

## **Variabilidade e suas mudanças climáticas em séries de temperatura máxima do ar e precipitação em Brasília – DF**

**Variability and climatic changes in series of maximum air temperature and precipitation in Brasília – DF**

**Variabilidad y sus cambios climáticos en series de temperatura máxima del aire y precipitación en Brasilia – DF**

Recebido: 08/05/2022 | Revisado: 16/05/2022 | Aceito: 22/05/2022 | Publicado: 28/05/2022

### **Raimundo Mainar de Medeiros**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7361-1281>  
Universidade Federal Rural de Pernambuco, Brasil  
E-mail: mainarmedeiros@gmail.com

### **Manoel Viera de França**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4973-9327>  
Universidade Federal Rural de Pernambuco, Brasil  
E-mail: manolvieira.ufpe@gmail.com

### **Wagner Rodolfo de Araújo**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7203-0338>  
Universidade Estácio de Sá, Brasil  
E-mail: wagneraraujops@gmail.com

### **Luciano Marcelo Fallé Saboya**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7586-6867>  
Universidade Federal de Campina Grande, Brasil  
E-mail: lsaboya@hotmail.com

### **Moacyr Cunha Filho**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3466-8143>  
Universidade Federal Rural de Pernambuco, Brasil  
E-mail: Moacyr.cunhafo@ufrpe.br

### **Romildo Morant de Holanda**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7945-3616>  
Universidade Federal Rural de Pernambuco, Brasil  
E-mail: romildomorant@gmail.com

### **Salatiel Ewen Braga**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3233-5361>  
Universidade Federal Rural de Pernambuco, Brasil  
E-mail: salatiel\_braga@hotmail.com

### **Resumo**

A variabilidade é um dos elementos mais conhecidos da dinâmica climática, o impacto produzido por esse fenômeno, mesmo dentro da normalidade pode ter representações significativas nas atividades humanas. O trabalho tem como objetivo avaliar as variabilidades climáticas em Brasília - DF, enfocando tais variações como um meio para compreender futuras mudanças. Para realização deste trabalho utilizou-se dados de temperatura máxima do ar e totais pluviométricos mensais e anuais no período de 1980 a 2012, da Estação Meteorológica de Brasília pertencente ao INMET. Como resultado pode-se afirmar que as temperaturas máximas anuais sofreram aumentos durante o período analisado, podendo acarretar vários problemas socioeconômico, bem como, para a saúde humana. O total pluviométrico anuais nota-se que os valores estão aumentando gradativamente, sendo que esse aumento pode estar relacionado com o aumento da temperatura, que faz com que se tenha uma maior evaporação e conseqüentemente uma maior precipitação. Temperatura máxima absoluta foi acrescida de 10,8% e a temperatura mínima absoluta sofreu um acréscimo de 9,5%. Trata de um índice significativo, porém deve-se ficar alerta, pois esse incremento possa vim a causar vários problemas socioeconômico tais como: influência na perda de plantações, problemas no conforto térmico e até mesmo maior incidência de proliferação de doenças e pragas na agricultura e no ser humano. A precipitação total anual, vem-se demonstrando um aumento gradativo nos seus índices deste a década de 1980, esse aumento pode estar relacionado com o aumento da temperatura, que faz com que se tenha uma maior evaporação e conseqüentemente uma maior precipitação. Um efeito anômalo da distribuição das precipitações é observado durante os veranicos de janeiro. Esse fator climático é conhecido pelos agricultores da região do cerrado e cerradão e em muitos anos é responsável pela quebra da produção agrícola. Estas variabilidades de flutuações de temperatura do ar máxima acrescida e os incrementos nos índices pluviométricos podem estar correlacionados com as mudanças locais (crescimento vertical, cobertura asfáltica, redução

da arborização, baixa umidade do solo, queimadas, e aumento na frota de veículos). A temperatura do ar máxima anual demonstrou grande variação entre o período estudado, a temperatura máxima absoluta foi acrescida de 10,8% e a temperatura mínima absoluta sofreu um acréscimo de 9,5%. Trata de um índice significativo, porém deve-se ficar alerta, pois esse incremento possa vir a causar vários problemas socioeconômicos tais como: influência na perda de plantações, problemas no conforto térmico e até mesmo maior incidência de proliferação de doenças e pragas na agricultura e no ser humano.

**Palavras-chave:** Clima; Impactos de mudanças; Oscilações meteorológicas.

### Abstract

The variability is one of the most popular elements of climate dynamics, the impact of this phenomenon, even within the normal range may have significant representation in human activities. The study aims to assess climate variability in Brasilia - DF, focusing on such variations as a means to understand future changes. For this work we used maximum temperature data from the air and total monthly and annual rainfall from 1980 to 2012, the Meteorological Brasilia belonging to INMET Station. As a result it can be stated that the annual maximum temperatures were increased during the period analyzed, which may cause various socioeconomic problems as well as to human health. The total annual rainfall is noted that the figures are gradually increasing, and this increase may be related to the temperature increase, which makes it has a higher evaporation and hence greater precipitation. Maximum air temperature was increased by 10.8% and the absolute minimum temperature has increased by 9.5%. Is a significant rate, but you must stay alert because this increase can come to cause various socioeconomic problems such as influence on the loss of crops, problems with thermal comfort and even higher incidence of spread of disease and folds in agriculture and in humans. In the total annual rainfall, it comes up showing a gradual increase in their rates this the 1980s, this increase may be related to the increase in temperature, which makes them have a more evaporation and thus more precipitation. An anomalous effect of the distribution of rainfall is observed during the dry spells in January. This climatic factor is known by farmers in the cerrado and cerrado region in many years and is responsible for crop failure. These variability of temperature fluctuations of the increased maximum air and increases in rainfall may be correlated with local changes (vertical growth, asphalt cover, reduced afforestation, low soil moisture, fires, and increase the vehicle fleet). The temperature of the maximum annual air showed great variation between the study period, the absolute maximum temperature was increased by 10.8% and the minimum air temperature has increased by 9.5%. Is a significant rate, but you must stay alert because this increase can come to cause various socioeconomic problems such as influence on the loss of crops, problems with thermal comfort and even higher incidence of spread of disease and folds in agriculture and in humans.

**Keywords:** Climate; Change impacts; Weather fluctuations.

### Resumen

La variabilidad es uno de los elementos más conocidos de la dinámica climática, el impacto que produce este fenómeno, aún dentro de la normalidad, puede tener representaciones significativas en las actividades humanas. El trabajo tiene como objetivo evaluar la variabilidad climática en Brasilia - DF, centrándose en tales variaciones como un medio para comprender los cambios futuros. Para la realización de este trabajo, se utilizaron datos de temperatura máxima del aire y precipitaciones totales mensuales y anuales de 1980 a 2012, de la Estación Meteorológica de Brasilia perteneciente al INMET. Como resultado, se puede decir que las temperaturas máximas anuales aumentaron durante el período analizado, lo que puede causar varios problemas socioeconómicos, así como a la salud humana. En la precipitación total anual se observa que los valores van aumentando paulatinamente, y este aumento puede estar relacionado con el aumento de la temperatura, lo que provoca una mayor evaporación y consecuentemente una mayor precipitación. La temperatura máxima absoluta se incrementó en un 10,8 % y la temperatura mínima absoluta se incrementó en un 9,5 %. Es un índice significativo, pero hay que estar alerta, ya que este aumento puede causar varios problemas socioeconómicos como: influencia en la pérdida de plantaciones, problemas en el confort térmico e incluso una mayor incidencia de proliferación de enfermedades y plagamiento en la agricultura y en el ser humano. siendo. La precipitación total anual viene mostrando un aumento paulatino en sus índices desde la década de 1980, este aumento puede estar relacionado con el aumento de la temperatura, lo que provoca una mayor evaporación y consecuentemente una mayor precipitación. Se observa un efecto anómalo de la distribución de las lluvias durante los veranos de enero. Este factor climático es conocido por los agricultores de la región del cerrado y del cerrado y en muchos años es responsable de la caída de la producción agrícola. Esta variabilidad de aumento de las fluctuaciones de la temperatura máxima del aire y aumento de las precipitaciones puede estar correlacionada con cambios locales (crecimiento vertical, cobertura asfáltica, reducción de la forestación, baja humedad del suelo, incendios y aumento del parque automotor). La temperatura máxima anual del aire presentó gran variación entre el período estudiado, la temperatura máxima absoluta se incrementó en un 10,8% y la temperatura mínima absoluta se incrementó en un 9,5%. Es un índice significativo, pero hay que estar alerta, ya que este aumento puede causar varios problemas socioeconómicos como: influencia en la pérdida de plantaciones, problemas en el confort térmico e incluso una mayor incidencia de proliferación de enfermedades y plagamiento en la agricultura y en el ser humano.

**Palabras clave:** Clima; Impactos de los cambios; Fluctuaciones meteorológicas.

## 1. Introdução

A variabilidade é um dos elementos mais conhecidos da dinâmica climática, o impacto produzido por essa variabilidade, mesmo dentro da normalidade pode ter representações significativas nas atividades humanas. Porém vale ressaltar que as anomalias podem desestruturar tanto o sistema ambiental, quanto o socioeconômico.

Nas últimas décadas, as alterações climáticas e suas consequências para a humanidade, tem sido uma das maiores preocupações de cientistas de todo o mundo. Principalmente no tocante aos fatores responsáveis pela variabilidade climática, que vêm se acentuando desde meados do século XX. As atividades humanas são, na visão de alguns pesquisadores, as responsáveis por parte destas mudanças. Entretanto, deve-se levar em consideração, uma possível variabilidade climática natural, uma vez que a magnitude do sinal associada a ela nos registros climáticos existentes, ainda não foi bem determinada (IPCC, 1996, 2001).

A dinâmica do ciclo hidrológico nas bacias pode ser mais bem entendida pelo balanço hídrico simples (BHS) ou balanço hídrico climatológico (BHC). Segundo Vestena e Lange (2008) este resultado da quantidade de água que entra e sai de certa porção da terra (bacias hidrográficas) em um determinado intervalo de tempo. Os estudos envolvendo o balanço hídrico são empregados em inúmeras atividades, tais como na determinação dos intervalos de irrigação, na previsão da produtividade agrícola, na hora da semeadura e da colheita, na classificação climática, entre outras várias atividades, envolvendo o manejo e o planejamento dos recursos hídricos.

A tentativa de identificação na variabilidade climática nos registros meteorológicos é de suma importância para os estudos socioeconômicos, uma vez que se podem apresentar tendências, ou seja, visualizar cenários futuros para uma melhor compreensão da dinâmica climática. Uma das grandes preocupações da comunidade científica na última década diz respeito às alterações climáticas e suas consequências para a humanidade.

A visualização de tendências de mudanças climáticas em séries temporais meteorológicas, além de representar dados científicos importantes, é uma necessidade para estabelecer o efeito das mudanças climáticas sobre a dinâmica climática, fundamental para o planejamento futuro dos recursos hídricos, saúde humana e produção de alimentos (Obregón; Marengo, 2007).

É constatado o aumento da temperatura nos centros urbanos, ocasionado pela maneira com que estes são construídos, sem um planejamento adequado, principalmente em relação ao aproveitamento dos próprios recursos naturais para propiciar conforto térmico nas cidades (Almeida, 2005). O conforto ambiental é um dos fatores climáticos que interferem na qualidade de vida das pessoas.

Os estudos elaborados pelo IPCC ("Intergovernmental Panel on Climate Change") no ano de 2001 indica uma situação preocupante em relação ao aumento da temperatura no planeta. A previsão é que num tempo relativamente curto a temperatura global poderá aumentar entre 1,4 e 5,8°C. Embora esta indicação tenha sido feita há aproximadamente doze anos atrás, ainda não foi suficiente para se perceber estas mudanças.

Verificou-se, também, nestes estudos que a precipitação havia aumentado de 0,5 a 1,0% por década, até o final do século XX. Esse aumento foi mais significativo no hemisfério norte. Na região tropical o aumento na precipitação foi da ordem de 0,2 a 0,3%. Estudos elaborados por Pinto et. al., (2003) mostram que a variabilidade climática no Brasil, dependendo da região analisada, pode provocar alterações contínuas nos elementos meteorológicos (precipitação, ventos, temperatura do ar e umidade relativa do ar).

Mesmo com os estudos empreendidos por pesquisadores sobre a variabilidade climática, deve se destacar que o sistema climático é complexo em relação a variáveis que não são, ainda, compreendidas por completo. Contribui para isso o fato de que os instrumentos e ferramentas utilizadas para se entender à variabilidade climática são deficientes para se tratar de algo tão complexo e dinâmico como o clima.

Entre pesquisadores, é consenso que as mudanças no clima têm impacto direto e significativo nos ecossistemas e nos fatores socioeconômicos, cuja variabilidade resulta em vários impactos, muita até irreversíveis. Este artigo tem como objetivo analisar a variabilidade climática em Brasília - DF, enfocando tais variações como um meio para compreender futuras mudanças. Escolheu-se trabalhar com o distrito de Brasília devido à percepção, por parte de moradores que a temperatura e outros elementos meteorológicos venham sofrendo variabilidade climática nas últimas décadas. Portanto vale uma investigação mais apurada dos dados existentes.

### **A variabilidade climática nos estudos de climatologia**

A variação espacial e temporal são características próprias do tempo e clima. A variação temporal é uma característica que deve ser estudada com maiores particularidade e em diferentes escalas cronológicas. Pois estes estudos permitirão o conhecimento do clima no passado, presente e até mesmo fazer prognósticos e diagnósticos para situações climáticas futuras, a partir de modelos matemáticos utilizados.

Considera-se variabilidade climática como sendo as variações do clima em função das condicionantes naturais do globo terrestre e suas interações (Tucci, 2003). Essa variabilidade meteorológica. Yevjevich (1972) define tendência ou variação “como uma mudança sistemática e contínua em qualquer parâmetro de uma dada amostra, excluindo-se mudanças periódicas ou quase periódicas”. Hare (1985) apud Nunes e Lombardo (1995) discute interações escalares, salientando a dificuldade em se detectar eventuais mudanças. E aponta ainda, a dificuldade de se detectar que os processos globais fossem afetados por fatos decorrentes em outras escalas.

Monteiro (1978), Nunes e Lombardo (1995) a ação modificadora do homem agiria em grau crescente da escala taxonômica (criando as menores unidades e alterando as médias, ao atuar sobre as propriedades extensivas do clima), ainda que não dominasse a dinâmica intrínseca da atmosfera; de onde emanam os mecanismos geradores da sucessão de seus estados.

Alguns cientistas questionam em diferentes graus a validade de estudos desenvolvidos em escala local para a compreensão da variabilidade global, porém são através dos estudos locais que se podem desenvolver estudos em escala regional e global (Nunes & Lombardo, 1995).

A variabilidade climática é dependente da complexa dinâmica atmosférica, mas também de influências externas ao planeta como as mudanças solares. É fato que estas variabilidades climáticas dependem desta dinâmica, porém são as escalas local e regional que sentirão os maiores impactos desta variabilidade climática.

Gomes (1984) ao estudar a variabilidade das precipitações para a bacia hidrográfica do Alto Tietê associou sistemas atmosféricos e fatores locais que foram responsáveis por produzirem os tipos existentes de tempo dominantes na área em estudo. Marengo et. al. (2007) observou que, no Sudeste e Sul do Brasil, a precipitação teve um aumento significativo nos últimos 50 anos.

Haylock et al. (2006) apud Marengo (2007) estudaram as médias extremas de chuva no Sudeste da América do Sul no período de 1960-2000, evidenciando tendências para condições mais úmidas no Sul do Brasil, Paraguai, Uruguai e no Norte e Centro da Argentina. Notaram que a região Sudeste da América do Sul experimentou um aumento na intensidade e frequência de dias com chuva intensa.

Nota-se, portanto que os estudos de séries meteorológicas, principalmente de dados extremos são essências para a compreensão da dinâmica climática, seja na escala local, regional ou global. Nestas séries, a temperatura do ar, a precipitação e a umidade relativa do ar tem papel principal. Sobre a temperatura e umidade do ar vale salientar que “[...] a temperatura, a umidade e a pressão atmosférica, que interagem na formação dos diferentes climas da Terra.” (Mendonça; Danni-Oliveira, 2005), ou seja, o conjunto destes três são os principais agentes formadores do clima.

Ainda sobre a umidade e temperatura do ar, destacar que há uma relação intrínseca entre estes dois elementos climáticos, conforme descrito por Frota e Schiffer (2003).

Sobre a utilização de gráficos, Ayoade (2010) afirma que “o clima de uma região é descrito com a ajuda de gráficos das variações sazonais nos valores dos elementos climáticos, usualmente a temperatura e a precipitação”.

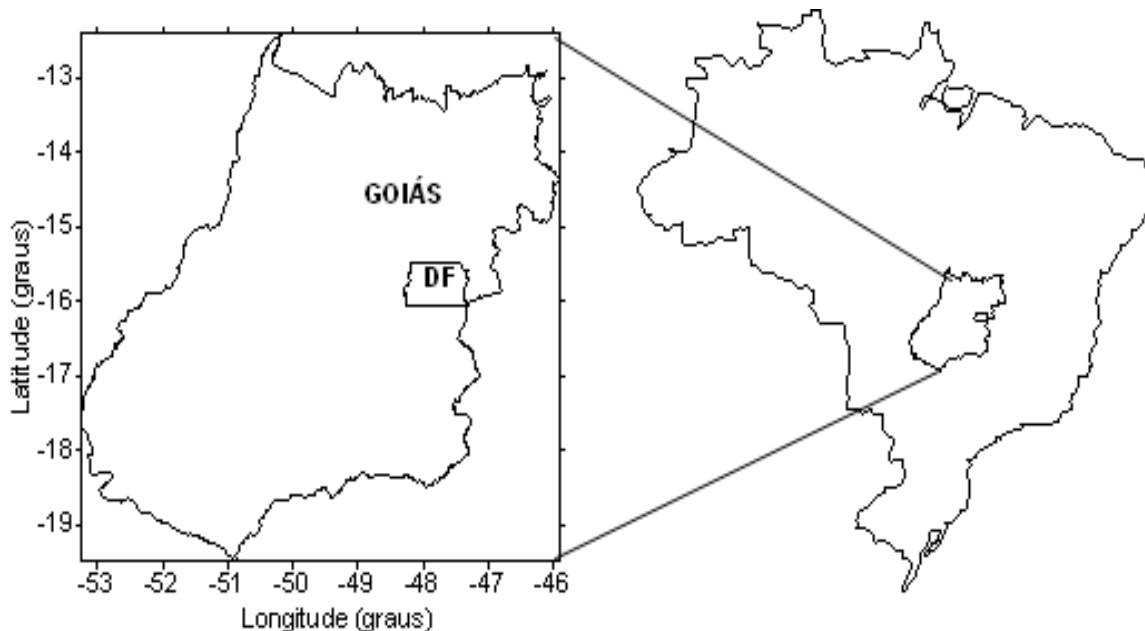
Vários estudos têm sido preparados tendo como tema a variabilidade e suas características climáticas, portanto ainda está longe de chegar a um consenso, principalmente, no que tange a influência local nas tendências globais. Contudo os estudos de variabilidade climática local, principalmente sobre a temperatura e precipitação são essenciais para se compreender os impactos que estas variações podem trazer para a população em geral. Se realmente as flutuações forem significativas em âmbito local, essas mudanças poderão causar impactos socioeconômicos (por exemplo, na produção agrícola e agropecuária), impactos ambientais (mudanças nos ecossistemas) e impactos sociais (proliferação de vetores de doenças).

## 2. Materiais e Métodos

### Localização da área estudo

O Distrito Federal possui uma área de 5.783 km<sup>2</sup> e está localizado dentro dos limites do Estado de Goiás limitado pelas latitudes de 15°30’/16°03’S e pelas longitudes de 47°18’/48°17’W, tendo como ponto mais elevado a Colina do Rodeador a 1.349 m, em Brazilândia localizada a 43 km a Noroeste do Plano Piloto (parte central da cidade). A cidade de Brasília encontra-se numa altitude média de 1.100 m na latitude de 15°50’S e longitude 47°42’W (Figura 1) no chamado Planalto Central, cujo relevo em sua maior parte é plano predominando a vegetação de cerrado.

**Figura 1:** Localização do Distrito Federal no estado de Goiás e no Brasil.



Fonte: Medeiros (2022).

O clima de uma determinada região pode ser entendido como as condições atmosféricas médias que atuam sobre a região. Uma das ferramentas mais utilizadas para analisar e definir os climas de diferentes regiões baseados no sistema de classificação climática (Rolim et al., 2007). Segundo a classificação climática de Köppen (in CODEPLAN 1984), no Distrito Federal podem ocorrer, em função de variações de temperaturas médias (dos meses mais frios e mais quentes) e de altitude, climas do tipo: Tropical Aw, Tropical de Altitude Cwa e Tropical de Altitude Cwb.

A temperatura média anual em Brasília é de 18,3 °C em julho podendo chegar a 21,7 °C em setembro. A temperatura máxima pode chegar a 28,3 °C em setembro, com mínima em torno de 12,9 °C em julho. A estação seca vai de maio a setembro, sendo que no trimestre mais seco (junho a agosto) a precipitação representa somente 2,0% (33,5 mm) do total anual (Normal Climatológica - 1961 a 1990).

## Metodologia

Para se compreender a variabilidade climática existente na Capital Federal trabalhou-se com a série meteorológica de temperatura máxima do ar e precipitação total mensal e anual, do período de 1980 - 2012 da Estação Meteorológica de Brasília localizada na latitude 15°47' de latitude Sul e 47°56' de longitude Oeste a uma altitude de 1.159,5 m acima do nível médio do mar. A estação já se encontra sendo ilhada pela urbanização vertical e pela falta de área verde, pois a paisagem está praticamente diferente das últimas três décadas. Os dados de temperatura e precipitação foram disponibilizados pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET).

As plotagens dos dados e na elaboração dos gráficos utilizaram-se do software que facilitasse tais desempenhos. Utilizou os dados observados nos horários sinóticos e aplicaram-se algumas estatísticas com a finalidade de obterem-se os resultados.

## 3. Resultados e Discussões

Brasília, e outras áreas do cerrado central apresentam elevadas temperaturas médias anuais, devido à influência da continentalidade e da alta altitude. A temperatura é a medida, em graus Celsius, do aquecimento do ar pelos raios solares. Mede-se a temperatura do ar e não aquela exposta ao sol, portanto, os dados são aferidos dentro de abrigos meteorológicos (Sant'anna Neto & Tommaselli, 2009).

As séries da temperatura utilizadas foram relativamente homogêneas. No que se refere às temperaturas máximas absolutas e a média da máxima mensal e anual, já registrada em Brasília - DF, observar na Tabela 1, que a temperatura média máxima flutua entre 25,1 °C (junho) a 28,5 °C (setembro) com uma taxa anual de 26,6 °C. E a maior temperatura já registrada na estação foi de 30,9 °C, em outubro. Entre os anos analisados com os valores dos mínimos das máximas absolutos, tem-se no mês de julho com 23,4 °C.

**Tabela 1.** Temperatura do ar média, máximas e mínimas absolutas mensais e anuais em Brasília - DF, no período de 1980 a 2012.

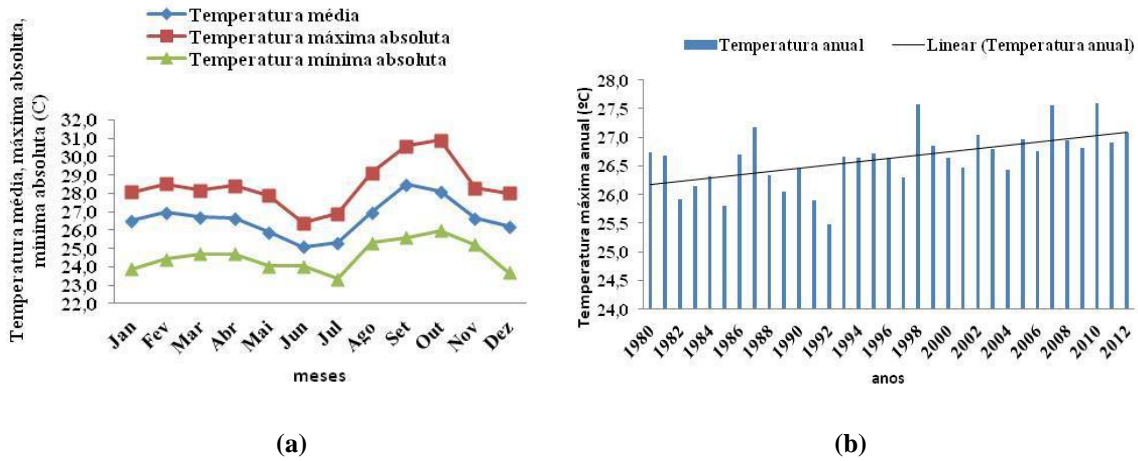
Parâmetros/Meses	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Anual
Temperatura média	26,5	27,0	26,7	26,6	25,9	25,1	25,3	27,0	28,5	28,1	26,7	26,2	26,6
Temperatura máxima absoluta	28,1	28,5	28,2	28,4	27,9	26,4	26,9	29,1	30,6	30,9	28,3	28,0	28,4
Temperatura mínima absoluta	23,9	24,4	24,7	24,7	24,0	24,1	23,4	25,3	25,6	26,0	25,2	23,7	24,6

Fonte: INMET.

Na Figura 2a, nota-se que a variabilidade da temperatura máxima e mínima absolutas é as que apresentam maiores flutuações, com destaque para os anos de 1998 (setembro 30,6°C), 2005 (outubro 30,9 °C), 1985 (janeiro 23,9 °C), 1988 (julho 23,4 °C), 1989 (dezembro 23,7 °C). Ao longo do período analisado houve uma tendência de aumento nas temperaturas máximas anuais, ou seja, percebe-se, em relação à variabilidade climática, que houve uma tendência ao aumento da temperatura no decorrer da série entre os meses de agosto a outubro. Vale aqui ressaltar que estes meses (agosto a outubro)

correspondem ao período de transição do período seco para o chuvoso. Salienta-se ainda que tanto na flutuação das temperaturas máximas absolutas como nas mínimas absolutas as oscilações foram maiores nos meses de agosto a outubro.

**Figura 2.** Temperatura do ar média; máxima absoluta; mínima absoluta (a); temperatura do ar máxima anual (b) em Brasília - DF no período de 1980-2012.

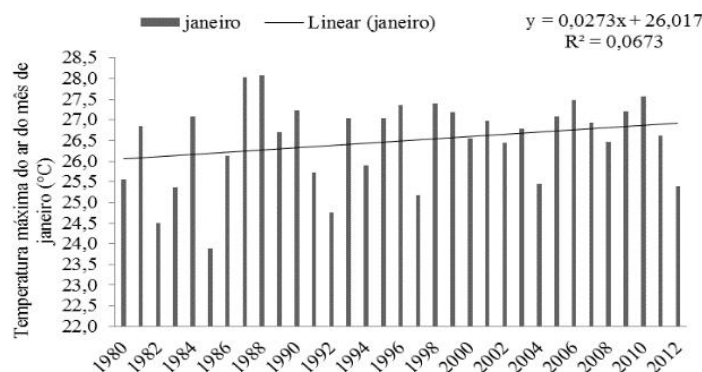


Fonte: INMET.

A Figura (2b) demonstram a variabilidade da temperatura do ar máxima anual e sua tendência linear para Brasília - DF no período de 1980-2012. Observando a figura nota-se que os anos de 1980, 1987, 1998, 2007 e 2010 ocorreram temperaturas mais elevadas que a normalidade e os anos de 1982, 1985 e 1992 registraram-se temperatura máxima abaixo da normalidade estas oscilações pode estar relacionadas aos fenômenos de larga escala El Niño e La Niña e aos efeitos locais. A linha de tendência mostra um aumento na variabilidade das temperaturas máximas observadas dos anos estudado.

Figura 3 tem-se o demonstrativo da temperatura máxima do ar mensal de janeiro a dezembro do período de 1980 a 2012 para Brasília – DF. Observa-se na Figura 3 (a) a variabilidade mensal para o mês de janeiro nos quais os anos de 1980, 1992 e 2004 registou-se as baixas temperaturas máximas nos anos de 1981, 1997, 1998 e 2010 registou-se as elevadas temperaturas máximas, demonstrando tendência crescente de alta significância e que as tardes no DF serão mais quentes nos próximos meses de janeiro.

**Figura 3.** Representação mensal da variabilidade da temperatura máxima do ar e suas retas de tendências para o período de 1980 a 2012 em Brasília – DF. Janeiro (a); fevereiro (b); março (c); abril (d); maio (e); junho (f); julho (g); agosto (h); setembro (i); outubro (j); novembro (k) e dezembro (l).



Fonte: Adaptado de INMET (1980 a 2012).

No mês de fevereiro de acordo com a Figura 3 (b) tem-se crescimento significativo de alta confiabilidade nos quais os anos de 1980, 1992, 1993 e 2004 registrou-se baixa temperatura máxima do ar, estas variações foram devidos aos fatores transientes que atuaram nos referidos anos provocando anomalias. A Figura 3 (c) representa a variabilidade irregular da temperatura máxima do ar para o mês de março do período estudo. Nota-se que nos anos de 1993, 1998, 2007, 2009 e 2010 as temperaturas máximas ultrapassaram os 28°C, fatos decorrentes dos movimentos transientes atuantes nestes anos. A Figura 3 (d) tem-se a variabilidade da temperatura máxima do mês de abril onde os anos de 1987, 1988 e 2010 ultrapassam os 27,5°C.

Figura 3 (e, f) correspondente aos meses de maio e junho sendo de baixos níveis de significância e as oscilações de irregularidades ocorridas entre anos com flutuações entre 24 a 28,5°C no mês de maio e de 24 a 26,5°C no mês de junho deixando os seres vivos em desarmonia térmica. Os anos de 1982, 1991, 1997 e 2012 foram os que se registraram menores temperatura máxima no mês de maio. Os anos 1985, 1988, 1997 e 2005 registraram temperaturas máximas abaixo de 24,5°C e os anos de 1999, 2007, 2010 e 2012 ultrapassaram a temperatura de 26°C no mês de junho.

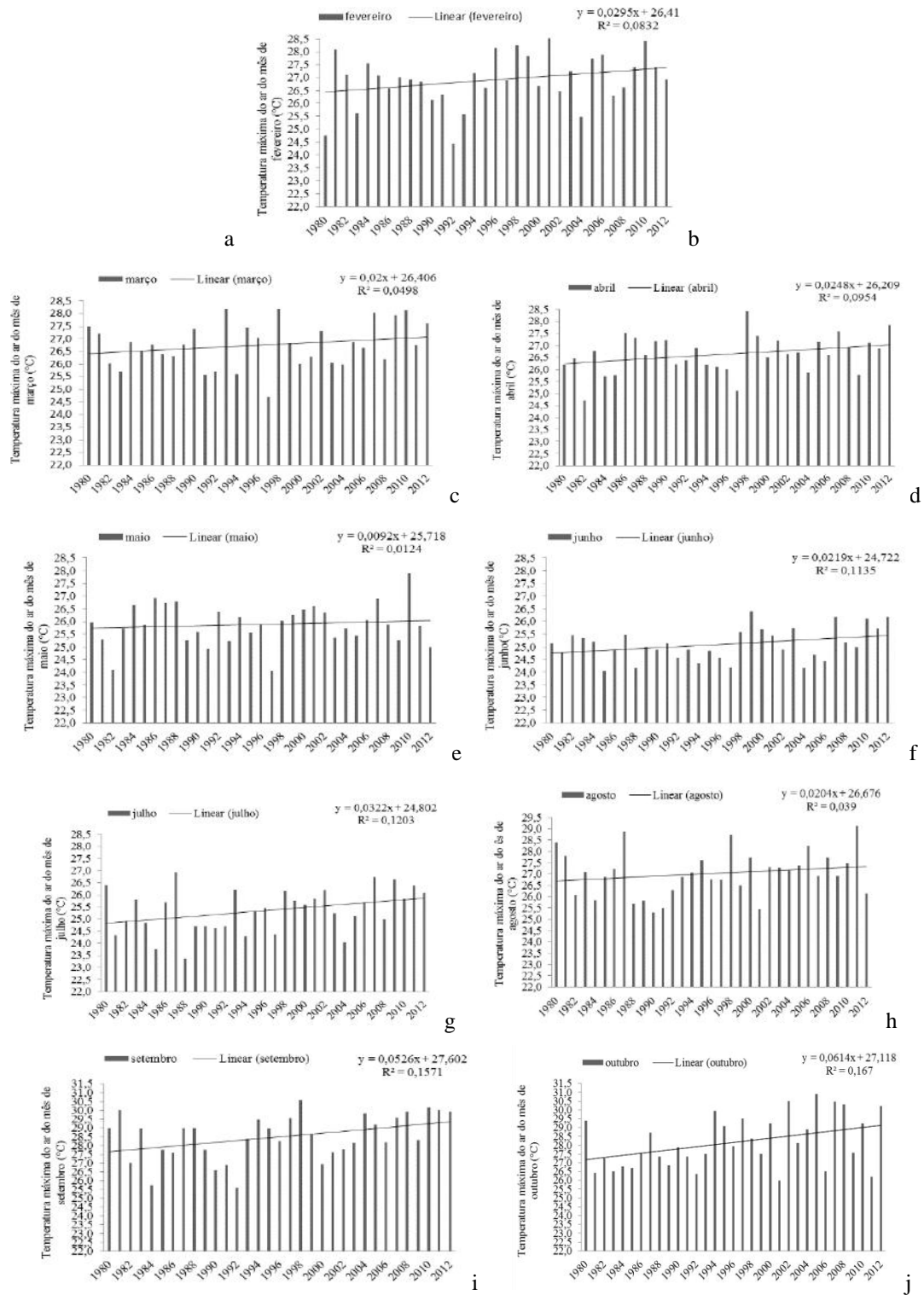
Na Figura 3 (g) correspondente a flutuação da temperatura máxima do ar para o período de 1980 a 2014 tem-se coeficiente angular positivo e  $R^2$  de baixa significância. Destacam-se os anos de 1981, 1985, 1988, 1994, 1997, 2004 e 2008 com temperatura abaixo do 24,5°C. Nos anos de 1980, 1987, 1993, 1998, 2002, 2007 e 209 as flutuações da temperatura foram acima dos 26°C, estas variabilidades estão interligadas as atuações do El Niño(a) na área de estudo. Na Figura 3 (h) correspondente ao mês de agosto destacam-se as maiores e menores flutuações da temperatura máximas que nos ocorreram de 1980, 1981, 1987, 1998, 2006 e 2011 com índices térmicos superiores a 28°C e nos anos de 1990, 1991, 2001 e 2012 com temperaturas inferiores a 26°C.

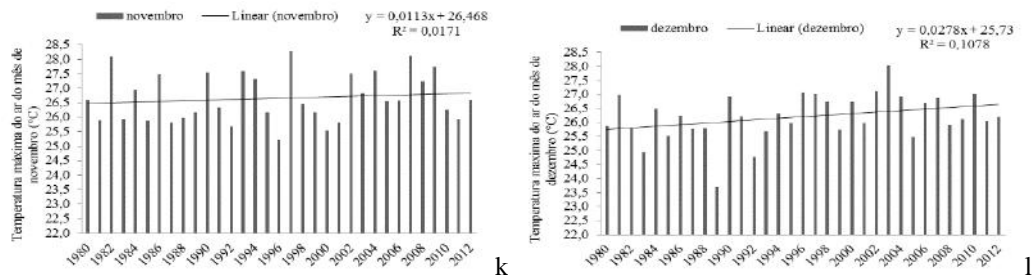
As irregularidades nas flutuações da temperatura máxima do mês de setembro são observadas na Figura 3 (i) com oscilações de 25,5°C no ano de 1993 a 30,5°C para o ano de 1998. Destacam-se os anos de 2010 a 2012 como os mais quentes da última década.

Figura 3 (j) correspondente às oscilações do elemento meteorológico em estudo para o mês de outubro compreendido entre o período de 1980 a 2012 para o DF observa-se coeficiente angular positivo e  $R^2$  de baixa significância estatisticamente. As flutuações das temperaturas máximas fluíram entre 25,5 a 30,5°C destaca-se o período de 2000 a 2012 com as maiores variações registradas no estudo. Nas Figuras 3 (k, l) correspondentes aos meses de novembro/dezembro do período de 1980 a 2012 tem-se suas oscilações nas temperaturas máximas do ar com coeficientes angulares positivos e  $R^2$  de baixa significância. Devido à caracterização e a atuação do período chuvoso as incidências das temperaturas sofrem reduções e suas oscilações ocorreram entre 25 a 28°C no mês de novembro e de 23,5 a 28°C em dezembro.



**Figura 3.** Representação mensal da variabilidade da temperatura máxima do ar e suas retas de tendências para o período de 1980 a 2012 em Brasília – DF. Janeiro (a); fevereiro (b); março (c); abril (d); maio (e); junho (f); julho (g); agosto (h); setembro (i); outubro (j); novembro (k) e dezembro (l).





Fonte: Adaptado de INMET (1980 a 2012).

O total pluviométrico mensal é a soma total das chuvas ocorridas no decorrer de um mês, em milímetros. No período de 1980 a 2012 choveu em Brasília - DF média de 1.468,1 mm/ano de forma irregular. Pode-se considerar a existência de duas estações: uma chuvosa e uma seca. Essa estação chuvosa (outubro a abril) é responsável por aproximadamente 85% das chuvas no município.

**Tabela 2.** Precipitação média, máximas e mínimas absolutas mensais e anuais em Brasília - DF, no período de 1980 a 2012.

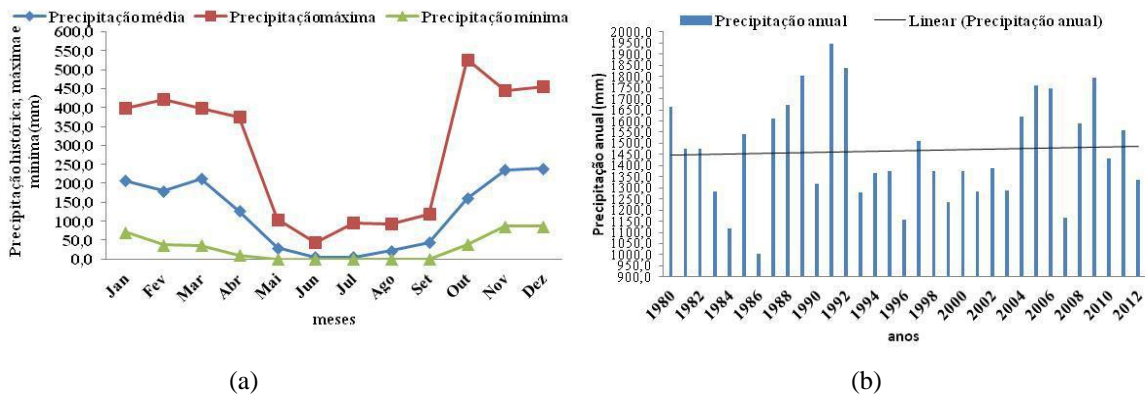
Parâmetros/Meses	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Anual
Precipitação média	206,6	180,6	212,3	127,2	29,7	4,8	5,9	22,6	43,5	160,4	235,1	239,5	1468,1
precipitação máxima absoluta	398,8	422,3	398,6	375,9	105,3	43,8	95,3	93,3	119,2	526,4	444,6	454,9	3478,4
precipitação mínima absoluta	70,8	37,2	35,7	10,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	38,3	87,3	86,9	366,4

Fonte: INMET.

Na Figura 3a observa-se a oscilação da precipitação média, precipitação máxima absoluta e da precipitação mínima absoluta do período de 1980 a 2012, os maiores valores máximos de precipitações registrados ocorrem entre os meses de dezembro a abril, as mesmas flutuações são observadas neste período de tempo o que coincidem com a inicialização das chuvas de pré-estação e sua caracterização, nos meses de maio a setembro a variabilidade dos índices pluviométricos máximos, mínimos e médios são insignificantes para a agricultura e represamento de água. Sendo que os meses de dezembro a março concentram 47% da precipitação anual.

Na Figura 3b é possível observar que os totais pluviométricos anuais têm uma distribuição espaço temporais com irregularidade onde se destaca os anos de 1989, 1991, 1992, 2005, 2006 e 2009 com índices pluviométricos acima da normalidade já os anos de 1984, 1986, 1996 e 2007 ocorreram chuvas abaixo da normalidade. A linha de tendência mostra aumentos não muitos significativos nos índices pluviométricos para o período em estudo. Esse fato pode estar relacionado com o aumento da temperatura do ar que vem ocorrendo nas últimas décadas. Esta variabilidade vai depender dos sistemas meteorológicos atuantes na atmosfera, o que podem acarretar em chuvas acima ou abaixo da normalidade.

**Figura 4.** Precipitação média histórica, máxima absoluta e mínima absoluta (a), totais pluviométricos anuais (b) em Brasília no período de 1980 a 2012.



Fonte: INMET.

Figura 5. Representação mensal dos índices pluviométricos e suas retas de tendências para o período de 1980 a 2012 em Brasília – DF. Janeiro (a); fevereiro (b); março (c); abril (d); maio (e); junho (f); julho (g); agosto (h); setembro (i); outubro (j); novembro (k) e dezembro (l) Fonte: Adaptado de INMET (1980 a 2012).

Na Figura 5 tem-se o demonstrativo da precipitação mensal do período de 1980 a 2012 para Brasília – DF. O período chuvoso inicia-se em outubro com chuvas de pré-estação e sua caracterização ocorre no mês de novembro. Seu trimestre chuvoso são os meses de dezembro, janeiro e fevereiro.

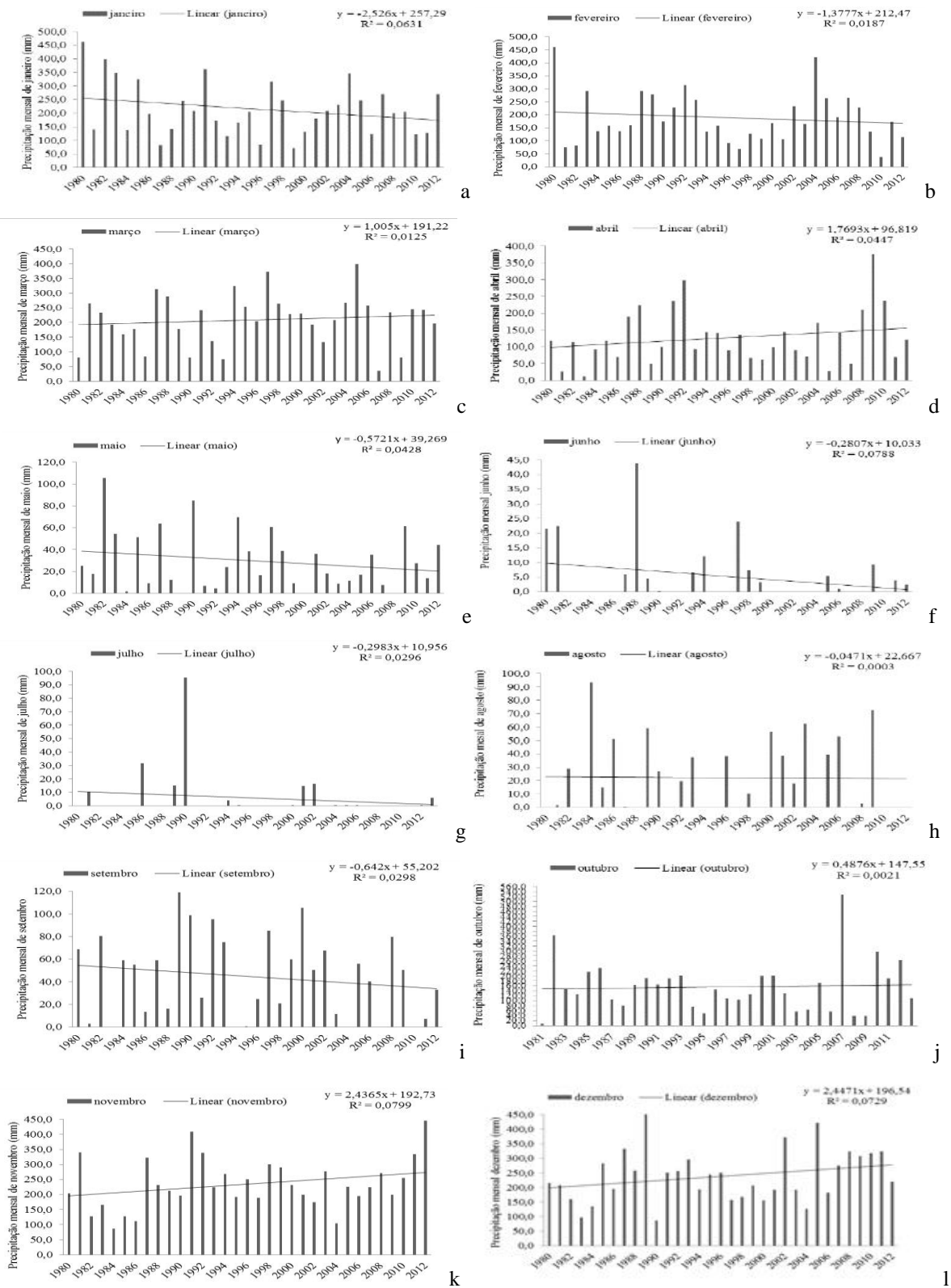
Observa-se na Figura 5 (a, b) referentes aos meses de janeiro e fevereiro que a declividade da reta é negativa e sua tendência é que as chuvas sejam reduzidas nos referidos meses futuros, seus níveis de correlações são de 6,3 e 1,8 demonstrando baixa correlação para seus índices mensais.

Nas Figuras 5 (c, d) para os meses de março e abril mostram declividades da reta positivas e com baixos índices de significância demonstrando que os valores históricos de precipitações poderão acontecer entre a normalidade. Nas Figuras 5 (e, f) referentes aos meses de maio e junho destaca-se as irregularidades dos índices pluviométricos entre anos e a sua variabilidade temporal que dever manter-se entre as normalidades climáticas.

As variabilidades dos índices pluviométricos do mês de julho e agosto para o período de 1980 a 2012 estão representadas nas Figuras 5 (g, h) que nos demonstram irregularidades entre anos nos índices pluviométricos. Nos meses de setembro e outubro a irregularidade pluviométrica persiste com ocorrências de anomalias nos seus índices decorrentes dos fatores atmosféricos atuantes entre os anos de acordo com as Figuras 5 (i, j), com tendências negativas e positivas respectivamente e com valores de significância aceitáveis entre a normalidade.

Nas Figuras 5 (k, l) tem-se a distribuições mensais de novembro e dezembro para o período compreendido entre os anos de 1980 a 2012, com níveis de significância  $R^2$  aceitos e representativos dos meses em estudos e demonstrando as suas irregularidades interanuais.

**Figura 5.** Representação mensal dos índices pluviométricos e suas retas de tendências para o período de 1980 a 2012 em Brasília – DF. Janeiro (a); fevereiro (b); março (c); abril (d); maio (e); junho (f); julho (g); agosto (h); setembro (i); outubro (j); novembro (k) e dezembro (l).



Fonte: Adaptado de INMET (1980 a 2012).

#### 4. Considerações Finais

O estudo procedeu à variabilidade e a caracterização da análise da evolução dos elementos climáticos, temperatura do ar e precipitação pluvial em Brasília - DF. Os resultados apresentados, integrado as informações disponíveis no posto meteorológico do INMET, indicam possíveis variações climáticas na temperatura do ar e na precipitação, apontando para uma tendência a condições mais quentes e chuvosas;

Um efeito anômalo da distribuição das precipitações é observado durante os veranicos de janeiro. Esse fator climático é conhecido pelos agricultores da região do cerrado e cerrado e em muitos anos é responsável pela quebra da produção agrícola;

Estas variabilidades de flutuações de temperatura do ar máxima acrescida e os incrementos nos índices pluviométricos podem estar correlacionados com as mudanças locais (crescimento vertical, cobertura asfáltica, redução da arborização, baixa umidade do solo, queimadas, e aumento na frota de veículos);

A temperatura do ar máxima anual demonstrou grande variação entre o período estudado, a temperatura máxima absoluta foi acrescida de 10,8% e a temperatura mínima absoluta sofreu um acréscimo de 9,5%. Trata de um índice significativo, porém deve-se ficar alerta, pois esse incremento possa vir a causar vários problemas socioeconômicos tais como: influência na perda de plantações, problemas no conforto térmico e até mesmo maior incidência de proliferação de doenças e pragas na agricultura e no ser humano;

À precipitação total anual, vem-se demonstrando um aumento gradativo nos seus índices deste a década de 1980, esse aumento pode estar relacionado com o aumento da temperatura, que faz com que se tenha uma maior evaporação e consequentemente uma maior precipitação;

#### Referências

- Almeida Jr., N. L. (2005). *Estudo de clima urbano: uma proposta metodológica*. 94p. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Mato Grosso.
- Ayoade, J. O. (2010). *Introdução à climatologia para os trópicos*. (13a ed.), Bertrand Brasil.
- Bastos, E. A., Andrade Júnior, A. S. & Medeiros R. M. Boletim Agrometeorológico do ano de 2002 para o município de Teresina, PI, Embrapa Meio-Norte. 2002. 37p. (Embrapa Meio-Norte. Documentos, 66).
- CODEPLAN 1984. *Atlas do Distrito Federal*. Brasília. Secretaria de Educação e Cultura/CODEPLAN. V. 1. 78p.
- Instituto Nacional De Meteorologia, Normais Climatológicas do Brasil 1961 – 1990. Edição revista e ampliada. INMET, 2009, 87p.
- Gomes, A. M. (1984). *Distribuição espacial da precipitação e sua variação na bacia hidrográfica do Alto Tietê*. Dissertação de mestrado, Departamento de Meteorologia, Universidade de São Paulo 123 p. mais apêndices.
- Intergovernmental Panel on Climate Change – IPCC: Climate Change 1996: Impacts, Adaptations and Mitigation of Climate Change. Cambridge Univ. Press, 1996.
- Intergovernmental Panel on Climate Change – IPCC: Climate Change 2001: The Scientific basis IPCC WG. Cambridge Univ. Press, 2001.
- Marengo, J. A. et al. (2007). *Eventos extremos em cenários regionalizados de clima no Brasil e América do Sul para o Século XXI: Projeções de clima futuro usando três modelos regionais*. Relatório 5, Ministério do Meio Ambiente (MMA), Secretaria de Biodiversidade e Florestas (SBF), Diretoria de Conservação da Biodiversidade (DCBio). *Mudanças Climáticas Globais e Efeitos sobre a Biodiversidade – Sub-projeto: Caracterização do clima atual e definição das alterações climáticas para o território brasileiro ao longo do século XXI*. Brasília, fevereiro.
- Mendonça, F., & Danni-Oliveira, I. M. (2005). *Climatologia: noções básicas e climas do Brasil*. oficina de Textos.
- Obregon, G., Marengo J, A. (2007). *Caracterização do clima do Século XX no Brasil: Tendências de chuvas e temperaturas médias e extremas*. Relatório 2, Ministério Do Meio Ambiente - MMA, Secretaria De Biodiversidade E Florestas – SBF, Diretoria De Conservação Da Biodiversidade – DCBio *Mudanças Climáticas Globais e Efeitos sobre a Biodiversidade – Sub-projeto: Caracterização do clima atual e definição das alterações climáticas para o território brasileiro ao longo do Século XXI*. Brasília, Fevereiro.
- Pinto, S.A., Assad, E. D., Zullo Júnior, J. & Ávila, A. M. H. (2003). Variabilidade climática. In: Hamada, E. (Ed.). *Água, agricultura e meio ambiente no Estado de São Paulo: avanços e desafios*. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, Cap. I Cd-Rom.
- Rolim, G. S., Camargo, M. B. P. de, Lania, D. G. & Moraes, J. F. de. (2007). Classificação climática de Köppen e de Thornthwaite e sua aplicabilidade na determinação de zonas agroclimáticas para o Estado de São Paulo. *Bragantia*, 66, 711-720.

Sant'anna Neto, J. L., Tomaselli, J. T. G. (2009). O Tempo e o Clima de Presidente Prudente. Presidente Prudente: FCT/Unesp, 75p.

Tucci, C. E. M. (2003). Variabilidade e mudanças de clima no semiárido. In: Tucci, C. E. M., BRAGA, B. (Ed.) Clima e recursos hídricos. Porto Alegre. p.1-22. (Coleção ABRH, v. 9).

Yevjevich, V. (1972). Probability and statistics in hydrology. Fort Collins: Water Resources Publication. 276 p.