

## BALANÇO HÍDRICO CLIMATOLÓGICO NO MUNICÍPIO DE PONTA GROSSA, PR: APORTES PARA O PLANEJAMENTO AGRÍCOLA E HIDROLÓGICO

Sara Lopes de Moraes  
Universidade de São Paulo  
saralmoraes@yahoo.com.br

Emerson Galvani  
Universidade de São Paulo  
egalvani@usp.br

### CLIMA, AMBIENTE E ATIVIDADES RURAIS

**Resumo:** O objetivo desta pesquisa é analisar e definir as condições hídricas do município de Ponta Grossa – PR, fazendo-se necessário o conhecimento dos excedentes e deficiências hídricas para um planejamento agrícola. A partir da obtenção dos dados climatológicos de temperatura do ar e precipitação obtidos por meio da estação meteorológica do IAPAR foi possível separar e analisar as médias diárias, mensais e anuais do período entre 1954 e 2001. Os cálculos do balanço hídrico climatológico normal foram elaborados com base no método proposto por Thornthwaite e Mather (1955) e por uma planilha “BHnorm61.xls” do Excel desenvolvida por Rolim; Sentelhas; Barbieri, (1998). Sendo possível o conhecimento das condições hídricas de Ponta Grossa, que não apresentou deficientes hídricos no período de estudo. Por conseguinte foi possível identificar e analisar os três anos-padrões, um habitual (1973), um mais chuvoso (1998) e um menos chuvosos (1985), na qual apresentaram excedentes e deficiências hídricas ao longo do ano sendo o ano de 1985 com maior déficit hídrico.

**Palavras chaves:** balanço hídrico, anos-padrão, excedentes e déficits hídricos.

**Abstract:** The objective of this research is to analyze and define the water conditions of Ponta Grossa – PR. It is located in a transitional climate zone hence it is necessary to understand the implications of water excess and deficit for agricultural planning. By obtaining climatological data of temperature of the air and precipitation from the meteorological station of IAPAR allowed me to separate and analyze daily, monthly and yearly period between 1954 and 2001. The calculation of normal climatic water balances were developed based on the method proposed by Thornthwaite and Mather (1955) and for a spreadsheet "BHnorm61.xls" Excel developed by Rolim; Sentelhas; Barbieri (1998), which provided the understanding on water conditions of Ponta Grossa. In light of this data, there were no impairments in the water during the study period. Therefore, it was possible to identify and analyze three year-patterns, a normal (1973), a wetter (1998) and a less wet (1985), and in which excess water deficit presented throughout the years and in 1985 higher water deficit.

**Key words:** water balance, year- patterns, water excess and deficit.

### INTRODUÇÃO

A imprevisibilidade das variabilidades climáticas em um primeiro momento pode levar o agricultor a enfrentar quedas em sua produtividade no decorrer dos dias, meses e anos, sendo assim, é necessário um conhecimento das influências dessas variabilidades climáticas e da localização que a planta se encontra, uma vez que com esse entendimento permitirá ao produtor saber dos ciclos favoráveis e desfavoráveis do seu rendimento produtivo (DOMINGUES, 2010).

O Zoneamento Agroclimático é uma das principais ferramentas de fundamental importância para o planejamento das atividades agrícolas e também para a tomada de decisões. Este tipo de

zoneamento é capaz de propiciar uma redução das probabilidades de riscos e perdas na produção (PEREIRA; SENTELHAS; ANGELOCCI, 2002).

Como o município de Ponta Grossa encontra-se em uma zona de transição de climas (do clima tropical para o sub-tropical) se faz necessário o conhecimento das épocas de excedentes e deficiências hídricas, na qual podem proporcionar e possibilitar ao agricultor uma segurança no momento de escolher as melhores condições para a aplicação de técnicas que o ajudará a evitar quedas em sua produção nos períodos de inconstâncias (DOMINGUES, 2010; PEREIRA; SENTELHAS; ANGELOCCI, 2002).

Para a elaboração de um planejamento agrícola por meio de um zoneamento agroclimático é necessário à obtenção de dados de temperaturas médias do ar, precipitação e resultados do balanço hídrico (BH). O balanço hídrico nada mais é que as entradas e saídas de água de um sistema e uma expressão quantitativa do clima hidrológico em diversas escalas (PEREIRA; SENTELHAS; ANGELOCCI, 2002, p.249). Para esta pesquisa foi considerada a escala que estabelecerá a variação do armazenamento e da disponibilidade de água no solo por meio do método proposto por Thornthwaite e Mather (1955) que consiste no balanço hídrico climatológico (BHC), na qual determinará as deficiências e excedentes hídricos da área de estudo.

Segundo Keller Filho, Zullo Junior e Lima, (2006) a distribuição das chuvas no espaço e no tempo, são um das principais características climáticas de uma região, sendo a precipitação um dos fatores climáticos que está sujeito a grandes variações, na qual podem interferir na produção.

Esta pesquisa tem como objetivo analisar e definir as condições hídricas do município de Ponta Grossa, por meio dos dados climáticos como temperatura do ar e variáveis do balanço hídrico climatológico, sendo os objetivos específicos:

- a) Definir e caracterizar as condições climáticas do município como, por exemplo, a análise dos períodos secos e úmidos;
- b) Identificar e analisar a disponibilidade hídrica do solo, deficiência e excedentes hídricos em períodos específicos; e
- c) Analisar os anos-padrão habitual, mais chuvoso e menos chuvoso.

## **MATERIAIS E MÉTODOS**

### **a. Área de estudo**

A área de estudo desta pesquisa está localizada no município de Ponta Grossa, no Estado do Paraná (Figura 1). O clima do Estado do Paraná é caracterizado como subtropical, ou seja, apresenta verões quentes e invernos frios, segundo a classificação de Köppen, possuindo três variações: Cfa (úmido em todas as estações, verão quente), Cfb (úmido em todas as estações, verão moderadamente quente) e Cwa (chuva de verão, verão quente) (MAACK, 1981).

Ponta Grossa se encontra no segundo planalto e na região de campos limpos (estepes e gramíneas baixas), sendo sua zona climática classificada como Zona de Clima Quente-Temperado Subtropical Fresco até Frio no Inverno, ou seja, o inverno é mais frio, com médias de 13°C e o verão é mais quente com média aproximada de 21°C, sendo o mês de janeiro o mais rico em chuvas e o mês de agosto com um menor índice de chuvas (MAACK, 1981).

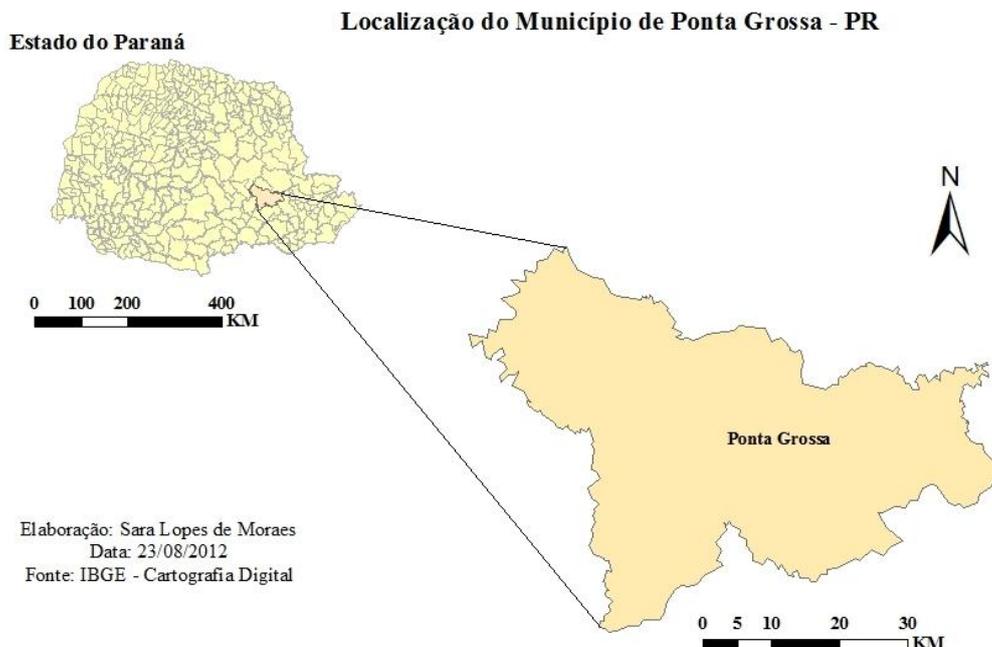


Figura 1: Localização de Ponta Grossa.

### **b. Obtenção e análise dos dados climatológicos**

Para a realização deste trabalho foram obtidos os dados climáticos de temperatura média do ar e do total de chuva (P) por meio de uma estação meteorológica convencional, pertencente ao Instituto Agrônomo do Paraná (IAPAR) localizada no município de Ponta Grossa - PR. O período de análise escolhido totaliza 47 anos, com início em janeiro de 1954 até dezembro de 2001.

### **c. Balanço hídrico climatológico**

Nesta pesquisa foi realizada apenas a análise dos resultados do balanço hídrico normal, que se utiliza de dados médios de precipitação (P), temperatura média do ar (Tmed) e de evapotranspiração potencial (ETP) na qual indicam a disponibilidade hídrica da região por meio da variação sazonal, baseando-se em períodos longos de um ano, além de auxiliar no planejamento agrícola.

A partir da obtenção e organização dos dados foi realizada a elaboração do cálculo do balanço hídrico climatológico por meio do método proposto por Thornthwaite e Mather (1955) e do programa

em planilha “BHnorm61.xls” do EXCEL desenvolvido por Rolim; Sentelhas; Barbieri, (1998). Alguns procedimentos foram adotados para a elaboração do BHC normal tais como:

- Localização – latitude: -25°22’;
- Preenchimento das médias mensais de temperatura do ar (°C) e da precipitação (mm);
- Capacidade de água disponível (CAD) foi utilizado o valor de 100 mm, considerando uma variação do armazenamento (ARM) de água do solo, além do percentual de perda de água acumulada, ou seja, o negativo acumulado.; e
- Para a obtenção da estimativa da evapotranspiração potencial (ETP) adotou-se a proposta de Thornthwaite (1948), utilizando-se apenas de dados da temperatura média do ar e da latitude da área de estudo (ROLIM; SENDELHAS, 1999).

Os gráficos obtidos por meio do balanço hídrico normal representam o extrato das deficiências hídricas (DEF) e dos excedentes hídricos (EXC), a variação do ARM, e do CAD, os valores de ETP, evapotranspiração real (ETR) e da precipitação (P), na qual seguem as recomendações de Camargo e Camargo (1993) (ROLIM; SENDELHAS, 1999).

#### **d. Critérios para a classificação dos anos-padrões considerados habituais, mais chuvosos e menos chuvosos.**

Esta etapa de desenvolvimento do trabalho foi importante para a classificação dos anos-padrão, habitual, mais chuvoso e menos chuvoso, na qual levou em conta a relação da dinâmica da atmosfera local do município de Ponta Grossa (TAVARES, 1976; WOLLMANN, 2011).

A partir dos totais mensais e anuais de chuva obtidos, foi possível calcular a média anual pluviométrica da série de estudo, para posteriormente delimitar os anos considerados habituais, para isso foram estabelecidos cálculos de desvio padrão (um para mais e outro para menos da média), limitando e classificando assim, a área com os anos habituais, mais e menos chuvosos. A partir desta identificação análises gráficas foram elaboradas para cada ano.

A determinação dos três anos (um habitual, um mais chuvoso e um menos chuvoso) levou-se em consideração a uniformidade na distribuição dos totais de precipitação ao longo dos meses e as médias mensais ao longo dos anos por meio de uma análise visual, sendo que para a confirmação do ano habitual utilizou-se o desvio padrão como uma confirmação estatística. Por conseguinte foram realizadas análises do balanço hídrico normal para cada ano (WOLLMANN, 2011).

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Os primeiros resultados obtidos foram os do balanço hídrico climatológico do município de Ponta Grossa a partir dos dados climáticos de temperatura do ar e da precipitação em um período de

47 anos (1954 a 2001). Foi registrada uma média de 1553,2 mm de chuva, 18 °C de temperatura média do ar, totalizando 821,6 mm de evapotranspiração (ETP), um excedente hídrico (EXC) de 733,4 mm e nenhum registro de déficit hídrico. Os meses de janeiro, fevereiro, outubro e dezembro foram os que se apresentaram com uma maior concentração de chuvas, sendo o mês de janeiro o mais chuvoso com 184,5 mm.

Não obstante, os meses de maior excedentes hídricos foram junho (81,8 mm), setembro (82,8 mm) e outubro (82,8 mm). Nesta etapa nota-se que após uma pequena queda na quantidade de excedente hídrico pode-se encontrar a seguir um “pico” de maiores EXC, como mostra a Figura 2, na qual representa um extrato no balanço hídrico climatológico normal. Sendo possível demonstrar que o município de Ponta Grossa ao longo dos meses não apresenta uma deficiência hídrica, mas um excedente hídrico que varia de 33,6 mm em agosto a 82,8 mm em outubro.

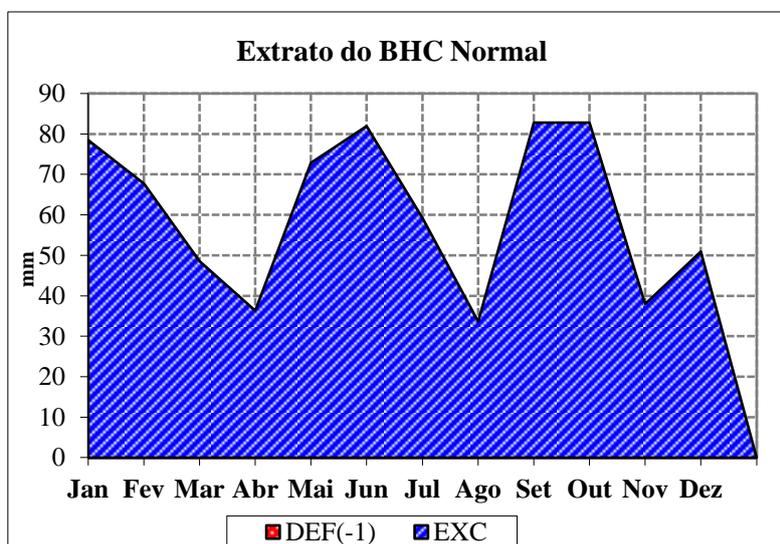


Figura 2: Gráfico do extrato do balanço hídrico climatológico normal do município de Ponta Grossa, no período de janeiro 1954 a dezembro 2001.

A Figura 3 representa os valores da precipitação, juntamente com evapotranspiração potencial e evapotranspiração real, podendo verificar que possuem os mesmo valores ao longo dos anos, pelo fato de não ocorrer nenhuma deficiência hídrica no município de Ponta Grossa. Observa-se também que a variável média é de 68 mm com os maiores valores encontrados nos meses de janeiro de dezembro 106 mm e 100 mm respectivamente e os menores valores em junho 35,8 mm e julho 36,6 mm.

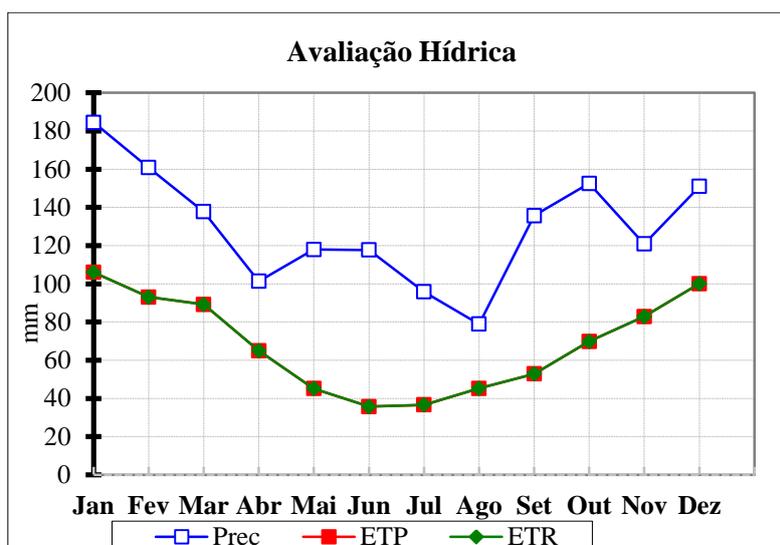


Figura 3: Gráfico da avaliação hídrica da precipitação (mm), evapotranspiração real (ETR) e evapotranspiração potencial (ETP).

A partir destes dados obtidos pelo balanço hídrico climatológico normal é possível identificar e caracterizar o município de Ponta Grossa como sendo um município que apresenta um considerável excedente hídrico, não ocorrendo deficiências hídricas ao longo do ano, ou seja, não se faz necessário à reposição do armazenamento de água no solo ou até mesmo a retirada hídrica.

Por conseguinte, a partir das informações coletadas ao longo dos 47 anos foi possível caracterizar e determinar os anos-padrões habituais, mais chuvosos e menos chuvosos por meio dos totais pluviométricos mensais. Na Figura 4 observa-se como ficaram os dados da precipitação ao longo dos anos (entre 1954 a 2001) e a delimitação dos anos-padrões conforme a média anual, considerando um desvio padrão para mais e outro para menos da média, determinando assim, os anos pertencentes aos anos-padrões habituais, menos chuvosos e mais chuvosos.

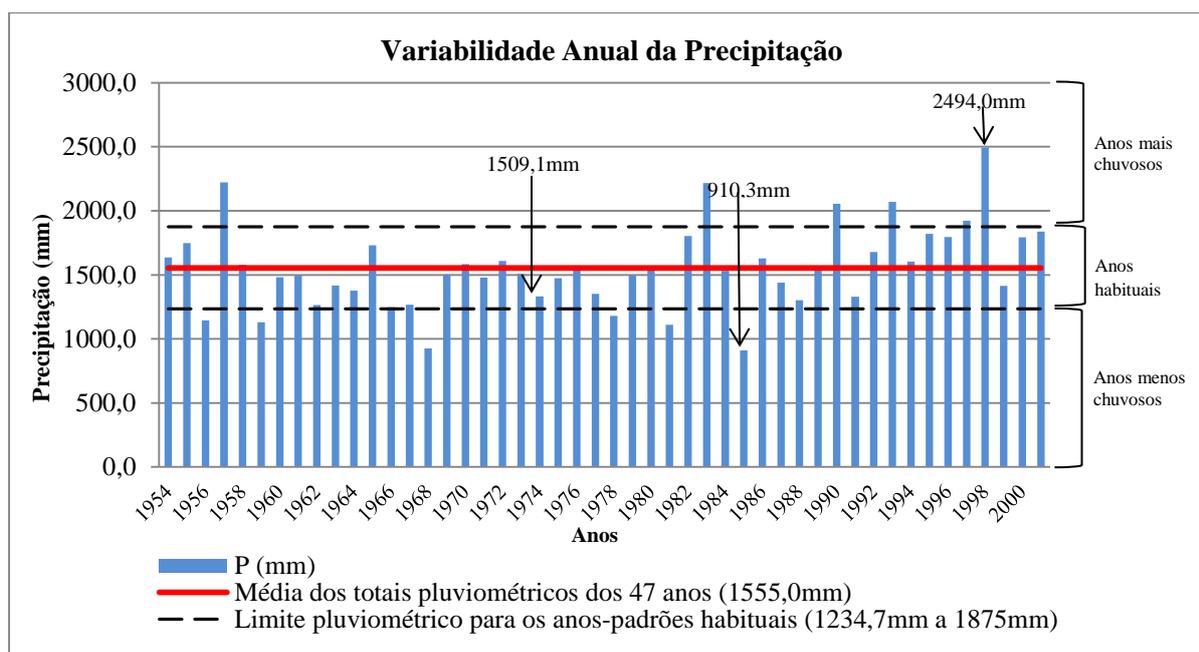


Figura 4: Gráfico de variabilidade anual da precipitação no município de Ponta Grossa no período de 1954 a 2001.

A partir da análise da variabilidade anual da precipitação, é perceptível que o município de Ponta Grossa não apresenta anos mais e menos chuvosos, pelo motivo de possuir uma distribuição “regular” das chuvas.

Segundo Nimer (1979) só é possível se considerar um ano-padrão seco, quando a localidade possui os valores de totais pluviométricos abaixo do índice que se pode caracterizar a aridez climática, o que de fato não ocorre na área de estudo que apesar de apresentar alguns totais pluviométricos baixos não é considerado como anos secos.

Por conseguinte, os anos-padrões habituais de Ponta Grossa registraram totais pluviométricos em um intervalo de 1234,7 mm a 1875,4 mm anuais, sendo os anos menos chuvosos com índices inferiores a 1234,7 mm e os anos-padrões com totais anuais superiores a 1875,4 mm os mais chuvosos. Foram registrados 35 anos representativos como habituais, seis anos para os menos chuvosos e mais seis anos mais chuvosos.

O ano representativo de 1973 (total de chuva de 1509,1 mm) foi considerado o ano habitual da série de dados por apresentar uma distribuição pluviométrica bem distribuída, estar perto da média histórica que foi de 1555,0 mm e apresentar o menor desvio padrão entre os outros anos classificados como habitual, além de ser considerado como o ano habitual da série por meio da análise visual, foi possível considera-lo também a partir do cálculo do desvio padrão.

O ano selecionado como o mais chuvoso foi o de 1998 com 2494,0 mm, sendo o ano que mais choveu na série dos 47 anos ficando assim, muito a cima da média normal do município. O ano-padrão

com índices bem abaixo dos valores habituais obtidos foi o ano de 1985 o menos chuvoso da análise, tendo um total anual de 910,3 mm.

A Figura 5 traz a variabilidade mensal da precipitação nos três anos selecionados, além da média mensal da série histórica, como é possível observar a distribuição quase homogênea ao longo do ano, podendo caracterizar o ano habitual, o ano mais chuvoso e o ano menos chuvoso.

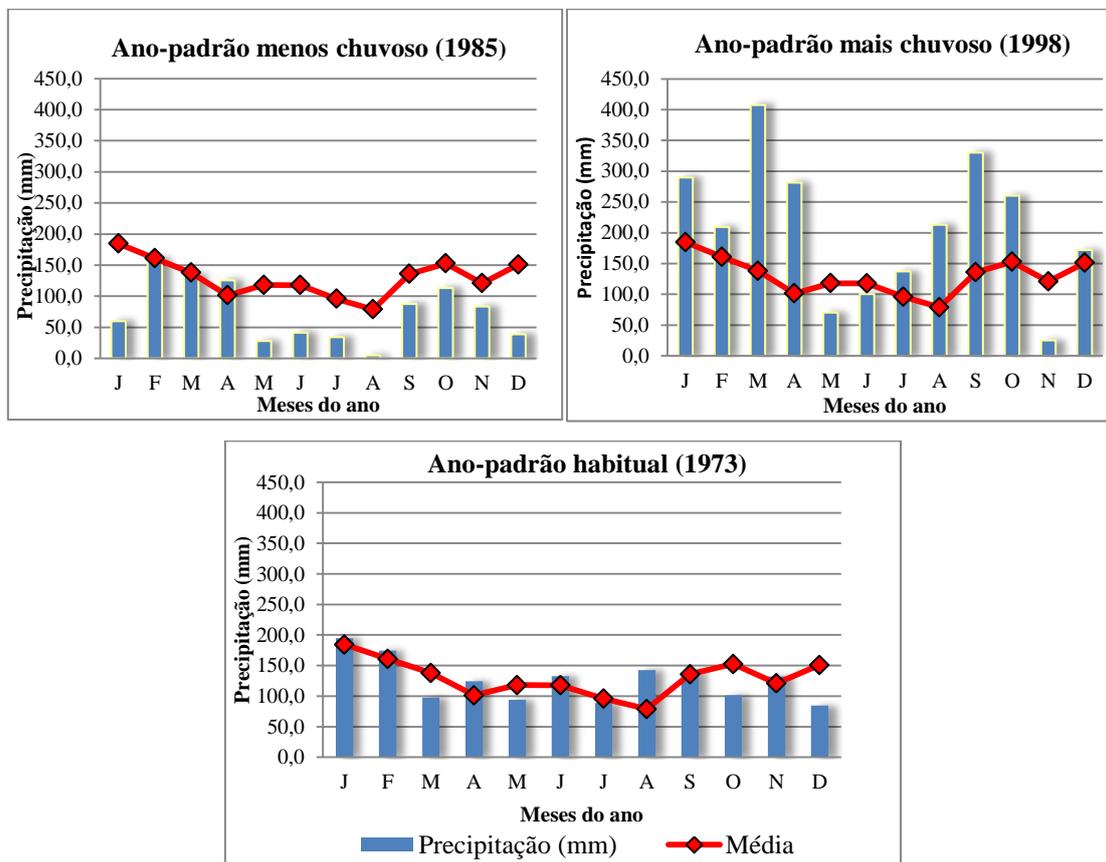


Figura 5: Pluviometria mensal dos anos-padrão de 1985 (menos chuvoso), 1998 (mais chuvoso) e 1973(habitual).

Nesta primeira fase da pesquisa foi possível obter os resultados do balanço hídrico climatológico normal do período de 47 anos, na qual demonstrou que o município de Ponta Grossa não possui deficiência hídrica, mas sim um excedente hídrico ao longo dos meses, no entanto esse resultado poderia ser o mesmo se analisar os três anos-padrões (habitual - 1973, mais chuvoso - 1998 e menos chuvoso – 1985).

**a. Balanço hídrico climatológico normal para os anos-padrão habitual (1973), mais chuvoso (1998) e para o menos chuvoso (1985).**

O ano de 1973 foi escolhido como sendo um ano-padrão habitual, por representar as melhores condições estabelecidas na metodologia. Seu balanço hídrico climatológico normal apresentou uma

deficiência hídrica significativa no mês de setembro (20,95 mm) e uma baixa DEF no mês de dezembro (0,39 mm) como é possível visualizar na Figura 6.

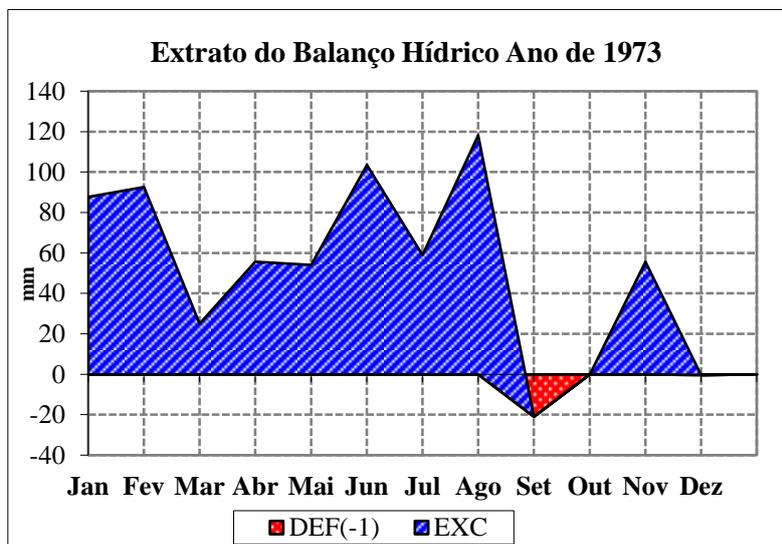


Figura 6: Gráfico do extrato do balanço hídrico climatológico normal para o ano-padrão habitual de 1973.

Como não podemos considerar o Estado do Paraná e também o município de Ponta Grossa como localidades que não possuem um ano-padrão considerado seco, pelas grandes quantidades de chuvas e uma boa distribuição pluviométrica ao longo dos anos, seria possível pensar que nos anos-padrões mais chuvosos não apresentassem uma deficiência hídrica, no entanto ao elaborar o BHC normal para o ano de 1998 foi encontrada um pequeno déficit no mês de novembro com 13,20 mm, representado na Figura 7.

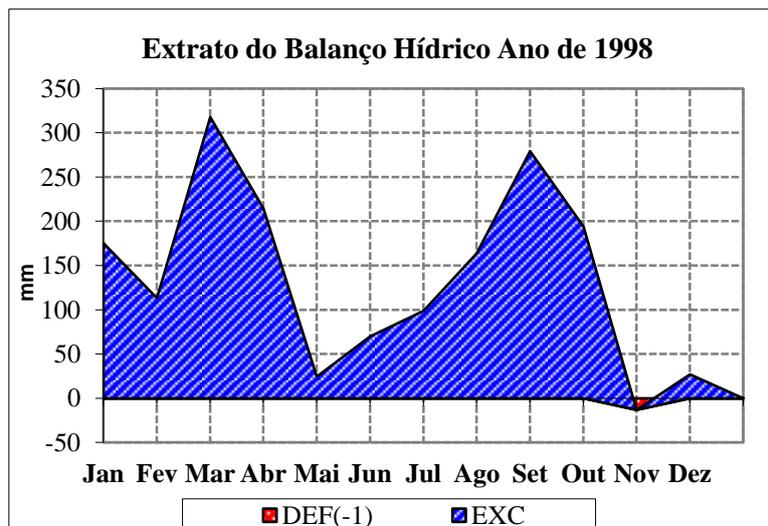


Figura 7: Gráfico do extrato do balanço hídrico climatológico normal para o ano-padrão mais chuvoso de 1998.

O ano representativo menos chuvoso de 1985 apresentou vários meses de deficiência hídrica tendo valores como 23,69 mm em janeiro, 1,11 mm em maio 10,84 mm em agosto e 24,31 mm em dezembro, no entanto somente os meses de março (41,52 mm), abril (54,26 mm) e outubro (31,56 mm) tiveram excedentes hídricos, sendo que o restante dos meses (fevereiro, junho, julho e setembro) não apresentaram nem um DEF e um EXC, como se pode verificar na Figura 8 abaixo.

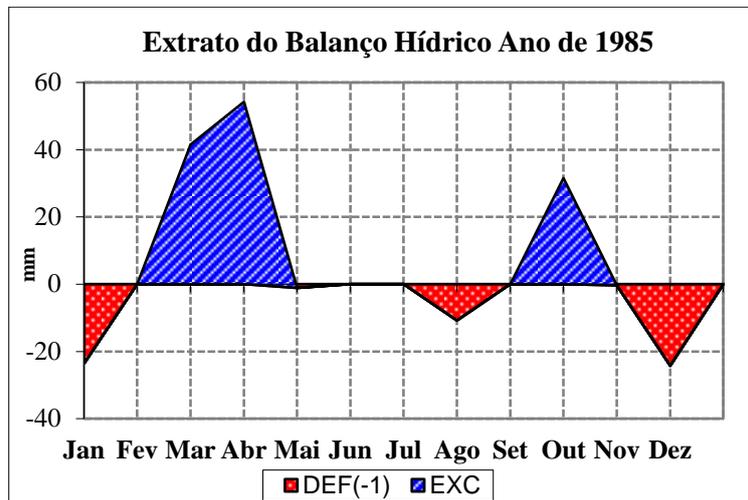


Figura 8: Gráfico do extrato do balanço hídrico climatológico normal para o ano-padrão menos chuvoso de 1985.

Quando se registra uma deficiência hídrica no período de um ano ou mais, se faz necessário muitas vezes a retirada da água acumulada no solo, bem como pode precisar posteriormente de uma reposição hídrica seja ela feita por irrigação ou por outras técnicas agrícolas, nas Figuras 9, 10 e 11 é possível visualizar como é o comportamento de cada ano estudado em relação à deficiência, excedente, retirada e reposição hídrica ao longo dos meses. Sendo possível notar que os três anos-padrões apresentaram uma deficiência hídrica significativa e necessitam também retiradas e reposição hídrica do solo em alguns meses, o ano considerado menos chuvoso foi o ano-padrão com mais índices de deficiência hídrica.

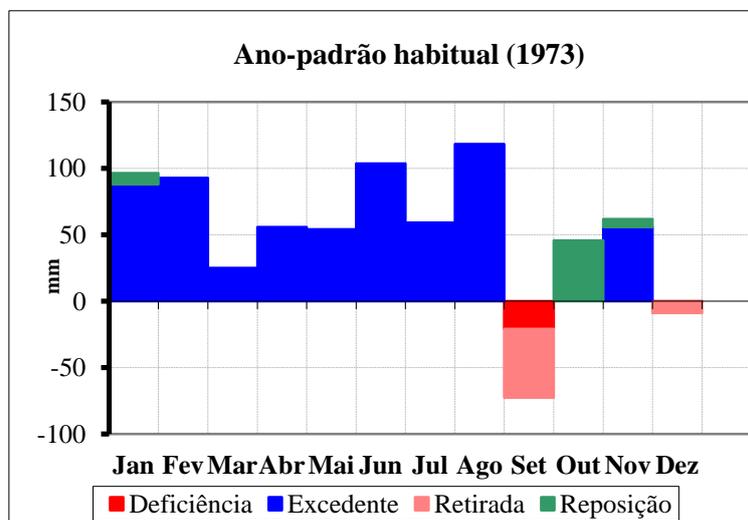


Figura 9: Gráfico do balanço hídrico normal representando, deficiência (DEF), excedente (EXC), retirada e reposição hídrica no ano-padrão habitual 1973.

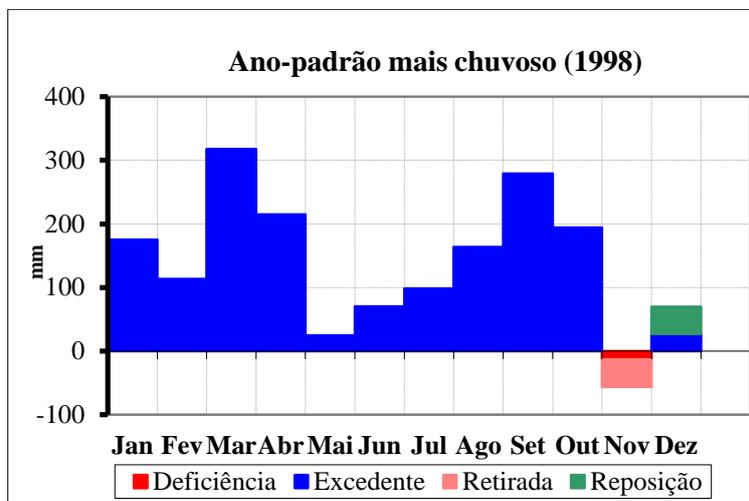


Figura 10: Gráfico do balanço hídrico normal representando, deficiência (DEF), excedente (EXC), retirada e reposição hídrica no ano-padrão mais chuvoso de 1998.

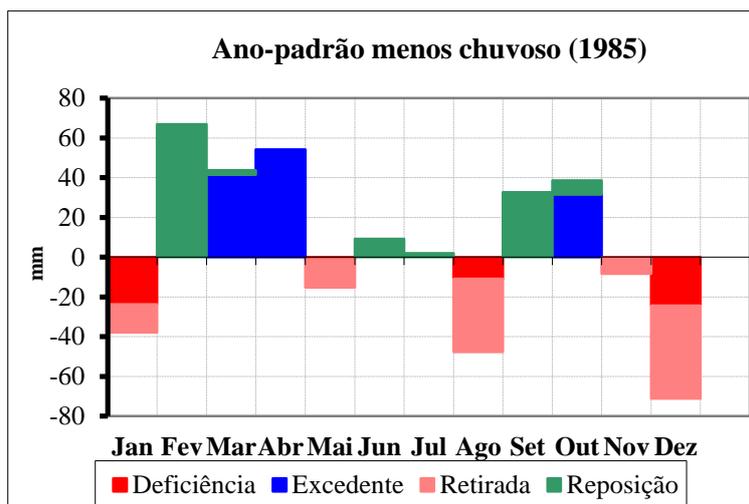


Figura 11: Gráfico do balanço hídrico normal representando, deficiência (DEF), excedente (EXC), retirada e reposição hídrica no ano-padrão menos chuvoso de 1985.

Na tabela 1 pode-se observar um resumo dos resultados obtidos como os de temperatura do ar (Tar), precipitação (P), evapotranspiração potencial, evapotranspiração real, deficiência e excedente hídricos dos anos-padrão e da média de toda a série.

|                                       | Tar (° C) | P (mm) | ETP (mm) | ETR (mm) | DEF (mm) | EXC (mm) |
|---------------------------------------|-----------|--------|----------|----------|----------|----------|
| <b>Média de toda série</b>            | 18        | 1555   | 821,6    | 821,6    | 0        | 733,4    |
| <b>Ano-padrão mais chuvoso (1998)</b> | 18        | 2494   | 828,5    | 815,3    | 13,2     | 1678,7   |
| <b>Ano-padrão menos</b>               | 18        | 908,3  | 841,3    | 781,0    | 60,3     | 127,3    |

*BALANÇO HÍDRICO CLIMATOLÓGICO NO MUNICÍPIO DE PONTA GROSSA, PR: APORTES PARA O  
PLANEJAMENTO AGRÍCOLA E HIDROLÓGICO*

|                                   |    |        |       |       |      |       |
|-----------------------------------|----|--------|-------|-------|------|-------|
| <b>chuvoso (1985)</b>             |    |        |       |       |      |       |
| <b>Ano-padrão habitual (1973)</b> | 20 | 1509,1 | 878,7 | 857,4 | 21,3 | 651,7 |

Tabela 1: Tabela de resultados da série de dados dos 47 anos e dos anos-padrão.

## CONCLUSÃO

Com os resultados do balanço hídrico climatológico normal pode-se concluir e definir que o município de Ponta Grossa apresenta uma distribuição regular de chuvas ao longo do ano, sendo registrados apenas excedentes hídricos no período dos 47 anos (1954 a 2001) estudados. Por meio dessas conclusões é possível inferir que o município pode ser favorável para algumas culturas que dependem de uma determinada quantidade de água no solo.

A determinação dos anos-padrão habitual (1973), mais chuvoso (1998) e menos chuvoso (1985) foi importante para a análise e caracterização das condições específicas do clima da área de estudo, possibilitando a observação de que há predominância de excedentes hídricos nos períodos analisados. Déficits hídricos foram registrados nos três anos-padrão, sendo os maiores valores encontrados no ano-padrão menos chuvoso (1985), fazendo-se necessário a retirada e reposição de água do solo.

Apesar do registro de valores de deficiência hídrica Ponta Grossa ainda se caracteriza por ser um município com uma representatividade de excedentes hídricos. Com o conhecimento das épocas das condições hídricas da área de estudo será possível proporcionar ao agricultor uma maior segurança na aplicação de técnicas, na qual poderá evitar quedas em sua produção nos períodos de deficiências hídricas e de grandes excedentes.

A partir disso é possível se pensar em diversas questões que envolvem o processo hidrológico e o planejamento agrícola no município de Ponta Grossa.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

DOMINGUES, I.A.S. **Variabilidade climática e sua influência na produtividade da cultura da cana-de-açúcar (*Saccharum spp*) na região norte e noroeste do Paraná.** 2010. Tese (Doutorado em Geografia Física) - Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, 2010.

KELLER FILHO, T.; ZULLO JUNIOR, J.; LIMA, P. R. S. R. **Análise da transição entre dias secos e chuvosos usando cadeias de Markov de terceira ordem.** Pesquisa Agropecuária Brasileira, v. 41, n. 9, p. 1341-1349, 2006.

MAACK, R. **Geografia física do Estado do Paraná.** Curitiba: Secretaria da Cultura e do Esporte do Governo do Estado do Paraná, 1981.

MACEDO, M. A.; ASSAD, E. D.; CAMARA, G. ; OLIVEIRA, J. C.; BARBOSA, A. M. **Avaliação de métodos para espacialização dos índices de necessidade de água das culturas e sua aplicação no zoneamento agrícola.** Revista Brasileira de Agrometeorologia, Passo Fundo RS, v. 9, n. 3, p. 581-587, 2001.

NIMER, E. **Climatologia do Brasil.** Rio de Janeiro: IBGE/SUPREN 1979. p. 9-19

PEREIRA, A.R., SENTELHAS, P.C., ANGELOCCI, L.R. (2002) **Agrometeorologia: Fundamentos e aplicações** práticas. Guaíba: Agropecuária.

ROLIM, G.S.; SENTELHAS, P.C, 1999. **Balancos hídricos e produtividade de culturas v 6.1 para Excel 7.0,** in 2º Congresso Da Sociedade Brasileira De Informática Aplicada á Agropecuária e á Agroindústria, SBI-AGRO, Campinas SP.

WOLLMANN, C. A. **Zoneamento agroclimático para a produção de roseiras (*Rosaceae ssp.*) no Rio Grande do Sul.** Tese (Doutorado em Geografia (Geografia Física)) - Universidade de São Paulo,. *Orientador:* Emerson Galvani. 2011.

TAVARES, A. C., **Crítérios de escolha de anos padrões para análise rítmica.** Revista Geografia. Rio Claro, v.1, n.1, p.79-87, 1976.

THORNTHWAITE, C.W.; MATHER, J.R. The water balance. **Publications in Climatology.** New Jersey: Drexel Institute of Technology, 1955.