente às temperaturas extremamente altas, o evento de 2010 se apresentou como único em toda a série, sendo assim considerado como de exceção.

As temperaturas nas Ondas de Calor mostram singularidades importantes no estudo climático proposto no trabalho. Apesar da inclinação da linha de tendência ser positiva, é pouco acentuada; sendo assim, é passível de sofrer influências que alterem a mesma. A análise dos gráficos 29, 30 e 31 apresenta respectivamente as temperaturas máximas e mínimas, médias diárias e amplitudes térmicas para os eventos de Ondas de Calor para toda a série analisada.

Gráfico 29 – Temperatura – 1961 a 2010

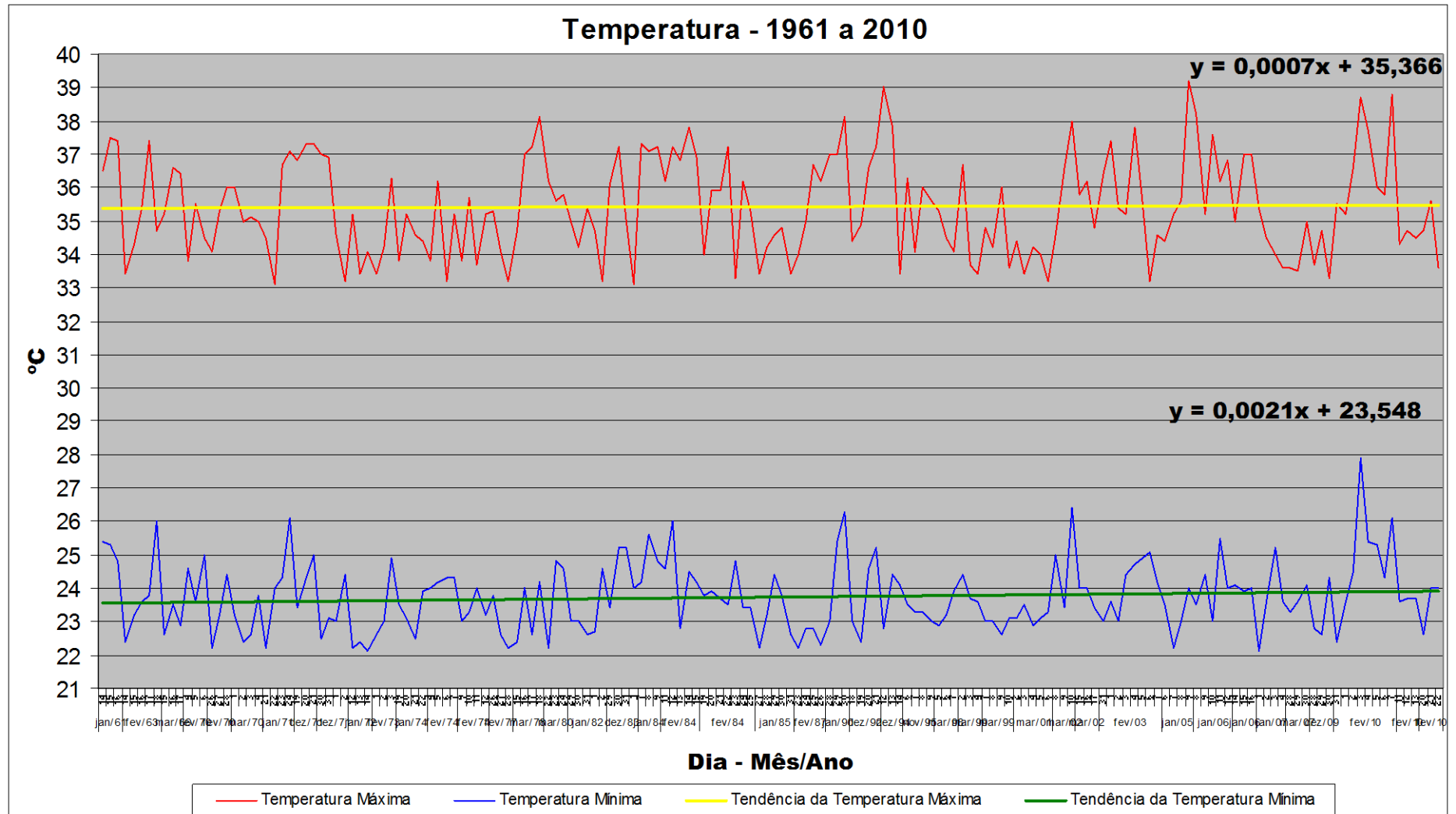
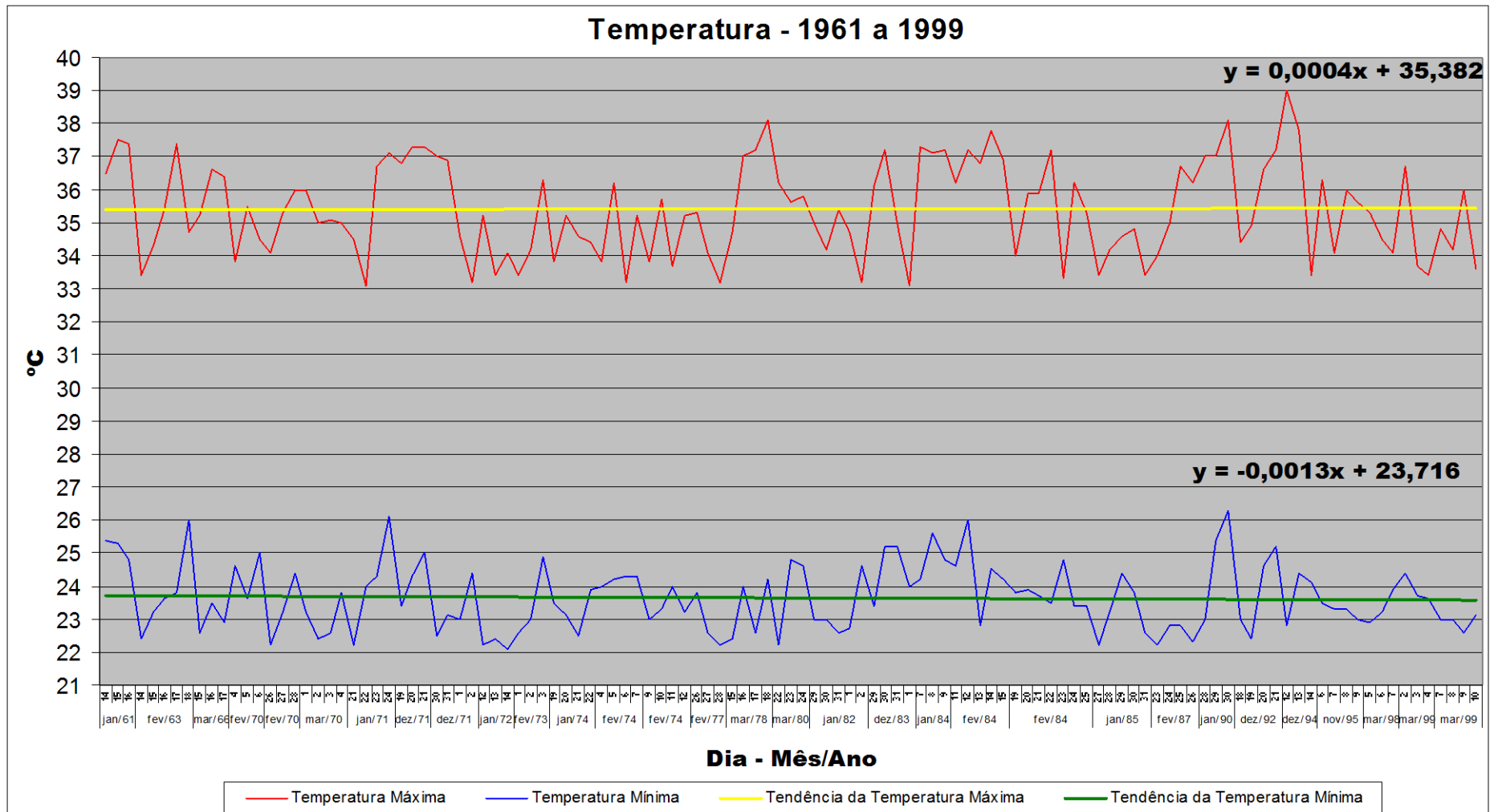
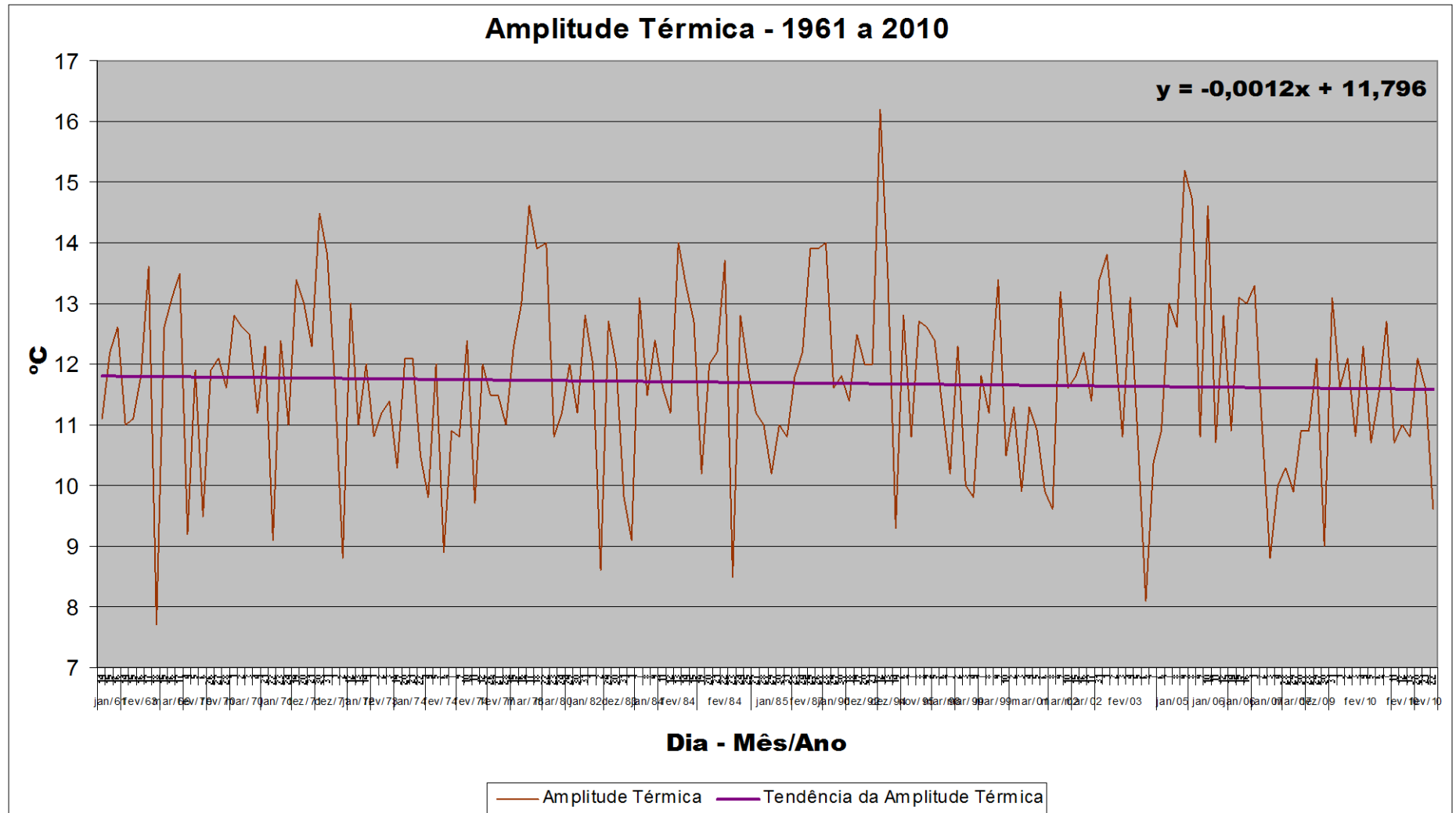


Gráfico 30 – Temperatura – 1961 a 1999



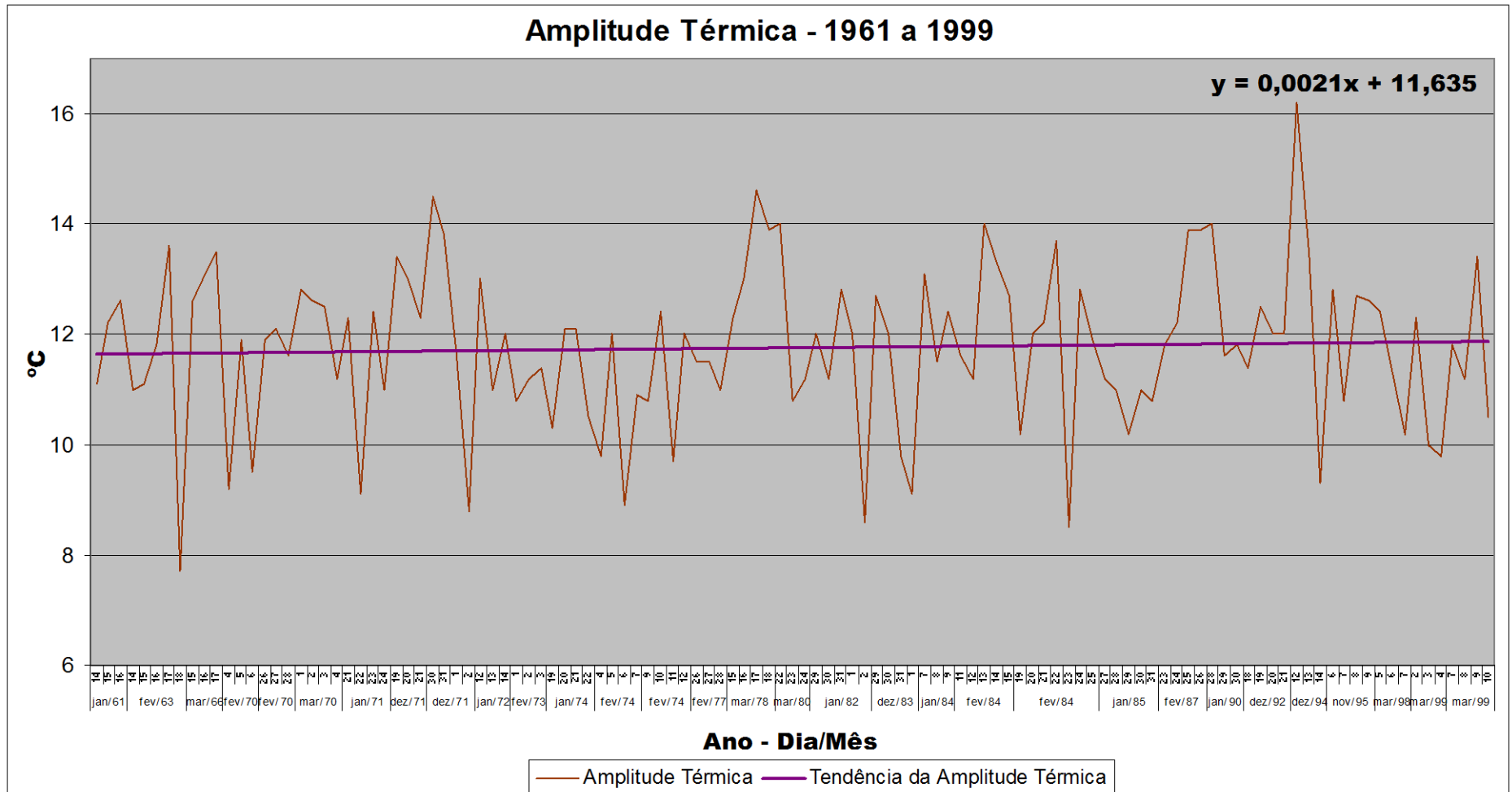
Ao se comparar os gráficos 28 e 29, nota-se a mudança na linha de tendência das temperaturas mínimas. Configurando assim a década de 2000 como de grande importância na alteração do comportamento da temperatura mínima.

Gráfico 31 – Amplitude Térmica – 1961 a 2010



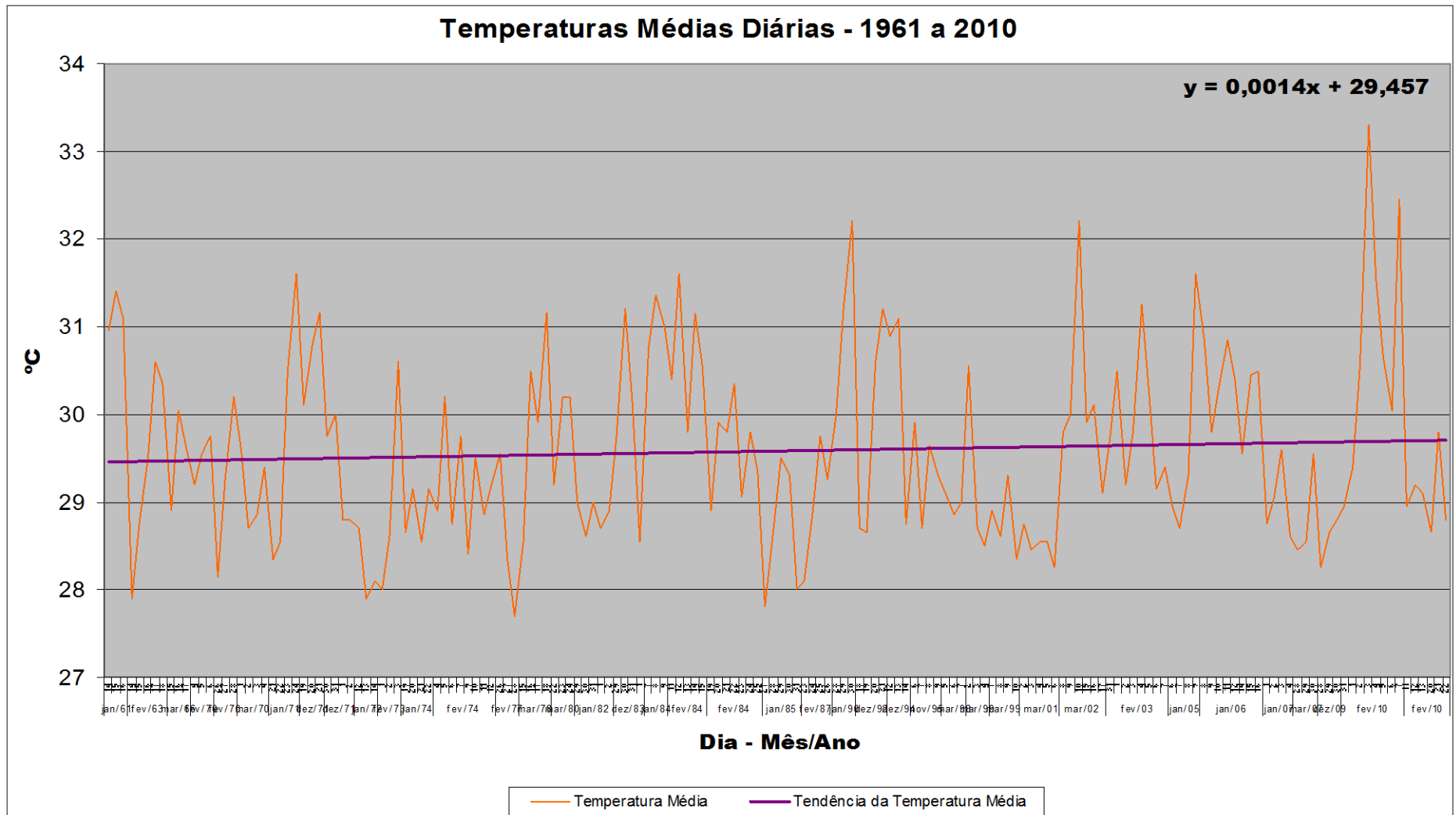
Com os registros da década de 2000, a linha de tendência da amplitude assume sinal negativo na série.

Gráfico 32 – Amplitude Térmica – 1961 a 1999



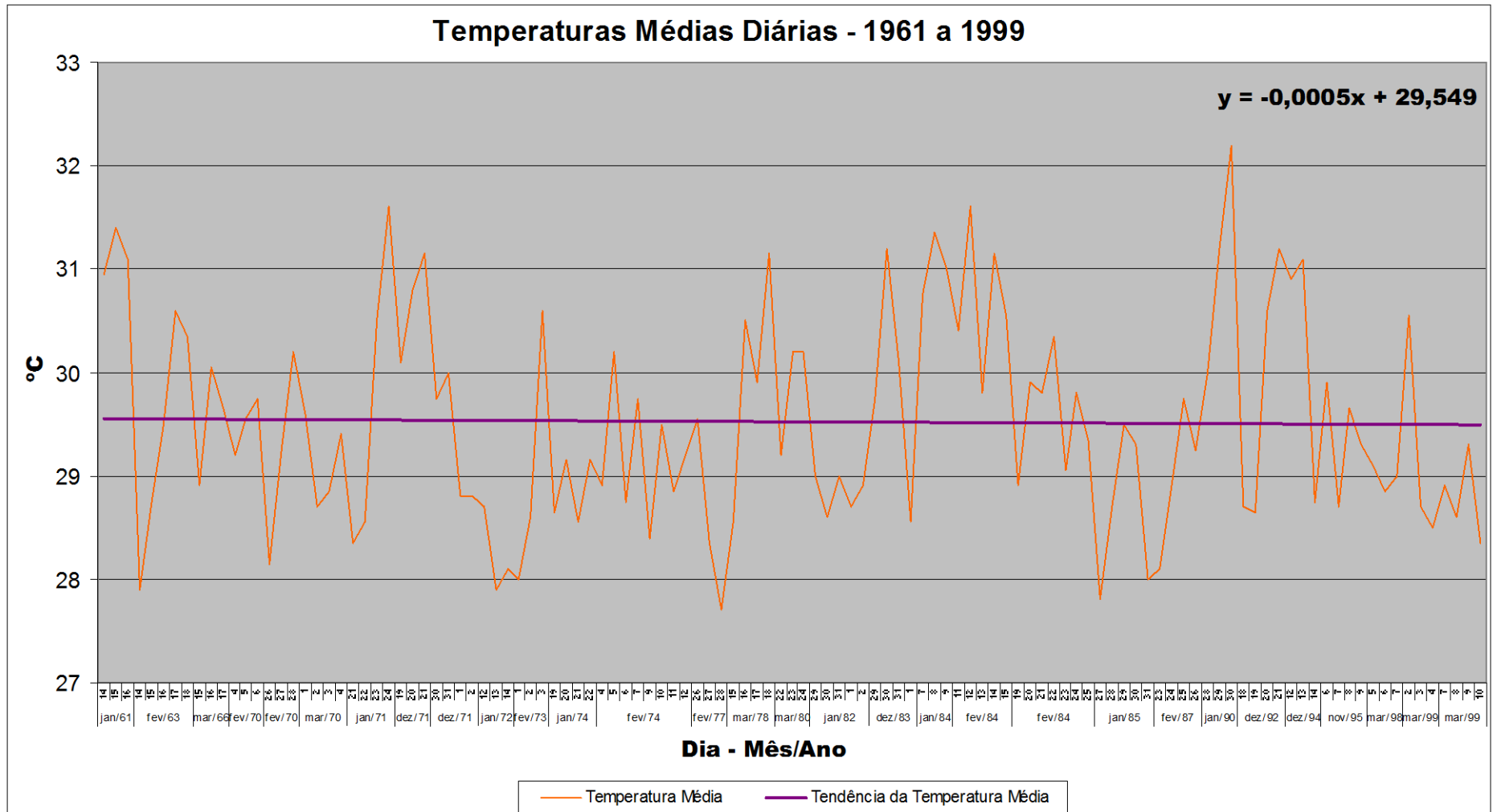
Sem os registros da década de 2000 a linha de tendência assume valores positivos; isso significa que os valores absolutos de temperatura vinham oscilando, mesmo em valores distintos, se distanciando. No entanto na década de 2000 esses valores passaram a se aproximarem, provocando a redução da amplitude e apresentando uma tendência negativa.

Gráfico 33 – Temperaturas Médias – 1961 a 2010



As temperaturas médias assumem tendência positiva na série, entretanto está relacionado diretamente com a década de 2000, que apresentam temperaturas médias com registros elevados, mesmo para as temperaturas mínimas.

Gráfico 34 – Temperaturas Médias – 1961 a 1999



Os registros da década de 2000 fizeram com que a linha de tendência das temperaturas médias se tornasse positiva, do contrário a série apresentaria tendência negativa.

5.4 Principais Ondas de Calor

As principais características da série mais recente, analisada com mais detalhes, no trabalho, e a série registrada por Machado (1950) já foram apresentadas anteriormente, onde foram analisadas quanto a duração, número dos eventos e temperaturas respectivas. Tendo em vista que seria difícil a análise particular de cada um dos eventos de Ondas de Calor, faz-se mão da análise de alguns eventos mais significativos perante a série. Baseado em Machado (1950), que apresentou as duas Ondas de Calor mais longas na série de 1912 a 1948, o presente trabalho usará as mesmas variáveis para fim de comparação entre as duas séries.

As duas Ondas de Calor mais longas, classificadas por Machado (1950) estão apresentadas na tabela 6.

Tabela 6 – Ondas de Calor mais longas (1912 a 1948)

| JANEIRO DE 1918 (6 dias) | | | FEVEREIRO DE 1915 (7 dias) | | |
|--------------------------|-------------|-------------|----------------------------|-------------|-------------|
| DIAS | Máxima (°C) | Mínima (°C) | DIAS | Máxima (°C) | Mínima (°C) |
| 27 | 38,3 | 23,0 | 18 | 35,2 | 23,1 |
| 28 | 38,0 | 23,4 | 19 | 34,1 | 22,9 |
| 29 | 36,8 | 24,3 | 20 | 33,8 | 22,2 |
| 30 | 36,8 | 23,8 | 21 | 34,6 | 23,3 |
| 31 | 36,8 | 22,3 | 22 | 35,5 | 22,2 |
| 1.º fev | 36,8 | 23,4 | 23 | 36,0 | 23,0 |
| | - | - | 24 | 35,1 | 23,1 |

Machado (1950)

A maior duração foi registrada no ano de 1915, do dia 18 a 24 de fevereiro, totalizando 7 dias, enquanto a segunda maior foi registrada em 1918, do dia 27 de janeiro a 1º de fevereiro, com 6 dias de evento.

No período mais recente, as duas maiores séries foram encontradas em fevereiro de 2003 e fevereiro de 2010, com 8 dias cada uma, como apresenta a tabela 7 na página seguinte.

Tabela 7 – Ondas de Calor mais longas (1961 a 2010)

| FEVEREIRO DE 2003 (8 dias) | | | FEVEREIRO DE 2010 (8 dias) | | |
|----------------------------|-------------|-------------|----------------------------|-------------|-------------|
| DIAS | Máxima (°C) | Mínima (°C) | DIAS | Máxima (°C) | Mínima (°C) |
| 31 jan | 36,4 | 23,0 | 31 jan | 35,5 | 22,4 |
| 01 | 37,4 | 23,6 | 01 | 35,2 | 23,6 |
| 02 | 35,4 | 23,0 | 02 | 36,6 | 24,5 |
| 03 | 35,2 | 24,4 | 03 | 38,7 | 27,9 |
| 04 | 37,8 | 24,7 | 04 | 37,7 | 25,4 |
| 05 | 35,6 | 24,9 | 05 | 36,0 | 25,3 |
| 06 | 33,2 | 25,1 | 06 | 35,8 | 24,3 |
| 07 | 34,6 | 24,2 | 07 | 38,8 | 26,1 |

Os gráficos 35 e 36 apresentam as duas Ondas de Calor mais longas das séries históricas citadas anteriormente.

Gráfico 35 - Ondas de Calor mais longas (1912 a 1948)

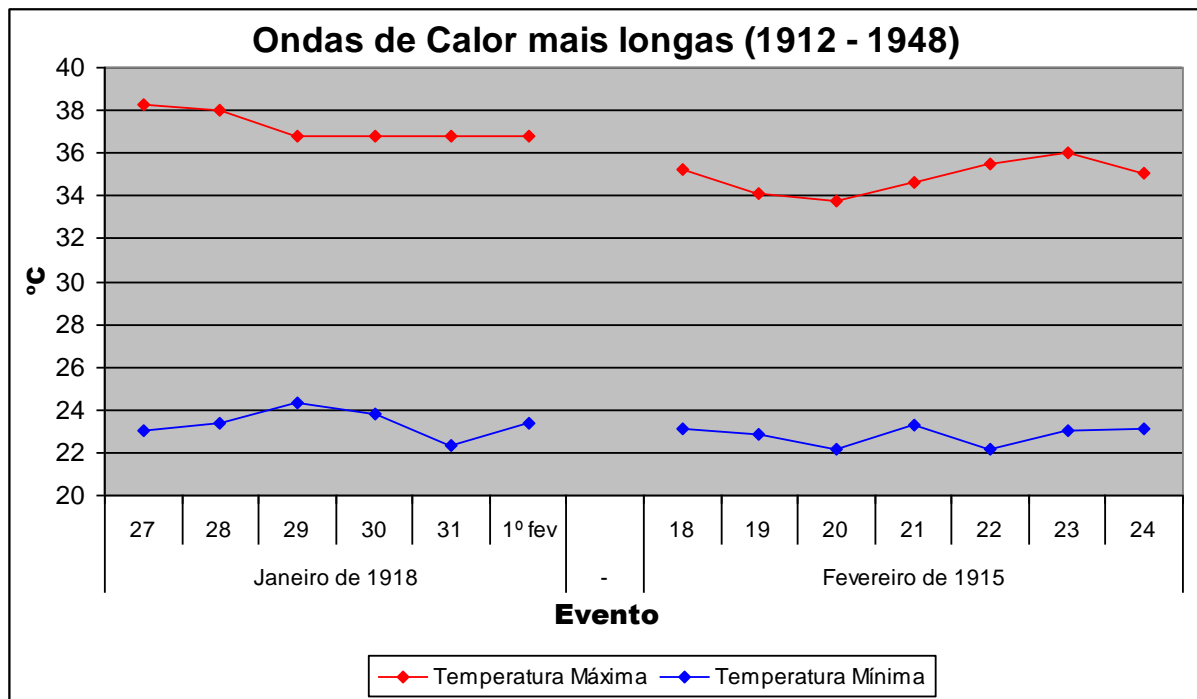
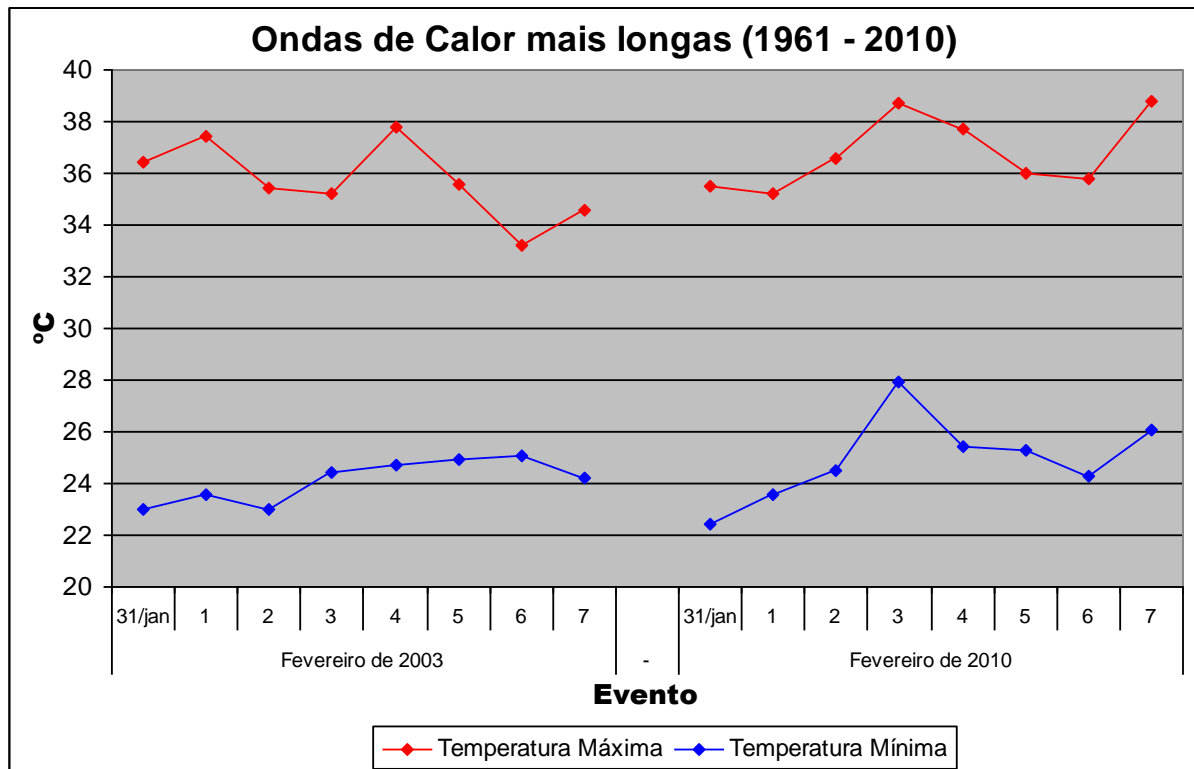


Gráfico 36 – Ondas de Calor mais longas (1961 a 2010)



Os eventos classificados em Machado (1950) mostram pouca variação entre os valores de temperaturas máximas e mínimas, ao longo de cada evento. O evento de 1918, apesar de menos extenso em dias que o de 1915, apresenta temperaturas máximas mais elevadas, com o valor mais alto de 38,3°C no dia 27 de Janeiro e o mais baixo de 36,8°C, que perdurou por 4 dias. Durante o evento de 1915 as máximas oscilaram entre 36,0°C, o valor mais alto, no dia 23 de Janeiro, e 33,8°C no dia 20 de Janeiro.

As temperaturas mínimas apresentaram comportamento similar durante os dois eventos. No evento de 1918 a maior foi 24,3°C em 29 de Janeiro, e a menor 22,3°C em 31 de Janeiro. Em 1915 essa amplitude foi menor, com a maior temperatura sendo 23,3°C em 21 de Fevereiro, e a menor por duas vezes sendo 22,2°C.

Os dois eventos mais longos da série de 1961 a 2010 apresentam importantes singularidades. A primeira diz respeito à incidência dos dois eventos começarem no dia 31 de Janeiro e se estenderem até o dia 7 de fevereiro. Os valores máximos e mínimos também se comportam de maneira diferente em relação

aos eventos da série de 1912 a 1948; pois apresentam uma amplitude mais significativa, principalmente em relação às máximas para ambos os eventos da série. No evento de 2003 a temperatura máxima menor foi de 33,2°C no dia 6 de Fevereiro, enquanto a maior foi de 37,8°C no dia 4. Durante o evento de 2010, a menor temperatura máxima foi 35,2°C no dia 1 de Fevereiro, e a maior 38,8°C no dia 7.

Entretanto, as temperaturas mínimas apresentaram comportamento diferente, em relação às máximas. No evento de 2003 o registro mais baixo foi de 23,0°C por duas ocasiões, e o mais alto de 25,1°C em 6 de Fevereiro. No caso de 2010, essas oscilações tornam-se mais expressivas, a ponto da menor temperatura ser 22,4°C no dia 31 de Janeiro e a maior de 27,9°C no dia 3 de Fevereiro.

A principal diferença entre as duas séries de eventos, no que tange às Ondas de Calor mais longas, diz respeito aos maiores valores de amplitude térmica registradas nos eventos, sendo os da série mais recente, os mais elevados, principalmente no que diz respeito ao comportamento das temperaturas máximas, apesar de que, no evento de 2010 as temperaturas mínimas apresentaram, também, um comportamento de grande oscilação entre os valores registrados ao longo do evento.

Capítulo 6

Conclusões

O objetivo principal neste trabalho foi analisar a ocorrência dos fenômenos de Ondas de Calor no município de Porto Alegre/RS entre o período de 1961 a 2010. Para o enriquecimento do trabalho, usou-se a comparação entre os resultados dos estudos feitos por Machado (1950), que analisou a série de 1912 a 1948 com alguns dados levantados por Araújo (1930), e os que encontramos, a fim de se verificar diferenças ou semelhanças, entre as séries dos dois períodos estudados.

O número de eventos de Ondas de Calor, no período mais recente, apresentou um aumento ao longo da série, sem caracterizar uma tendência forte de aumento. Entretanto o número de eventos mostra-se mais elevado do que a série estudada por Machado (1950). Enquanto a segunda série analisada apresentou ondas de calor em 60,0% dos anos, na primeira série esse número foi de 51,3%.

A análise do número máximo de eventos por ano também mostra valores maiores na segunda série, sendo três eventos por ano, ao passo de que na anterior nunca passou de dois. A década de 2000 apresentou o maior número de eventos, ocorreram 11 Ondas de Calor, com média de 1,9 por ano; no período anterior a década com o maior número de eventos foi 1930, com 8 eventos, e média de 1,3.

Quanto à duração das Ondas de Calor, conclui-se que existe uma oscilação entre os valores, com anos de extrema intensidade dos eventos. Essa oscilação, entre valores mínimos e máximos, permite uma compensação e faz com que a tendência seja extremamente baixa, apresentando uma pequena elevação ao longo da segunda série. No entanto, ao se comparar as duas séries, encontramos importantes informações. Em ambas as séries, a média de duração foi de 4,1 dias por ano; porém, a segunda série analisada, registrou as maiores durações dos eventos por ano, os valores de 15 dias em 1984 e 14 dias em 2010, já na primeira série, encontramos as maiores durações, nos anos de 1914 e 1942, com 9 e 8 dias, respectivamente. A série mais recente apresenta também a década com maior duração entre todas as de ambas as séries estudadas, que é a de 2000, com 43 dias de ocorrência de Ondas de Calor, enquanto que na série anterior a maior duração por década foi em 1930, com 31 dias.

Essas diferenças, aliadas a comparação das duas médias, de duração, caracterizam a oscilação apresentada na última série, sem, no entanto, registrar uma

forte tendência de aumento. Isso se evidencia quando se excluiu os dados referentes à década de 2000, configura-se, agora, uma tendência negativa, nos dados de duração dos eventos.

As temperaturas registradas e analisadas na série de 1961 a 2010 são importantes para a compreensão do comportamento recente das Ondas de Calor. As temperaturas máximas anuais possuem tendência positiva, no entanto, os valores, ao longo da série, apresentam oscilações significativas. Na série estudada por Machado (1950), as temperaturas máximas anuais caracterizam tendência positiva também, entretanto, menor que a série mais recente. O valor da maior temperatura máxima encontrado na série estudada por Machado (1950) foi de 39,0°C enquanto na segunda série foi de 39,2°C. Entretanto, o menor valor de temperatura máxima foi verificado na série mais recente, com 34,4°C, ao passo de que a série anterior registrou 34,6°C. A temperatura média das máximas apresenta similaridades, tendo a série de Machado (1950) registrado 36,8°C, e a série mais atual 36,7°C.

As temperaturas mínimas também configuram um importante significado na compreensão das Ondas de Calor. As temperaturas mínimas anuais apresentaram tendência negativa, muito embora de pequena expressão; no entanto, essa tendência negativa ocorre devido ao alto valor do registro do ano de 1961, contrastando fortemente com os valores de toda a série. Esse comportamento também é visto ao se analisar as temperaturas mínimas máximas em eventos de Ondas de Calor. A tendência encontrada é positiva, no entanto, o ano de 2010, pelo seu valor extremamente alto, torna-se a componente principal dessa tendência, ao ponto de que, ao se retirar esse registro, a tendência mostra-se negativa. Isso evidencia que embora existam tais tendências, elas se alteram facilmente de acordo com alguns eventos especiais.

A temperatura mínima máxima da série mais recente foi 27,9°C, enquanto na série analisada no estudo de Machado (1950) foi 25,8°C; e a temperatura mínima máxima média, na série mais recente foi de 24,8°C, sendo que a da série anterior foi 23,7°C. Fica evidenciada nesses registros a diferença entre as duas séries que o trabalho comporta, caracterizando que as temperaturas mínimas analisadas na série mais recente, registraram valores superiores aos da série analisada no trabalho de Machado (1950).

Ao se analisar as temperaturas máximas e mínimas, medidas ao longo de todas as ondas de calor, no período de 1961 a 2010, o comportamento delas apresenta algumas particularidades importantes. A principal é a grande oscilação que as temperaturas apresentam tanto as máximas quanto as mínimas, muito embora as máximas apresentem valores de amplitude maiores do que as mínimas. Essa oscilação dos valores configura as duas linhas de tendência como pouco expressivas, ambas positivas. As tendências, quando analisadas ao longo das décadas, possuem comportamento distinto da série inteira. As tendências das temperaturas máximas seguiram a tendência geral, sendo positivas, nas décadas de 1980 e 2000; ao passo de que nas décadas de 1960, 1970 e 1990 apresentaram tendências negativas. As temperaturas mínimas apresentaram tendências positivas somente na década de 2000, enquanto que nas demais, registrou tendência negativa.

A década de 2000 mostrou-se de forma coerente, no que diz respeito ao comportamento das temperaturas, tendo em vista que, somente nesse período, as tendências foram positivas nas temperaturas máximas e mínimas ao mesmo tempo. Um fato importante é o de que, os dados da onda de calor do ano de 2010, são tão significativos, que a sua retirada da série, provoca a mudança de tendência na década de 2000 para negativa, e em especial para as temperaturas mínimas para a série completa, pois proporciona a inversão das tendências.

Esses eventos particulares, que são a ocorrência de valores anômalos dentro de uma série de dados, tornam-se importantes para a compreensão dos fenômenos de ondas de calor. Ao comparar os dois eventos mais longos da série mais recente, com os analisados por Machado (1950), torna-se visível o comportamento e as características das ondas de calor em Porto Alegre. As duas ondas classificadas por Machado (1950), em 1918 e 1915, de 6 e 7 dias respectivamente, se comparadas com os eventos de 2003 e 2010, com 8 dias cada uma, apresentam comportamentos diferentes. Os eventos da primeira série possuem amplitudes térmicas menores, tanto para as temperaturas máximas como para as mínimas, enquanto os eventos mais recentes são mais longos e com amplitudes térmicas mais significativas.

Este trabalho que analisou o comportamento das ondas de calor em Porto Alegre nos permitiu visualizar que o método de análise, através da curva de

tendência, de uma série de dados, pode ser prejudicado pela ocorrência de eventos anômalos, que pela sua significância, geram uma tendência que não representa, de uma forma perfeita, o comportamento e a variação dos dados da série. A onda de calor de fevereiro de 2010 é um evento anômalo que comprova esta conclusão.

Outra conclusão importante deste trabalho é a de que a ocorrência de ondas de calor em Porto Alegre foram mais frequentes e mais intensas na última década, fato este, que corrobora com as preocupações e as previsões do IPCC, principalmente no que diz respeito ao comportamento de tempos meteorológicos extremos, em função do aquecimento global.

Referências Bibliográficas

ARAÚJO, L.C. **Memória sobre o Clima do Rio Grande do Sul**. Rio de Janeiro: Tipografia do Serviço de Informações do Ministério da Agricultura, 1930. 100 p.

AYOADE, J. O. **Introdução à climatologia para os trópicos**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1983, 332 p.

BARBETTA, P. A.. **Estatística Aplicada às Ciências Sociais**. Florianópolis: Editora da UFSC, 2006.

BERLATO, M. A.; FONTANA, D. C. **El Niño e La Niña: Impactos no clima, na vegetação e na agricultura do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: UFRGS, 2003.

BHATTACHARYA, S. **European heatwave caused 35,000 deaths**. New Scientist: 2003. Disponível em: <http://www.newscientist.com/article/dn4259> Acesso em: 13 out. 2010.

BOHUSCH, G. **Climatologia dos Veranicos de Porto Alegre (RS)**: Estudo da Série 1965 – 2006. Monografia (Graduação em Geografia) – Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2007.

BRASIL, Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária. **Aspectos Gerais do Clima do Estado**. Porto Alegre: INCRA, 1972.

BUDYKO, M. I. **Climate and Life**. Nova Iorque: Academic Press, 1974. 508 p.

CONCEIÇÃO, C. L. **Ondas de Calor e Temperatura Sensível em Porto Alegre (RS)**. Monografia (Graduação em Geografia) – Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1997.

CONCEIÇÃO, C. L. **Relações entre elementos climáticos e as doenças do aparelho respiratório no RS**. Porto Alegre, 2003. 143 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Instituto de Geociências, Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal do RS, Porto Alegre, 2003.

CRITCHFIELD, H. J. **General Climatology**. Nova Delhi: Prentice-Hall of Índia Private Limited, 1968.

FERRARO, L. W.; HASENACK, H. Aspectos do Clima de Porto Alegre. In: ZURITA, Manuel Luiz Leite, (Org.), TOLFO, Alessandra Moschem, (Org.). **A Qualidade do Ar em Porto Alegre**. Porto Alegre: Secretaria Municipal do Meio Ambiente, 2000.

BRASIL, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Geociências – Cartografia: mapeamento das unidades territoriais**. Disponível em: http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/default_prod.shtm#TERRIT

IPCC. INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. **Climate Change 2007. The physical Science Basis – Summary for Policy-Maker**

LIVI, F. P. Elementos do Clima: o contraste de tempos frios e quentes. In: MENEGAT, R.; PORTO, M. L.; CARRARO, C. C.; FERNANDES, L. A. D. (coord.). **Atlas ambiental de Porto Alegre**. Porto Alegre: UFRGS, 3 ed, 2006.

LIVI, F. P. **O Clima em Porto Alegre no Século XX: Uma análise de séries Temporais**. Porto Alegre, 2002. 67 f.

Dissertação (Mestrado em Geografia) – Instituto de Geociências, Programa de Pós-Graduação em Geografia. Universidade Federal do RS, Porto Alegre, 2002.

MACHADO, F. P. **Contribuição ao Clima do Rio Grande do Sul**. Rio de Janeiro: Serviço Gráfico do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 1950.

MALUF, J.R.T.; CAIAFO, M.R.R. 2001: Regiões ecoclimáticas do Estado do Rio Grande do Sul. In: XII Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, III Reunião Latino-Americana de Agrometeorologia, 3, **Anais...**, Fortaleza. Água e agrometeorologia no novo milênio. p.151-152

MARENGO, J. A.; VALVERDE, M. C. **Caracterização do clima no Século XX e Cenário de Mudanças de clima para o Brasil no Século XXI usando os modelos do IPCC-AR4**, Revista Multiciência, Edição no. 8, Mudanças Climáticas, Campinas, 2007.

MENDONÇA, F. **Aspectos da interação clima-ambiente-saúde humana: Da relação sociedade-natureza à (in)sustentabilidade ambiental**. Revista Ra'eGa, no. 4, Curitiba, 2000.

MENDONÇA, F.; DANNI-OLIVEIRA, I.M. **Climatologia**: noções básicas e climas do Brasil. São Paulo, Oficina de Textos, 2007.

MUNN, R. E. **Biometeorological Methods**. Nova Iorque: Academic Press, 1970. 336 p.

NIMER, E. **Climatologia do Brasil**. Rio de Janeiro: IBGE, 1989.

PETERSON, T. C. et al. World Climate Data and Monitoring Programme nº 47 In: **WMO – TD 1071**. 2001.

PORTUGAL, Ministério da Saúde. **Plano de Contingência para Ondas de Calor** Lisboa, 2010.

STRAHLER, A. N.; STRAHLER, A. H.. **Geografia Física**. Barcelona: Omega, 1986.

INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA

PARECER DA COMISSÃO EXAMINADORA DE TRABALHO DE
GRADUAÇÃO

ALUNO: VINÍCIUS CATTO DE CARDIA

Composição da Banca Examinadora:

1º) Orientador: FERNANDO POHLMANN LUIZ
2º) Prof. Examinador: NELSON LUIZ GRUBER
3º) Prof. Examinador: FRANCISCO AQUINO

Título do Trabalho de Graduação: CLIMATOLOGIA DAS
ONDAS DE CALOR EM PORTO ALEGRE
RS: 1967 A 2010

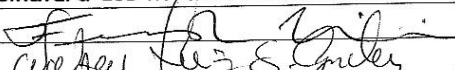

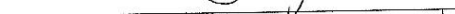
Data da Defesa do TG: 21/12/2010

Parecer da Comissão Examinadora:

O ALUNO CUMPRU COM AS
EXIGÊNCIAS E OS REQUISITOS
NECESSÁRIOS PARA A SUA
ATUALIZAÇÃO, E A BANCA
ATRIIBUI AO SEU TRABALHO
O CONCEITO A

A BANCA RECOMENDA A PUBLICAÇÃO DOS
RESULTADOS DEVIDO À RELEVÂNCIA
DO TRABALHO.

Assinatura dos Membros da Comissão:

1) 
2) 
3) 

Ciente do Aluno:



Data:

21/12/2010