

Série Tecnologia APTA

Boletim Técnico IAC, 224



**MONITORAMENTO AGROMETEOROLÓGICO PARA
REGIÕES CAFFEIRAS DO ESTADO DE SÃO PAULO:
JANEIRO/2010 - DEZEMBRO/2019**

**Angélica Prael PANTANO
Ludmila Bardin CAMPAROTTO
Elza Jacqueline Leite MEIRELES**

**Instituto Agrônômico (IAC)
Campinas, março de 2021**



**Governo do Estado de São Paulo
Secretaria de Agricultura e Abastecimento
Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios
Instituto Agrônomo**

**Governador do Estado de São Paulo
João Doria**

**Secretário de Agricultura e Abastecimento
Gustavo Junqueira**

**Secretária-executiva de Agricultura e Abastecimento
Gabriela Chiste**

**Coordenador da Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios
Antônio Batista Filho**

**Diretor Técnico de Departamento do Instituto Agrônomo
Marcos Antonio Machado**

**MONITORAMENTO
AGROMETEOROLÓGICO PARA REGIÕES
CAFEEIRAS DO ESTADO DE SÃO PAULO:
JANEIRO/2010 - DEZEMBRO/2019**

Angélica **PRELA-PANTANO**

Ludmila **BARDIN-CAMPAROTTO**

Elza Jacqueline Leite **MEIRELES**

P924m Praela-Pantano, Angélica

Monitoramento agrometeorológico para regiões cafeeiras do estado de São Paulo: janeiro/2010 - dezembro/2019 / Angélica Praela-Pantano, Ludmila Bardin-Camparotto, Elza Jacqueline Leite Meireles.

Campinas: Instituto Agronômico, 2021. 45p. (Série Tecnologia APTA. Boletim técnico IAC, 224) on-line

ISSN 1809-7936

1. Monitoramento agrometeorológico - regiões cafeeiras - São Paulo (SP). I. Bardin-Camparotto, Ludmila. II. Meireles, Elza Jacqueline Leite. III. Série. IV. Título.

CDD 633.73

O Conteúdo do Texto é de Inteira Responsabilidade dos Autores.

Comitê Editorial do Instituto Agronômico

Marcio Koiti Chiba

Daniela de Argollo Marques

Lúcia Helena Signori Melo de Castro

Maria Elisa Ayres Guidetti Zagatto Paterniani

Sérgio Parreiras Pereira

Equipe participante desta publicação

Coordenação da Editoração: Silvana Aparecida Barbosa

Editoração Eletrônica e Capa: Quebra-Cabeça

qcartesgraficas@terra.com.br / (19) 99729-2463

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação do Copyright © (Lei nº 9.610).

Instituto Agronômico

Centro de Comunicação e Transferência do Conhecimento

Caixa Postal 28

13012-970 Campinas (SP) - Brasil

www.iac.agricultura.sp.gov.br

SUMÁRIO

	Página
RESUMO	1
ABSTRACT	2
1. INTRODUÇÃO	2
2. METODOLOGIA	3
2.1. Estações agrometeorológicas	3
2.2. Caracterização climática	4
2.3. Condição termopluviométrica para regiões cafeeiras do estado de São Paulo para os anos de 2010 a 2019	8
2.4. Balanços hídricos	32
3. CONSIDERAÇÕES FINAIS	44
AGRADECIMENTOS	44
REFERÊNCIAS	44

MONITORAMENTO AGROMETEOROLÓGICO PARA REGIÕES CAFEEIRAS DO ESTADO DE SÃO PAULO: JANEIRO/2010 - DEZEMBRO/2019

Angélica PRELA-PANTANO ⁽¹⁾

Ludmila BARDIN-CAMPAROTTO ⁽²⁾

Elza Jacqueline Leite MEIRELES ⁽³⁾

RESUMO

As condições meteorológicas adversas podem influenciar na perda de produtividade de diversas commodities. No caso do café, isso não é diferente. As variações de temperatura e chuva ao longo do ciclo da cultura podem impactar negativa ou positivamente na elevação de produtividade, na redução de custos e na qualidade do produto. Com o propósito de fornecer suporte à tomada de decisão aos agentes da cadeia produtiva do café, este boletim apresenta o resultado do monitoramento agrometeorológico para os últimos 10 anos (2010 a 2019), das principais regiões produtoras de café do estado de São Paulo. São apresentados dados de temperatura do ar, precipitação pluvial e balanço hídrico, fatores estes considerados essenciais no desempenho da cultura.

Palavras-chave: café, balanço hídrico, condições climáticas, temperatura.

⁽¹⁾ Instituto Agrônômico (IAC), Centro de Pesquisa e Desenvolvimento de Ecofisiologia e Biofísica, Campinas (SP). angelica.pantano@sp.gov.br

⁽²⁾ Instituto Agrônômico (IAC), Centro de Pesquisa e Desenvolvimento de Ecofisiologia e Biofísica, bolsista Consórcio Pesquisa Café, Campinas (SP).

⁽³⁾ Embrapa Café, Brasília (DF).

ABSTRACT

Adverse weather conditions can influence the loss of productivity of several commodities. In the case of coffee, this is no different. Variations in temperature and rainfall throughout the crop cycle can negatively or positively impact productivity growth, cost reduction and product quality. In order to provide support for decision making to agents of the coffee production chain, this bulletin presents the result of agrometeorological monitoring for the last 10 years (2010 to 2019) of the main coffee producing regions of the state of São Paulo. Data on air temperature, rainfall and water balance are presented, factors considered essential in the performance of the crop.

Key words: coffee, balance hidric, climate conditions, temperature.

1. INTRODUÇÃO

O monitoramento e a análise da influência dos elementos climáticos nas diversas fases do desenvolvimento de uma cultura podem contribuir para a redução de possíveis prejuízos provenientes de condições meteorológicas adversas. A distribuição de chuvas e a ocorrência de extremos de temperatura são fatores importantes que afetam o bom desenvolvimento da cafeicultura. A falta e/ou o excesso de água no solo e as mudanças térmicas exercem grandes influências nas diferentes fases da cultura. Portanto, a análise de balanços hídricos e de variações de temperatura do ar são fatores que devem sempre ser considerados para o estudo do desempenho da cultura.

Com o objetivo de fornecer suporte técnico aos tomadores de decisão da cadeia produtiva do café, este boletim apresentará o monitoramento agrometeorológico de algumas localidades do estado de São Paulo, disponibilizando informações sobre temperaturas do ar, chuvas, estiagens, deficiências hídricas e armazenamento de água no solo.

2. METODOLOGIA

2.1. Estações agrometeorológicas

No período de 2010 a 2019 foram monitoradas climaticamente diferentes regiões produtoras de café no estado de São Paulo (Tabela 1 e Figura 1) e coletadas, diariamente, informações de temperatura do ar (°C) e precipitação pluvial (mm) em estações meteorológicas automáticas, instaladas em locais próximos às áreas de cultivo, com características climáticas representativas das condições locais. Essas informações foram continuamente transferidas ao banco de dados climatológicos do Instituto Agrônômico (IAC), sendo periodicamente analisadas e consistidas. Posteriormente, foram elaborados gráficos mensais para apresentação e comparação com os dados históricos de cada local.

Tabela 1. Localização das estações meteorológicas de algumas localidades do estado de São Paulo

Localidade	Latitude	Longitude	Altitude (m)	Instituição responsável
Campinas	22°54' S	47°05' W	674	IAC
Espírito Santo do Pinhal	22°14' S	49°57' W	652	IAC
Franca	20°33' S	47°25' W	995	IAC
Marília	22°14' S	49°57' W	652	IAC
Mococa	21°28' S	47°01' W	665	IAC

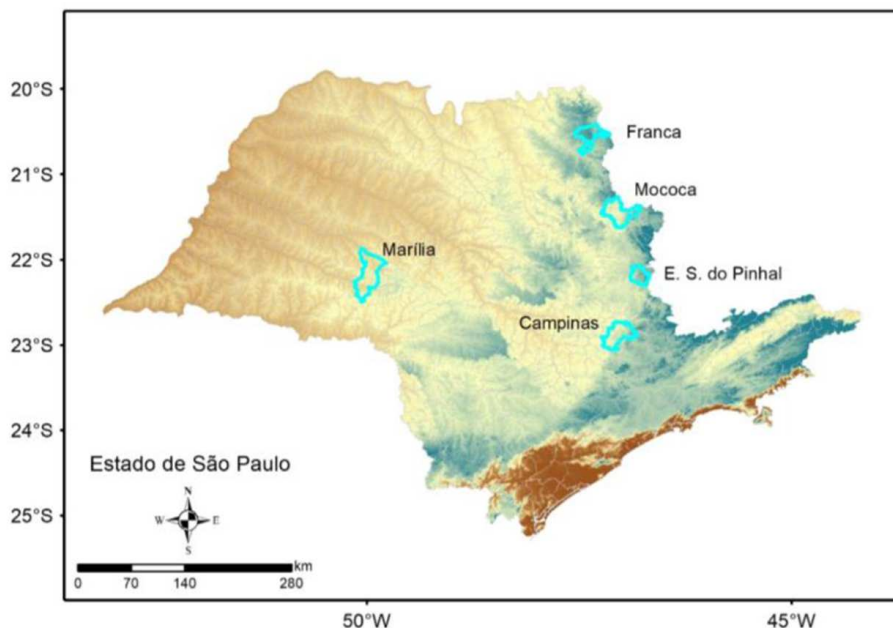


Figura 1. Localização dos municípios de Campinas, Espírito Santo do Pinhal, Franca, Marília e Mococa (SP).

2.2. Caracterização climática

O balanço hídrico climatológico é frequentemente apresentado na escala mensal e para um ano médio, sendo elaborado a partir das normais climatológicas de temperatura média e chuva local. De acordo com Camargo e Camargo (1993), o balanço hídrico climatológico é uma ferramenta agrometeorológica utilizada na caracterização do fator umidade do clima. Sua utilização é indispensável na caracterização climática de uma determinada região, com o objetivo de definir sua aptidão agrícola (VIANELLO e ALVES, 1991; PEDRO JÚNIOR et al., 1994).

Uma das formas de se monitorar o armazenamento de água no solo é por meio do balanço hídrico climático, descrito por Thornthwaite & Mather (1955). Essa contabilidade é realizada por meio da entrada natural de água no solo (precipitação pluvial) e da demanda atmosférica (evapotranspiração potencial, EP), e com um nível máximo de armazenamento ou capacidade de água disponível (CAD) apropriado ao

tipo de planta cultivada. O balanço hídrico fornece estimativas da evapotranspiração real (ER), da deficiência hídrica (DEF), do excedente hídrico (EXC) e do armazenamento de água do solo (ARM).

Na tabela 2 são apresentadas as médias históricas de temperatura média e precipitação pluvial para os municípios estudados nesse monitoramento, além dos resultados do balanço hídrico, como evapotranspiração potencial (ETp), evapotranspiração real (ETr), deficiência e excedente hídrico (mm).

Tabela 2. Totais e médias anuais (média histórica) de temperatura média do ar (°C), precipitação pluvial (mm), evapotranspiração potencial (ETp), evapotranspiração real (ETr), deficiência e excedente hídrico (mm) para os municípios de Campinas, Espírito Santo do Pinhal, Franca, Marília e Mococa (SP)

		Temperatura média °C	P mm	Ep Thorntwaite (1948)	Etr mm	Def. mm	Exc. mm
Campinas	Totais	-	1377,5	1035,20	1022,0	13,2	355,5
	Médias	21,6	114,8	86,27	85,2	1,1	29,6
Espírito Santo do Pinhal	Totais	-	1532,0	909,38	881,7	27,7	650,3
	Médias	19,8	127,7	75,78	73,5	2,3	54,2
Franca	Totais	-	1545,0	929,17	847,2	81,9	697,8
	Médias	20,2	128,8	77,43	70,6	6,8	58,1
Marília	Totais	-	1301,0	1023,84	998,4	25,4	302,6
	Médias	21,4	108,4	85,32	83,2	2,1	25,2
Mococa	Totais	-	1527,0	1095,77	1043,0	52,8	484,0
	Médias	22,4	127,3	91,31	86,9	4,4	40,3

A seguir é apresentado um resumo da classificação climática para cada localidade segundo Köppen, simplificada por Setzer (1966):

- Campinas: possui clima tropical de altitude (Cwa), com diminuição de chuvas no inverno e temperatura média anual de 20,7 °C, com invernos secos e amenos e verões chuvosos, com temperaturas moderadamente altas. O mês mais quente do ano, fevereiro, com temperatura média de 23,4 °C, e o mais frio, julho, de 17,2 °C. Outono e primavera são estações consideradas de transição.

- Espírito Santo do Pinhal: possui clima tropical de altitude ou subtropical com inverno seco (Cwa), com temperatura média anual de 20 °C. No verão podem ocorrer temperaturas entre 16 e 26 °C, com picos de máxima de 33 °C e mínimas podendo ser abaixo de 12 °C. O inverno é seco, mas pode ocorrer entrada de frentes frias, ocasionando chuvas. As médias das temperaturas mínimas ficam em torno de 13,7 °C, em junho e julho.

- Franca: com a atualização climática do período entre 1981-2010, a cidade deixou de ter clima tropical de altitude (ou subtropical úmido - Cwa) e foi reclassificada como tropical com estação seca (Aw). Isso se deu devido ao fato de a temperatura média do mês mais frio, de acordo com as observações desse período, ter sido superior a 18 °C, com invernos mais secos, verões chuvosos e temperaturas moderadas durante todo o ano. A temperatura média anual é de cerca de 21 °C.

- Marília: o clima do município é subtropical (Cwa), apresentando uma temperatura mínima absoluta de -3,6 °C e uma temperatura máxima absoluta de 39,4 °C. A média das temperaturas máximas anual é de 26,3 °C e das mínimas, em torno de 13,7 °C. Os meses de junho e julho são os mais frios, com temperaturas médias de 9,1 e 8,9 °C, respectivamente. Janeiro é o mês mais chuvoso e agosto, o mais seco.

- Mococa: o clima de Mococa é o tropical com invernos secos (Aw), com temperatura média anual de 23,1 °C, com a média das máximas de 28,8 °C e a média das mínimas de 16,9 °C. O mês mais quente é outubro, com média das máximas de 31 °C e o mês mais frio é junho, com média das mínimas de 13 °C. O mês mais chuvoso é dezembro, e o mais seco é agosto.

O balanço hídrico climático médio é importante na definição e quantificação das exigências climáticas das culturas, nas diferentes fases fenológicas. Esses dados também são fundamentais nos mapeamentos das aptidões climáticas de culturas agrícolas. Na figura 2 são apresentados os balanços hídricos médios de algumas localidades, do estado de São Paulo, representativas das regiões cafeeiras do Brasil (Campinas, Espírito Santo do Pinhal, Franca, Marília e Mococa).

Observa-se que, em média, o período mais seco nas regiões de estudo iniciou-se em abril. As maiores deficiências hídricas ocorreram ao longo dos meses de inverno (julho a setembro). Já os maiores excedentes hídricos ocorreram entre dezembro e fevereiro, meses considerados mais chuvosos.

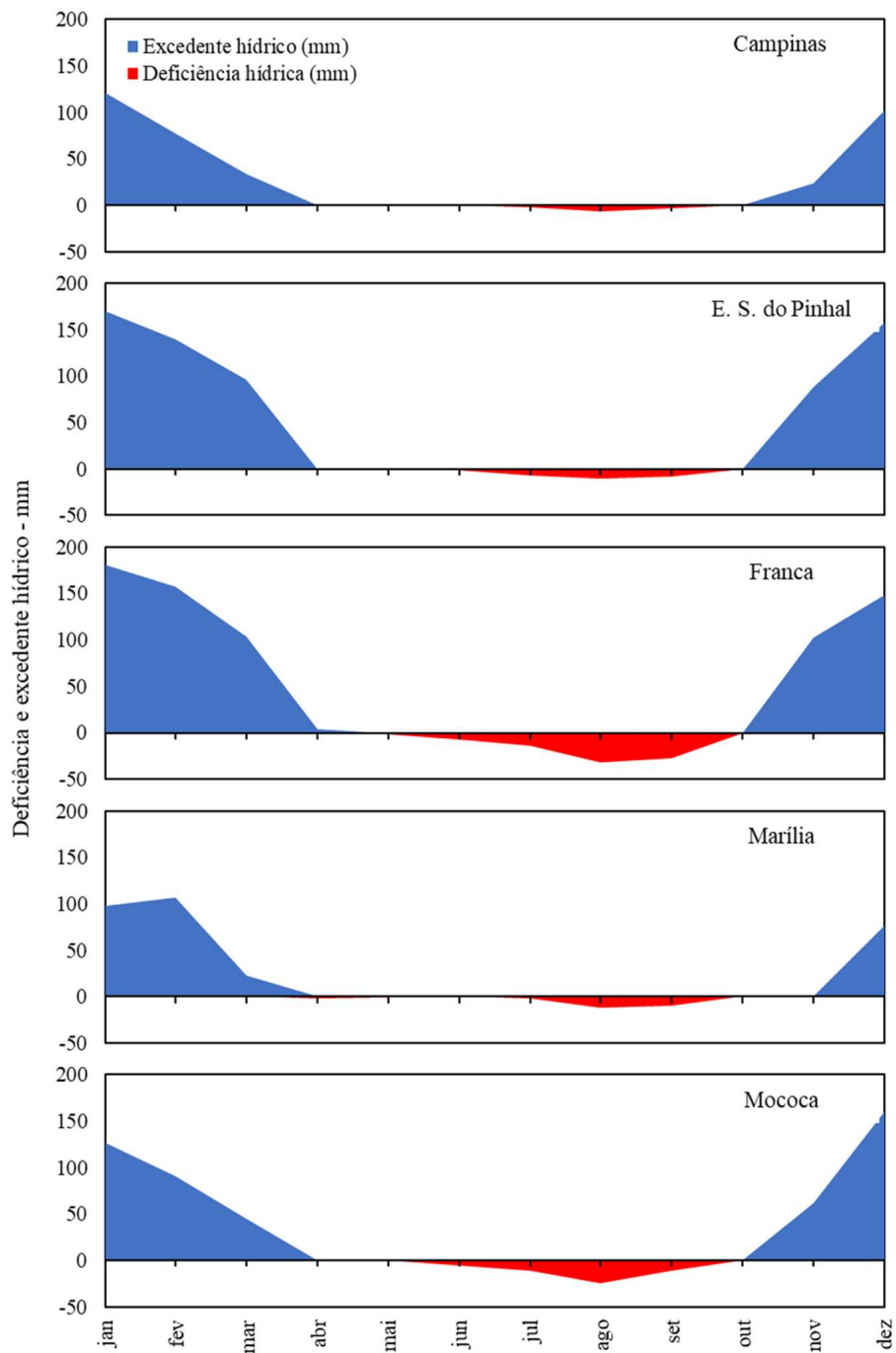


Figura 2. Extrato do balanço hídrico sequencial normal para os municípios de Campinas, Espírito Santo do Pinhal, Franca, Marília e Mococa (SP).

2.3. Condição termopluiométrica para regiões cafeeiras do estado de São Paulo para os anos de 2010 a 2019

Considerando-se as cinco cidades, as análises climáticas têm demonstrado condições climáticas favoráveis ao desenvolvimento da cafeicultura paulista. No geral, as precipitações iniciam-se ao longo do mês de setembro, ocasionando as floradas; essas chuvas, dependendo do ano, tendem a se regularizar já ao longo do mês de setembro ou um pouco mais tarde.

a) Campinas

Na figura 3 é apresentada a série histórica utilizada (2010 a 2019) para o município de Campinas (SP). Na figura observa-se a variação dos valores de temperatura máxima, mínima e precipitação pluvial ao longo do período analisado.

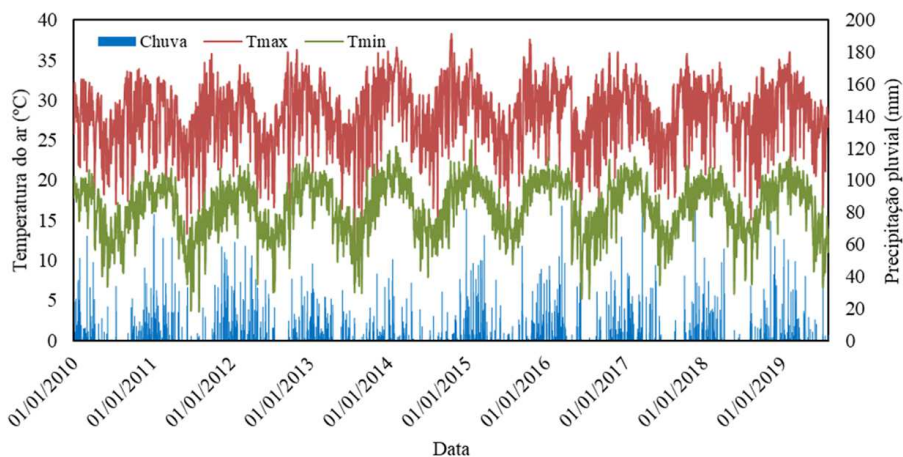


Figura 3. Série histórica (2010 a 2019) dos valores diários de temperaturas máxima, mínima e precipitação pluvial para o município de Campinas (SP).

Nas figuras 4, 5 e 6 são apresentados os valores mensais de temperatura máxima, mínima e média do ar para o período de janeiro de 2010 a dezembro de 2019 comparados à média histórica. Para Campinas, considerou-se o período da normal climatológica (1961-1990). Observou-se que as temperaturas médias (Figura 6) foram superiores, em grande parte dos meses e anos, comparadas às temperaturas normais.

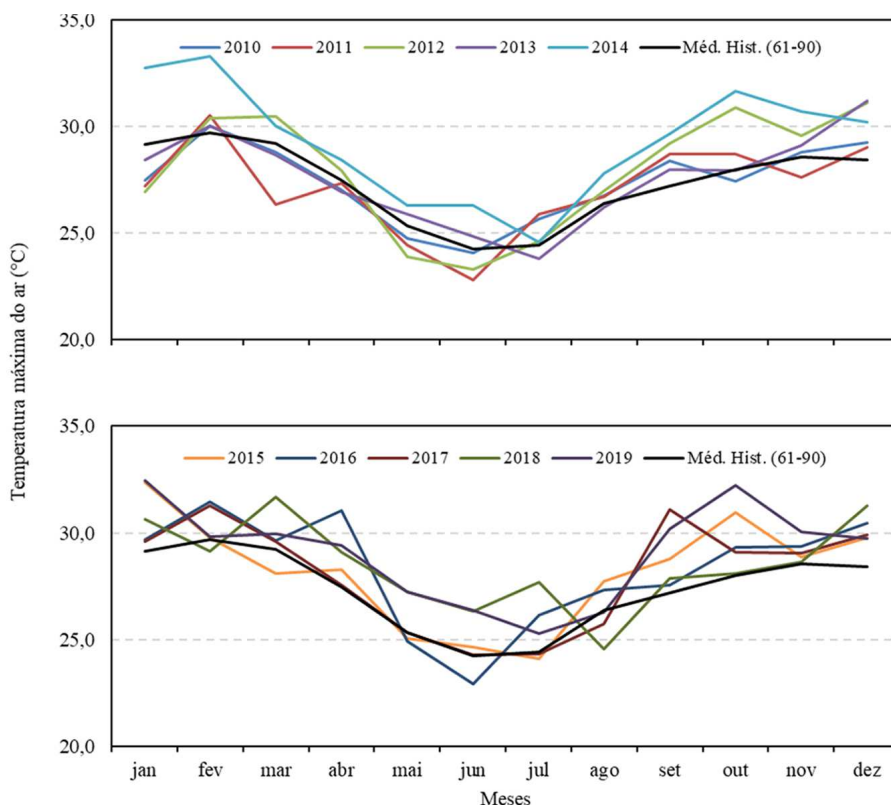


Figura 4. Temperatura máxima do ar mensal (°C) para o município de Campinas (SP), considerando os anos de 2010 a 2019, comparada à normal climatológica.

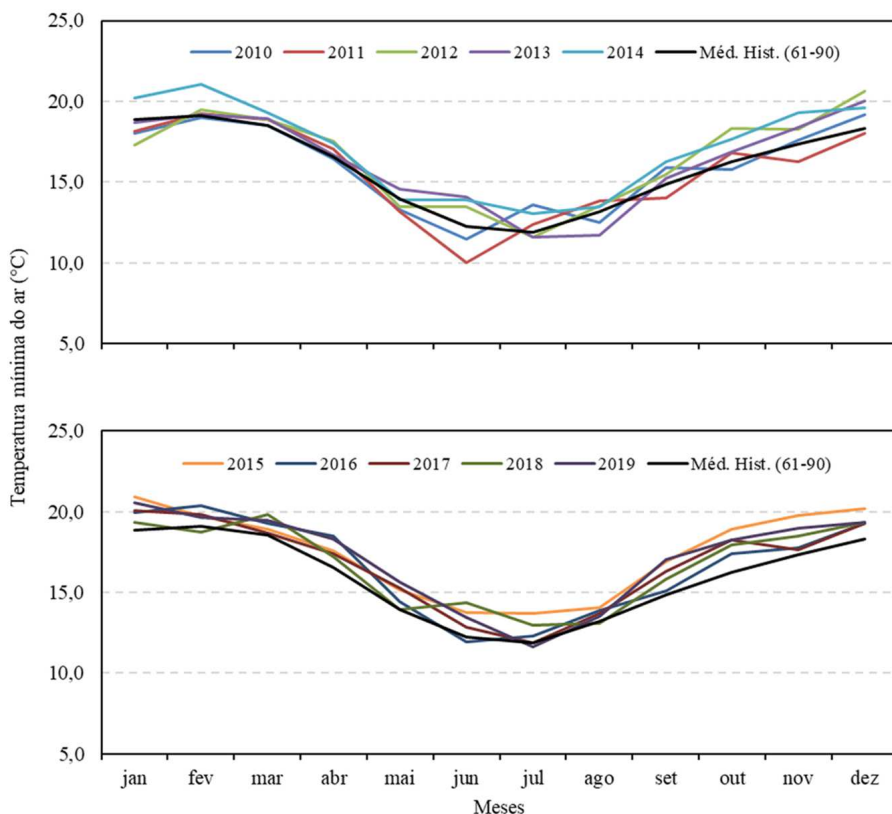


Figura 5. Temperatura mínima do ar mensal (°C) para o município de Campinas (SP), considerando os anos de 2010 a 2019, comparada à normal climatológica.

Os valores das temperaturas médias anuais ficaram, em média, 0,6 (2012); 0,4 (2013); 1,6 (2014); 1,3 (2015); 0,9 (2016); 0,8 (2017) e 1,1 °C (2018) acima da média histórica, que é de 21,6 °C. Apenas em alguns meses, como por exemplo, janeiro/2012, junho/2016, julho/2017 e agosto/2018 notou-se uma ligeira queda no valor da temperatura em relação ao dado normal.

Nesse período observou-se que as temperaturas mais elevadas, geralmente, ocorreram nos meses de janeiro e fevereiro, enquanto as mais baixas, entre os meses de junho e agosto. Apenas no ano de 2018, a temperatura média mais elevada, 25,8 °C foi registrada no mês de março.

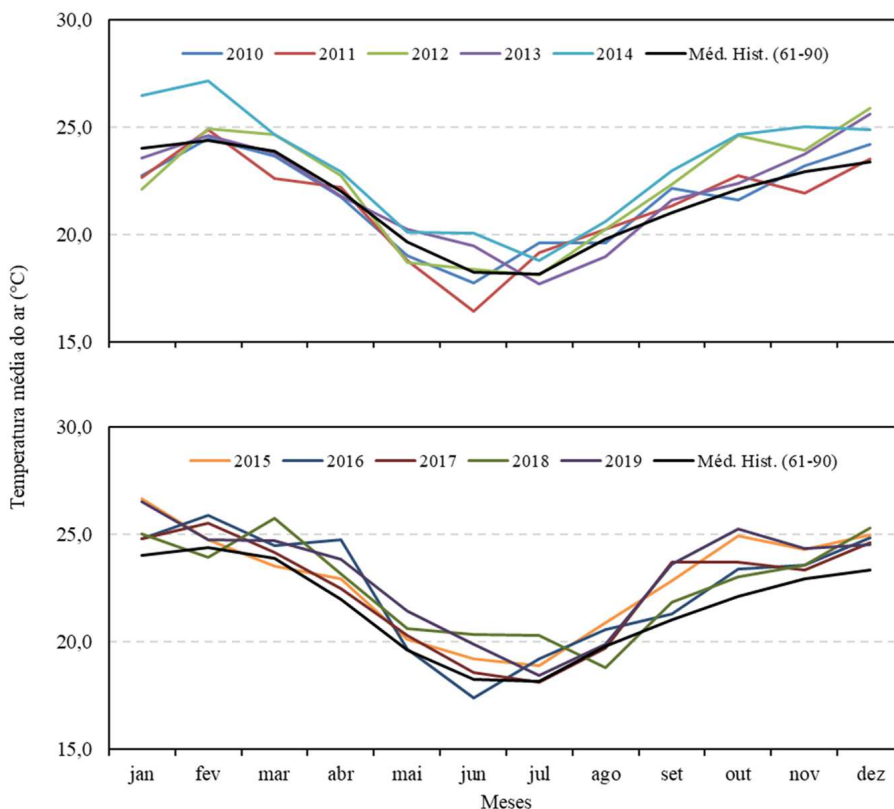


Figura 6. Temperatura média do ar mensal (°C) para o município de Campinas (SP), considerando os anos de 2010 a 2019, comparada à normal climatológica.

Já o índice pluviométrico anual (Figura 7) esteve acima da média histórica nos anos de 2010 (1458 mm), 2015 (1528 mm), 2016 (1585 mm) e 2017 (1512 mm). Em 2014, ano considerado muito seco, o total pluviométrico anual registrado foi 906 mm. Nos anos de 2012, 2013 e 2016 observou-se um prolongamento das chuvas de outono, com chuvas persistindo até junho. Já em 2017, o volume de chuva abaixo do esperado em agosto e setembro, interferiram diretamente na florada, com queda de flores e baixo pegamento. Nesse ano, observou-se a diminuição das chuvas a partir do final de março e primeira quinzena de abril, com o retorno das chuvas no final de setembro. Foi possível observar que, em alguns anos, a regularização das chuvas ocorreu um pouco mais tarde, ou seja, choveu em setembro, mas houve atraso na regularização das mesmas, como observado em 2017.

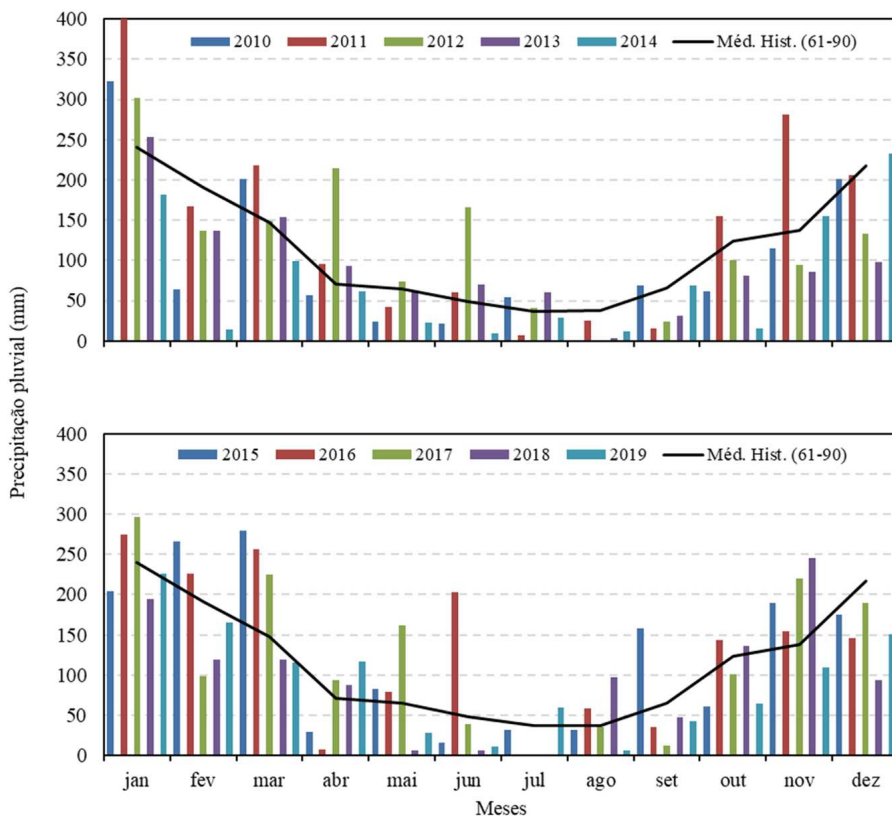


Figura 7. Precipitação pluviométrica mensal (mm) para o município de Campinas (SP), considerando os anos de 2010 a 2019, comparada à normal climatológica.

b) Espírito Santo do Pinhal

Na figura 8 é apresentada a série histórica utilizada (2010 a 2019) para o município de Espírito Santo do Pinhal (SP). Observou-se a variação dos valores de temperatura máxima, mínima e precipitação pluviométrica ao longo do período analisado.

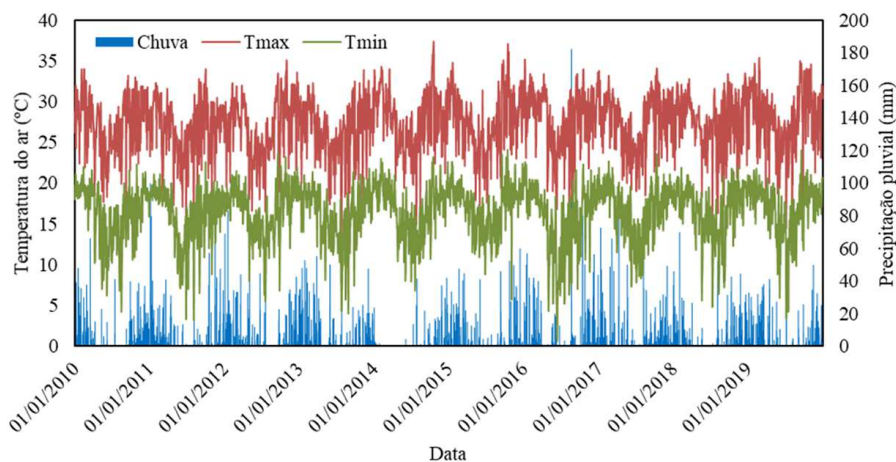


Figura 8. Série histórica (2010 a 2019) dos valores de temperatura máxima, mínima e precipitação para o município de Espírito Santo do Pinhal (SP).

O município de Espírito Santo do Pinhal localiza-se em uma região de altitudes mais elevadas, denominada “Montanhas da Mantiqueira de São João da Boa Vista”. A região possui temperatura mais amena e deficiência hídrica nos meses de maturação do fruto, condição essa favorável à produção de cafés de qualidade. As temperaturas máximas, mínimas e médias mensais para o município de Espírito Santo do Pinhal, no período analisado são apresentadas nas figuras 9, 10 e 11. Observou-se, de maneira geral, que os valores da temperatura média mensal mantiveram-se acima da média histórica (1941-1970), para todos os anos analisados. Observaram-se em todos os anos analisados, temperaturas mais elevadas em dezembro e janeiro, destacando-se janeiro de 2015 e 2016, onde a temperatura média superou o valor histórico em 3,0 e 4,0 °C, respectivamente. Ressalta-se que, apesar da região ser elevada e haver riscos para ocorrência de geadas, ao longo dos anos analisados não ocorreram geadas significativas, que pudessem ter causado danos/prejuízos generalizados em lavouras de café.

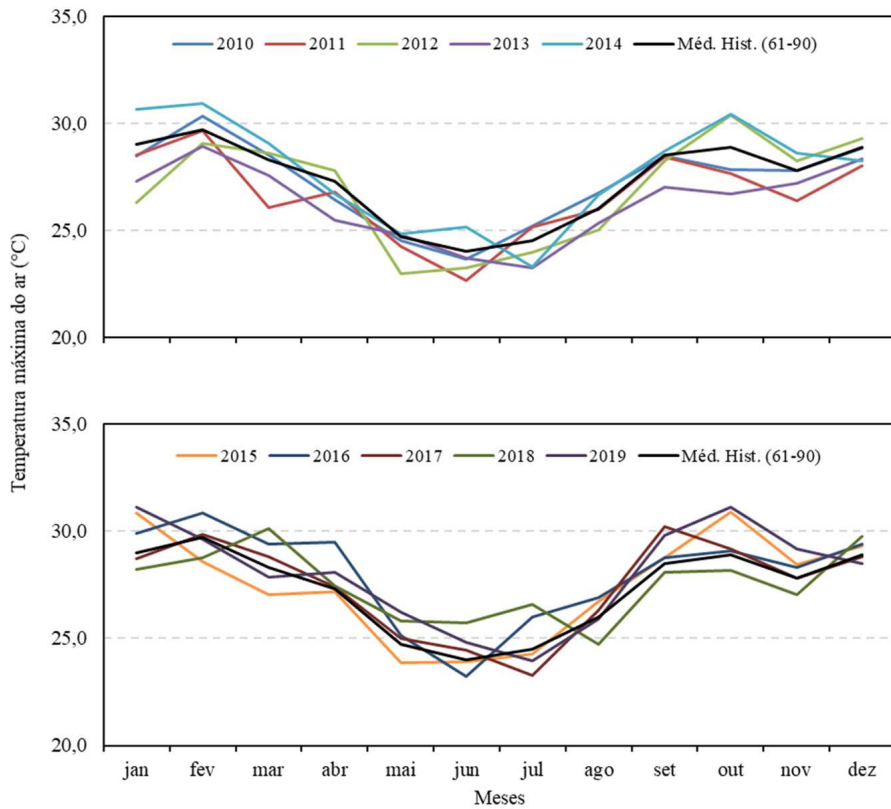


Figura 9. Temperatura máxima do ar mensal (°C) para o município de Espírito Santo do Pinhal (SP), considerando os anos de 2010 a 2019, comparada à normal climatológica.

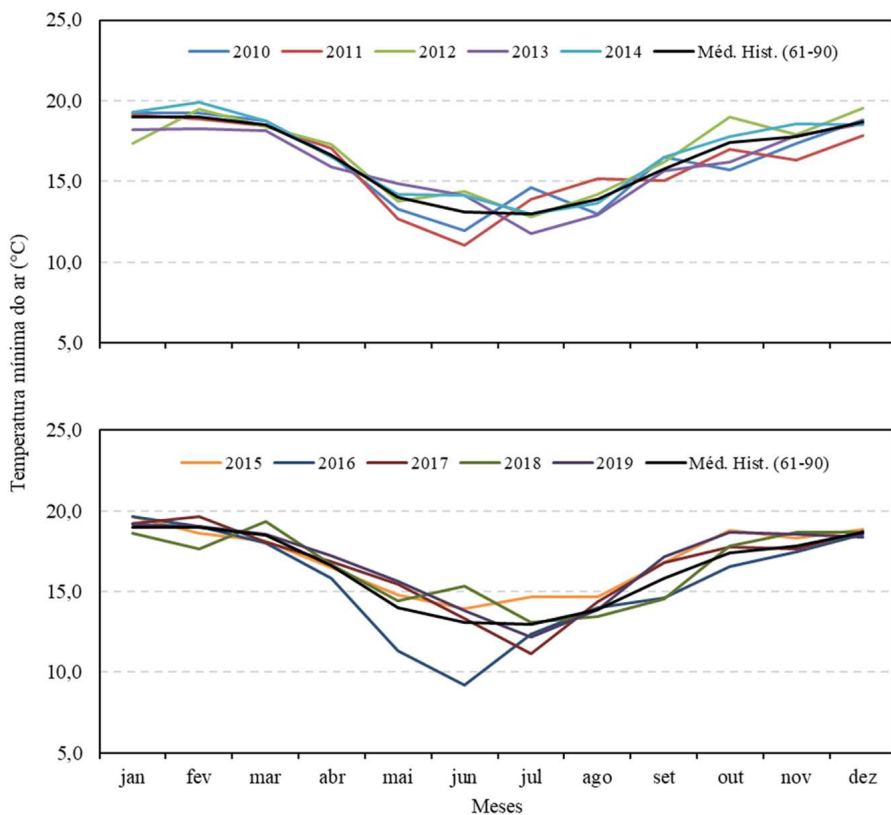


Figura 10. Temperatura mínima do ar mensal (°C) para o município de Espírito Santo do Pinhal (SP), considerando os anos de 2010 a 2019, comparada à normal climatológica.

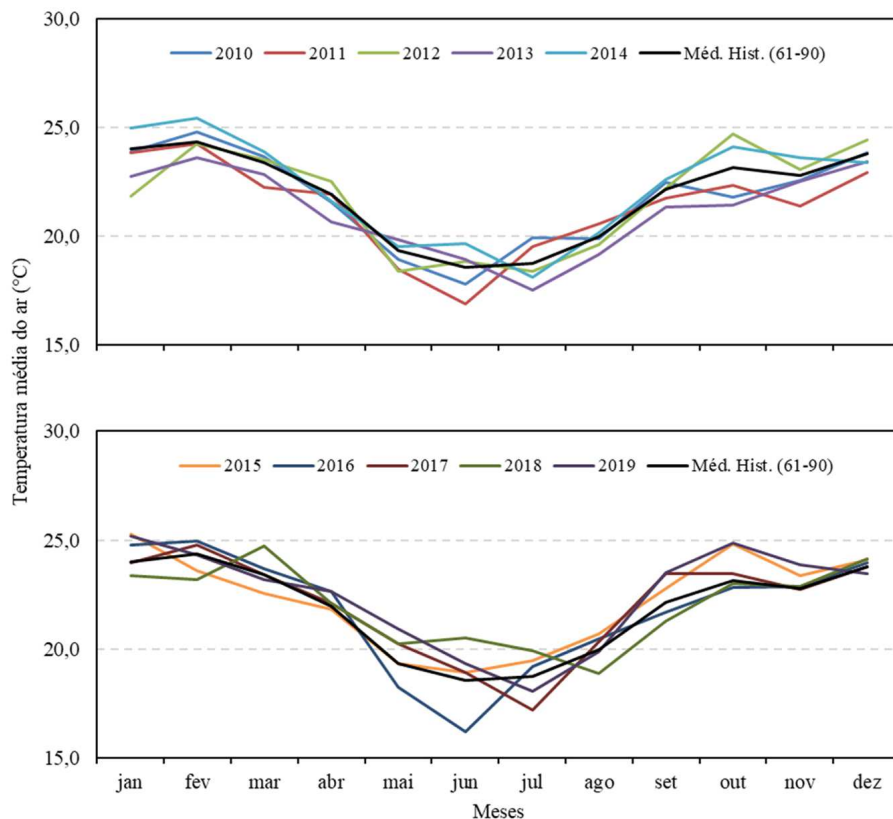


Figura 11. Temperatura média do ar mensal (°C) para o município de Espírito Santo do Pinhal (SP), considerando os anos de 2010 a 2019, comparada à normal climatológica.

Em relação às chuvas (Figura 12), a estação mais seca ocorre entre abril e setembro. Em 2014 registrou-se o menor índice pluviométrico anual (616 mm), sendo 916 mm abaixo da média histórica (1532 mm). Durante o período analisado, o ano com mais eventos extremos em relação às condições climáticas foi o de 2014, onde ocorreu um longo período com déficit hídrico em praticamente todo o estado. No entanto, em 2016, registrou-se o maior índice pluviométrico anual, chegando a 1844 mm. Nesse ano foram registrados volumes satisfatórios de chuva em agosto; porém em setembro registrou-se baixo índice pluviométrico, ou seja, as chuvas demoraram a se regularizar. Essa condição também foi observada em 2017, ano em que as chuvas chegaram mais cedo, mas foram se regularizar apenas no final de outubro.

Em 2018 foram registradas chuvas a partir de agosto e, de maneira geral, foram mais regulares ao longo do mês de setembro, contribuindo para um maior pegamento das flores do cafeeiro.

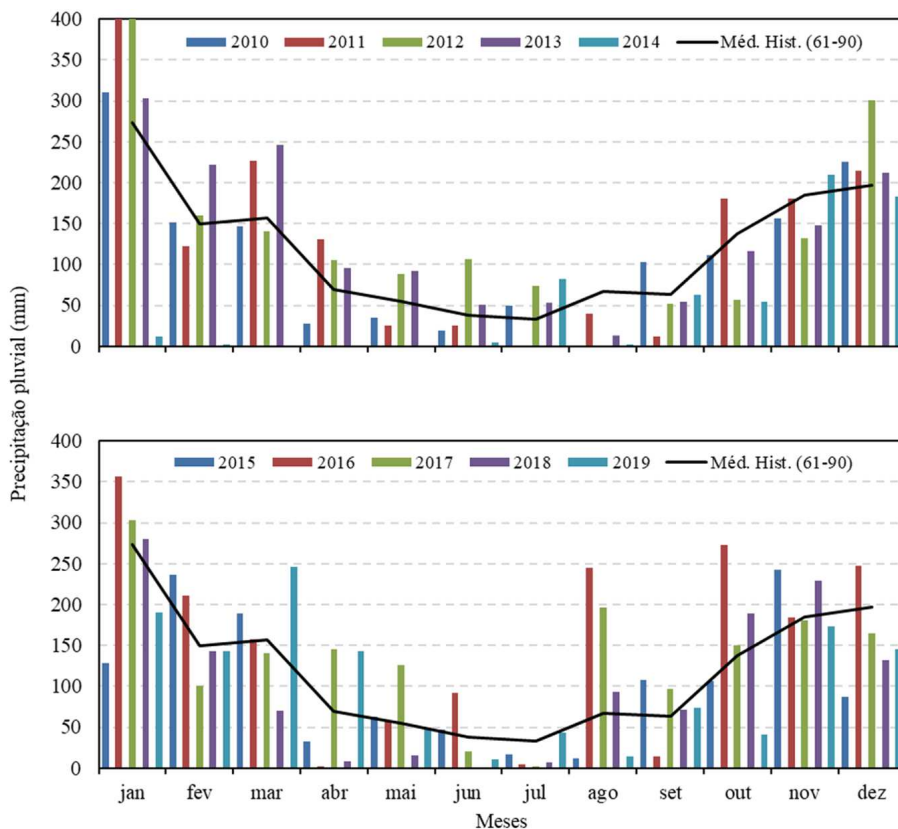


Figura 12. Precipitação pluvial mensal (mm) para o município de Espírito Santo do Pinhal (SP), considerando os anos de 2010 a 2019, comparada à normal climatológica.

c) Franca

Na figura 13 é apresentada a série histórica utilizada (2010 a 2019) para o município de Franca (SP). Na figura observa-se a variação dos valores de temperatura máxima, mínima e precipitação pluvial ao longo do período analisado.

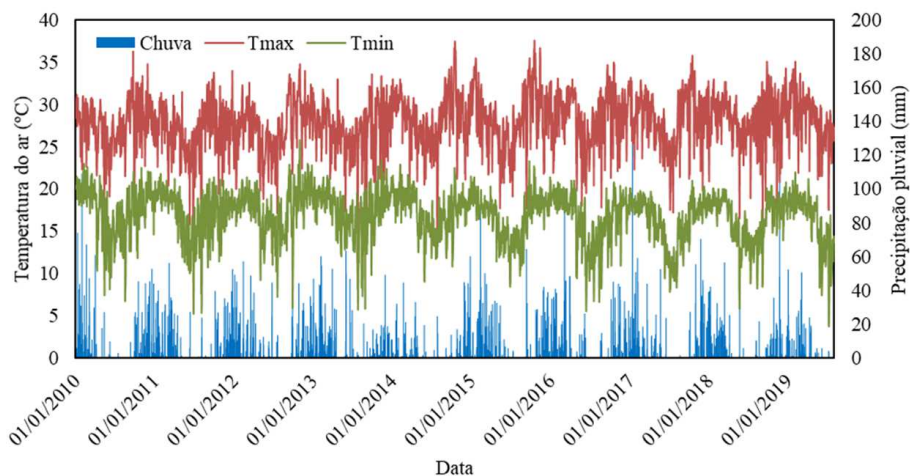


Figura 13. Série histórica (2010 a 2019) dos valores de temperatura máxima, mínima e precipitação pluvial para o município de Franca (SP).

Conhecida pela alta qualidade de seus cafés, o município de Franca, situado na região leste do estado de São Paulo, ou mais conhecida como “Alta Mogiana de Franca”, é uma região que possui temperaturas mais amenas e acentuada deficiência hídrica na época da maturação dos frutos de café. Nas figuras 14, 15 e 16 são apresentadas as temperaturas máxima, mínima e média mensais ao longo dos anos de 2010 a 2019. Observou-se que, assim como os demais municípios avaliados, Franca também apresentou valores de temperatura média mensal acima da média histórica (1961-1990). O mês de janeiro de 2015 apresentou maior variação, com valor de temperatura até 3,4 °C superior à média histórica. Comparando-se as médias históricas com as médias do período analisado, o ano de 2014 pode ser considerado o mais quente. Essa condição, de elevadas temperaturas ao longo dos anos de 2014 e 2015, esteve aliada a um índice pluviométrico de quase 66% abaixo da média histórica, o que provocou o racionamento de água em todo o estado de São Paulo.

O mês de julho apresentou temperaturas médias mais baixas para essa localidade, o que corrobora com as condições observadas em todo o estado, como um todo. Em 2017 esse valor foi de 17 °C, próximo ao da média histórica (16,9 °C), porém, houve observações onde as médias foram superiores cerca de 2 °C, chegando a 19,2 °C.

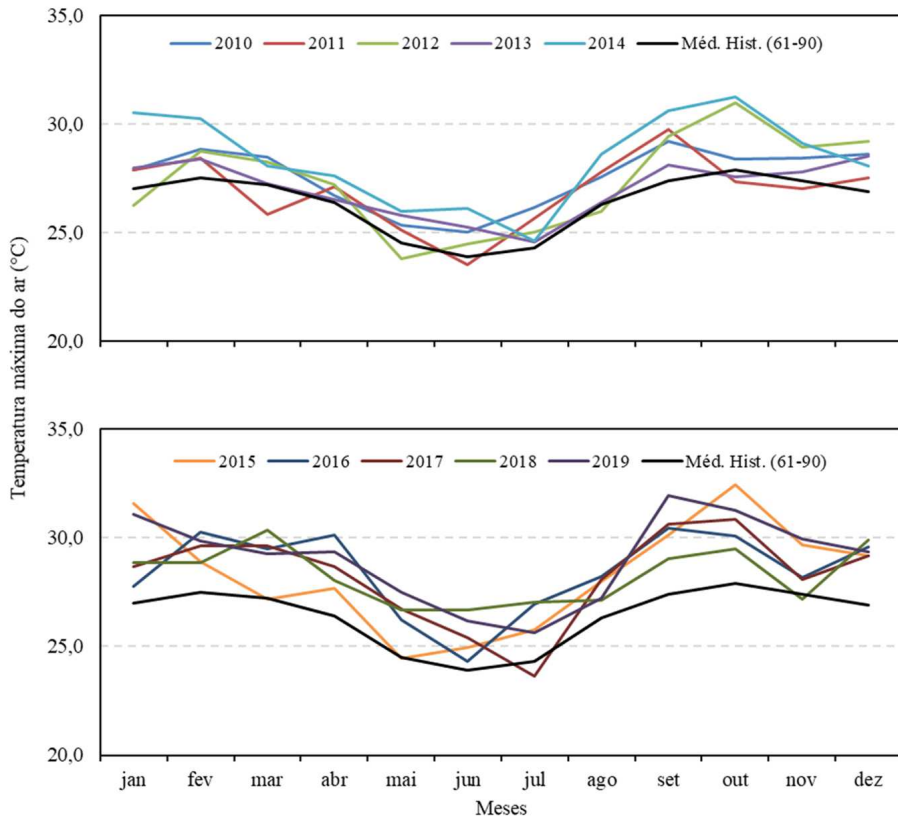


Figura 14. Temperatura máxima do ar mensal (°C) para o município de Franca (SP), considerando os anos de 2010 a 2019, comparada à normal climatológica.

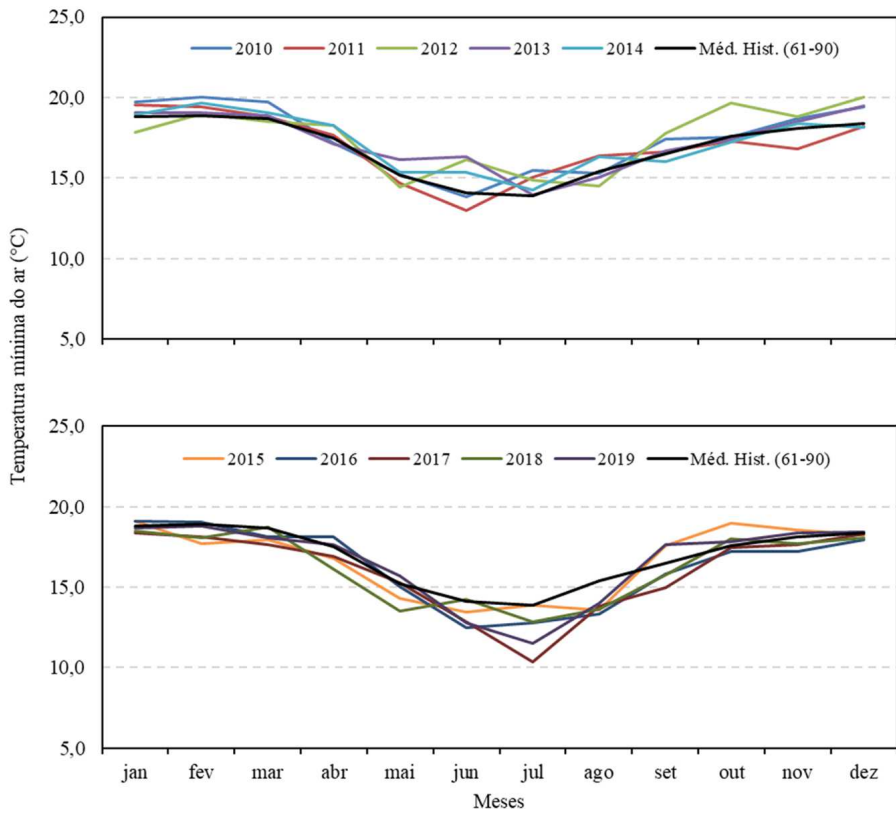


Figura 15. Temperatura mínima do ar mensal (°C) para o município de Franca (SP), considerando os anos de 2010 a 2019, comparada à normal climatológica.

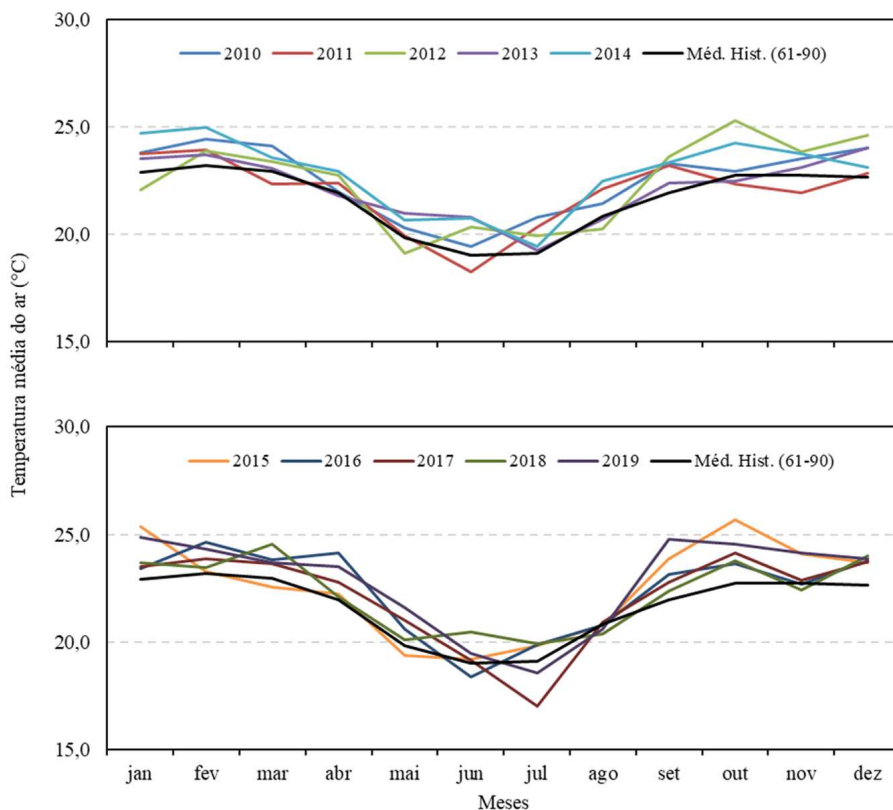


Figura 16. Temperatura média do ar mensal (°C) para o município de Franca (SP), considerando os anos de 2010 a 2019, comparada à normal climatológica.

As chuvas ocorridas ao longo desse período (2010 a 2019) variaram de 1001 mm (2014) a 1668 mm (2016), sendo a média histórica de 1545 mm. Em 2015, 2016 e 2017 observaram-se totais anuais acima da média histórica, totalizando 1629, 1668 e 1665 mm, respectivamente. De maneira geral, os meses de julho e agosto são os mais secos, com menor registro de chuva, sendo observados valores totais mensais em julho, variando de zero (2016, 2017 e 2018) a 61 mm (2014), e em agosto, de zero (2012, 2014 e 2015) e 48 mm (2018), (Figura 17).

Em Franca, normalmente o retorno das chuvas ocorre a partir de setembro, com exceção de 2016, quando o volume total de chuvas, nesse mês, foi de apenas 8 mm. As chuvas que ocorreram em agosto não foram regulares e contínuas. Assim, a normalização da situação hídrica só começou a ocorrer em meados de outubro, desse ano.

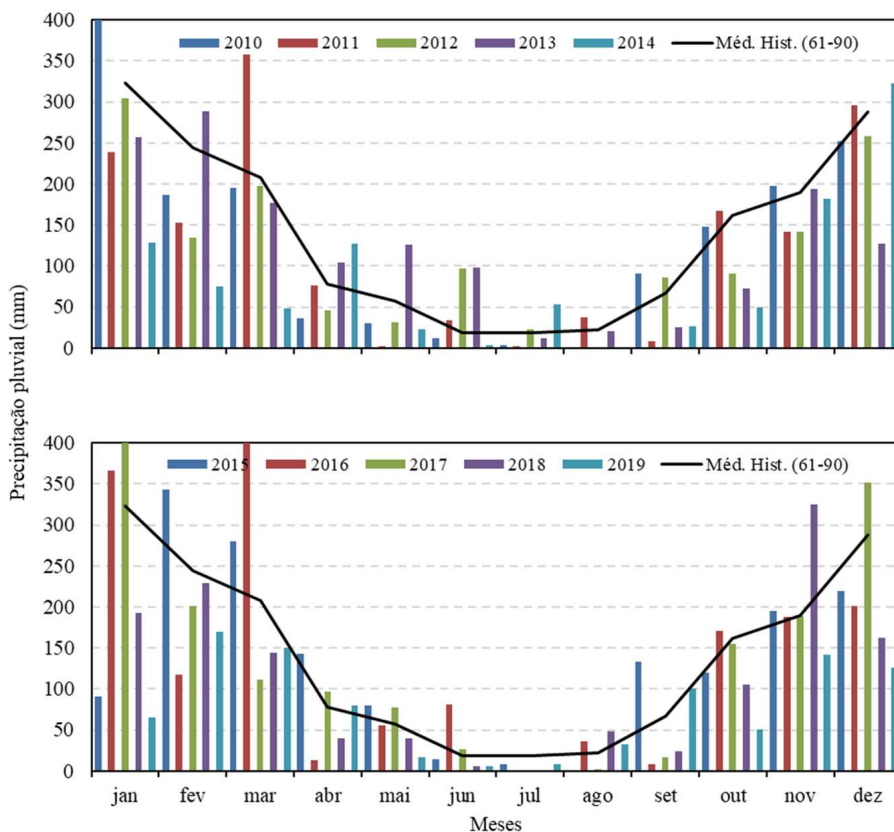


Figura 17. Precipitação pluvial mensal (mm) para o município de Franca (SP), considerando os anos de 2010 a 2019, comparada à normal climatológica.

d) Marília

Na figura 18 é apresentada a série histórica utilizada (2010 a 2019) para o município de Marília. Na figura observa-se a variação dos valores de temperatura máxima, mínima e precipitação pluvial ao longo do período analisado.

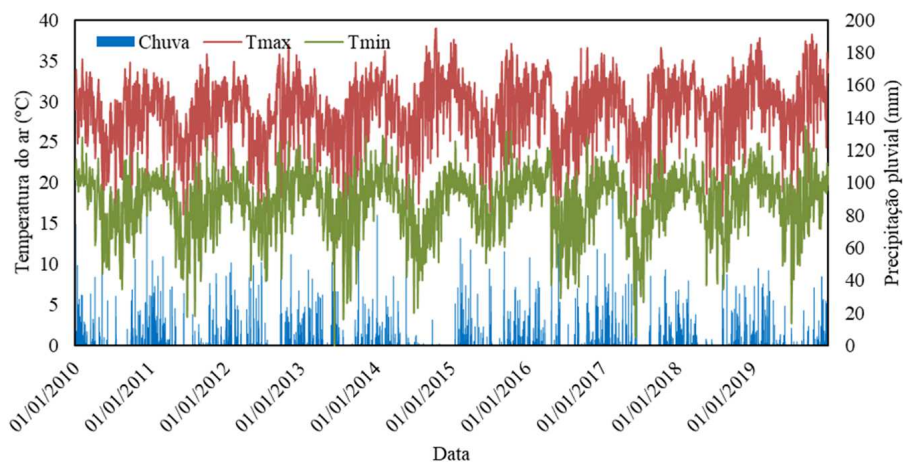


Figura 18. Série histórica (2010 a 2019) dos valores de temperatura máxima, mínima e precipitação pluvial para o município de Marília (SP).

Situada na região denominada “Espigão de Garça/Marília”, essa é uma região que apresenta temperaturas mais elevadas, comparada às demais localidades analisadas. Essa característica faz com que nessa região o ciclo do café possa ser mais curto e a colheita ser antecipada em relação a outros locais do estado, onde as temperaturas são mais amenas. Com isso, a época de maturação pode ocorrer em um período de deficiência hídrica moderada e não tão acentuada, quanto à observada na região de Espírito Santo do Pinhal ou Franca. As temperaturas máxima, mínima e média mensais da região são apresentadas nas figuras 19, 20 e 21.

Comparadas aos dados históricos (1941-1970), as temperaturas médias mensais mantiveram-se acima da média histórica praticamente em todo o período analisado (2010 a 2019) (Figura 21). Em especial, podemos destacar o mês de janeiro de 2015, quando foi registrada temperatura média mensal em torno de 3,3 °C acima da média histórica. Nesse período, analisando os meses de janeiro, apenas em 2012 observou-se temperatura média mensal abaixo da média histórica, sendo apenas 0,5 °C. Como nas demais localidades do estado, as temperaturas mais baixas ocorrem em junho e julho. No entanto, nessa localidade, durante o período analisado, os valores médios observados nesses meses foram acima da média, com exceção de 2017, quando a temperatura média mensal de julho ficou 1,1 °C abaixo da média histórica.

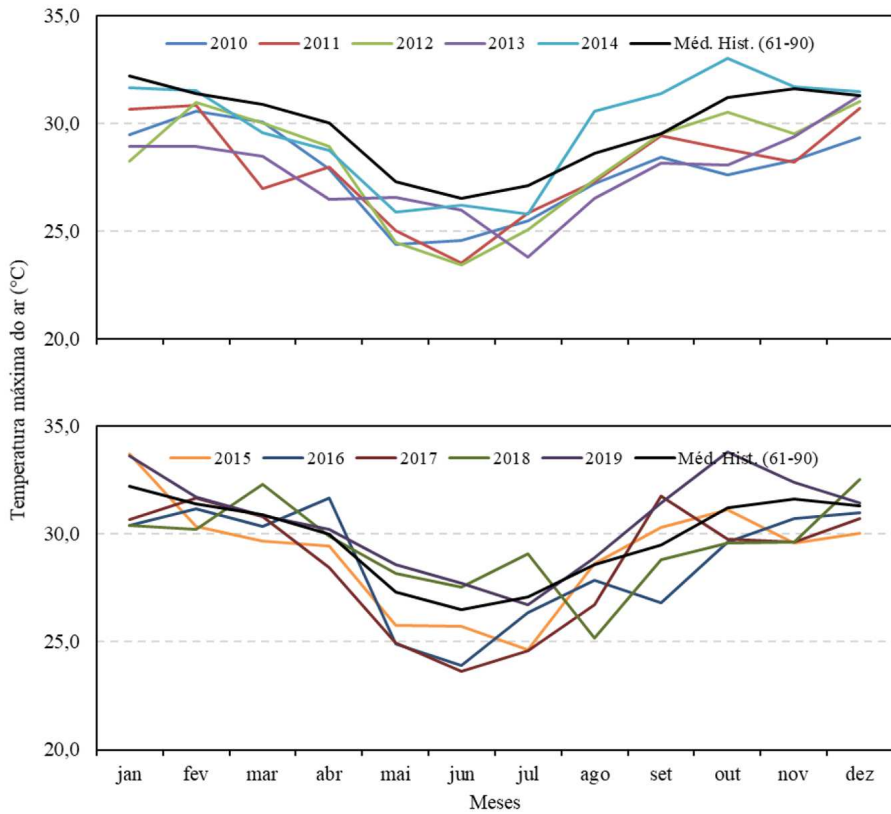


Figura 19. Temperatura máxima do ar mensal (°C) para o município de Marília (SP), considerando os anos de 2010 a 2019, comparada à normal climatológica.

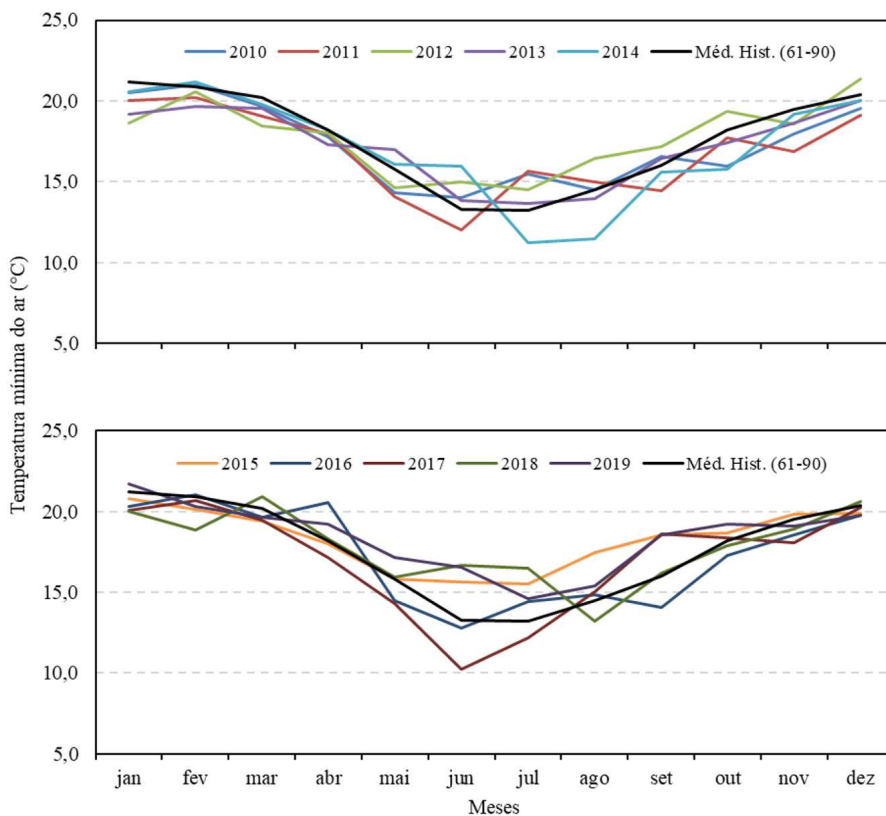


Figura 20. Temperatura mínima do ar mensal (°C) para o município de Marília (SP), considerando os anos de 2010 a 2019, comparada à normal climatológica.

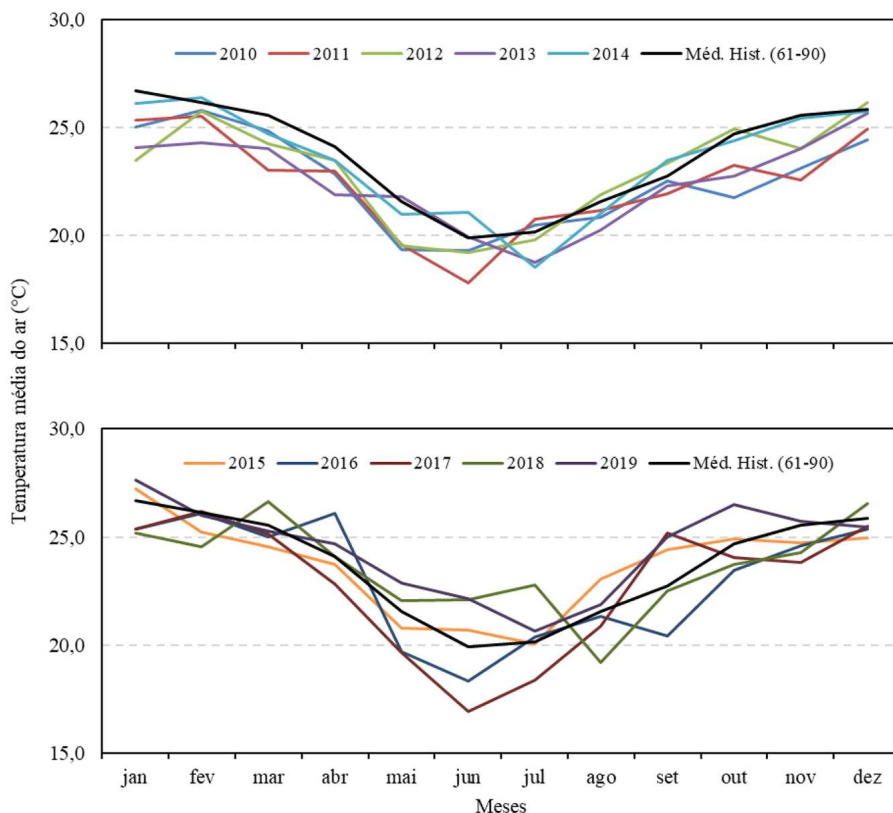


Figura 21. Temperatura média do ar mensal (°C) para o município de Marília (SP), considerando os anos de 2010 a 2019, comparada à normal climatológica.

Em relação aos dados de precipitação pluvial (Figura 22) observou-se que, em maio, junho e julho foram registrados volumes de chuva de acordo com o esperado, ocasionando condições mais úmidas durante a maturação, o que pode ocasionalmente prejudicar a qualidade natural da bebida do café.

Considerando os totais anuais de chuva, os valores registrados no período (2010 a 2019) ficaram, em geral, próximos à média histórica (1301 mm). A maior variação ocorreu em 2017, quando foi registrado o total anual de 1626,9 mm, uma diferença em torno de 325,9 mm acima da média anual histórica. Como nas demais localidades, 2014 foi um ano com baixo índice pluviométrico, totalizando apenas 637,7 mm. Em 2018, observou-se período de estiagem entre abril e julho, com o retorno das chuvas a partir de

agosto e setembro. No período analisado, apenas 2018 teve um período de chuvas mais prolongado nessa região, fato que favoreceu a uniformidade da florada com as primeiras chuvas a partir de agosto.

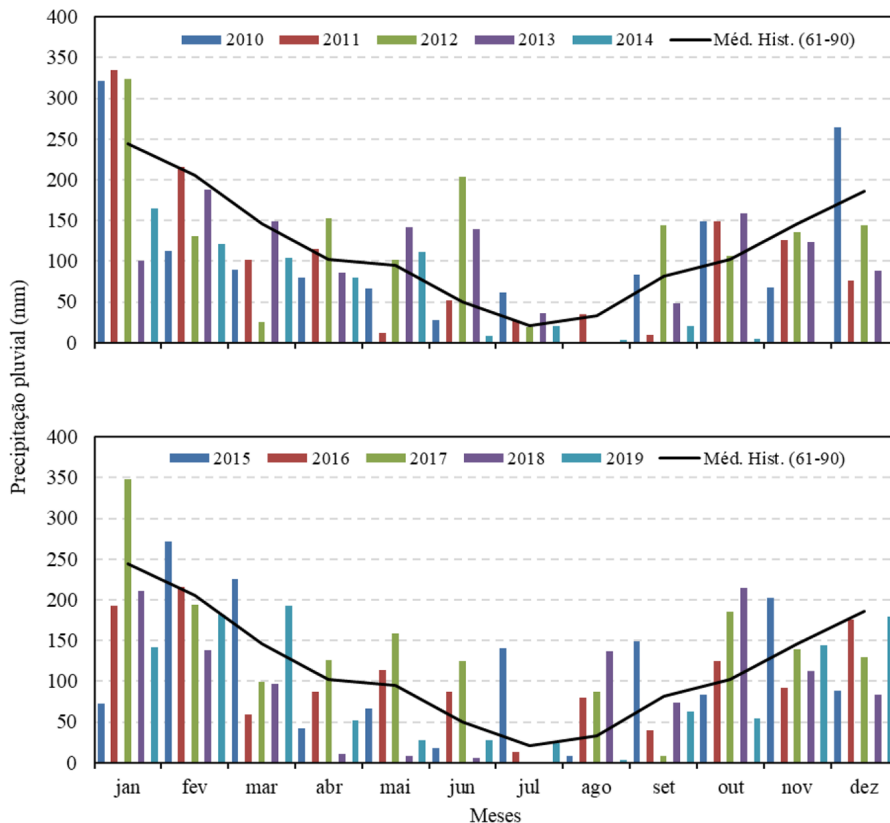


Figura 22. Precipitação pluvial mensal (mm) para o município de Marília (SP), considerando os anos de 2010 a 2019, comparada à normal climatológica.

e) Mococa

Na figura 23 é apresentada a série histórica utilizada (2010 a 2019) para o município de Mococa. Na figura observa-se a variação dos valores de temperatura máxima, mínima e precipitação pluvial ao longo do período analisado.

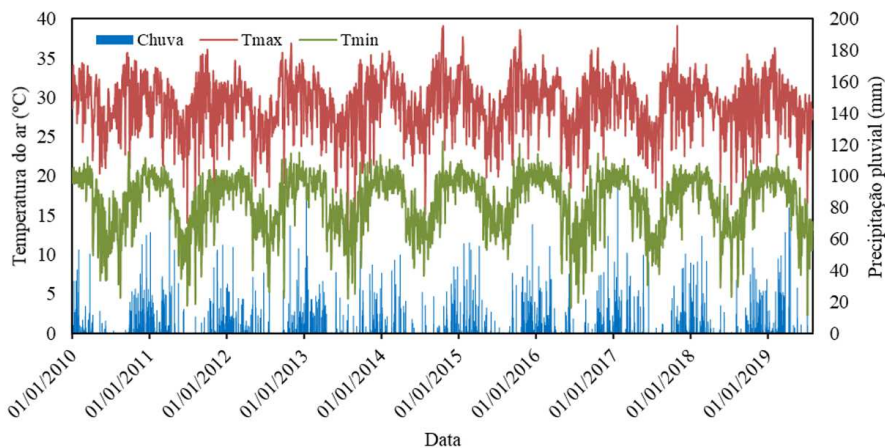


Figura 23. Série histórica (2010 a 2019) dos valores de temperatura máxima, mínima e chuva para o município de Mococa (SP).

A região de Mococa, assim como a de Espírito Santo do Pinhal, também se situa na região das “Montanhas da Mantiqueira de São João da Boa Vista”, região de temperaturas amenas e deficiência hídrica na época da maturação. Nas figuras 24, 25 e 26 são apresentadas as temperaturas máxima, mínima e média mensais para os anos de 2010 a 2019 comparadas à temperatura histórica da região (1961-1990). Observa-se que, entre todos os municípios analisados, em Mococa, os valores mensais de temperatura média foram os que mais se aproximaram dos valores históricos. A tendência observada foi de temperaturas ligeiramente mais elevadas que a média, no início da primavera (setembro e outubro). Nos meses mais frios (junho, julho e agosto), em alguns anos foram registradas temperaturas médias inferiores a da média histórica.

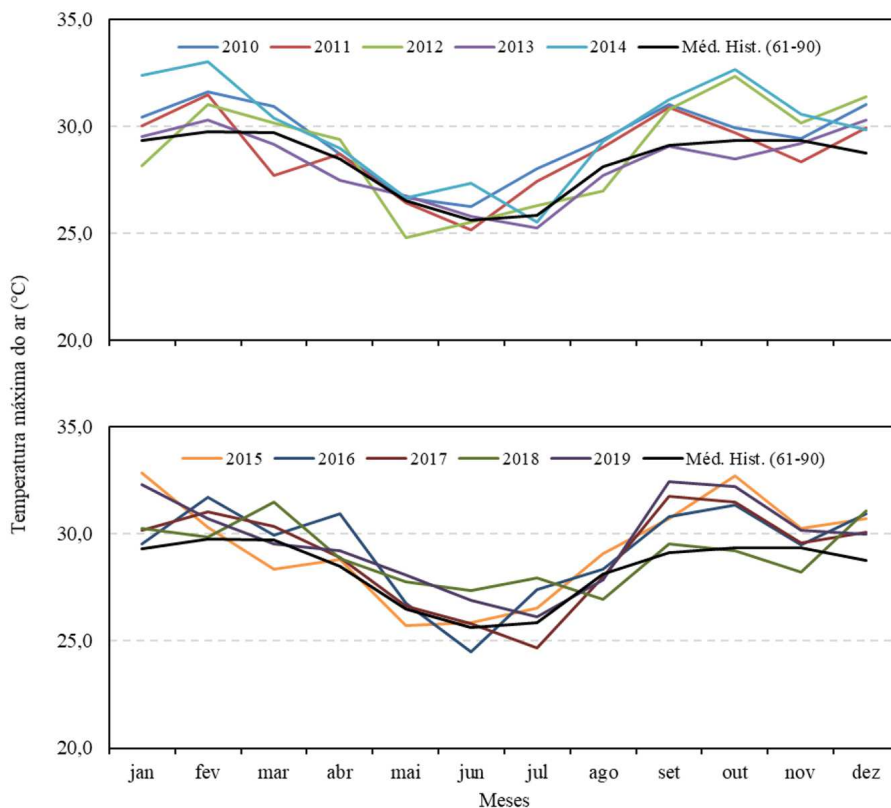


Figura 24. Temperatura máxima do ar mensal (°C) para o município de Mococa (SP), considerando os anos de 2010 a 2019, comparada à normal climatológica.

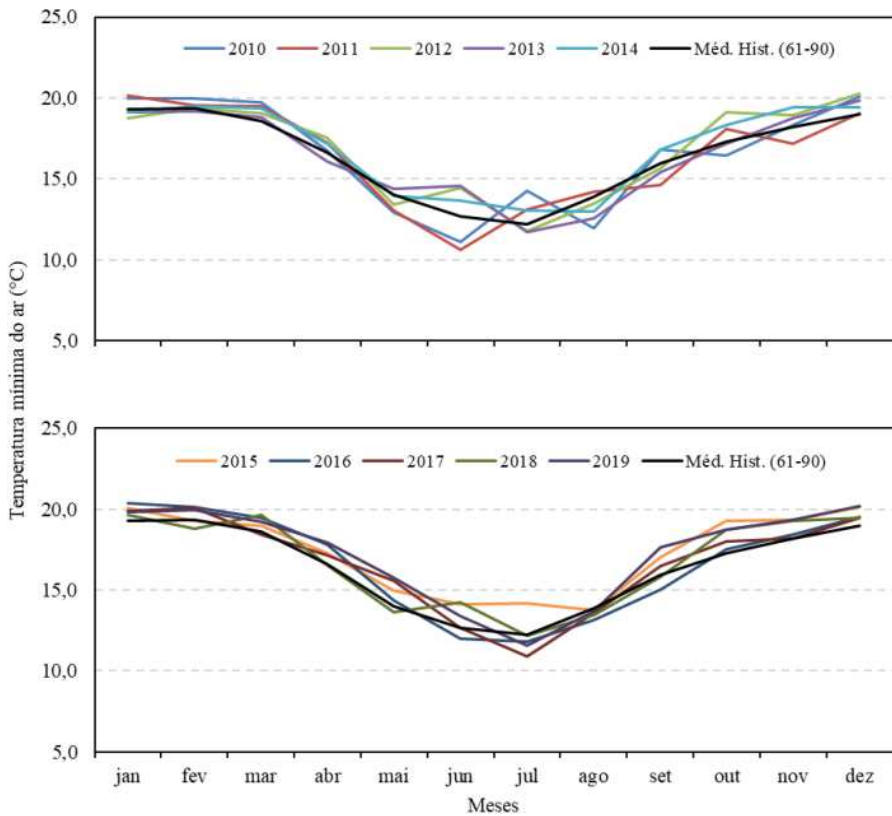


Figura 25. Temperatura mínima do ar mensal (°C) para o município de Mococa (SP), considerando os anos de 2010 a 2019, comparada à normal climatológica.

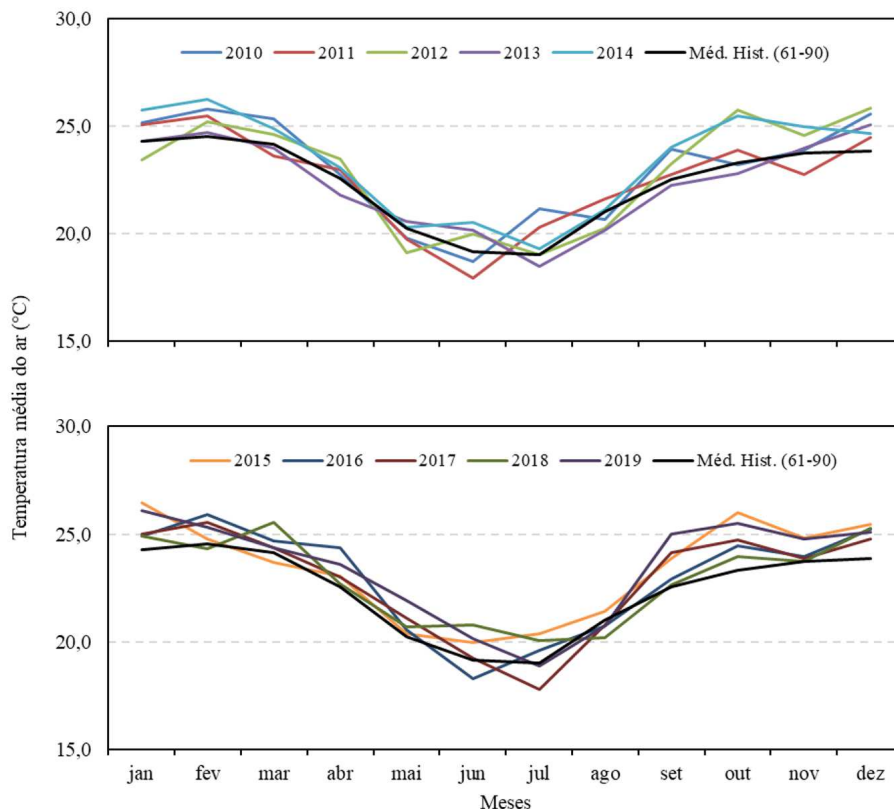


Figura 26. Temperatura média do ar mensal (°C) para o município de Mococa (SP), considerando os anos de 2010 a 2019, comparada à normal climatológica.

Em relação aos dados de precipitação pluvial (Figura 27), os totais mensais seguiram a mesma tendência dos valores da média histórica. Apenas os anos de 2013 e 2017 apresentaram totais anuais superiores ao da média histórica. O ano de 2014, assim como observado para os demais municípios, apresentou o menor volume total anual, 1027 mm.

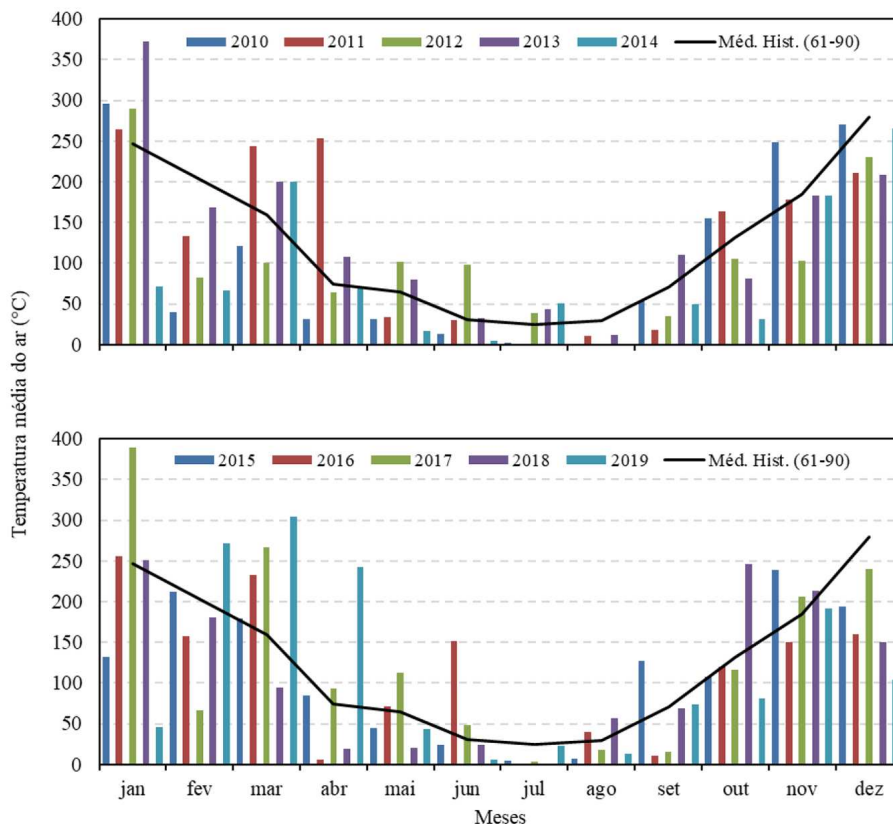


Figura 27. Precipitação pluvial mensal (mm) para o município de Mococa (SP), considerando os anos de 2010 a 2019, comparada à normal climatológica.

2.4. Balanços hídricos

O balanço hídrico climatológico, de acordo com Thornthwaite & Mather (1955), quando empregado de maneira sequencial, ainda possibilita quantificar as necessidades de irrigação em uma cultura (CAMARGO e PEREIRA, 1990) e a relacionar o rendimento das culturas com o déficit hídrico (JENSEN, 1968; DOORENBOS e KASSAM, 1994). Assim, para que possam trazer informações sobre as condições encontradas nessas regiões, ao longo dos anos de monitoramento, são apresentadas nas figuras 28 a 37 os extratos dos balanços hídricos decendiais (deficiência e excedente hídrico) e os resultados do armazenamento hídrico ($CAD = 100$ mm) no período de janeiro de 2012 a dezembro de 2019 para os municípios monitorados.

Observando-se os valores de deficiência e excedente hídrico não é possível determinar um padrão exato no início da estação seca, conforme se pode observar nas figuras com o extrato do balanço hídrico. No entanto, de maneira geral, o período mais seco ocorreu entre abril e outubro, em todas as regiões. Apenas para o município de Marília observa-se a maior frequência de ocorrência de chuvas em meses de inverno.

Entre os municípios, observa-se que o ano de 2014, como relatado anteriormente em relação às chuvas, foi o ano que apresentou maior período de deficiência hídrica. Os cinco municípios analisados apresentaram deficiência ao longo de todo o ano, com retorno das chuvas apenas no final do ano. Em Marília, apenas no mês de maio foi registrado excedente hídrico. Em Campinas, por exemplo, a deficiência hídrica totalizou 500 mm no decorrer do ano; em Espírito Santo do Pinhal foram 612 mm de deficiência, contra 100 mm de excedente, que só ocorreram em dezembro. Em Franca, a deficiência hídrica total foi de 545 mm e 247 mm de excedente hídrico, devido às chuvas que também ocorreram apenas em dezembro. Em Marília, o total de deficiência hídrica foi de 670 mm e o excedente hídrico foi de apenas 30 mm, registrado no último decêndio de maio. Em Mococa, a deficiência hídrica foi de 372 mm e as chuvas ocorridas a partir do final de novembro auxiliaram na elevação dos níveis de umidade do solo, atingindo um excedente hídrico de 146 mm.

Em relação aos períodos de deficiência hídrica, o município de Marília é o que demonstrou menor período de deficiência, ou seja, mesmo ao longo dos meses de maturação/colheita do café houve ocorrência de chuvas na região. Já nas demais regiões observou-se a ocorrência de períodos mais secos ao longo dos meses de inverno, período no qual se concentra os maiores volumes de colheita.

Em Campinas, nos anos de 2015, 2016, 2017 e 2018, a deficiência hídrica começou a diminuir em setembro, ou seja, com o retorno das chuvas ao longo do referido mês houve a reposição de água no solo, favorecendo o início da florada na região. Nos anos anteriores ocorreram chuvas, porém a regularização dessas chuvas verificou-se em um período mais tardio.

No município de Espírito Santo do Pinhal, nos anos de 2016, 2017 e 2018 os níveis de umidade do solo já começaram a se elevar a partir de agosto. Já em Mococa e Franca, essa elevação nos níveis de umidade ocorreu mais tardiamente, assim como em Campinas.

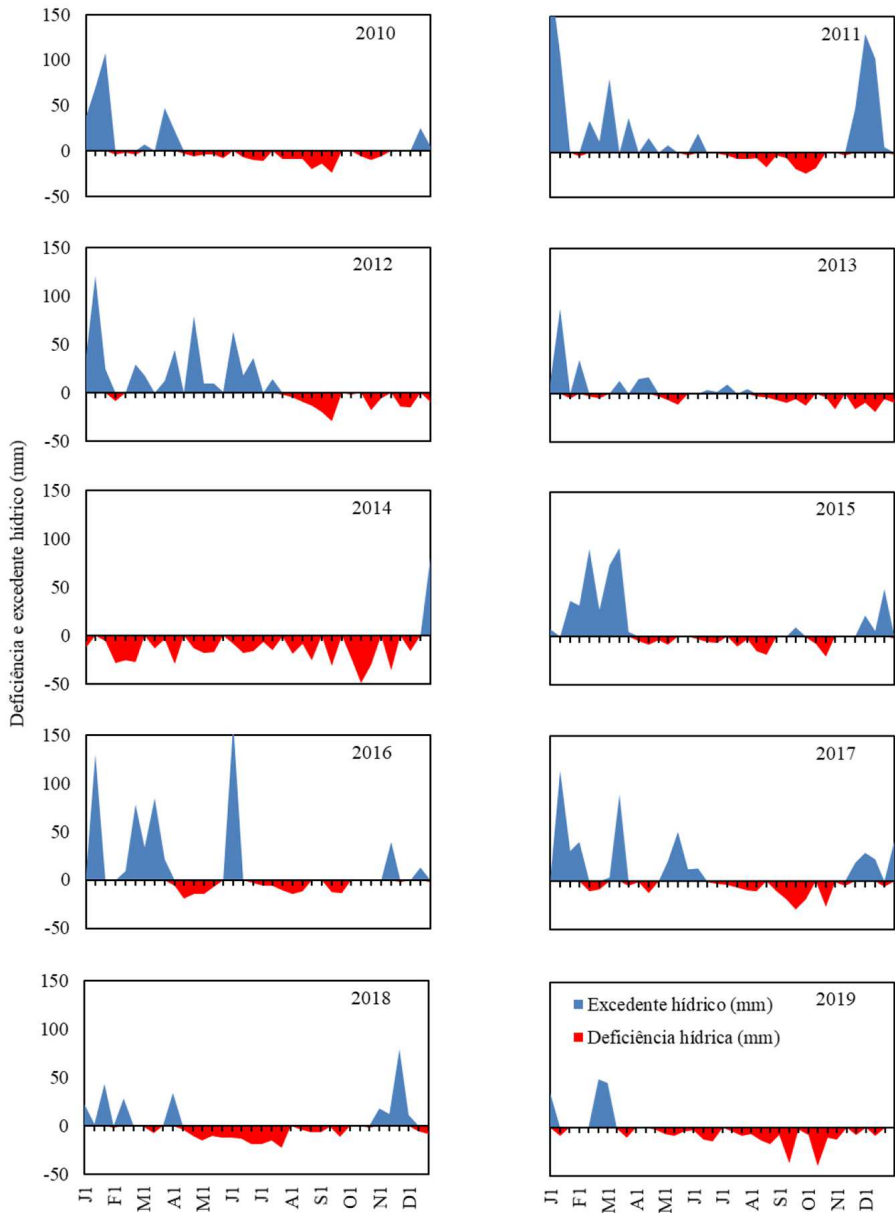


Figura 28. Extrato do balanço hídrico sequencial decenal para o município de Campinas (SP) nos anos de 2010 a 2019.

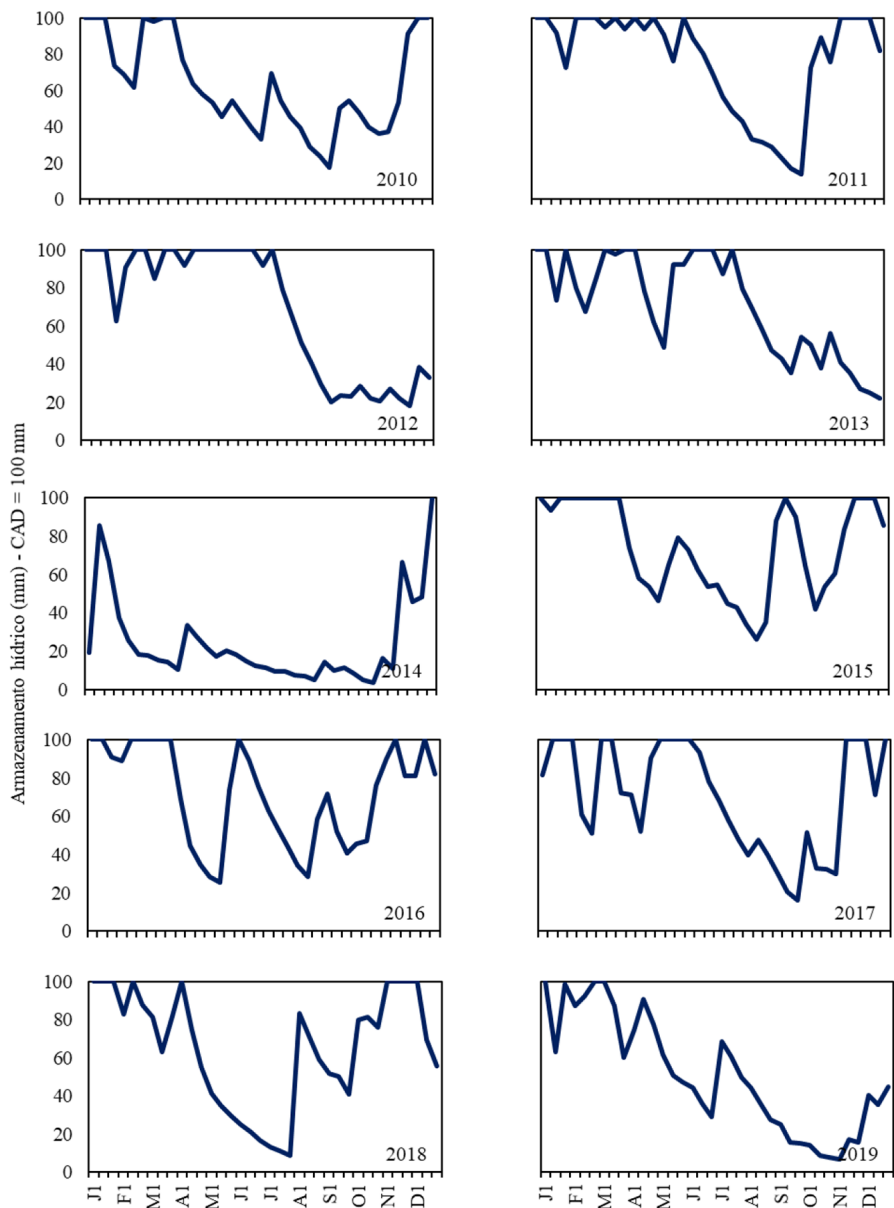


Figura 29. Armazenamento de água no solo (mm) para o município de Campinas (SP) nos anos de 2010 a 2019, considerando a CAD igual a 100 mm.

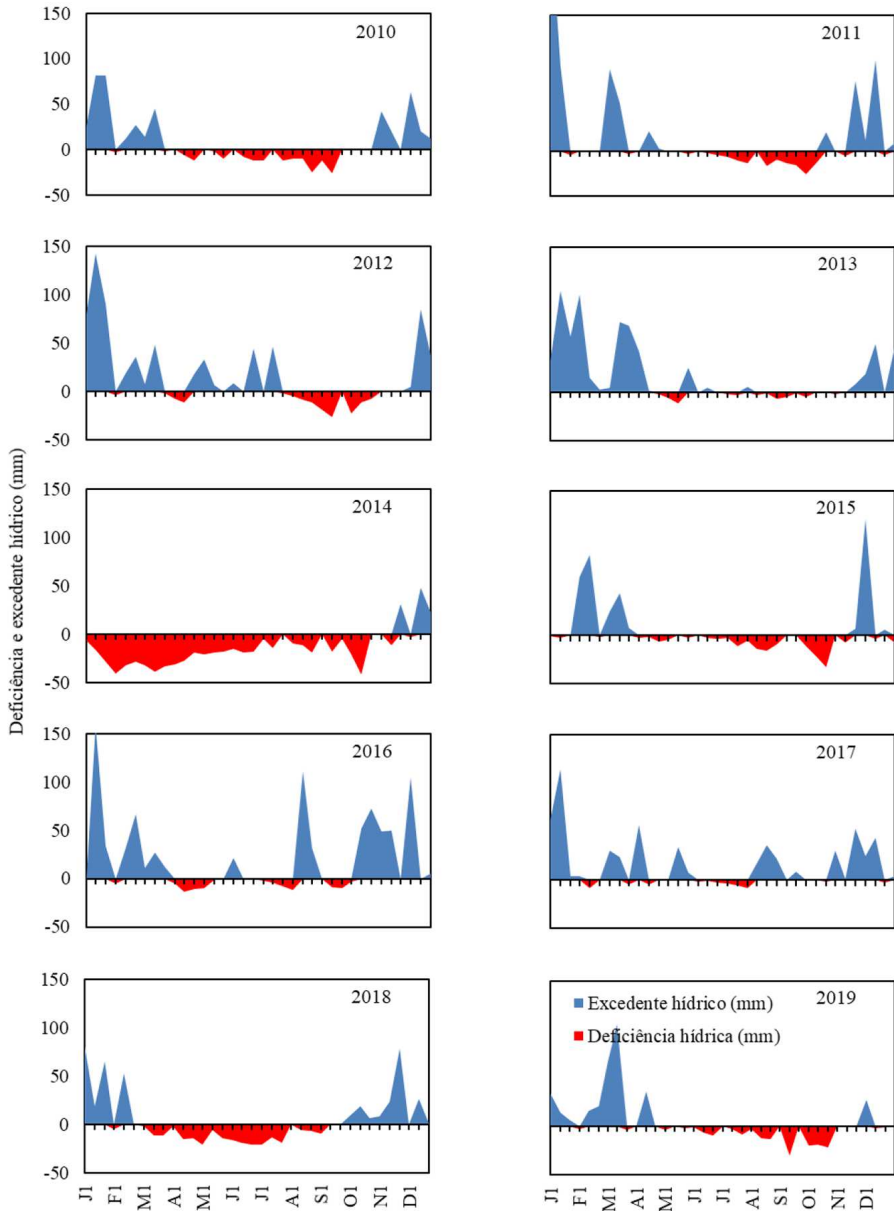


Figura 30. Extrato do balanço hídrico sequencial decenal para o município de Espírito Santo do Pinhal (SP) nos anos de 2010 a 2019.

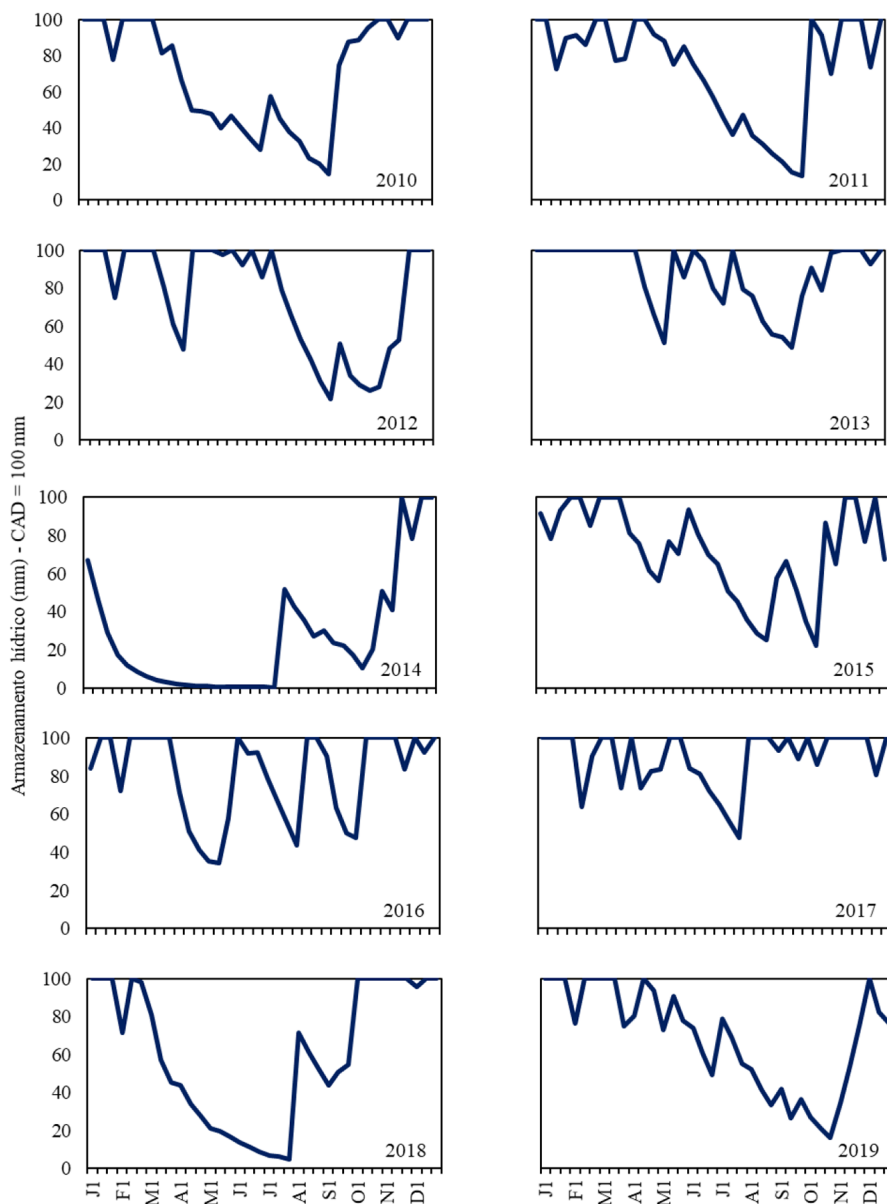


Figura 31. Armazenamento de água no solo (mm) para o município de Espírito Santo do Pinhal (SP) nos anos de 2010 a 2019, considerando a CAD igual a 100 mm.

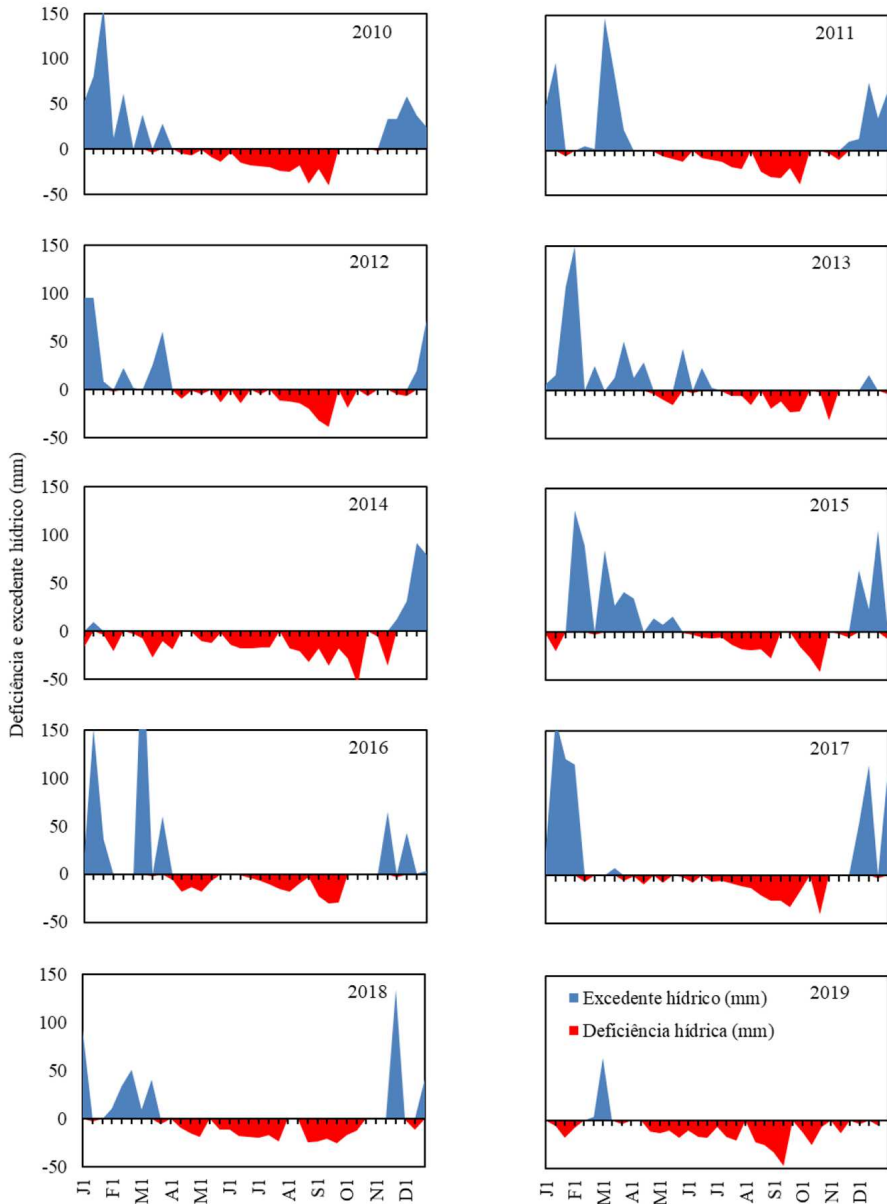


Figura 32. Extrato do balanço hídrico sequencial decenal para o município de Franca (SP) nos anos de 2010 a 2019.

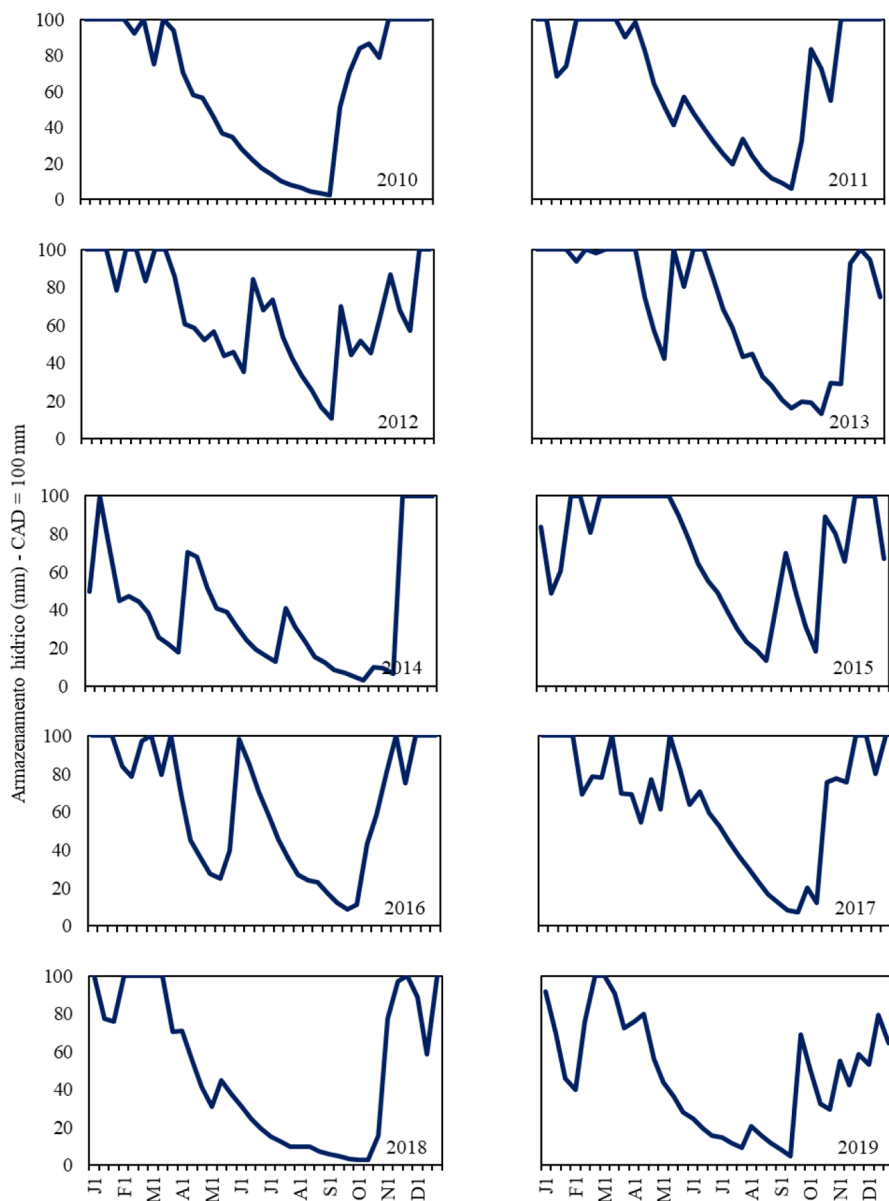


Figura 33. Armazenamento de água no solo (mm) para o município de Franca (SP) nos anos de 2010 a 2019, considerando a CAD igual a 100 mm.

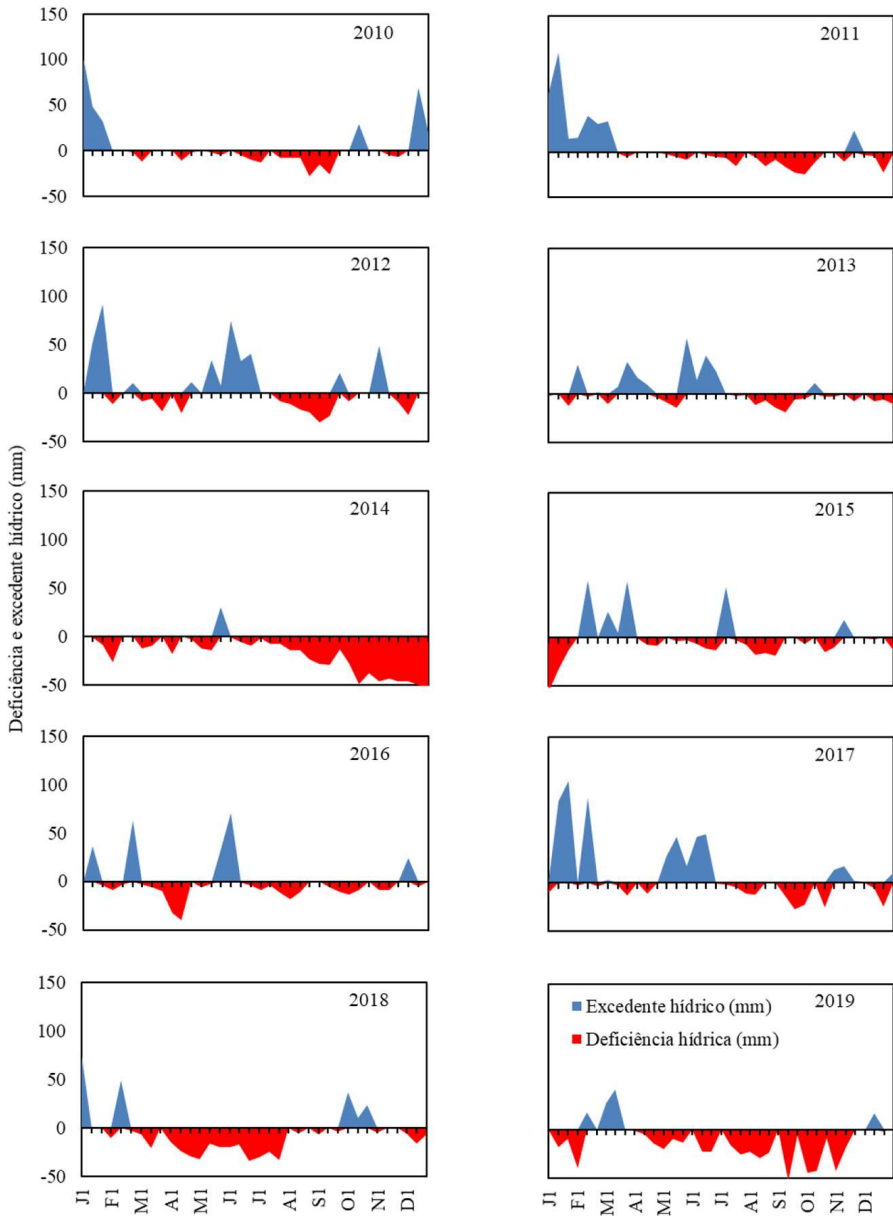


Figura 34. Extrato do balanço hídrico sequencial decenal para o município de Marília (SP) nos anos de 2010 a 2019.

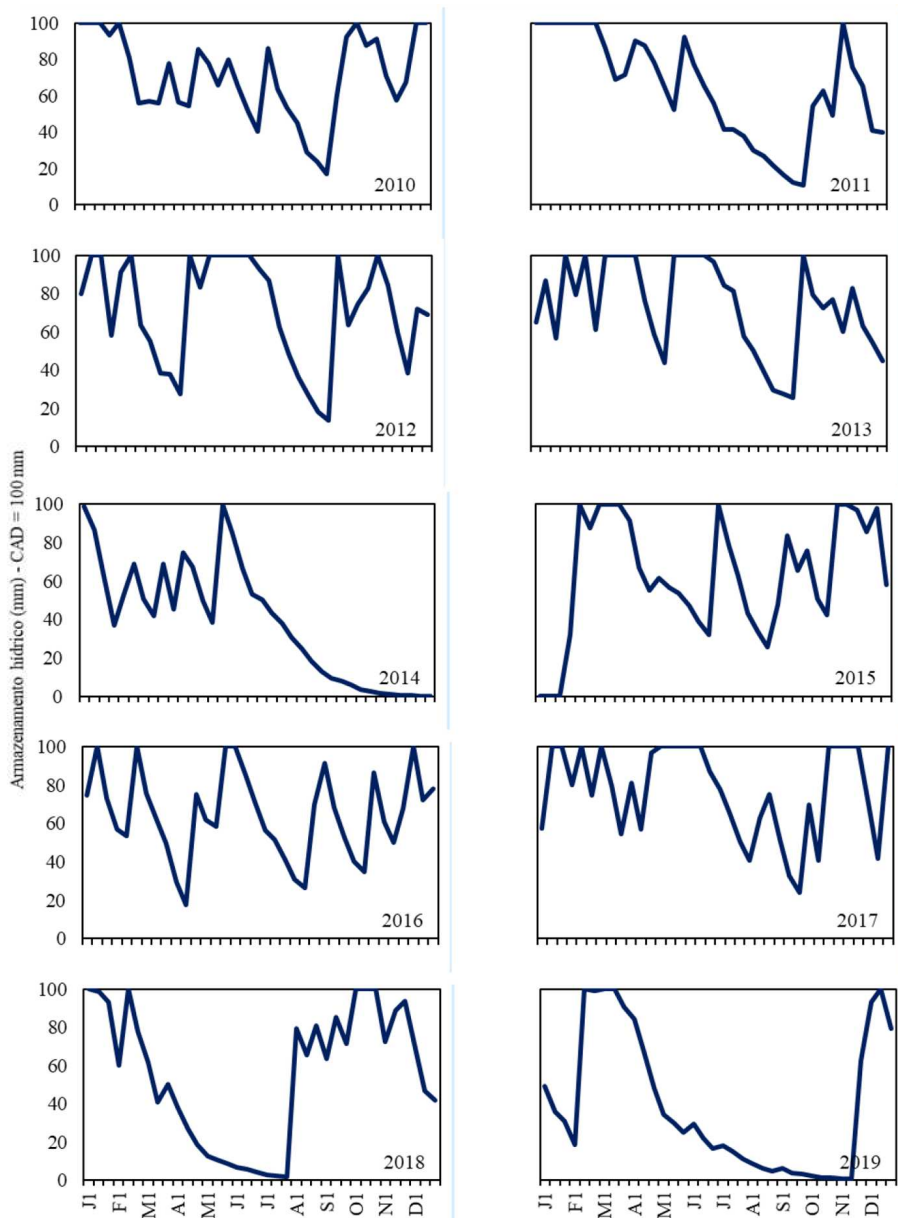


Figura 35. Armazenamento de água no solo (mm) para o município de Marília (SP) nos anos de 2010 a 2019, considerando a CAD igual a 100 mm.

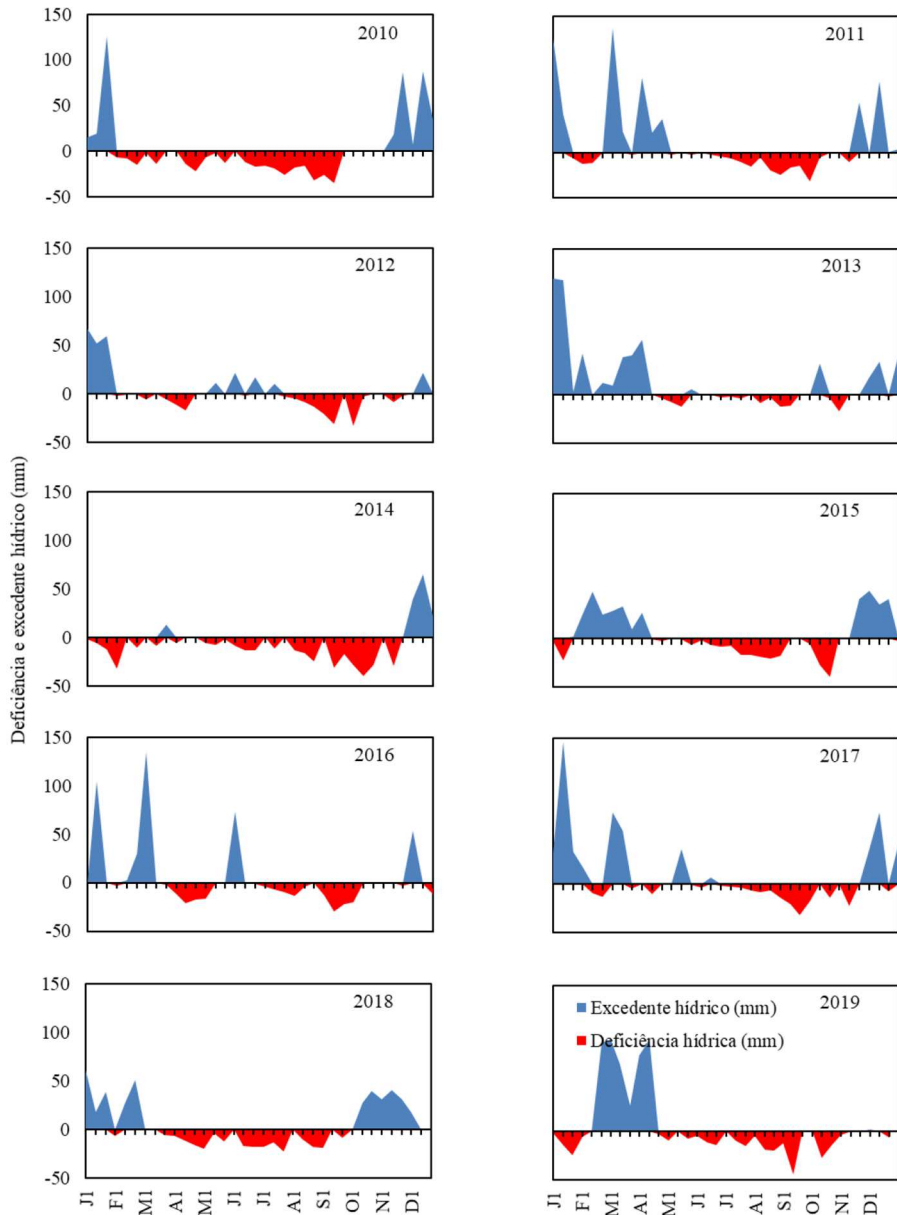


Figura 36. Extrato do balanço hídrico sequencial decenal para o município de Mococa (SP) nos anos de 2010 a 2019.

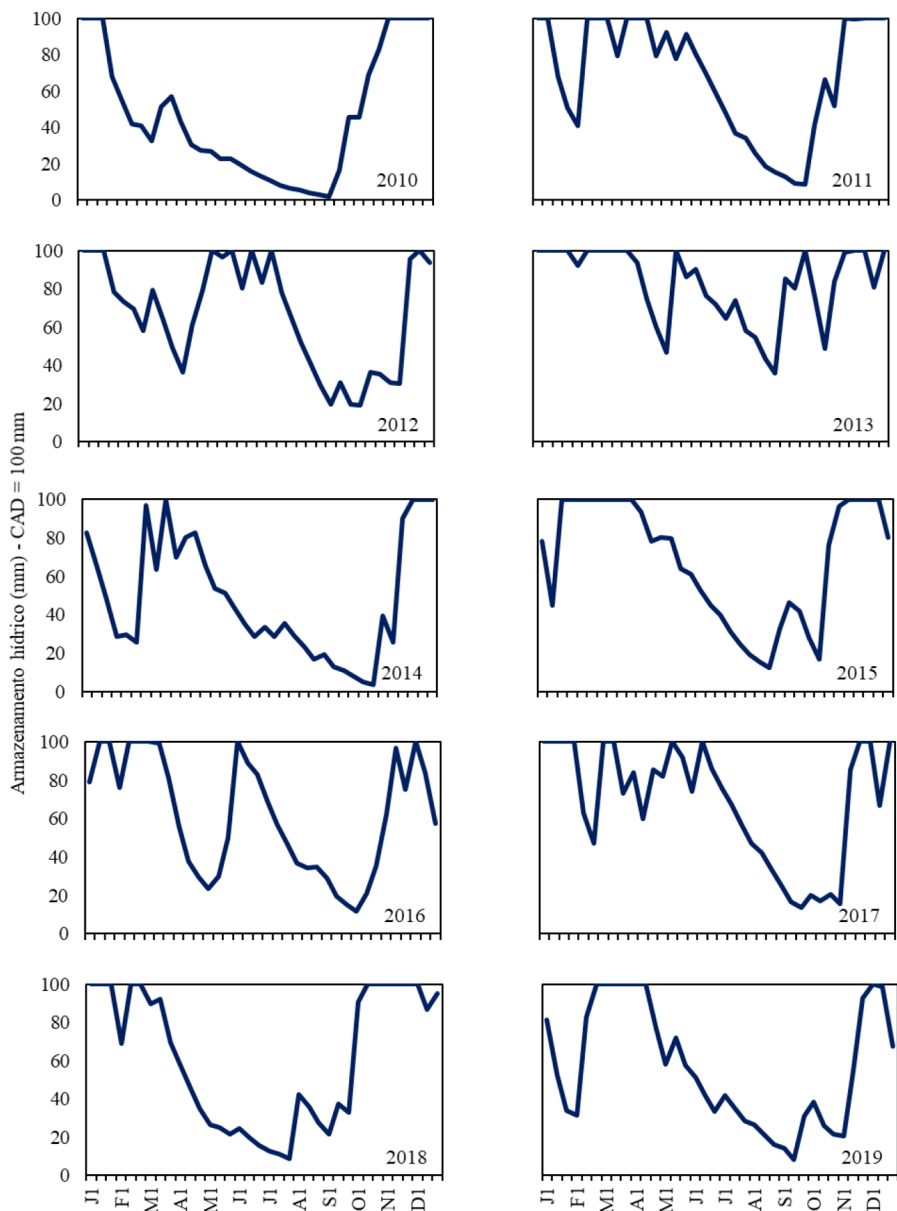


Figura 37. Armazenamento de água no solo (mm) para o município de Mococa (SP) nos anos de 2010 a 2019, considerando a CAD igual a 100 mm.

3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

As variações climáticas observadas no período considerado (2010 a 2019) indicam que o estado de São Paulo, apesar de apresentar condições climáticas aptas à cultura do cafeeiro, apresenta variações em suas condições de tempo atmosférico que podem impactar fortemente essa cultura. O ano de 2014 é um exemplo extremo dessas variações meteorológicas, uma vez que foi observado deficiência hídrica em praticamente todo o período de 2014. Esse tipo de condição impacta fortemente a produção agrícola, incluindo o cafeeiro. Essa característica também indica a necessidade de manter um constante monitoramento agrometeorológico no estado.

AGRADECIMENTOS

Ao Consórcio Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento do Café - CBP&D/Café (Consórcio Pesquisa Café) pela concessão da bolsa de pesquisa à Ludmila Bardin Camparotto.

REFERÊNCIAS

CAMARGO, A. P.; PEREIRA, A. R. **Prescrição de rega por modelo climatológico**. Campinas: Fundação Cargill, 1990. 27 p.

CAMARGO, M. B. P.; CAMARGO, A. P. Representação gráfica informatizada do extrato de balanço hídrico de Thornthwaite e Mather (1955). **Bragantia**, v. 52, n. 2, p. 169-172, 1993.

DOORENBOS, J.; KASSAM, A. H. **Efeito da água no rendimento das culturas**. Estudos FAO, Irrigação e Drenagem 33. Tradução GHEYI, H. R. e outros. Campina Grande: UFPB, 1994. 306 p.

JENSEN, N. E. Water consumption by agriculture plants. In: KOZLOWSKI, T. T. (Ed.). **Water deficits and plant growth**. New York: Academic Press, 1968. v. 2, p. 1-22.

PEDRO JÚNIOR. M. J.; SENTELHAS P. C.; POMMER, C. V. Determinação da temperatura-base, graus-dia e índice biometeorológico para a videira 'Niagara Rosada'. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v. 2, n. 1, p. 51-56, 1994.

SETZER, J. **Atlas Climático e Ecológico do Estado de São Paulo**. Comissão Interestadual da Bacia Paraná-Uruguaí, 1966. 61 p.

THORNTHWAITE, C. W.; MATHER, J. R. **The water balance**. Centerton, NJ: Drexel Institute of Technology - Laboratory of Climatology, 1955. 104 p.

VIANELLO, R. L., ALVES. A. R. **Meteorologia básica e aplicações**. Viçosa: UFV, 1991. 449 p.

Instituto Agrônômico
Av. Barão de Itapura, 1.481
13020-902 - Campinas (SP) BRASIL
Fone: (19) 2137-0600

www.iac.agricultura.sp.gov.br