

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

ANA PAULA CUNHA MARI

DISPONIBILIDADE HÍDRICA E CLASSIFICAÇÃO CLIMÁTICA COMO AUXÍLIO
NO PLANEJAMENTO AMBIENTAL PARA O MUNICÍPIO DE MARINGÁ-
PARANÁ

CURITIBA

2015

ANA PAULA CUNHA MARI

DISPONIBILIDADE HÍDRICA E CLASSIFICAÇÃO CLIMÁTICA COMO AUXÍLIO
NO PLANEJAMENTO AMBIENTAL PARA O MUNICÍPIO DE MARINGÁ-
PARANÁ

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Curso especialização em Projetos Sustentáveis, Mudanças Climáticas e Gestão Corporativa de Carbono do Programa de Educação Continuada em Ciências Agrárias, da Universidade Federal do Paraná, como requisito para obtenção do título de especialista.

Orientador: Prof. Dr. Carlos Sanquetta

CURITIBA

2015

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	5
2	MATERIAIS E MÉTODOS.....	8
3	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	11
4	CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....	19
5	REFERÊNCIAS.....	21

DISPONIBILIDADE HÍDRICA E CLASSIFICAÇÃO CLIMÁTICA COMO AUXÍLIO NO PLANEJAMENTO AMBIENTAL PARA O MUNICÍPIO DE MARINGÁ- PARANÁ

Ana Paula Cunha Mari¹

Orientador: Professor Dr. Carlos Sanquetta

¹ Advogada, Geógrafa, Pós Graduada em Mudanças climáticas, Projetos Sustentáveis e Mercado de Carbono – Maringá/PR.

RESUMO

Os estudos climáticos são um dos constituintes de maior importância para o planejamento da distribuição espacial e temporal das atividades humanas. Por isso, o presente trabalho tem o intuito de analisar os dados climáticos dos anos de 2000 a 2011, para verificação da disponibilidade hídrica e identificação da tipologia climática para o município de Maringá, visando o auxílio no planejamento ambiental urbano e rural do município. Para tanto, foram utilizados dados anuais e mensais de temperatura do ar e precipitação pluviométrica, obtidos junto à Estação Climatológica Principal de Maringá (ECPM). O balanço hídrico climático foi realizado a partir do método proposto por Thornthwaite e Mather (1955) e, para classificação climática, adotou-se o método proposto por Thornthwaite (1948). Os dados analisados tem objetivo de auxiliar na gestão do território, através do planejamento ambiental, urbano ou rural, utilizando os fatores climáticos como orientadores das análises em questão. O clima foi classificado como sendo do tipo Úmido Megatérmico, com pequena ou nenhuma deficiência hídrica, com menos de 48% de evapotranspiração no verão ($B_1rA'a'$). Pode-se concluir que o clima no município de Maringá não apresenta grandes riscos à população urbana, nem a população rural (que depende da produção agrícola), devido a sua disponibilidade hídrica no solo, regularidade na precipitação ao longo dos anos e temperaturas amenas. Porém, pode-se verificar que em alguns anos analisados, como os anos de 2005 e 2010, constataram-se longos períodos de deficiência hídrica, onde se deve estar atento a esse fator climático e, buscar prevenir e mitigar impactos que possam ser gerados no meio urbano e rural, visto que Maringá é uma cidade altamente voltada para o setor agropecuário e, o mesmo ser afetado pelas condições climáticas.

Palavras-chave: Balanço hídrico climático, clima local, excedente e deficiência hídrica.

ABSTRACT

Climate studies are one of the constituents of utmost importance for planning the spatial and temporal distribution of human activities. Therefore, this study aims to analyze climate data for the years 2000 to 2011 so as to assess water availability and identification of climate type for the city of Maringá, seeking assistance in urban and rural environmental planning of the municipality. For both annual and monthly data of air temperature and precipitation were used, obtained from the Climatological Station Main Maringá (ECPM). The climatic water balance was performed using the method proposed by Thornthwaite and Mather (1955) and to climatic classification, we adopted the method proposed by Thornthwaite (1948). The data analyzed has aimed to assist in the management of the territory, through environmental, urban or rural planning, using climatic factors as guiding the analyzes in question. The weather was classified as type megathermal humid, with little or no water stress, with less than 48% of evapotranspiration in the summer (B1rA'a '). It can be concluded that the climate in Maringá does not present major risks to the urban population, nor the rural population (which depends on agricultural production), due to its soil water availability, regularity in rainfall over the years and mild temperatures. However, it can be seen that in a few years analyzed, as the years 2005 and 2010, found up long periods of water stress, where one must be aware of this climatic factor, and seek to prevent and mitigate impacts that may be generated in the urban and rural, as Maringá is a highly focused city for the agricultural sector, and the same be affected by weather conditions.

Keywords: Climatic water balance, local weather, surplus and water deficit.

1 INTRODUÇÃO

Constrói-se o espaço geográfico, muitas vezes, sem se preocupar com os aspectos físicos dos territórios a serem utilizados. Dentro dessa perspectiva, os estudos climáticos são de grande importância, pois, esse elemento tem fundamental papel na criação das paisagens, é fator para existência dos seres vivos, na construção de culturas e, um dos constituintes de maior importância para o planejamento da distribuição espacial e temporal das atividades humanas, principalmente em regiões em que a atividade agrícola é altamente explorada, como é o caso de Maringá - PR.

Com o objetivo de compreender os diversos climas da Terra, a Climatologia tem como grande desafio sistematizar o grande número de dados meteorológicos e climáticos e convertê-los em medidas estatísticas que deem parâmetros para o agrupamento das características da atmosfera sobre os distintos lugares (TERASSI;SILVEIRA,2013).

O estudo do clima busca esclarecer a influência desse elemento na vida, na saúde, na distribuição e nas atividades humanas da área planejada. Em larga escala temporal, os dados permitem reconhecer a influencia do clima sobre o solo, a fauna e a flora, auxiliando na compreensão do cenário atual (SANTOS, 2004).

O clima pode ser estudado por meio de suas dimensões espacial e temporais, e ambas são empregadas conjuntamente nos mais variados estudos. As escalas espaciais ganham maior destaque na abordagem geográfica do clima, e as mais conhecidas são as escalas macroclimática, mesoclimática e microclimática; as escalas temporais mais utilizadas são as escalas geológica, histórica e contemporânea (MENDONÇA, 2007).

A noção de escala em climatologia implica uma ordem hierárquica das grandezas climáticas, tanto espaciais, quanto temporais. Dessa maneira, o microclima está inserido no mesoclima, que, por sua vez, está inserido no macroclima; este somente existe com base nas grandezas inferiores. Assim, na dimensão cronológica, a escala contemporânea está imbricada na histórica, que o está na geológica e vice-versa (MENDONÇA, 2007).

O macroclima, segundo Mendonça (2007), é a maior das unidades climáticas e compreende áreas muito extensas da superfície da Terra, cuja sua abrangência vai desde o Planeta (clima global), passando por faixas ou zonas (clima zonal), até extensas regiões (clima regional).

O mesoclima é uma unidade intermediária entre as de grandeza superior e inferior do clima, abrangendo o clima regional, local e topoclima. A região por si só não possui delimitações espaciais precisas, geralmente, portanto, o clima regional é uma subunidade de transição entre o macro e o mesoclima. O clima local é definido por aspectos específicos de determinados locais (MENDONÇA, 2007), como uma grande cidade, um litoral, uma área agrícola, uma floresta, dentre outros e, o topoclima é definido pelo relevo.

Já o microclima, é a menor unidade escalar climática, cujos fatores que a definem dizem respeito ao movimento turbulento do ar na superfície, a determinados obstáculos à circulação do ar, a detalhes do uso e da ocupação do solo (MENDONÇA, 2007), entre outros, como por exemplo, o clima de uma rua, de centros urbanos, de um bosque, etc.

De forma geral, o planejamento trabalha em nível de macroclima e mesoclima, ou seja, utiliza dados atribuídos a grandes regiões ou zonas climáticas, ou descreve o clima geral e as alterações resultantes dos aspectos da paisagem, como relevo e altitude. São raros os trabalhos que descrevem o microclima (SANTOS, 2004).

Quanto às escalas temporais do clima, dividem-se em escala geológica, histórica e contemporânea. A primeira abrange os estudos dos fenômenos climáticos que ocorreram no Planeta desde a sua formação, são os estudos dos climas do passado. A escala histórica trata-se também do estudo do clima do passado, mas somente de períodos da história registrados pelo homem. Por fim, a escala contemporânea, que, segundo Mendonça (2007) é nessa escala que trabalha a maioria dos climatólogos da atualidade, onde, para a elaboração dos estudos, é preciso uma série de dados meteorológicos, produzidos por uma ou mais estações meteorológicas, em determinado período de tempo.

Portanto, a análise dos tipos de tempo, a variabilidade climática de curta duração, as tendências climáticas e o estabelecimento de médias, são

abordagens da Climatologia em escala contemporânea e, é nesta escala temporal que se baseia o presente trabalho, juntamente com a análise de um clima local.

A partir de tais conhecimentos adquiridos, situações climáticas em um período de análises de dados de 11 anos, possibilitaria saber, a ocorrência de mudanças climáticas significativas em uma determinada região e, como seria possível realizar um planejamento, a partir de tais mudanças. Procura-se, através de uma análise de dados em determinado período temporal, expor métodos de utilização de nossa qualidade climática, em prol de um planejamento territorial adequado, buscando um equilíbrio sustentável entre sociedade, meio ambiente e economia.

Segundo Rolim *et al.* (2007), a classificação climática, ao incorporar o balanço hídrico como parâmetro, torna-se importante ao definir os climas de diferentes regiões levando em consideração os distintos elementos climáticos simultaneamente, servindo de base para áreas afins.

A classificação climática de Thornthwaite (1948) é muito utilizada, pois ao se basear no balanço hídrico climatológico, inovou ao determinar o clima conforme sua disponibilidade hídrica, além da precipitação e, temperatura do ar. A disponibilidade hídrica, segundo Deffune *et al.*(1994), seria representada pela evapotranspiração potencial. A classificação de Thornthwaite (1955) utiliza-se de duas grandezas que são função direta da evapotranspiração potencial: o índice efetivo de umidade e o índice de eficiência térmica.

Este método, de se analisar o clima não só através de temperatura do ar e precipitação, mas também através da disponibilidade hídrica de uma área, se deu principalmente pelo fator do uso do solo, ou seja, com a retirada da cobertura vegetal de origem para outros usos diversificados (agrícola/urbano), o uso da terra passa a ser um parâmetro fundamental nos estudos do clima, pois a atuação do homem, modificando a paisagem, segundo Deffune *et al.*(1994), impõe sobre a configuração topográfica, uma situação de diversificação do uso do solo, que, interagindo com o relevo, cria condições diversificadas de balanço de energia, gerando um quadro climaticamente peculiar, tanto urbano, quanto rural.

Os resultados estimados dos estudos baseados no balanço hídrico, está nos riscos de seca, inundações, períodos propícios ou inadequados a culturas agrícolas, probabilidade de perda de colheita, rendimento de colheitas. As

informações de disponibilidade hídrica subsidiam planos de irrigação, alternativas para conservação do solo, obras de engenharia e avaliação dos impactos decorrentes da mudança de uso do solo (SANTOS, 2004).

O presente estudo, portanto, tem como objetivo: analisar os dados de disponibilidade hídrica da cidade de Maringá, nos anos de 2000 a 2011, através de dados da temperatura do ar e precipitação; identificar a tipologia climática do referido município; verificar se houve significativas mudanças no clima neste período, com o fim de se buscar um melhor planejamento territorial.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

O município de Maringá (**Figura 1**) está localizado no terceiro planalto paranaense, na porção noroeste do estado do Paraná e, abrange uma área de 487,930 km². A cidade está localizada a 23° 25' 30"S e, 51° 56' 20"W, e apresenta altitudes que variam de 542 a 560 metros.



Figura 1 – Localização do Município de Maringá-PR – Fonte: IBGE,2010.

Os dados utilizados no presente estudo, ou seja, temperatura do ar e precipitação foram adquiridos na Estação Climatológica Principal de Maringá (ECPM), localizada no campus da Universidade Estadual de Maringá, de coordenadas 23° 25' S e, 51° 57'W, e altitude de 542 metros.

A análise dos dados de temperatura do ar e precipitações compreendeu o período de 2000 a 2011, trabalhados na escala mensal e anual.

Para os dados de temperatura do ar e precipitação pluviométrica, realizou-se um processamento com a aplicação do software *Excel 2007* para o tratamento, aplicação dos modelos estatísticos básicos e elaboração das tabelas e gráficos para todos os anos trabalhados.

Os procedimentos para obtenção dos resultados do balanço hídrico climático necessários para a realização da classificação climática foram realizados a partir do método proposto por Thornthwaite (1955), com o auxílio do programa “BHnorm” elaborado por Rolim *et al.* (1998), com a capacidade de água disponível (CAD) de 100 mm. Assim, foi possível obter os valores de evapotranspiração real e potencial, excedente e deficiência hídrica.

O método de classificação climática adotado no presente estudo é o de Thornthwaite (1948), com seus principais valores climáticos estabelecidos por quatro chaves, ou seja, pelo índice de umidade (Ih), Índice de aridez (Ia), Índice de umidade efetiva (Im), Índice térmico (It) e a concentração da evapotranspiração potencial no verão.

O índice efetivo de umidade (Im), que representa a primeira chave da classificação, é determinado pela relação entre excedente hídrico (EXC), deficiência hídrica (DEF) e a evapotranspiração potencial anual (ETP). Para se calcular o “Im”, é necessário ter calculado o Índice de aridez (Ia) e Índice de umidade (Ih). O “Ia” se obtém através da fórmula: $(DEF/ETP \text{ anual} * 100)$, ou seja, divide-se a deficiência hídrica pela evapotranspiração anual e, deste resultado, multiplica-se por 100. O “Ih” obtém-se a partir da fórmula: $(EXC/ETP \text{ anual} * 100)$, ou seja, divide-se o excedente pela evapotranspiração anual e deste resultado, multiplica-se por 100. O “Im” então é calculado a partir da fórmula: $(Ih-0,6*Ia)$. A classificação do índice efetivo de umidade pode ser observado na **Quadro 1**.

Quadro 1: Determinação da chave inicial da classificação climática de Thornthwaite

Chave Inicial de classificação	Tipo climático	Índice efetivo de umidade (Im)
A	Superúmido	100 e acima
B₄	Úmido	80 a 100
B₃	Úmido	60 a 80
B₂	Úmido	40 a 60
B₁	Úmido	20 a 40
C₂	Úmido e subúmido	0 a 20
C₁	Úmido e subúmido	-20 a 0
D	Semi-árido	-40 a -20
E	Árido	-60 a -40

Elaborado por: Ana Paula C. Mari, 2015

A segunda chave de classificação climática (**Quadro 2**) é representada pelo índice de aridez (Ia) ou índice de umidade (Ih). Para a terceira chave de classificação (**Quadro 3**), utiliza-se o valor da evapotranspiração anual. Por fim, na quarta e última chave (**Quadro 4**), deve-se levar em consideração a concentração da evapotranspiração potencial no verão, através da fórmula: $(ETP_{\text{verão}}/ETP_{\text{anual}} * 100)$, ou seja, divide-se a evapotranspiração de verão pela evapotranspiração anual, multiplicando este valor por 100, obtendo-se então, o índice térmico (It)

Quadro 2: Determinação da segunda chave da classificação climática de Thornthwaite

Climas úmidos	Índice de aridez	Climas secos	Índice de Umidade
(A, B₄, B₃, B₂, B₁, C₂)		(C₁, D e E)	
r- pequena ou nenhuma deficiência hídrica	0- 16,7	d- pequeno ou nenhum excesso hídrico	0 - 10
s- moderada deficiência no verão	16,7- 33,3	s- moderado excesso de inverno	10 - 20
w- moderada deficiência no inverno	16,7- 33,3	w- moderado excesso de verão	10 - 20
S ₂ - grande deficiência no verão	>33,3	S ₂ - largo excesso de inverno	20
W ₂ - grande deficiência No inverno	> 33,3	W ₂ - largo excesso de verão	20

Quadro 3: Determinação da terceira chave de classificação climática de Thornthwaite

Terceira chave de classificação	Tipo Climático	Índice Térmico (ETP anual)
A'	Megatérmico	1140 e acima
B'₄	Mesotérmico	997 – 1140
B'₃	Mesotérmico	855 – 997
B'₂	Mesotérmico	712 – 855
B'₁	Mesotérmico	570 – 712
C'₂	Microtérmico	427 – 570
C'₁	Microtérmico	285 – 427
D'	Tundra	142 – 285
E'	Gelo perpétuo	Menor que 142

Elaborado por: Ana Paula C. Mari, 2015

Quadro 4: Determinação da quarta chave da classificação climática de Thornthwaite

Concentração da ETP no verão (em %)	Subtipo climático
Abaixo de 48%	a'
48,0 – 51,9	b'₄
51,9 – 56,3	b'₃
56,3 – 61,6	b'₂
61,6 – 68,0	b'₁
68,0 – 76,3	c'₂
76,3 – 88,0	c'₁
Acima de 88%	d'

Elaborado por: Ana Paula C. Mari, 2015

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Manipulando os dados obtidos, realizando os cálculos necessários e aplicando a metodologia utilizada, chegou-se aos resultados demonstrados nas figuras que seguem:

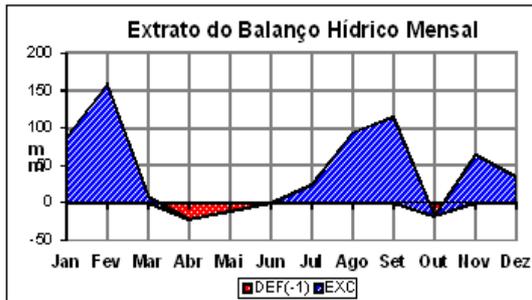


Figura 2: Balanço hídrico anual – ano: 2000

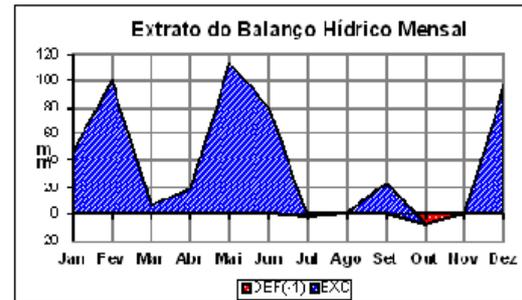


Figura 3: Balanço hídrico anual – ano: 2001

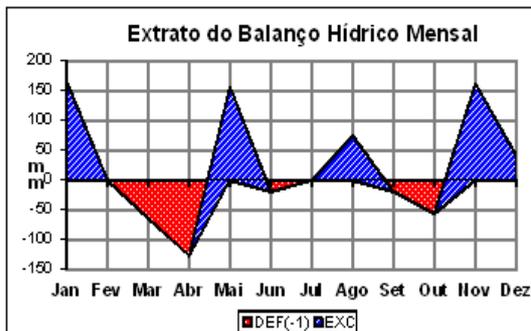


Figura 4: Balanço hídrico anual – ano: 2002

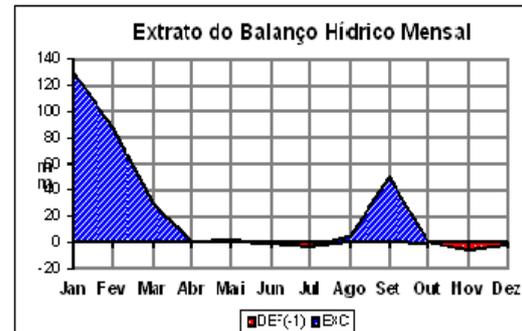


Figura 5: Balanço hídrico anual – ano: 2003

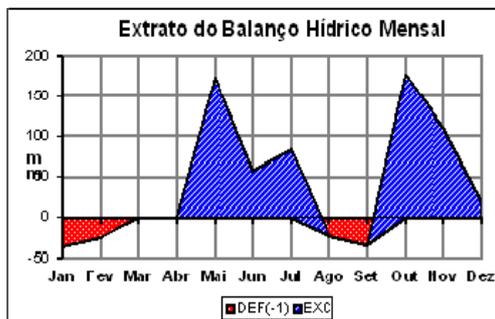


Figura 6: Balanço hídrico anual – ano: 2004

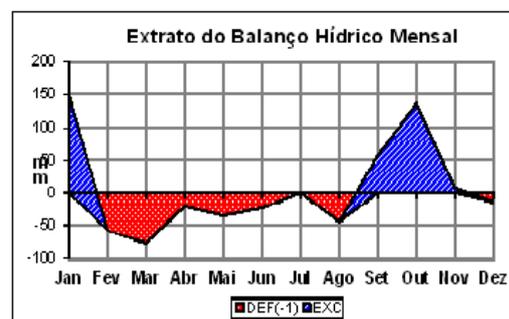


Figura 7: Balanço hídrico anual – ano: 2005

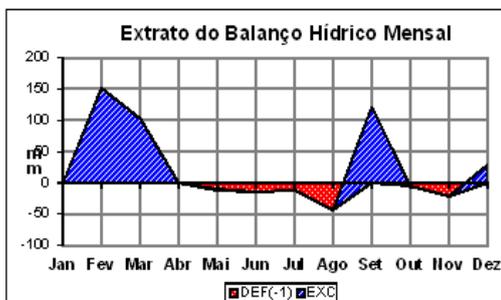


Figura 8: Balanço hídrico anual – ano: 2006

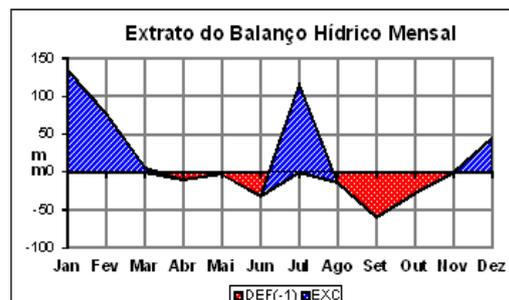


Figura 9: Balanço hídrico anual – ano: 2007

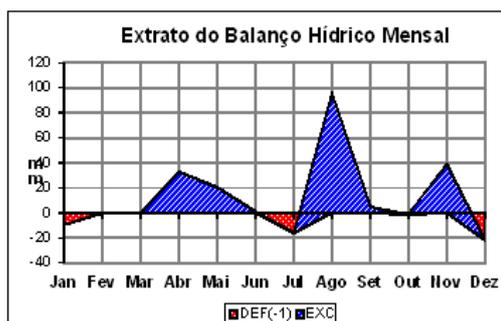


Figura 10: Balanço hídrico anual – ano: 2008

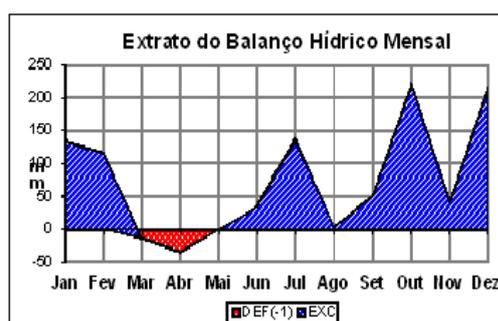


Figura 11: Balanço hídrico anual – ano: 2009

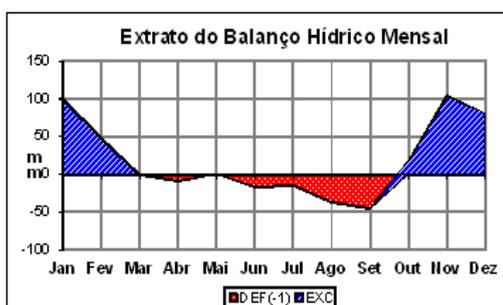


Figura 12: Balanço hídrico anual – ano: 2010

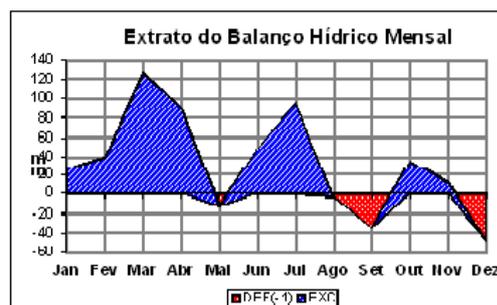


Figura 13: Balanço hídrico anual – ano: 2011

Analisando os resultados obtidos nas figuras apresentadas anteriormente, verifica-se uma tendência de valores mais elevados de excedente hídrico para os meses de janeiro, fevereiro e dezembro, enquanto os demais meses do ano apresentam, em sua maioria, uma tendência de redução do excedente hídrico, principalmente no período de abril a setembro. Embora ocorra o predomínio de um padrão de redução/elevação dos valores de excedente hídrico, essa propensão não é válida há todos os meses, haja vista a grande variabilidade dos resultados obtidos.

Verificou-se, portanto, o predomínio de valores mais elevados de deficiência hídrica no outono e inverno (abril a setembro), enquanto que os demais meses apresentaram deficiência hídrica menor ou menos frequente. No entanto, o painel possibilita observar que tal panorama não é constante, já que a deficiência hídrica detalhada anualmente pode ser verificada também nos meses de primavera e verão, que são habitualmente mais chuvosos no município de Maringá.

Esse panorama retrata uma dinâmica climática sazonal própria ao Norte do Paraná em que há transição climática entre o clima subtropical úmido para o

tropical continental, de habitual redução das chuvas no inverno e concentração no verão.

Observa-se que os anos de 2000 (**Figura 2**), 2001 (**Figura 3**), 2004(**Figura 6**), 2009(**Figura 11**) e 2011(**Figura 13**) foram os que apresentaram os maiores excedentes hídricos, com valores superiores a 500 mm anuais (média). Os meses mais secos ficaram entre o outono e inverno, de abril a agosto, com exceção no ano de 2004 (**Figura 6**), cujo meses mais secos foram de janeiro a março e agosto e, o ano de 2011(**Figura 13**), com pouco excedente hídrico em agosto, setembro e dezembro.

Dentre os anos com os menores excedentes hídricos, estão, 2002(**Figura 4**), 2003(**Figura 5**), 2005(**Figura 7**), 2006(**Figura 8**), 2007(**Figura 9**), 2008(**Figura 10**), 2010(**Figura 12**), com totais anuais abaixo de 500 mm anuais (média). Em média, os meses mais secos foram entre maio e agosto, com exceções dos anos de 2002, 2005 e 2010, que apresentaram menores excedentes hídricos nos meses de fevereiro, março e setembro também.

Os resultados obtidos pelo balanço hídrico climatológico indicaram que Maringá apresentou deficiência hídrica superior a 100 mm nos anos de 2002, 2005 e 2010.

Ao analisar os valores de excedente hídrico em escala sazonal, observa-se que os maiores valores são encontrados no verão, representando 41% do total, o que corresponde a uma média de 2300 mm e, na primavera com 27% ou média de 1485 mm. Os menores valores foram registrados no outono e inverno, que correspondem a apenas 16% do total, cada um, ou com média de 900 mm 880 mm, respectivamente (**Figura 14**).

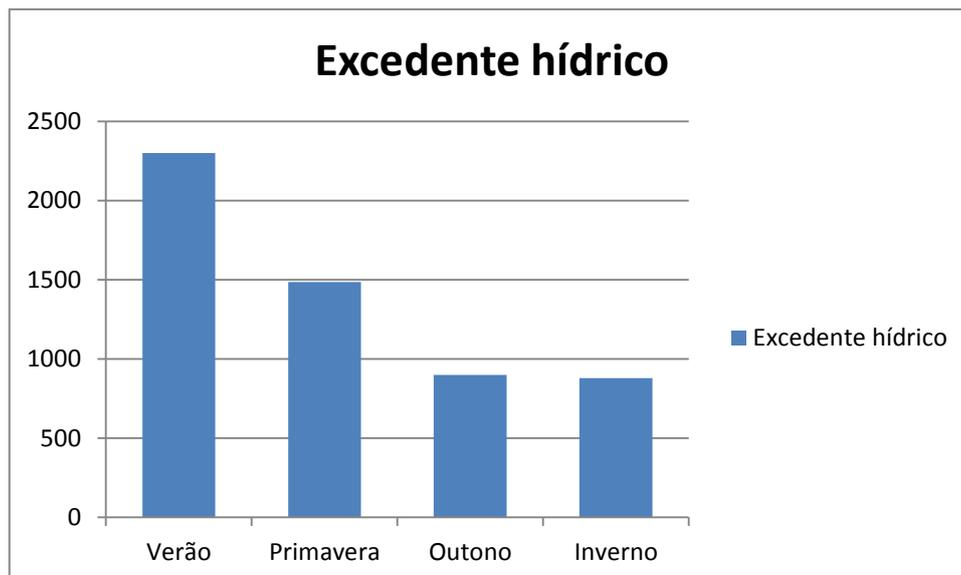


Figura 14: Distribuição sazonal do excedente hídrico para o município de Maringá-PR – Elaborado por: Ana Paula C. Mari, 2015.

Pode-se observar que a deficiência hídrica sazonal no município de Maringá tem sua predominância nos meses de inverno, com 36% do total, com uma média de 455 mm para toda a série em análise. O outono, período de habitual redução das chuvas, tem 26% da deficiência hídrica sazonal, com um total de 320 mm. O verão e a primavera são as duas estações com a menor deficiência hídrica: 16%, com um acumulado de 200 mm no verão, e 22%, com 270 mm, na primavera (**Figura 15**).

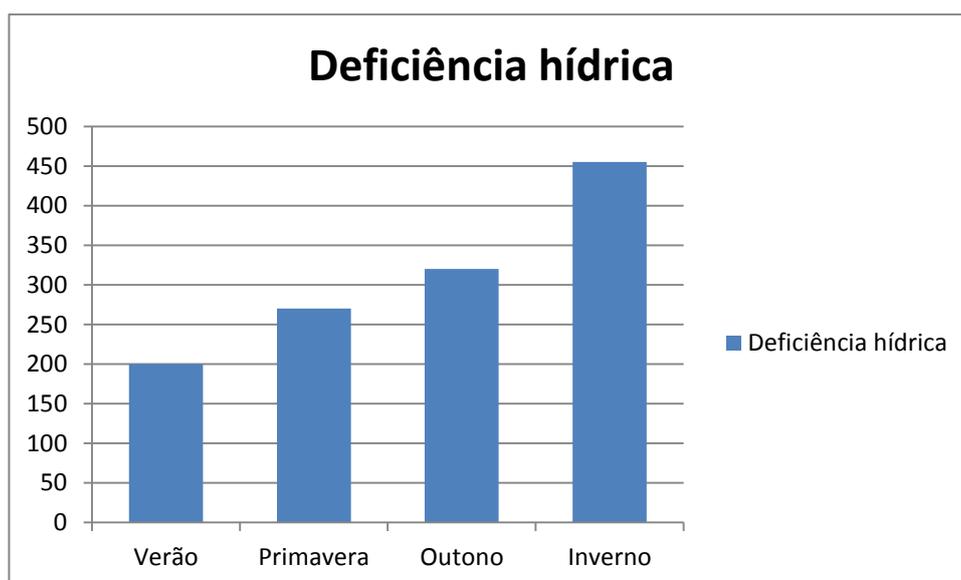


Figura 15: Distribuição sazonal da deficiência hídrica para o município de Maringá-PR – Elaborado por: Ana Paula C. Mari, 2015.

Observa-se então que, no período de análise, em geral, o regime de precipitação pluviométrica de Maringá é sazonal, com verão chuvoso e inverno seco, apresentando algumas diferenças em alguns anos, influenciados por El Niño e La Niña. Estes fenômenos afetam a dinâmica climática em escala global, provocando bruscas alterações climáticas no mundo, com impactos generalizados sobre as atividades humanas, gerados por inúmeras catástrofes ligadas a severas secas, inundações e ciclones (MENDONÇA, 2007).

Em geral, esse panorama de verão chuvoso e inverno seco, como mencionado anteriormente, retrata uma dinâmica climática sazonal própria ao Norte do Paraná, em que a transição climática entre o clima subtropical úmido para o tropical continental, traz habitual redução das chuvas no inverno e concentração no verão, conforme já estudado por Simões (1954) e Nimer (1971).

A classificação climática para cada ano da série analisada demonstrou o predomínio da tipologia B₁rA'a', onde se vê também, ser a classificação climática desses onze anos trabalhados (de 2000 a 2011) (**Quadro 5**). Esta classificação apresenta um índice efetivo de umidade entre 20 a 40; um índice de aridez entre 0 a 16,7; com ETP's anual de 1140 mm para cima e com menos de 48% de ETP no verão.

Quadro 5: Resultado da classificação climática de Maringá nos anos de 2000 a 2011 – Classificação de Thornthwaite (1948) – Elaborado por: Ana Paula C. Mari, 2015.

Classificação Climática	Significado da Simbologia	Ano
B ₂ rA'a'	Megatérmico úmido, com pequena ou nenhuma deficiência hídrica, com menos de 48% de ETP no verão.	2000
B ₁ rA'a'	Megatérmico úmido, com pequena ou nenhuma deficiência hídrica, com menos de 48% de ETP no verão.	2001
B ₁ wA'a'	Megatérmico, úmido com moderada deficiência hídrica no inverno, com menos de 48% de ETP no verão.	2002
B ₁ rA'a'	Megatérmico úmido, com pequena ou nenhuma deficiência hídrica, com menos de 48% de ETP no verão.	2003
B ₂ rA'a'	Megatérmico úmido, com pequena ou nenhuma deficiência hídrica, com menos de 48% de ETP no verão.	2004

C ₂ wA'a'	Megatérmico, subúmido úmido com moderada deficiência hídrica no inverno, com menos de 48% de ETP no verão.	2005
B ₁ rA'a'	Megatérmico úmido, com pequena ou nenhuma deficiência hídrica, com menos de 48% de ETP no verão.	2006
B ₁ rA'a'	Megatérmico úmido, com pequena ou nenhuma deficiência hídrica, com menos de 48% de ETP no verão.	2007
C ₂ rA'a'	Megatérmico subúmido úmido com pequena deficiência hídrica, com menos de 48% de ETP no verão.	2008
B ₃ rA'a'	Megatérmico, úmido com pequena ou nenhuma deficiência hídrica, com menos de 48% de ETP no verão.	2009
C ₂ wA'a'	Megatérmico, subúmido úmido com moderada deficiência hídrica no inverno, com menos de 48% de ETP no verão.	2010
B ₁ rA'a'	Megatérmico úmido, com pequena ou nenhuma deficiência hídrica, com menos de 48% de ETP no verão.	2011
B ₁ rA'a'	Megatérmico úmido, com pequena ou nenhuma deficiência hídrica, com menos de 48% de ETP no verão.	2000-2011

Ressalta-se ainda que, o ano de 2005 (**Figura 7**) foi um ano atípico, com moderada deficiência hídrica se comparada há todos esses anos trabalhados, com tipo climático úmido e subúmido.

A chave inicial da classificação climática de Thornthwaite mais presente foi B₁, ou seja, tipo climático úmido. Também aparece a classificação B₂, úmido, nos anos de 2000 e 2004. O ano de 2009 foi o único que apresentou a classificação B₃, também de característica úmido. Os anos de 2005 e 2008 e 2010 apresentaram classificação C₂, apresentando tipo climático úmido e subúmido.

As chaves que compõe os subtipos climáticos tiveram pouca variação de um ano a outro. No caso de Índice de aridez, houve apenas duas variações, nos anos de 2002 e 2005, conseqüentemente, os anos mais quentes e secos dentre os estudados. Quanto ao tipo climático, não houve variação, todos os anos apresentaram o tipo megatérmico, denominado por A'.

Por fim, quanto à concentração de evapotranspiração potencial no verão não houve nenhuma variação e todos os anos foram classificados como a', pois a concentração de ETP foi inferior a 48%.

As cidades muito embora não ocupem grandes extensões territoriais, são as maiores transformadoras do meio natural. O crescimento urbano, na maioria dos casos, não acompanhou a dinâmica da natureza, resultando no comprometimento da qualidade desses ambientes (AMORIM, 2010).

O campo também sofreu transformações na paisagem no decorrer do tempo, entretanto, nas cidades, os efeitos do ar alterado modificam os fatores climáticos de maneira mais intensa.

As transformações na paisagem decorrentes da urbanização alteram o balanço de energia e o balanço hídrico urbano. Essas transformações são causadas pela retirada da vegetação original, pelo aumento da circulação de veículos e pessoas, pela impermeabilização do solo, pelas mudanças no relevo, por meio de aterros, canalizações de rios e córregos, concentração de edificação, verticalização urbana, instalação de equipamentos urbanos (parques, praças, edifícios, áreas industriais, residenciais, dentre outros), além do lançamento de partículas e gases poluentes na atmosfera (AMORIM, 2010).

As novas características geoecológicas e urbanas modificam os elementos do clima dando respostas próprias do clima urbano aos controles e atributos do clima. A cidade é, portanto, geradora de um clima próprio, resultante da interferência de todos os fatores que se processam sobre a camada de limite urbano e que agem no sentido de alterar o clima em escala local (AMORIM, 2010).

Seus efeitos mais diretos são percebidos pela população por meio de manifestações ligadas ao conforto térmico, à qualidade do ar, aos impactos pluviais e a outras manifestações capazes de organizar a vida da cidade e deteriorar a qualidade de vida de seus habitantes (MONTEIRO,1976).

As áreas verdes reduzidas e a impermeabilização do solo nas áreas urbanas contribuem para a intensificação do fenômeno da ilha de calor. A carência de vegetação diminui o processo de evapotranspiração e, conseqüentemente, não há o resfriamento por evaporação na cidade (AMORIM, 2010).

Habitualmente, o planejamento urbano não considera as condições climáticas locais, portanto, o estudo de clima urbano, além da quantificação das alterações detectadas, torna fundamental uma análise geográfica do fenômeno, ou seja, estabelece relações entre os dados mensurados e os elementos componentes da cidade. Esses estudos podem contribuir para a melhoria da qualidade ambiental de um determinado local, como neste caso, um município.

O planejamento ambiental fundamenta-se na interação e integração dos sistemas que compõem o ambiente. Tem o papel de estabelecer as relações entre os sistemas ecológicos e os processos da sociedade, das necessidades socioculturais a atividades e interesses econômicos, a fim de manter a máxima integridade possível dos seus elementos componentes (SANTOS, 2004).

Os municípios precisam investir no planejamento e na gestão que priorize as questões ambientais por meio da implantação e revitalização da vegetação arbórea não apenas nos parques e praças, mas inclusive nas calçadas, nos jardins e quintais das moradias.

O planejamento ambiental tem como estratégia estabelecer ações dentro de contextos e não isoladamente. O resultado é o melhor aproveitamento do espaço físico e dos recursos naturais (SANTOS, 2004).

Assim, algumas dessas atitudes dependem do poder público, mas outras dependem do cidadão que tem um importante papel neste processo. As dificuldades de aplicação da climatologia urbana no planejamento e na gestão se devem em parte à pequena comunicação entre pesquisadores e agentes do planejamento (ANDRADE, 2005).

4 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

No período de 11 anos analisados, pode-se observar que apenas 3 apresentaram deficiência hídrica significativas, sendo eles, 2002, 2005 e 2010. Não foi levantado nenhum motivo padrão que estimule a seca em determinados anos, porém os dados apresentados mostram que a área de estudo pode estar

suscetível a ocorrência de anos com deficiência hídrica. Quanto aos maiores índices de excedentes hídricos, ficaram nos anos de 2001, 2009 e 2011.

Em geral, do ano de 2000 a 2011, não se verificou significativas mudanças climáticas, tipificando o clima como megatérmico úmido, com pequena ou nenhuma deficiência hídrica, com menos de 48% de ETP no verão. Porém, verificou-se a existência de anos atípicos, apresentando mais deficiência hídrica ou maiores excedentes hídricos, possíveis causadores de danos físicos à população urbana e rural, principalmente no setor agropecuário, o qual é representativo na área de estudo.

Utilizando os dados climatológicos obtidos, para fins de planejamento ambiental territorial, na cidade devemos focalizar nossa percepção para problemas de poluição que possam ser intensificados em anos de seca. As tradicionais ilhas de calor ocorrentes em cidades de médio e grande porte, que apresente um nível de urbanização vertical alto, podem se intensificar em anos que apresentem uma grande deficiência hídrica. No campo, o governo deve subsidiar os pequenos agricultores que muitas vezes, por falta de tecnologias disponíveis não conseguem enfrentar a seca perdendo sua produção e seu investimento.

Após a realização deste breve estudo, pode-se concluir que, não deveria utilizar uma classificação geral de uma região para classificar um clima local, pois deve-se levar em consideração as alterações impostas pela utilização do território pelas atividades humanas, analisando dados e, só então, adotar uma classificação que corresponde à realidade climática do local e assim, com esses resultados, focar no planejamento ambiental que atenda as necessidades locais.

5 REFERÊNCIAS

AMORIM, M. C. C. T. **Climatologia e gestão do espaço urbano**. Mercator, Presidente Prudente-SP, p. 71-90, 2010.

ANDRADE, H. **O clima urbano** – natureza, escalas de análise e aplicabilidade. Lisboa: Finisterra, XL, 80, 2005, p. 67-91

ANJOS, I.B.; ORSINI, M.L.; NERY, J.T. **Estudo da precipitação pluviométrica e balanço hídrico em Maringá**. Boletim de Geografia, Maringá, v.19, p.115-128, 2001.

DEFFUNE, G.; DEVAIR, J. D.; GALVANI, E.; AVANCINI, M. **Classificação climática e índices de aridez para Maringá-PR, de 1976/1992**. Boletim de Geografia, Maringá, v.12, p.3-27, 1994.

GRAÇA, C.H; MARTINS, V.M.S; TERASSI, P.M.B; SILVEIRA, H.;STIVARI, S.M.S. Caracterização climática como auxílio no planejamento agrícola para o município de Apucarana-PR. **In: XVII Congresso Brasileiro de agrometeorologia**, Guarapari-ES, 2011.

JURCA, J. **Classificações climáticas: variações temporo-espaciais e suas aplicações nos livros didáticos e como subsídio ao zoneamento agroclimático**. Dissertação apresentada ao programa de pós-graduação em Geografia da FCT/UNESP, Presidente Prudente (São Paulo), p.33-43, 2005.

MENDONÇA, F. **Climatologia: noções básicas e climas do Brasil**. São Paulo: Oficina de Textos, 2007.

MONTEIRO, C. A. de F. **Teoria e Clima Urbano**. São Pulo: IGEOG/USP, 1976. 181p.

NIMER, E. **Climatologia da Região Sul do Brasil**. In: Revista Brasileira de Geografia, v.33, n.4, pp.3-66, 1971.

ROLIM, G. S.; CAMARGO, M. B. P.; LANIA, D. G.; MORAES, J. F. L. **Classificação climática de Köppen e de Thorntwaite e sua aplicabilidade na determinação de zonas agroclimáticas para o estado de São Paulo**. Bragantina, v.66, p.257-533, 2007.

ROLIM, G.S.; SENTELHAS, P.C.; BARBIERI, V. Planilhas no ambiente EXCEL para os cálculos de balanços hídricos: normal, sequencial, de cultura e de produtividade real e potencial. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.6, p.133-137, 1998.

SANTOS, R.F. **Planejamento ambiental: teoria e prática**. São Paulo: Oficina de Textos, 2004.

SIMÕES, R.M.A. **Notas sobre o clima do Estado do Paraná**. Revista Brasileira de Geografia. Rio de Janeiro, v.16, n.1, pp.126-132, 1954.

TERASSI, P. M. B.; ALVES, F. C.; GRAÇA, C. H. **Disponibilidade hídrica e classificação climática para o município de Londrina-PR**. Revista Geonorte, Ed. Especial, v.2, n.4. p.818-829, 2012.

TERASSI, P.M.B.; GRAÇA, C.H.; STIVARI, S.M.S.; SILVEIRA, H.; MARTINS, M.L.O.F. Balanço hídrico e classificação climática como subsidio ao planejamento das atividades agrícolas para o município de Assaí-PR. In: XVII Congresso Brasileiro de agrometeorologia, Guarapari-ES, 2011.

TERASSI, P.M.B.; SILVEIRA, H. **Aplicação de sistemas de classificação climática para a bacia hidrográfica do Rio Pirapó -PR**. Revista Formação, v.1, n.20, p.111-128, 2013.

THORNTHWAITE, C. W. **An approach toward a rational classification of climate.** Geogr. Rv., Vol. 38 :55 – 94. 1948.

THORNTWAITE, C. W.; MATHER, J.R. **The water balance climatology.** Centerion, v.8, nº.1, p.1-86.1955.