

## COMPARAÇÃO CLIMÁTICA DE SÃO JOSÉ DOS CAMPOS, PARAIBUNA E SÃO LUIZ DO PARAITINGA ENTRE 1940-1970

## CLIMATE COMPARISON AMONG SÃO JOSÉ DOS CAMPOS, PARAIBUNA AND SÃO LUIZ DO PARAITINGA BETWEEN 1940-1970

Júlio César Pimenta dos Santos<sup>1</sup>  
Eduardo Jorge de Brito Bastos<sup>2</sup>

**Resumo:** O uso, controle e monitoramento dos recursos hídricos a cada ano se mostram mais detalhados e importantes para manutenção e proteção das bacias que abastecem a indústria, população e agropecuária. As características geográficas e ambientais de macro e microescala são decisivas para o microclima e disponibilidade hídrica. Para classificar o microclima e balanço hídrico foi utilizado o método de Thornthwaite para as cidades do Vale do Paraíba Paulista: Paraibuna, São José dos Campos e São Luiz do Paraitinga com a entrada de dados de 1940 a 1970. Os municípios estudados são geograficamente próximos, e analisando o uso e ocupação da terra e dados do IBGE encontramos suas características que diferenciam o clima dos municípios, a interferência antropogênica em áreas do município destinadas ao crescimento urbano e populacional, vegetação florestal e a construção da represa Paraibuna/Paraitinga. O objetivo deste trabalho é classificar e apontar possíveis alterações no microclima de cada município, e que foram encontrados microclimas úmidos, porém de subclassificações diferentes, que o uso e ocupação do solo aumentam algumas características naturais como temperatura e armazenamento hídrico.

**Palavras-chave:** Thornthwaite; Balanço hídrico; Evapotranspiração; Solo.

**Abstract:** The use, control and monitoring of water resources each year are becoming more detailed and important for the maintenance and protection of the basins that supply the industry, population and agriculture. The macro- and micro-scale geographic and environmental characteristics are decisive for the microclimate and water availability. To classify the microclimate and water balance, the Thornthwaite method was used for the cities of the Vale do Paraíba Paulista: Paraibuna, São José dos Campos and São Luiz do Paraitinga, with the input of data from 1940 to 1970. The studied municipalities are geographically close, and analyzing land use and occupation, as well as IBGE data, we found their characteristics that differentiate the climate of the municipalities, the anthropogenic interference in areas of the municipality destined to urban and population growth, forest vegetation and the construction of the Paraibuna/Paraitinga dam. The aim of this work is to classify and indicate possible alterations in the microclimate of each municipality, showing that humid microclimates were found, but with different subclassifications, and that the use and occupation of the soil increase some natural characteristics, such as temperature and water storage.

**Key words:** Thornthwaite; Hydric balance; Evapotranspiration; Ground.

---

<sup>1</sup> Graduando de Engenharia Ambiental e Sanitária na Faculdade de Engenharias, Arquitetura e Urbanismo – FEAU, da Universidade do Vale do Paraíba – Univap. E-mail: julio\_cesarpimenta@hotmail.com.

<sup>2</sup> Professor Faculdade de Engenharias, Arquitetura e Urbanismo – FEAU, da Universidade do Vale do Paraíba. E-mail: ebbastos@univap.br.

**Data de submissão:** 30.06.2021

**Data de aprovação:** 14.03.2022

**Identificação e disponibilidade:**

(<https://revista.univap.br/index.php/revistaunivap/article/view/2645>,  
<http://dx.doi.org/10.18066/revistaunivap.v28i58.2645>).

## 1 INTRODUÇÃO

O uso, controle e monitoramento dos recursos hídricos a cada ano se mostra mais detalhado e importante para manutenção das bacias que abastecem a indústria, populações e plantações. O entendimento das alterações na precipitação está ligado aos seus microclimas e séries históricas de cada município, pois podem ser eventos esporádicos ou uma característica contínua.

As características geográficas e ambientais de macro e microescala e suas interações geram diferentes climas por todo o globo. Em 1948, Thornthwaite publicou seu artigo "*An approach toward a rational classification of climate*" em que pelo uso de dados meteorológicos empíricos, desenvolveu e padronizou as classificações climáticas que utilizaram principalmente a temperatura e precipitação para descrever os ciclos meteorológicos anuais da região, fluxo de energia, excesso e déficit hídrico e outras características. (Thornthwaite, 1948)

Segundo Blain (2009), o monitoramento climático é importante para o planejamento da agricultura, pois é a base para o sucesso produtivo das culturas agrícolas, uma vez que determina a melhor época e as áreas com mais desempenho ao plantio. A disponibilidade hídrica como recurso utilizável é importante, seja pela precipitação ou captação em reservatórios para irrigação, constituindo-se itens fundamentais para a realização de um projeto.

O uso da classificação de Thornthwaite se consolidou por ter uma ótima descrição da realidade e ter uma baixa quantidade de variáveis necessárias, assim o resultado do método proposto por Thornthwaite (1948) pode ser aplicado para definição de melhores épocas de plantio por cultura, definir estratégias para reflorestamento, planejamento urbano e regional, base para projetos de geração de energia utilizando fontes renováveis e outros usos.

É muito importante para o manejo e controle de microbacias entender de forma mais precisa possível o balanço hídrico, sendo as entradas a precipitação, drenagem pelo solo e entrada de afluentes e as saídas sendo o escoamento, evapotranspiração, captação de água para usos industriais, domésticos e agrônômicos.

Para o uso desta classificação climatológica são necessários alguns dados meteorológicos e geográficos e cálculos matemáticos: um método que se mostra acessível de realização, existindo tabelas e nomogramas para se aproximar e facilitar os processos solicitados pelo método de Thornthwaite. A disponibilidade de dados sobre precipitação e vazão cedidos pela Agência Nacional de Águas (ANA, 2021) via seu portal Hidro Web, possui uma grande quantidade de localidades no território brasileiro e com séries históricas de longa duração.

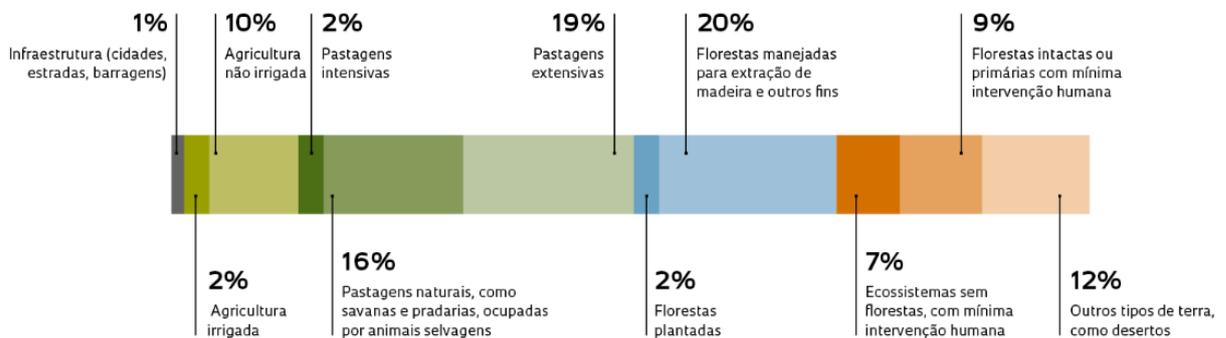
Existem outros métodos com maior taxa de confiabilidade estatística, porém tornam-se complexos para realização devido à necessidade de diversas variáveis que dificilmente são registradas e disponíveis fora dos polos científicos, como radiação, velocidade do vento e umidade do solo, para isto são necessários equipamentos de alto valor econômico investido em compra, manutenção e bom funcionamento da

coleta e registro dos dados.

As variações na geografia e no ambiente como mostra a figura 1, alteram a classificação e a realidade climática do local. Podemos comparar cidades geograficamente próximas, porém com ambientes diferentes por causa de processos antrópicos, como desmatamento, criação de um grande centro urbano e industrial, criação de barragens e poluição dos corpos hídricos, além de outras variáveis geográficas que podem ser diferentes mesmo que suas localizações sejam próximas.

O uso, cobertura e ocupação dos solos podem ser um fator de impacto para a classificação climática, locais com alta densidade demográfica, predial e rodoviária, com baixa quantidade de áreas verdes e corpos de água, geram o fator conhecido como ilhas de calor, sendo o baixo transporte de massas de ar e materiais como o asfalto e concreto que absorvem uma grande quantidade de energia solar e transferem calor ao ar em contato.

Figura 1 - Uso e ocupação do solo no globo, excluindo corpos de água e áreas permanentemente congeladas.



Fonte: Pivetta (2019).

De acordo com Silva *et al.* (2005), o efeito da cobertura do solo sobre as perdas de água e solo, pode ser explicado pela ação que a cobertura do solo tem em dissipar a energia cinética do impacto direto das gotas da chuva sobre a superfície, diminuindo a desagregação inicial das partículas de solo e, conseqüentemente, a concentração de sedimentos na enxurrada; além disso, a cobertura do solo representa um obstáculo mecânico ao livre escoamento superficial da água, ocasionando diminuição da velocidade e da capacidade de desagregação e transporte de sedimentos.

Segundo o censo de 2020, realizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) (IBGE, 2021) o município de Paraibuna possui 18 mil habitantes, São Luiz do Paraitinga 11 mil habitantes e São José dos Campos 730 mil habitantes, sendo que as duas primeiras cidades são rurais com pequenos centros urbanos, se comparadas a São José dos Campos, que tem 40,5 vezes a população de Paraibuna e 66,4 vezes a população de São Luiz do Paraitinga.

Estes três municípios fazem parte da bacia do Rio Paraíba do Sul, sendo o mais à montante São Luiz do Paraitinga, que possui o nome do rio que a corta, rio Paraitinga. Mais a jusante vem Paraibuna que também recebe o nome de um rio importante para o município, o rio Paraibuna, a junção dos dois rios no município de Paraibuna cria o represamento Paraibuna/Paraitinga e forma o rio Paraíba do Sul, que a jusante do leito principal abastece o município de São José dos Campos.

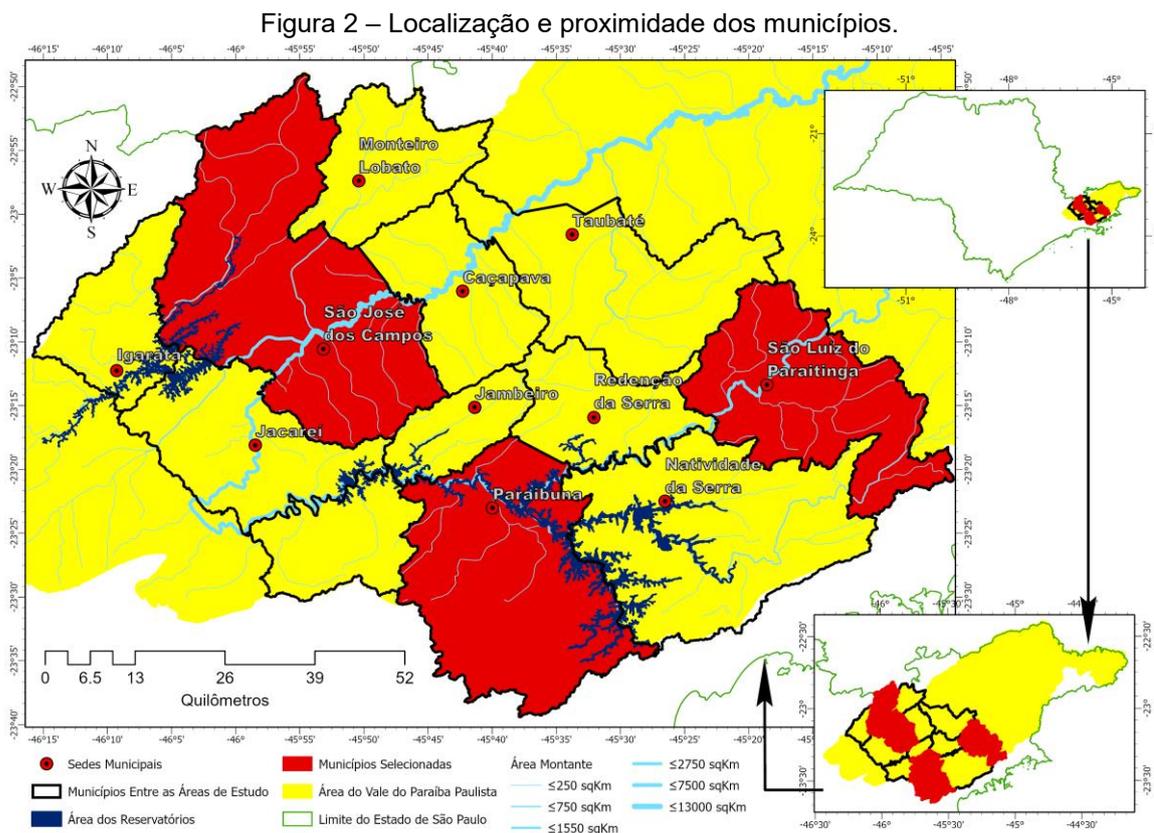
São José dos Campos possui o represamento do rio Jaguari, que também se junta ao rio Paraíba do Sul, e tem um uso da terra diferente das cidades anteriores, sendo urbanizada e industrial. Paraibuna e mais dois municípios circunvizinhos, Natividade da Serra e Redenção da Serra em 1964 receberam, por meio de um projeto

nacional, a construção da barragem/hidrelétrica, que segundo a atual gestora a Companhia Energética de São Paulo (CESP, 2021) inundou uma área total de 224 km<sup>2</sup>, que com esta grande área de água em contato com a atmosfera gerou alterações nos elementos climáticos locais. Mostra-se necessário entender o clima entre diferentes períodos históricos de um mesmo local para avaliarmos as alterações climáticas que são geradas naturalmente e as alterações antropogênicas. Desta maneira pode-se realizar projeções de diferentes futuros, um dependente das ações que tomarmos e outro independente, resultantes de variações de maior escala que não podemos controlar e apenas mitigar os seus impactos.

Nesse trabalho se classificou e se comparou os microclimas, precipitação, balanço hídrico e temperatura dos municípios do estado de São Paulo, Paraibuna, São José dos Campos e São Luiz do Paraitinga nas décadas de 1940 a 1970 e foram relacionadas as diferenças climatológicas com a hidrografia e o uso, cobertura e ocupação do solo.

## 2 METODOLOGIA

Foram estudados os municípios de São José dos Campos, Paraibuna e São Luiz do Paraitinga (figura 2), localizados no Vale do Paraíba, próximos ao litoral norte do estado de São Paulo.

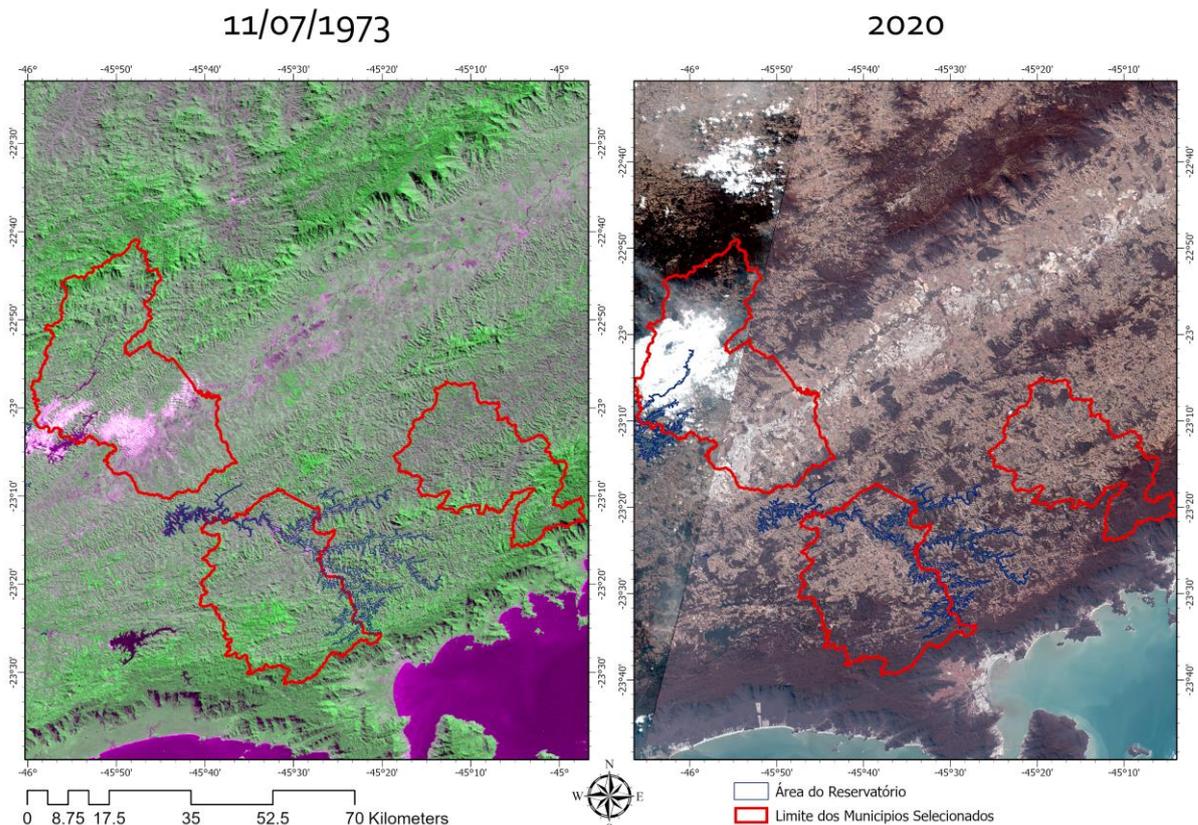


Utilizou-se o SIG ArcGIS Pro e as bases de dados on-line do MapBiomias e DATAGEO, com o Datum SIRGAS 2000 como sistema de referência geodésico, para a criação dos seguintes mapas temáticos: disponibilidade hídrica, proximidade dos municípios e uso, cobertura e ocupação do solo.

Os dados do MapBiomas (Projeto MapBiomas, 2021) para uso, cobertura e ocupação dos solos, são baseados em imagens de 1985 do satélite LANDSAT-5, que tem resolução espacial de 30 metros com sensores multiespectrais, (NASA, 2021). Após a coleta as imagens são processadas via algoritmos de aprendizagem de máquina no Google Earth Engine (Google, 2021).

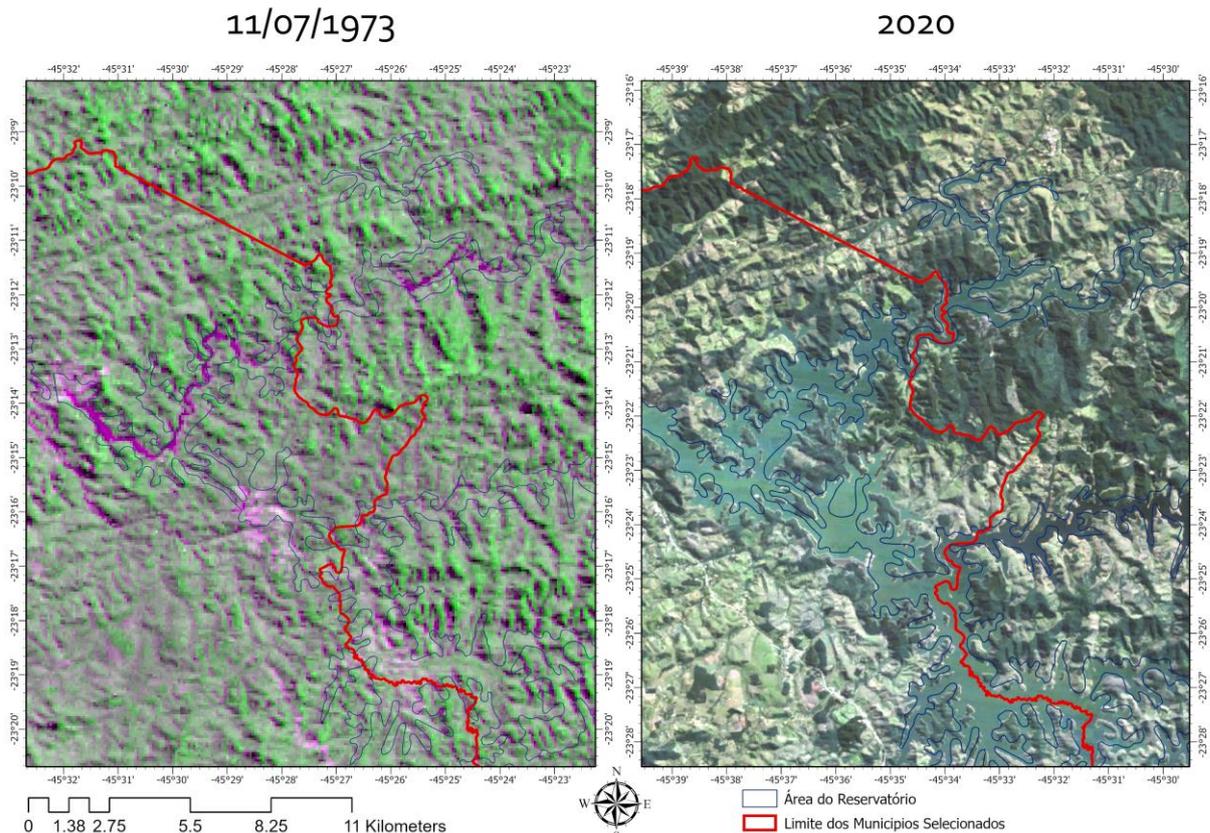
Foi considerado a entrada de imagens de 1985 para a criação do mapa de uso e cobertura do solo, pois não houve grandes alterações nos municípios após o alagamento no início da década de 70 (figura 3 e 4).

Figura 3 - Comparação entre imagens de 1973 e 2020.



Fonte: Os autores, 2022.

Figura 4 - Comparação entre antes e depois do alagamento pela represa de Paraibuna.



Fonte: Os autores, 2022.

Para a elaboração das figuras 3 e 4 foi utilizada uma imagem do satélite Landsat 1 disponível no DGI INPE, com resolução espacial de 80 metros (DGI INPE, 2022). A imagem utilizada à direita é o mapa base disponibilizado pelo ArcGIS Pro.

O limite municipal foi extraído do DataGEO (2021). Os limites foram elaborados conforme cartografia oficial do IBGE e do IGG na escala 1:50.000, conforme descrições previstas em leis estaduais que tratam dos limites territoriais municipais do Estado de São Paulo. A hidrografia foi realizada pela ANA, na escala 1:25000 realizado junto ao IBGE.

Os dados de precipitação e temperatura foram coletados do Banco de Dados Climáticos do Brasil (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária [EMBRAPA], 2003) que utiliza como entrada os dados pluviométricos e de temperatura. Para locais sem dados de temperatura utilizou-se o cálculo a partir das coordenadas geográficas, e o método de Thornthwaite. Entretanto, para aplicação neste trabalho foram refeitos todos os cálculos de Thornthwaite para um maior detalhamento e validação dos dados para realizarmos as análises.

Devido à ausência de dados para a região estudada, o método escolhido foi o de Thornthwaite (1948), que utiliza de precipitação, temperatura, espessura de solo e latitude, como entrada de dados principais para gerar o balanço hídrico e microclima, com ausência de dados sobre espessura do solo, como em nosso caso, a literatura indica utilizar 100 mm como padrão.

Segundo Camargo e Sentelhas (1977), que realizaram o trabalho de título “Avaliação do Desempenho de Diferentes Métodos de Estimativa da Evapotranspiração Potencial no Estado de São Paulo, Brasil”, o método de

Thornthwaite teve desempenho muito bom, por representar bem a realidade em diferentes localidades do estado.

A evapotranspiração no balanço hídrico representa uma perda de água do solo, planta ou animal, a “evapo” é de evaporação de corpos hídricos, camada superficial do solo e orvalho, “transpiração” é do processo principalmente de retirada via plantas de camadas mais internas do solo, dependendo da profundidade de seu sistema radicular.

Método citado por (Vianello e Alves, 1991), determinou-se inicialmente a evapotranspiração (ET) com a fórmula a seguir:

$$ET = 1,6 \left( \frac{10 \times T}{I} \right)^a \quad \text{Equação: 1}$$

Sendo temperatura (T), índice térmico anual (I), índice térmico mensal (In) e a constante (a), demonstrados nas próximas equações:

$$I = \sum_{n=1}^{12} In \quad \text{Equação: 2} \quad In = \left( \frac{T}{5} \right)^{1,514} \quad \text{Equação: 3}$$

$$a = 6,75 * 10^{-7} * I^3 - 7,71 * 10^{-5} * I^2 + 1,792 * 10^{-2} * I + 0,49239 \quad \text{Equação: 4}$$

Com a evapotranspiração (ET) calculada, se emprega os coeficientes tabelados para a latitude no globo para sua correção, gerando a evapotranspiração potencial (EP), e com a entrada e saída do sistema definido por (P-EP), vemos o armazenado no sistema radicular como (Arm), com a disponibilidade hídrica do solo encontramos a evapotranspiração real (ER) e o déficit (Def) e excesso (Exc), com todas estas variáveis podemos montar o quadro 1 de balanço hídrico.

Para utilizar a Tabela 1, precisamos seguir os passos e pontuações da metodologia:

1. Coluna – Meses do ano (Mês).
2. Coluna – Temperatura: preencher com as respectivas temperaturas médias mensais [T (°C)].
3. Coluna – Obter a evapotranspiração potencial mensal (não ajustada) por intermédio do nomograma de Thornthwaite, ou calcular através de Thornthwaite [No (mm)].
4. Coluna – Correção: preencher com os respectivos fatores de correção mensais (função do mês e da latitude do lugar), arredondar para o valor mais próximo (Corr).
5. Coluna – Evapotranspiração potencial ajustada: obter a evapotranspiração potencial média em mm/mês, multiplicando-se os dados da coluna 3 da coluna 4 [EP (mm)].
6. Coluna – Precipitação: preencher com as respectivas precipitações pluviométricas mensais [P (mm)].
7. Coluna – Precipitação – Evapotranspiração: obter saldos, negativos ou positivos, entre a precipitação e a evapotranspiração potencial, subtraindo os valores da coluna 5 dos da coluna 6 [P-EP (mm)].
8. Coluna – Armazenamento: considera-se que os valores, da água armazenada disponível na zona das raízes, variam entre 0 e 100 mm. Normalmente, parte-se de 100 mm no mês em que o balanço da coluna 7 é positivo e superior a 100 mm, ou no mês no qual a soma dos balanços dos meses anteriores é positiva e superior a 100 mm [Arm (mm)].

9. Coluna – Alteração: indica a alteração dos valores da coluna 8. É a subtração algébrica dos milímetros de água disponível no mês em curso do valor do mês anterior [Alt (mm)].

10. Coluna – Evapotranspiração real: Nos meses em que há água disponível no solo (Arm maior que zero), é sempre igual a EP, da coluna 5. Nos outros casos, é igual à soma de P (coluna 6) com o módulo de Alt (coluna 9, sem considerar o sinal negativo) [ER (mm)].

11. Coluna – Deficiência: deficiência d'água, em milímetros. É sempre representada pela diferença entre EP, da coluna 5, e ER, da coluna 10 [Def (mm)].

12. Coluna – Excesso: é o excesso d'água, em milímetros. Só existe quando (P-EP) > 0 e o Arm for igual a 100. Nesse caso, o [Exc (mm)] será sempre igual a [(P-EP) - Alt].

Quadro 1 - Modelo de planilha para balanço hídrico.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Mês	T (°C)	No (mm)	Corr	EP (mm)	P (mm)	P-EP (mm)	Arm (mm)	Alt (mm)	ER (mm)	Def (mm)	Exc (mm)
Jan	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Fev	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Mar	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Abr	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Mai	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Jun	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Jul	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ago	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Set	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Out	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Nov	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Dez	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ano	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Fonte: Vianello e Alves (1991).

A classificação climática foi realizada por meio dos valores dos índices: hídricos (Ih), de aridez (Ia) e de umidade (Im), obtidos conforme equações, 5, 6 e 7, respectivamente.

O índice hídrico (Ih), que é a relação em porcentagem entre o excedente hídrico (Exc) e a evapotranspiração potencial (ETP), como na equação a seguir:

$$Ih = 100 * \frac{EXC}{ETP} \quad \text{Equação: 5}$$

E determinou-se também o índice de aridez (Ia), que expressa a deficiência hídrica (DEF) em porcentagem da evapotranspiração potencial, a partir da expressão abaixo:

$$Ia = 100 * \frac{DEF}{ETP} \quad \text{Equação: 6}$$

O índice de umidade (Im) relaciona os índices anteriores em proporção e foi então definido como:

$$Im = \frac{(100*EXC)-(60*DEF)}{ETP} \quad \text{Equação: 7}$$

Com os índices calculados e utilizando de tabelas, pôde-se obter a caracterização e classificação do clima em úmido ou seco e subclassificações como mostram as Tabelas 2, 3, 4, 5 e 6. Inicialmente, a partir do índice de umidade conforme a Tabela 2, identifica-se o tipo climático e os diversos subtipos climáticos que são baseados no índice de aridez e/ou hídrico, no índice térmico e do percentual da ETP durante o verão.

Tabela 1 – Tipos climáticos segundo Thornthwaite - 1948, baseados no Índice de umidade (Im).

Tipos Climáticos	Índice de Umidade
A - Superúmido	$Im \geq 100$
B4 – Úmido	$80 \leq Im < 100$
B3 – Úmido	$60 \leq Im < 80$
B2 – Úmido	$40 \leq Im < 60$
B1 – Úmido	$20 \leq Im < 40$
C2 – Subúmido	$0 \leq Im < 20$
C1 – Subúmido seco	$-20 \leq Im < 0$
D – Semiárido	$-40 \leq Im < -20$
E - Árido	$-60 \leq Im < -40$

Fonte: Vianello e Alves (1991).

Tabela 2 – Subdivisão dos tipos climáticos com base no índice de aridez (Ia).

Climas úmidos (A, B, C2)	Índice de Aridez, Ia
r – deficiência de água pequena ou nula	$0 \leq Ia < 16,7$
s – deficiência de água moderada no verão	$16,7 \leq Ia < 33,3$
w – deficiência de água moderada no inverno	$16,7 \leq Ia < 33,3$
s2 – grande deficiência de água no verão	$Ia \geq 33,3$
w2 – grande deficiência de água no inverno	$Ia \geq 33,3$

Fonte: Vianello e Alves (1991).

Tabela 3 – Subdivisão dos tipos climáticos com base no índice hídrico (Ih).

Climas Secos (C1, D, E)	Índice Hídrico, Ih
d – excesso de água pequeno ou nulo	$0 \leq Ih < 10$
s – excesso de água moderado no verão	$10 \leq Ih < 20$
w – excesso de água moderado no inverno	$10 \leq Ih < 20$
s2 – grande excesso de água no verão	$Ih \geq 20$
w2 – grande excesso de água no inverno	$Ih \geq 20$

Fonte: Vianello e Alves (1991).

Tabela 4 – Subdivisão dos tipos climáticos com base no índice térmico (EP).

Tipo Climático	EP anual (mm)
A' – megatérmico	$EP \geq 1140$
B'4 – mesotérmico	$1140 > EP \geq 997$
B'3 – mesotérmico	$997 > EP \geq 855$
B'2 – mesotérmico	$855 > EP \geq 712$
B'1 – mesotérmico	$712 > EP \geq 570$
C'2 – microtérmico	$570 > EP \geq 427$
C'1 – microtérmico	$427 > EP \geq 285$
D' – tundra	$285 > EP \geq 142$
E' – gelo perpétuo	$EP < 142$

Fonte: Vianello e Alves (1991).

Tabela 5 – Subdivisão dos tipos climáticos com base na porcentagem da evapotranspiração potencial acumulada no “verão” (ETV).

Subtipo Climático	ETV (%)
a'	$ETV < 48,0$
b'4	$48,0 \leq ETV < 51,9$
b'3	$51,9 \leq ETV < 56,3$
b'2	$56,3 \leq ETV < 61,6$
b'1	$61,6 \leq ETV < 68,0$
c'2	$68,0 \leq ETV < 76,3$
c'1	$76,3 \leq ETV < 88,00$
d'	$ETV \geq 88,0$

Fonte: Vianello e Alves (1991).

Utilizando planilhas eletrônicas como *Excel* podemos criar um adicional foram produzidos para melhor compreensão, como gráficos, análises matemáticas e encontrar avaliadas tendências para as alterações das precipitações e temperatura ao passar dos anos, relacionando ao uso da terra majoritariamente em cada município.

### 3 RESULTADOS

#### 3.1 PRECIPITAÇÃO

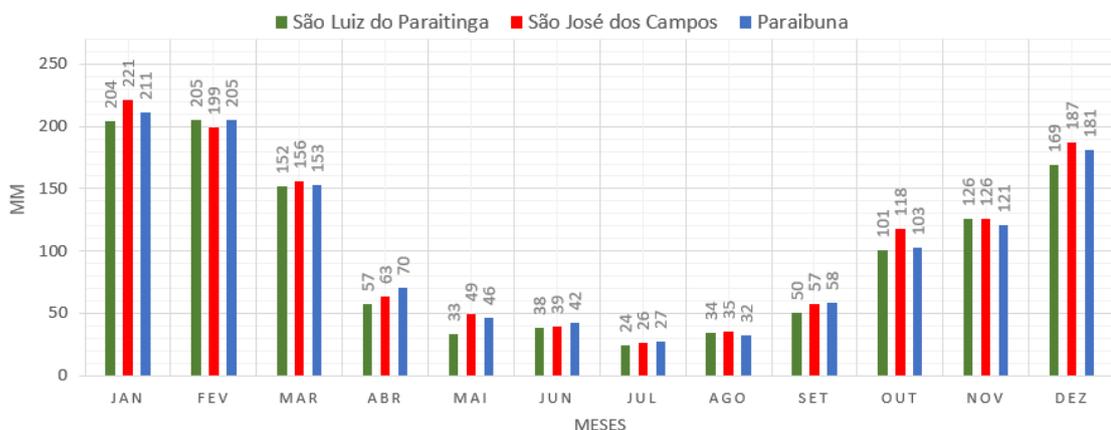
Foram encontrados os maiores valores de precipitação durante o verão para os três municípios, como o esperado pela literatura, se tratando de municípios de latitude próxima e mesma região, próximo a latitude do trópico de capricórnio.

Paraibuna possui anualmente 1249 mm de precipitação, com janeiro sendo o mês mais chuvoso com 211 mm, seguido por fevereiro com 205 mm e dezembro com 181 mm, O mês menos chuvoso foi julho com 27 mm, com o verão possuindo 47,79% das chuvas anuais, como mostra a figura 5.

No município de São José dos Campos, temos uma precipitação total anual de 1276 mm, com o mês de maior precipitação sendo janeiro com 221 mm, seguido por fevereiro com 199 mm e dezembro com 187 mm, sendo julho o mês menos chuvoso com 26 mm e o verão possuindo 47,57% das chuvas anuais, como mostra a Figura 5.

Em São Luiz do Paraitinga, temos uma precipitação total anual de 1193 mm, com o mês de maior precipitação sendo fevereiro com 205 mm, seguido por janeiro com 204 mm e dezembro com 169 mm e o mês menos chuvoso é julho com 24 mm e com o verão possuindo 48,45% das chuvas anuais, como mostra a figura 5.

Figura 5 - Precipitação mensal na área de estudo.



Fonte: Os autores, 2021.

#### 3.2 TEMPERATURA

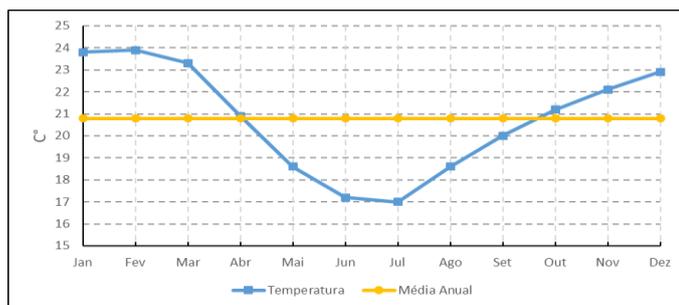
No município de Paraibuna a temperatura média anual foi de 20,8°C, com a maior temperatura média sendo em fevereiro com 23,9°C e com a menor temperatura média sendo em julho com 17,0°C. A variação térmica entre máxima e mínima no valor foi de 6,9°C e a média dos extremos em 20,4°C, como mostra a figura 6.

Em São José dos Campos a temperatura média anual foi de 21,4°C, com a maior temperatura média sendo em fevereiro com 24,5°C e a menor temperatura média em julho com 17,7°C, uma variação térmica entre máxima e mínima no valor de 6,8°C e

a média dos extremos em 21,1°C, como mostra a figura 7.

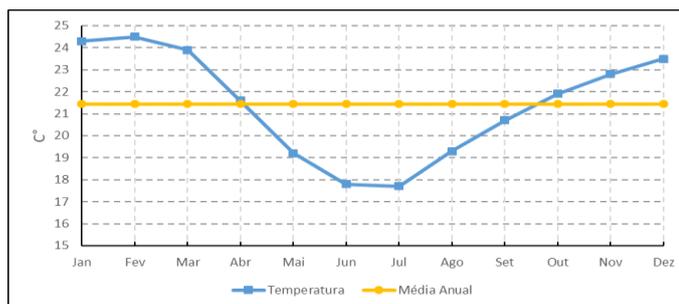
Para o município de São Luiz do Paraitinga a temperatura média anual foi 20,0°C, com a maior temperatura média sendo em fevereiro com 23,1°C e o mês com a menor temperatura média sendo julho com 16,3°C, possui a variação térmica entre máxima e mínima no valor de 6,8°C e a média dos extremos em 19,7°C, como mostra a figura 8.

Figura 6 - Temperatura média mensal em Paraibuna – SP.



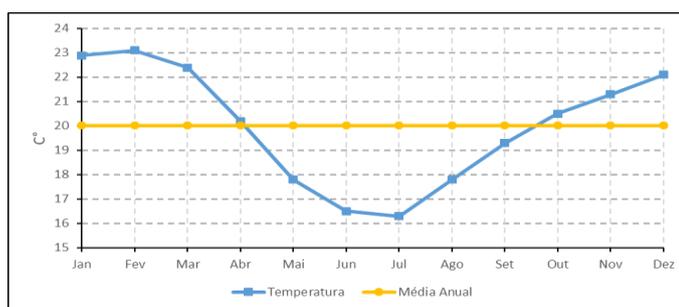
Fonte: Os autores, 2021.

Figura 7 - Temperatura média mensal em São José dos Campos – SP.



Fonte: Os autores, 2021.

Figura 8 - Temperatura média mensal em São Luiz do Paraitinga – SP.

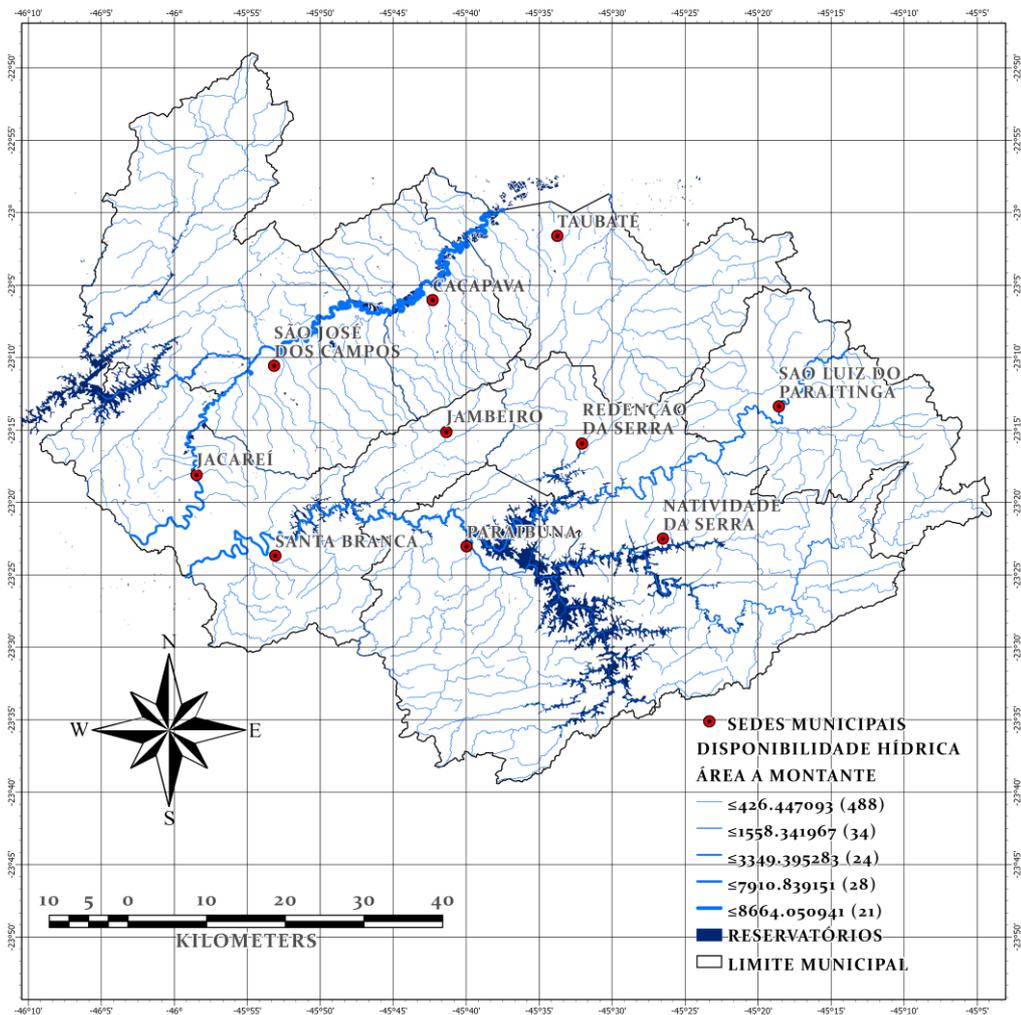


Fonte: Os autores, 2021.

### 3.3 DISPONIBILIDADE HÍDRICA

Segundo o portal do MAPBIOMAS ÁGUA (Projeto MapBiomass, 2022), entre 1985 e 2020 a superfície de água nos municípios teve a seguinte alteração, São Luiz do Paraitinga de 150 ha para 44 ha, Paraibuna de 8657 ha para 6932 ha e São José dos Campos de 2436 ha para 1609 ha, como demonstra a figura 9.

Figura 9 - Distribuição da drenagem hídrica e reservatório.



Fonte: Os autores, 2021.

O município de Paraibuna tem 9,56% da sua área total ocupada por corpos hídricos permanentes, sendo 78,00 Km<sup>2</sup> com variações de cheia e seca do reservatório, São José dos Campos tem do total de território 1,62%, sendo 16,54 Km<sup>2</sup> ocupados por corpos hídricos e São Luiz do Paraitinga com os menores valores tem 0,04 Km<sup>2</sup> sendo 0.0065% de todo seu território ocupados por corpos hídricos.

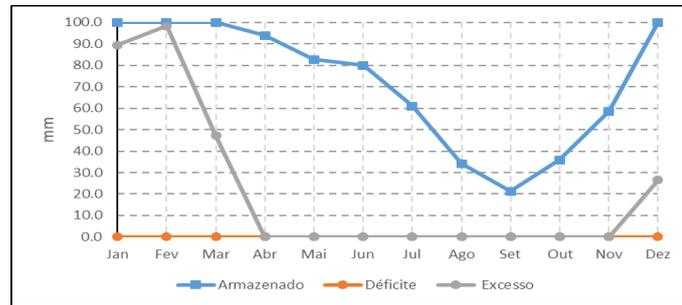
Durante todo o ano em Paraibuna – SP o valor do déficit hídrico é nulo não possuindo um período de estiagem sendo 75% dos meses no ano acima dos 50 mm de armazenamento e tendo sua mínima de 21,2 mm e as máximas gerando excesso durante os meses de dezembro a março, com uma somatória anual de 261,5 mm, como mostra a figura 10.

Com uma grande quantidade de precipitação durante todo o verão, em São José dos Campos há um excesso hídrico de dezembro a março, totalizando 242,2 mm e a concentração das chuvas no verão é 47,6% do valor anual, levando a um déficit no mês de setembro com saldo negativo de 1,2 mm, 41,7% do ano o armazenamento se mantém acima de 50 mm, como mostra a figura 11.

Existe uma pequena deficiência hídrica durante o mês de setembro no município de São Luiz do Paraitinga, chegando a um saldo negativo de -3,3 mm. Com 66,7% dos meses com um armazenamento acima de 50 mm, de dezembro até março com 100 mm de armazenamento e uma somatória do excesso de janeiro até março com

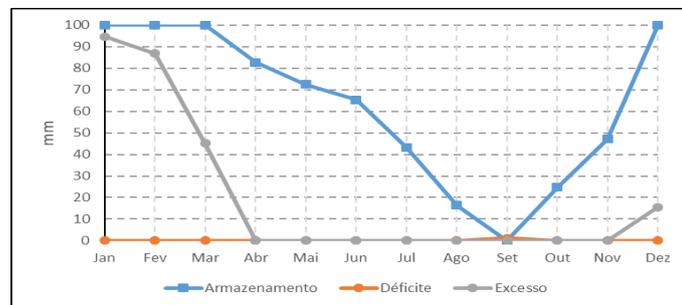
260,6 mm, como mostra a figura 12.

Figura 10 - Armazenamento, déficit e excesso hídrico em Paraibuna – SP.



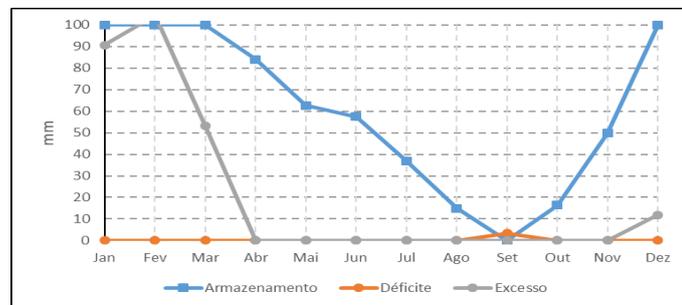
Fonte: Os autores, 2021.

Figura 11 - Armazenamento, déficit e excesso hídrico em São José dos Campos – SP.



Fonte: Os autores, 2021.

Figura 12 - Armazenamento, déficit e excesso hídrico em São Luiz do Paraitinga – SP.



Fonte: Os autores, 2021.

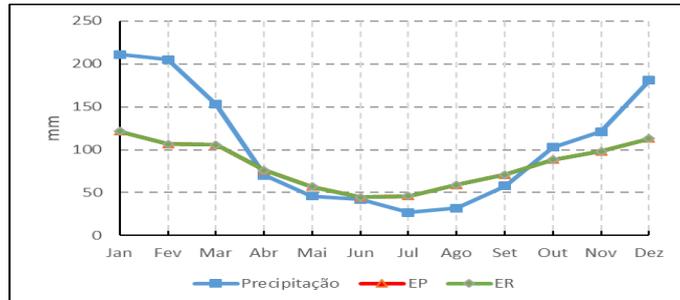
### 3.4 BALANÇO HÍDRICO

Os valores de evapotranspiração potencial (EP) e evapotranspiração real (ER) foram iguais, pois não houve déficit hídrico como no caso de Paraibuna – SP e segundo a metodologia EP e ER são semelhantes, sempre que o armazenamento é diferente de zero. A diferença entre entrada do sistema e saída teve sua máxima (98,3 mm) em fevereiro e mínima (-26,9 mm) em agosto, com valores positivos de outubro a março e negativos de abril a setembro, como mostra a figura 13.

Semelhante a Paraibuna, São José dos Campos se mantém sem déficit hídrico durante grande parte do ano, apenas no mês de setembro temos um déficit de 1,2 mm. A diferença entre entrada do sistema e saída teve seu maior valor (94,6 mm) em janeiro e mínima (-26,8 mm) em agosto, com valores positivos de outubro a março e negativo de abril a setembro, como mostra a figura 14.

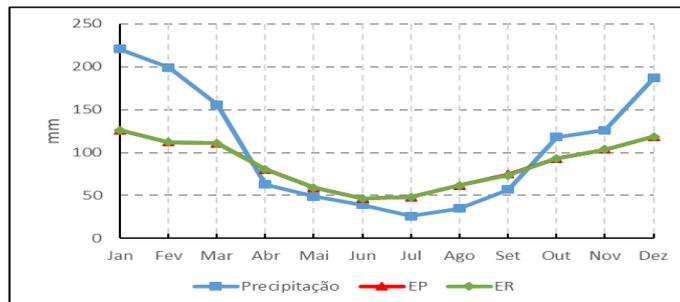
Em São Luiz do Paraitinga, tem-se apenas um mês com deficiência hídrica, sendo setembro com o valor de 3,3 mm e a variação entre a entrada e saída do sistema tem seu máximo (104,6 mm) em fevereiro e mínimo (-22,1 mm) em agosto, com valores positivos de outubro a março e negativo de abril a setembro, como mostra a figura 15.

Figura 13 – Balanço hídrico mensal em Paraibuna - SP.



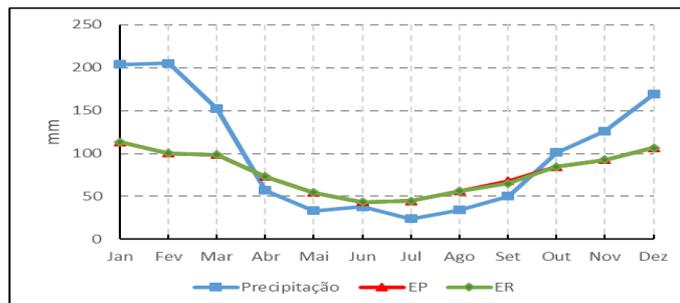
Fonte: Os autores, 2021.

Figura 14 - Balanço hídrico mensal em São José dos Campos - SP.



Fonte: Os autores, 2021.

Figura 15 - Balanço hídrico mensal em São Luiz do Paraitinga - SP.



Fonte: Os autores, 2021.

### 3.5 CLASSIFICAÇÃO CLIMÁTICA

Para Paraibuna, pelos valores e índices obtivemos a classificação climática para o município de úmido (B1), com pouca ou nula deficiência hídrica (r), mesotérmico B'3, com a porcentagem de evapotranspiração no verão (ETV), abaixo de 48% resultando no (a'). Compilando os índices tem-se a classificação, B1rB'3a' - clima úmido com nula deficiência hídrica, EP= 987,5 mm, ETV= 34,6% e Tmed= 20,8 °C.

Realizando o mesmo procedimento para São José dos Campos, encontramos a classificação de úmido (B1), com pouca ou nula deficiência hídrica (r), mesotérmico

B'4, com a porcentagem de evapotranspiração no verão (ETV) abaixo de 48% resultando no (a'), compilando-se os índices tem-se a classificação, B1rB'4a' = clima úmido com baixa ou nula deficiência hídrica, EP= 1035,0 mm, ETV= 34,5% e Tmed = 21,4 °C.

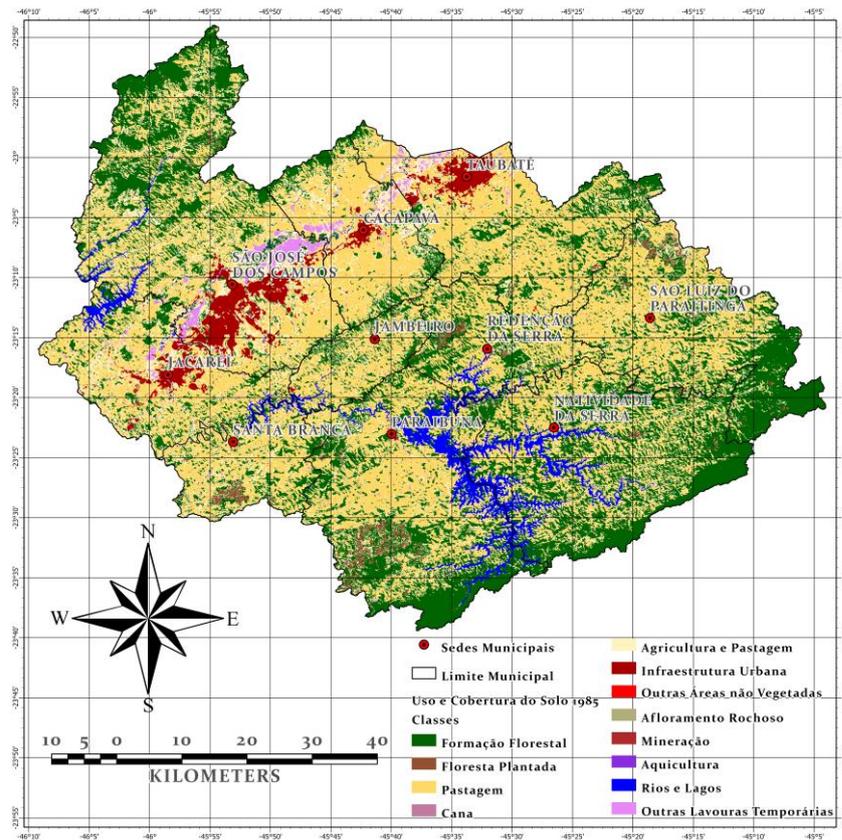
Em São Luiz do Paraitinga, temos a classificação, úmido (B1), com pouca ou nula deficiência hídrica (r), mesotérmico B'3, com a porcentagem de evapotranspiração no verão (ETV) abaixo de 48% resultando no (a'), compilando tem-se a classificação, B1rB'3a' - clima úmido com baixa ou nula deficiência hídrica, EP= 935,6 mm, ETV= 33,4% e Tmed = 20,0 °C.

### 3.6 USO E OCUPAÇÃO DO SOLO

Conforme a Figura 16, o município de Paraibuna, possui 41,09% de seu território com vegetação florestal e 49,10% para agricultura e pastagem, como descrito anteriormente os corpos hídricos ocupam 9,56% do território.

Em São José dos Campos, as três principais ocupações são agricultura e pastagem com 57,91%, vegetação florestal com 32,79% e infraestrutura urbana com 7,78%. Para o território de São Luiz do Paraitinga, os usos, cobertura e ocupação prioritários são agricultura e pastagem com 55,71%, cobertura florestal com 44,18% e infraestrutura urbana com 0,07%.

Figura 16 – Uso, cobertura e ocupação do solo na área de estudo e municípios próximos.



Fonte: Os autores, 2021.

## 4 DISCUSSÃO

Inicialmente, podemos observar uma posição geográfica de São José dos Campos, mais propensa a temperaturas maiores quando se compara com outros municípios, devido a maior distância entre o município e o litoral, a densidade e extensão da área urbanizada, fatores este que favorecem maiores temperaturas.

O efeito das ilhas de calor, concreto e asfalto comparado com a vegetação ou outras matérias de uma paisagem natural, refletem menos a energia emitida pelo sol aumentando sua temperatura e transferindo também para as camadas atmosféricas próximas ao solo.

Os prédios são fatores que geram atrito e diminuem a velocidade das massas de ar, diminuindo a renovação e resfriamento das camadas atmosféricas próximas ao solo, aumentando ainda mais a temperatura de zonas urbanizadas como a de São José dos Campos.

O município de Paraibuna possui os maiores valores de armazenamento hídrico. Somando-se à disponibilidade hídrica, a cidade possui o encontro de dois rios, o que oportunizou o represamento Paraibuna/Paraitinga, focando principalmente no controle de sua vazão, e evitando a deficiência hídrica.

Os municípios de São Luiz do Paraitinga e São José dos Campos, nos meses de agosto, setembro e outubro possuem um armazenamento hídrico baixo que gera uma pequena deficiência hídrica principalmente em setembro.

Comparando os três municípios, temos climas do período 1940 a 1970 bem semelhantes, sendo em Paraibuna – SP, B1rB'3a' - Clima úmido com nula deficiência hídrica, mesotérmico B'3, EP = 987,5 mm, ETV = 34,6% e Tmed = 20,8 °C, São José dos Campos classificado como, B1rB'4a' = Clima úmido com baixa ou nula deficiência hídrica, mesotérmico B'4, EP = 1035,0 mm, ETV= 34,5% e Tmed = 21,4 °C e São Luiz do Paraitinga semelhante aos anteriores, B1rB'3a' - Clima úmido com baixa ou nula deficiência hídrica, mesotérmico B'3, EP = 935,6 mm, ETV= 33,4% e Tmed = 20,0 °C.

Segundo Centeno et al. (2003), grande parte dos modelos hidrológicos que tratam da drenagem urbana necessita conhecer a área impermeável e a modificação das condições de escoamento das bacias devido à ocupação do solo, pois o aumento de áreas impermeáveis aumenta o escoamento superficial.

Segundo a Figura 16, Paraibuna e São Luiz do Paraitinga tem uma área mínima ocupada por urbanização, próximo ao valor de 1% de sua área total, São José dos Campos em área de urbanização alcançou o valor de 7,78% da área total, próximo do valor que Paraibuna alcança com corpos hídricos com 9,56% da totalidade do município, gerando uma redução de temperatura em Paraibuna e um aumento em São José dos Campos.

Podemos concluir que durante 1940 a 1970, durante a construção da represa Paraibuna/Paraitinga, os climas são bem próximos, porém com o passar do tempo foi criado, antropicamente, uma intensificação na região podendo ser visualizada na Figura 16, com o aumento da urbanização e densidade populacional em São José dos Campos e ampliação de uma grande área de contato entre água e atmosfera aumentando a evaporação, com o represamento mantendo uma quantidade de água durante todo o ano.

Para estudos futuros é recomendado a classificação climática e uso, cobertura e ocupação do solo, usando os dados do período de 1990 a 2020, para se avaliar as alterações climáticas e futuras projeções climáticas.

## 5 CONCLUSÃO

Podemos concluir que a cidade de Paraibuna em São Paulo possui a classificação climática B1rB'3a' úmido e sem déficit hídrico, sua área territorial demonstra o maior valor destinado a corpos hídricos sendo 9,56%, climaticamente e geograficamente é propenso a armazenamento hídrico. A cidade de São José dos Campos, São Paulo, possui a classificação climática B1rB'4a', úmido com baixa deficiência hídrica, sua área territorial destinada para urbanização e industrialização alcança os maiores valores de 7,78%, climaticamente e geograficamente é propensa a temperaturas maiores. São Luiz do Paraitinga, em São Paulo, possui a classificação climática B1rB'3a', úmido com baixa deficiência hídrica, e sua área é destinada para formação florestal, agricultura e pastagem, sem grandes alterações.

## REFERÊNCIAS

- Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. *Hidro Web*. Disponível em: <https://www.snirh.gov.br/hidroweb>. Acesso em: 29 jun 2021.
- Blain, G.C. (2009). Considerações estatísticas relativas à oito séries de precipitação pluvial da secretaria de agricultura e abastecimento do Estado de São Paulo. *Revista Brasileira de Meteorologia*, 24, 12-23.
- Camargo, A.P. & Sentelhas, P. C. (1997). Avaliação do desempenho de diferentes métodos de estimativa da evapotranspiração potencial no Estado de São Paulo, Brasil. *Revista Brasileira de agrometeorologia*, 5 (1) 89-97.
- Centeno, J. A. S., Antunes, A. F. B., Trevisan, S. & Correa, F. (2003). Mapeamento de áreas permeáveis usando uma metodologia orientada a regiões e imagens de alta resolução. *Revista Brasileira de Cartografia* 55(1), 48-56.
- Companhia Energética de São Paulo. (2021). *Represa Paraibuna/Paraitinga*. <https://www.cesp.com.br/geracao-de-energia/paraibuna/>.
- DataGEO. (2021). *Sistema ambiental paulista*. <https://datageo.ambiente.sp.gov.br/app/>
- DGI INPE. (2022). *Limite dos Municípios...* Inpe. <http://www.dgi.inpe.br/CDSR/>.
- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. (2003). *Banco de dados climáticos do Brasil*. <https://www.cnpm.embrapa.br/projetos/bdclima/>. Embrapa.
- Google, Earth Engine. (2021). <https://earthengine.google.com/>
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2020). *Censo 2020*. <https://ibge.gov.br/cidades-e-estados>.
- NASA. (2021). *Landsat 5 | Landsat Science*. <https://landsat.gsfc.nasa.gov/satellites/landsat-5/>

- Pivetta, M. (2019). O uso do solo e as mudanças climáticas. *Pesquisa FAPESP*, (283), 56-59. <https://revistapesquisa.fapesp.br/o-uso-do-solo-e-as-mudancas-climaticas/>
- Projeto MapBiomas (2021). *Coleção 6 da Série Anual de Mapas de Uso e Cobertura da Terra do Brasil*. <https://plataforma.brasil.mapbiomas.org/>
- Projeto MapBiomas (2022). *Mapeamento da Superfície de Água do Brasil Coleção 1*. <https://plataforma.brasil.mapbiomas.org/agua>.
- Silva, D. D., Pruski, F. F., Schaefer, C. E. G. R., Amorim, R. S. S. & Paiva, K. W. N. (2005). Efeito da cobertura nas perdas de solo em um Argissolo Vermelho-Amarelo utilizando simulador de chuva. *Engenharia Agrícola*, 25(2), 409-419.
- Thornthwaite, C. W. (1948). An approach towards a rational classification of climate. *Geographical Review*, 38, 55-94.
- Vianello, R. L. & Alves, A. R. (1991). *Meteorologia Básica e Aplicações* (449 pp). UFV.