

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP
CAMPUS OURINHOS**

RHUAN HENRIQUE FERREIRA

**ESTUDO DAS VARIAÇÕES DE PRECIPITAÇÃO NA
BACIA DO SOROCABA E MÉDIO TIETÊ (UGRHI-10)
NOS PERÍODOS DE VERÃO ENTRE OS ANOS DE 2000
E 2015**

OURINHOS – SP
2016

RHUAN HENRIQUE FERREIRA

**ESTUDO DAS VARIAÇÕES DE PRECIPITAÇÃO NA
BACIA DO SOROCABA E MÉDIO TIETÊ (UGRHI-10)
NOS PERÍODOS DE VERÃO ENTRE OS ANOS DE 2000
E 2015**

Trabalho apresentado como Trabalho de
conclusão de curso para curso de
Geografia, pela Universidade Estadual
Paulista (UNESP), campus Ourinhos.
Professor Dr. Rodrigo Lilla Manzione

OURINHOS – SP
2016

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Rodrigo Lilla Manzione (Orientador)

Prof.^a Dr.^a Daniela Fernanda da Silva Fuzzo

Prof. Dr. Edson Luis Piroli

Ourinhos, 16 de dezembro de 2016.

SUMÁRIO

RESUMO	4
ABSTRACT	5
1 INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA	1
2 OBJETIVOS	2
2.1 Objetivo Geral	2
2.2 Objetivos Específicos	2
3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	2
3.1 Importância da água	2
3.2 Célula de Walker	3
3.3 El Niño	4
3.4 Crise Hídrica	5
3.5 Infraestrutura para Recursos hídricos	9
3.6 Uso de geotecnologias no monitoramento da precipitação	11
3.6.1 Geoprocessamento, Sistemas de Informação Geográfica (SIGs) e Sensoriamento remoto	11
3.6.2 Geoestatística	13
3.6.3 Monitoramento da precipitação em Bacias hidrográficas	14
3.7 A Unidade de Gerenciamento de Recursos hídricos Integrada do Médio Tietê (UGRHI-10)	15
3.7.1 Região Administrativa de Sorocaba	20
3.7.2 Geração hidroelétrica	23
3.7.3 Agricultura e irrigação	23
4 MATERIAIS E MÉTODOS	24
4.1 Dados disponíveis para a área de estudo	24
4.2 Análise Espacial	25
4.2.1 Análise exploratória dos dados	25
4.2.2 Análise geoestatística – Variografia e Krigagem	27
4.2.3 Validação Cruzada	28
4.2.4 Álgebra de campos de objetos	29
5 RESULTADOS E DISCUSSÕES	30
5.1 Estatísticas Descritivas	30
5.2 Análise geoestatística	36
5.3 Mapeamento da precipitação por verões entre 2000/2001 e 2014/2015	39
5.4 Destaque para o verão de 2013/2014	72
6. CONCLUSÃO	74
REFERÊNCIAS	76

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1. Estatística descritiva dos dados de precipitação na UGHRI-10 entre os verões de 2000/2001 a 2014/2015, em mm.	30
Tabela 2. Parâmetros dos variogramas ajustados dos dados de precipitação na UGHRI-10 entre os verões de 2000/2001 a 2014/2015.	36
Tabela 3. Predição de Erros dos mapas de precipitação na UGHRI-10 entre os verões de 2000/2001 a 2014/2015.	37

ÍNDICE DE GRÁFICO

Gráfico 1. Média dos dados de precipitação (mm) na UGHRI-10 entre os verões de 2000/2001 a 2014/2015 (linha azul) e sua flutuação em relação a média (linha vermelha).	31
Gráfico 2. Mediana dos dados de precipitação (mm) na UGHRI-10 entre os verões de 2000/2001 a 2014/2015.	32
Gráfico 3. Desvio Padrão dos dados de precipitação (mm) na UGHRI-10 entre os verões de 2000/2001 a 2014/2015.	32
Gráfico 4. Amplitude dos dados de precipitação na UGHRI-10 entre os verões de 2000/2001 a 2014/2015.	33
Gráfico 5. Variância dos dados de precipitação na UGHRI-10 entre os verões de 2000/2001 a 2014/2015.	34
Gráfico 6. Assimetria dos dados de precipitação na UGHRI-10 entre os verões de 2000/2001 a 2014/2015.	35
Gráfico 7. Curtose dos dados de precipitação na UGHRI-10 entre os verões de 2000/2001 a 2014/2015.	35

ÍNDICE DE EQUAÇÃO

Equação 1. Amplitude.	25
Equação 2. Curtose.	25
Equação 3. Desvio padrão.	26
Equação 4. Média.	26
Equação 5. Mediana para séries ímpares de dados numéricos.	26
Equação 6. Mediana para séries pares de dados numéricos.	26
Equação 7. Variância.	27
Equação 8. Diferença percentual.	29

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Mapa das regiões resultado das diferenças dos ciclos anuais de precipitações na América do Sul. Fonte: REBOITA et al.,2010.....	7
Figura 2. Mapa da Unidade de Gerenciamento de Recursos hídricos integrada ao Médio Tietê. Fonte: SIGRH.....	15
Figura 3. Mapa de precipitação acumulada (mm) na UGHRI-10 durante o verão de 2000/2001.....	39
Figura 4. Mapa da diferença percentual de precipitação na UGHRI-10 durante o verão de 2000/2001, em relação aos períodos de verão entre os anos 2000/2015.....	40
Figura 5. Mapa de precipitação acumulada na UGHRI-10 durante o verão de 2001/2002.....	41
Figura 6. Mapa da diferença percentual de precipitação na UGHRI-10 durante o verão de 2001/2002, em relação aos períodos de verão entre os anos 2000/2015.....	42
Figura 7. Mapa de precipitação acumulada na UGHRI-10 durante o verão de 2002/2003.....	43
Figura 8. Mapa da diferença percentual de precipitação na UGHRI-10 durante o verão de 2002/2003, em relação aos períodos de verão entre os anos 2000/2015.....	44
Figura 9. Mapa de precipitação acumulada na UGHRI-10 durante o verão de 2003/2004.....	45
Figura 10. Mapa da diferença percentual de precipitação na UGHRI-10 durante o verão de 2003/2004, em relação aos períodos de verão entre os anos 2000/2015.....	46
Figura 11. Mapa de precipitação acumulada na UGHRI-10 durante o verão de 2004/2005.....	47
Figura 12. Mapa da diferença percentual de precipitação na UGHRI-10 durante o verão de 2004/2005, em relação aos períodos de verão entre os anos 2000/2015.....	48
Figura 13. Mapa de precipitação acumulada na UGHRI-10 durante o verão de 2005/2006.....	49
Figura 14. Mapa da diferença percentual de precipitação na UGHRI-10 durante o verão de 2005/2006, em relação aos períodos de verão entre os anos 2000/2015.....	50
Figura 15. Mapa de precipitação acumulada na UGHRI-10 durante o verão de 2006/2007.....	51
Figura 16. Mapa da diferença percentual de precipitação na UGHRI-10 durante o verão de 2006/2007, em relação aos períodos de verão entre os anos 2000/2014.....	52
Figura 17. Mapa de precipitação acumulada na UGHRI-10 durante o verão de 2007/2008.....	53
Figura 18. Mapa da diferença percentual de precipitação na UGHRI-10 durante o verão de 2007/2008, em relação aos períodos de verão entre os anos 2000/2015.....	55
Figura 19. Mapa de precipitação acumulada na UGHRI-10 durante o verão de 2008/2009.....	56

Figura 20. Mapa da diferença percentual de precipitação na UGHRI-10 durante o verão de 2008/2009, em relação aos períodos de verão entre os anos 2000/2015.....	57
Figura 21. Mapa de precipitação acumulada na UGHRI-10 durante o verão de 2009/2010.....	58
Figura 22. Mapa da diferença percentual de precipitação na UGHRI-10 durante o verão de 2009/2010, em relação aos períodos de verão entre os anos 2000/2015.....	59
Figura 23. Mapa de precipitação acumulada na UGHRI-10 durante o verão de 2010/2011.....	60
Figura 24. Mapa da diferença percentual de precipitação na UGHRI-10 durante o verão de 2010/2011, em relação aos períodos de verão entre os anos 2000/2015.....	61
Figura 25. Mapa de precipitação acumulada na UGHRI-10 durante o verão de 2011/2012.....	62
Figura 26. Mapa da diferença percentual de precipitação na UGHRI-10 durante o verão de 2011/2012, em relação aos períodos de verão entre os anos 2000/2015.....	64
Figura 27. Mapa de precipitação acumulada na UGHRI-10 durante o verão de 2012/2013.....	65
Figura 28. Mapa da diferença percentual de precipitação na UGHRI-10 durante o verão de 2012/2013, em relação aos períodos de verão entre os anos 2000/2015.....	66
Figura 29. Mapa de precipitação acumulada na UGHRI-10 durante o verão de 2013/2014.....	67
Figura 30. Mapa da diferença percentual de precipitação na UGHRI-10 durante o verão de 2013/2014, em relação aos períodos de verão entre os anos 2000/2015.....	69
Figura 31. Mapa de precipitação acumulada na UGHRI-10 durante o verão de 2014/2015.....	70
Figura 32. Mapa da diferença percentual de precipitação na UGHRI-10 durante o verão de 2014/2015, em relação aos períodos de verão entre os anos 2000/2014.....	71

RESUMO

No verão de 2013/2014 o Estado de São Paulo passou por um dos períodos com menores índices de precipitação dos últimos oitenta anos. O estudo e análise dos dados dos índices pluviométricos da Unidade de Gerenciamento de Recursos hídricos de Sorocaba/Médio Tietê (UGRHI-10) é de grande importância para a administração pública dos trinta e quatro municípios que compõem esta unidade. Deste modo, o objetivo do trabalho é estimar a quantidade de precipitação acumulada nas Bacias Hidrográficas do Médio Tietê, a qual abrange dezesseis municípios e do Rio Sorocaba com seus dezoito municípios. O satélite TRMM (Tropical Rainfall Measuring Mission) com o aporte de um Sistema de Informações Geográficas (SIGs) é uma das ferramentas utilizadas no mapeamento dos níveis de precipitação com a finalidade de comparação das médias dos verões ocorridos nos últimos 15 anos, para analisar os períodos de estiagem e seus possíveis impactos para com as populações urbanas e rurais das duas Bacias hidrográficas e da UGRHI como um todo, tomando como exemplo a cidade de Itu devido ao seu caso de estiagem ganhar maior destaque na mídia em comparação com as outras cidades da UGRHI-10. A partir dos resultados obtidos por meio do SIG pode-se observar a falta de relação dos verões mais secos com a atuação do fenômeno climatológico conhecido com El Niño Oscilação Sul na região onde está localizada a Bacia.

PALAVRAS-CHAVE: seca, el niño, sistemas de informação geográfica, TRMM

ABSTRACT

In the summer of 2013/2014 the State of São Paulo went through one of the periods with the lowest precipitation rates of the last eighty years. The study and analysis of rainfall data from the Sorocaba / Medio Tietê Water Resources Management Unit (UGRHI-10) is of great importance for the public administration of the thirty-four municipalities that compose this unit. Thus, the objective of this work is to estimate the amount of precipitation accumulated in the Tietê River Basins, which covers sixteen municipalities and the Rio Sorocaba with its eighteen municipalities. The Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM) satellite is one of the tools used to map precipitation levels for the purpose of comparing summer averages over the past 15 years to Periods of drought and its possible impacts on the urban and rural populations of the two hydrographic basins and the UGRHI as a whole, taking as an example the city of Itu due to its drought case gaining more prominence in the media compared to the other cities of the UGRHI-10. From the results obtained through the GIS it is possible to observe the lack of relation of the driest summers with the action of the known climatic phenomena with El Niño Southern Oscillation in the region where the Basin is located.

KEY WORDS: drought, el niño, geographic information systems, TRMM

1 INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA

A Bacia hidrográfica do Sorocaba/Médio Tietê está localizada em uma das regiões mais influentes na produção agropecuária e industrial no Estado de São Paulo, conhecida como cinturão verde do Estado por abastecer a capital com sua produção hortifrúti, também abriga empresas globais como a Fazenda Jequitibá, do grupo frigorífico Marfrig, em Porto Feliz, empresas no ramo de bebidas como a Brasil Kirin, localizada na cidade de Itu, e a Toyota, indústria automobilística, situada em Sorocaba, entre outras.

Baseado nas necessidades pela demanda da água para manutenção destes modos de produção e uma população cada vez mais crescente, de mais de 2 milhões de habitantes, surge o interesse em monitorar os regimes de chuvas desta Bacia para analisar as políticas públicas que estão sendo tomadas, de modo a entender até que ponto a falta de investimentos públicos em saneamento básico interfere no abastecimento de água nas cidades pertencentes a UGRH-10.

Para o estudo do regime de chuvas em uma Bacia hidrográfica, o conhecimento das suas condições particulares de tempo e clima é essencial. O tempo e o clima da Bacia hidrográfica do Sorocaba/Médio Tietê (UGRH-10), assim como qualquer Bacia hidrográfica, independem apenas de fatores climáticos regionais. Está sujeito as variações físico/químicas da dinâmica da atmosfera, como por exemplo, resultado do fenômeno de aquecimento anormal das águas do pacífico, chamado de El Niño.

Durante o verão 2013/2014, o Estado de São Paulo passou por uma das piores secas já registradas. A diminuição dos volumes precipitados traz impactos diretos para a sociedade, a economia e ao meio ambiente. Entender essa dinâmica pode auxiliar no planejamento regional da Bacia e tornar a região mais resiliente às variabilidades climáticas.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Este trabalho tem como objetivo fazer estimativas dos índices pluviométricos acumulados na Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos de Sorocaba/Médio Tietê (UGRHI-10), durante o período do verão (21 de dezembro a 21 de março) dos anos entre 2000/2001 e 2014/2015. Tem como ênfase o estudo do verão ocorrido entre os anos 2013/2014 e suas consequências sociais, econômicas e ambientais para a Bacia, tendo como exemplo o caso da cidade de Itu.

2.2 Objetivos Específicos

- Criar um banco de dados com informações sobre valores estimados da precipitação nos diferentes anos, utilizando como fonte de informações o satélite TRMM;
- Analisar os fatores que interferem na presença ou ausência de chuva nos diferentes anos;
- Verificar se houveram interferências antrópicas na região que justifiquem alterações no Ciclo hidrológico e como a água é utilizada na região e possíveis conflitos;
- Compreender as médias do período com as anomalias (anos de El Niño).

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1 Importância da água

A água é uma substância inorgânica, composta pelos elementos químicos, hidrogênio (duas moléculas) e oxigênio, além dos minerais particulares dos locais de sua origem, é indispensável para a manutenção da vida no planeta Terra, podendo ser encontrada na atmosfera em estado sólido, como o gelo e a neve; líquido, como nas precipitações; ou gasoso, como nas nuvens. Sua movimentação contínua em

subsolos, rios, oceanos, mares e lagos constituem o chamado Ciclo Hidrológico (PINTO et al, 1976).

A água é um recurso natural finito e renovável, conhecida como solvente universal frequentemente encontrada em estado líquido e em condições normais de temperatura e pressão (LEME, 2008). Ocupa cerca de 70% da superfície terrestre, sendo que 97,3% dessa massa líquida está presente nos oceanos na forma de água salgada e os 2,7% restantes encontram-se na forma de água doce, particionada em: 77,2% nas calotas polares; 22,4% nas águas subterrâneas; 0,35% nos lagos e pântanos; 0,04% na atmosfera e 0,01% nos rios. Todavia, Leme (2008) ainda comenta que apesar da pequena porcentagem de águas doces encontradas na natureza, são delas que partem os usos voltados ao abastecimento público, as indústrias, a irrigação, a criação de animais, ao transportes, a diluição e a limpeza:

Atualmente, o uso múltiplo dessa essencial substância é atendido em sua maior parcela por meio da água corrente nos rios, recurso hídrico que corresponde a apenas 0,01% do total de água no planeta (LEME, 2008, p. 18).

3.2 Célula de Walker

A movimentação dos conjuntos de gases presentes na atmosfera do nosso planeta é regulada por uma série de leis da física e fenômenos naturais com a finalidade de encontrar um equilíbrio atmosférico, dentre estes elementos está a Célula de Walker.

Também conhecida com Célula do Pacífico, está presente entre as latitudes 30S e 60S promovendo uma circulação de ventos zonais na porção equatorial do globo terrestre. Levando em conta que o hemisfério sul apresenta mais água que o hemisfério norte, a Célula de Walker ocupa um quinhão mais oceânico do que continental, contudo é devido as zonas de ascendência, acima da porção sul dos

continentes americano, africano e a Oceania, ao calor específico da água ser maior do que o do solo, e a porção oeste dos oceanos apresentarem maior temperatura devido a atuação das correntes marítimas, é que a Célula pode trabalhar, pois, está relacionada com as zonas de ascendência e as de subsidências de temperatura mais baixas localizadas no oriente dos oceanos equatoriais (MENDONÇA et al., 2007).

Este movimento de ar, resultado da variação de pressão entre os lados leste e oeste do Oceano Pacífico, quando sofre intervenção de variações na temperatura oceânica passa por interferências em sua dinâmica denominada de El Niño, para quando há aquecimento incomum e La Niña, no caso de um resfriamento excepcional (MENDONÇA et al., 2007).

3.3 El Niño

Apesar das diversas teses a respeito das origens do aquecimento incomum das águas superficiais do pacífico na costa peruana e suas correntes de águas aquecidas que circula para direção sul durante o início do verão, sabe-se que suas consequências são sentidas desde o seu local de gênese ao resto do globo. O período de ocorrência do El Niño antecede o natal, apresenta meses de duração e se caracteriza por modificar a dinâmica das águas frias que correm do fundo do oceano para costa peruana, fenômeno chamado de Ressurgência, responsável por deixar a costa oeste mais fria que o resto do oceano pacífico.

Em meses de atuação do El Niño os ventos resultado do aquecimento desigual da atmosfera, chamados de Ventos Alísios, enfraquecem, tal perda de força faz com que a porção equatorial do Oceano Pacífico adquira um aquecimento acima da média, bloqueando a Ressurgência e aumentando a evaporação e formação de nuvens. Este aumento na frequência na instauração das nuvens altera a dinâmica da Célula de

Walker resultando em diversas alterações climáticas em diversos lugares do globo terrestre.

Segundo do CPTEC/INPE, dos quinze verões analisados no período entre os 2000 a 2015, os anos que apresentaram verões de anomalia são: 2002/2003, 2004/2005, 2006/2007, 2009/2010 e 2013/2014.

3.4 Crise Hídrica

Como dito anteriormente, de toda água disponível na superfície terrestre cerca de 97% desta é encontrada nos mares e oceanos, apesar de sua abundante disponibilidade, aproximadamente 100% desta água está disponível com sal em sua solução. Ainda que as águas oceânicas prestem uma enorme importância para construção da humanidade em diversas perspectivas, todavia para manutenção da biodiversidade dos continentes é necessário recorrer às águas continentais, aquelas que não apresentam a dissolução de cloreto de sódio em sua composição.

O corpo humano é constituído de aproximadamente 60% a 70% de água em seu peso (TUNDISI; MATSUMURA, 2011), porcentagem de suma importância para o desenvolvimento celular não apenas do ser humano, como das outras variedades biológicas presentes em nosso planeta. Entretendo a espécie humana altera a natureza para otimizar a distribuição do recurso natural com a finalidade de abastecer os centros urbanos, a produção rural, os transportes etc, ou seja, o homem distorce a natureza da parte continental do Planeta com a finalidade de melhor distribuir a pequena percentagem de água doce disponível na Terra.

A água que corre pelas nossas torneiras é resultado de um processo chamado Ciclo Hidrológico: toda água superficial presente em nosso planeta, sobretudo as oceânicas estão sujeitas á evaporação e formação de nuvens, cumprindo um período

de resiliência na atmosfera, esta precipita e fica refém da superfície que atingir. Se a água precipitar sob líquidos superficiais, como rios, lagoas e oceanos, fará parte do conjunto, já se ela atingir o solo, dependendo das propriedades físicas deste solo, ou se apresenta vegetação ou não, a água poderá escorrer no sentido dos pântanos, rios, oceanos, confinar-se em estados sólidos nas geleiras e calotas polares ou então infiltrar no solo. A água quando infiltrada no solo pode compor-se dos aquíferos, nome dados ao acúmulo de água localizado nos poros das rochas, estas que infiltram pelo solo também podem compor a vegetação pelo processo de absorção das plantas no processo de fotossíntese, ou ainda servir de recarga de rios que passam sobre os Aquíferos, aumentando seu saldo. Quando o solo é ocupado pela urbanização ou encontra-se na condição de exposto, ou seja, sem nenhuma vegetação, acaba sendo selada a sua capacidade de absorver água, resultado em grandes problemas para o Ciclo Hidrológico da região, pois, altera as condições naturais de Balanço Hídrico do solo e o regime de Evapotranspiração das plantas, afetando na formação de nuvens.

O Brasil, segundo Ab'Sáber (2003) naturalmente é composto por seis domínios de natureza: Amazônico, Cerrado, Mares de Morros, Caatinga, Araucárias e Pradarias, nestes ainda estão presentes suas áreas de transição entre os domínios e suas características distintas, e apesar de apresentarem localizações, formas de relevo e propriedades do solo distintas, as feições dos domínios também são resultado da Circulação Geral da Atmosférica.

A América do Sul é dotada de diversos fenômenos climáticos, sua atuação foi classificada em 8 tipos de regiões de acordo com seus ciclos de precipitação anual. A UGRH-10 encontra-se no território classificado como R5, que abrange as regiões do Equador, norte peruana, norte, centro oeste e sudeste brasileira. Nesta porção de território o regime de chuvas, segundo Reboita et al. (2010) apud Ramage (1971),

apresenta características do sistema climático de *monção*. Os hemisférios sul, em especial a R5, recebe influências de um aumento na incidência de raios solares durante o período do verão, resultando em uma ascendência de ar quente na Região Centro Oeste da América do Sul, conhecida como Zona do Chaco, gerando um ambiente de baixa pressão atmosférica (REBOITA et al., 2010).

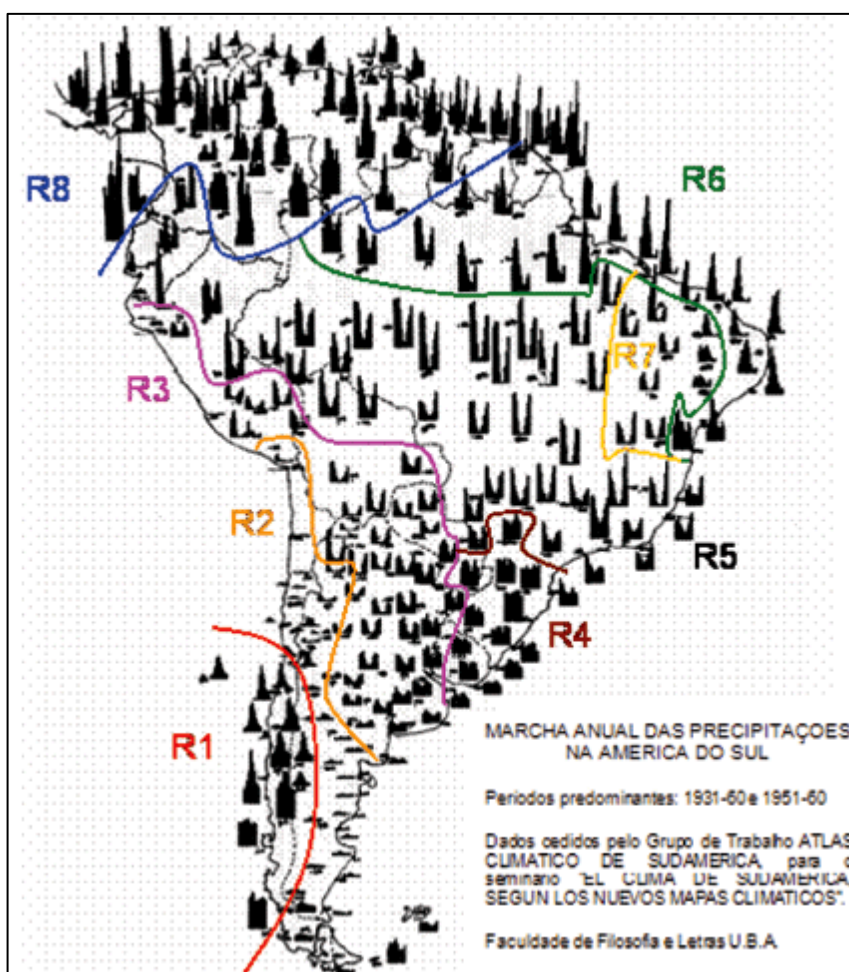


Figura 1. Mapa das regiões resultado das diferenças dos ciclos anuais de precipitações na América do Sul. Fonte: REBOITA et al., 2010.

A região amazônica recebe ventos úmidos provenientes da região equatorial, estes são chamados de Alísios e trazem humidade da porção do Oceano Atlântico. Essa umidade além margear a Cordilheira andina é transportada para as Regiões Sudeste e Centro oeste brasileira pela corrente de vento chamada de Jatos De Baixo

Nível, contudo nessas duas regiões o ar transportado pode entrar em contato o fenômeno conhecido como Alta Subtropical do Atlântico Sul e muitas vezes também com ventos tropicais da Região Nordeste, resultado em uma faixa intensa de nuvens, intensificando as chuvas no território chamada de Zona de Convergência do Atlântico Sul (REBOITA et al., 2010).

Também na Estação de verão, a radiação proveniente na posição do Sol neste período do ano aumenta as temperaturas das Regiões Norte e Centro Oeste brasileira, este fato, somado a umidade da Floresta Amazônica, resulta em movimentos convectivos gerando um anticiclone de alto nível conhecido como Alta da Bolívia (REBOITA et al., 2010 apud. WESBSTER, 1972; GILL, 1980).

Entretendo, apesar do ciclo de precipitação anual de todo território pertencente a R5 ser parecido, existem particularidades regionais tanto no volume das chuvas como no modelo de atuação dos sistemas. Para a Região Sudeste, a qual está localizada a Bacia em estudo, as chuvas são resultado da atuação da Monção e posicionamento da Alta Subtropical do Atlântico Sul, a qual, nos meses de verão está mais distante do continente, trazendo umidade do oceano, e nos meses de inverno posicionada mais próxima, portanto, não carregando umidade para o Continente Sul Americano. Sobre esta região também há influência de outros fenômenos como, Brisas, Sistemas Frontais, Ciclones, Linhas de Instabilidade, Bloqueios Atmosféricos, Complexos Convectivos de Meso-Escala e Bloqueios Atmosféricos (REBOITA et al., 2010).

O fenômeno de aquecimento incomum do Oceano Pacífico tem como um dos resultados o enfraquecimento dos ventos que partem dos trópicos em direção as regiões subtropicais, estes ventos, responsáveis pelo carregamento da umidade conjunto da evapotranspiração da Região Amazônica com a umidade do Oceano

Atlântico equatorial, quando sem força, não formam os chamados Jatos de Baixos Níveis e consequentemente não influenciam no regime de chuvas da região da Bacia hidrográfica do Sorocaba e Médio Tietê, levando a menores índices pluviométricos se comparados as anos sem a anomalia conhecida como El Niño Oscilação Sul.

3.5 Infraestrutura para Recursos hídricos

Com a crescente demanda da agricultura pela água, somado ao crescimento desenfreado das cidades e indústrias, o planejamento e a gestão dos Recursos hídricos torna-se um desafio, sobretudo em um país subdesenvolvido com o Brasil, no qual a população rural mais pobre tem acesso a insumos agrícolas, como os agrotóxicos, mas nem sempre obtém informação sobre o uso adequado dos insumos, somado a outras interferências na natureza que não são monitoradas pelos órgãos responsáveis, como a ocupação das áreas de mananciais, ocupação de matas ciliares, despejo de matérias sólidos e líquidos na água corrente ou próximos a lençóis freáticos, entre outros crimes ambientais. Já a população mais pobre e industriais do meio urbano também cometem crimes ambientais semelhantes a quase todos os cometidos pelas populações rurais comentadas.

Apesar da obrigatoriedade do Plano Diretor, este muitas vezes não é seguido à risca, deixando muito do que está escrito no papel longe da prática. Fato muitas vezes resultado de jogos e interesses políticos e favores as elites locais, prejudicando o a gestão pública dos Recursos hídricos e o desenvolvimento ambiental de um município.

Outro fator que impede a maior atenção as questões ambientais é prioridade nos investimentos em obras de maior impacto e visibilidade aos eleitores, priorizando obras de asfaltamento e construção de prédios imponentes, deixando trabalhos como

recuperação de Áreas de Preservação Permanente e Estações Tratamento de Esgoto em segundo plano.

Com a impermeabilização do solo, pouca ou quase inexistente preocupação com os resíduos sólidos e líquidos, falta de comprometimento com mananciais e matas ciliares e canalização de rios e córregos, a água que precipita sobre o meio urbano acaba sendo impedida de recarregar os lençóis freáticos, de ficarem armazenadas em rios e córregos, devido a canalização ou erosão resultado retirada da vegetação no entorno, causando um aumento em sua velocidade e diminuição ainda maior de seu curso em períodos de estiagem.

A distribuição também se torna vítima da má gestão dos Recursos hídricos de uma cidade, como as tubulações muitas vezes são antigas e ficam no subsolo, o controle dos vazamentos frequentemente apresenta limites, como é o caso de quando o vazamento ocorre em locais com pouco fluxo de pessoas, quando ele não se mostra saturando as camadas superficiais do solo, ou quando há uma somatória de vazamentos quase que imperceptíveis, mas que representam grandes perdas no processo de distribuição.

Outro fator resultado da má gestão é a poluição dos rios. O Brasil apresenta uma enorme carência com relação ao destino correto dos resíduos gerados, o que resulta em uma poluição descontrolada do solo, do ar e da água, levando a mananciais e lençóis freáticos tornarem-se impossibilitados de serem explorados para o consumo humano.

A utilização abusiva e sem planejamento dos Recursos naturais, a carência de planejamento estratégico e o descumprimento de políticas governamentais relacionadas a água, aumenta a probabilidade das ocorrências de crises de abastecimento, já que os gestores em grande parte não estão preocupados com as

reservas hídricas. Enquanto há Recursos hídricos em abundancia, esses são deixados em segundo plano, resultando em falta de políticas relacionadas ao seu esgotamento, tendo como decorrência períodos de crise na distribuição em épocas de estiagem.

Sob estações do ano atípicas com pouca precipitação ou crescimento desacelerado de um espaço urbano, a demanda por água nunca deixa de existir, segundo Leme (2008), em uma Bacia hidrográfica a demanda por água é sempre crescente devido ao constante crescimento da população, indústria, agricultura etc. Deste modo as cidades precisam de alternativas na busca do bem natural, contudo muitas vezes essas alternativas não estão disponíveis para a distribuição e consumo humano, como reservatórios assoreados e/ou poluídos.

3.6 Uso de geotecnologias no monitoramento da precipitação

3.6.1 Geoprocessamento, Sistemas de Informação Geográfica (SIGs) e Sensoriamento remoto

Geoprocessamento é a soma de métodos, técnicas e conceitos sobre uma base de dados georeferenciada, resultado da integração das informações obtidas por meio da Geoinclusão com o auxílio da computação eletrônica, afim da obtenção de uma análise crítica dos dados ambientais determinados a partir de informações espaciais, capazes de originar conhecimento ambiental com o papel de suporte as tomadas de decisões relacionadas a tudo que pode ser encontrado nos meios socioeconômicos, físicos e biótipos (SILVA, 2009).

A Geoinclusão nada mais é que a inclusão das técnicas de métodos do Sensoriamento Remoto, Cartografia Digital e Sistema de Posicionamento Global (GPS). O Sensoriamento Remoto utiliza de sensores específicos com a finalidade de

detectar fenômenos e feições ambientais seguidos de um processamento digital, não precisando necessariamente estar no local em que se busca a informação; A Cartografia Digital utiliza da Topografia, Geodésia entre outras ferramentas com a finalidade de mapear as áreas ambientais, calcular, determinar e repartir os recursos gráficos, resolução espacial e escala; Já o GPS, são equipamentos voltados para determinar níveis de precisão e exatidão geodésico, de posicionamento global tanto de áreas, quanto de pontos específicos das feições terrestres (SILVA, 2009).

Os SIGs são sistemas computacionais capazes de fazer tratamentos de dados geográficos. Seu funcionamento é baseado na localização da superfície terrestre em distintas projeções cartográficas, apresentando um leque de aplicação, como na agricultura, no monitoramento de florestas, na gestão urbana etc. Basicamente os SIGs são utilizados para o propósito de criação de mapas; apoio em análises espaciais de fenômeno e banco de dados, armazenando e recuperando informações geográficas espaciais (ASSAD, 1998).

Já o Sensoriamento Remoto é uma forma de obter informação sobre algum lugar ou objeto, como imagem, estado atmosférico, tipo de material de formação etc. Tem com princípio as radiações eletromagnéticas emitidas naturalmente pelo Sol e Terra, ou artificialmente, com a utilização de radares específicos (ROSA, 2009). As lentes e radares utilizados para fins de Sensoriamento Remoto geralmente são empregados em aviões, satélite e drones, escolha que depende do valor de investimento, localização do objeto, escala de obtenção entre outros fatores.

Um produto de Sensoriamento Remoto Orbital que ganhou destaque nas últimas décadas para monitoramento de chuvas em regiões tropicais é o satélite TRMM (Tropical Rainfall Measuring Mission). Em órbita desde o ano de 1997, o satélite TRMM surgiu de uma parceria da NASA (National Aeronautics and Space

Administration) com a JAXA (Agência Japonesa de Exploração Aeroespacial), objetivando o estudo e monitoramento das chuvas em áreas tropicais (SILVA et al., 2013. Apud COLLISCHONN. et al., 2007).

Os instrumentos a bordo do satélite TRMM são: imageador de microondas (TMI), radar de precipitação (PR), radiômetro no visível e no infravermelho (VRS), sensor de energia radiante da superfície terrestre e das nuvens (CERES), e sensor imageamento de relâmpagos (LIS), sendo o radar de precipitação (PR), que é o primeiro radar meteorológico a ser lançado a bordo de um satélite, permitindo produzir mapas tridimensionais de estruturas precipitantes.

O satélite possui órbita oblíqua não- heliosíncrona bastante baixa (inicialmente 350 km, desde 2001 cerca de 403 km), de forma que o período de translação é bastante curto (91 minutos), permitindo resoluções espacial e temporal comparativamente altas. A órbita deste satélite foi calculada para se ter uma capacidade máxima de amostragem diurna e os dados são estimados a cada 3 horas com uma resolução espacial de 0,25° desde 50° N a 50° S (SILVA et al., 2013, p. 139).

3.6.2 Geoestatística

As feições e fenômenos da Terra não são homogêneas e nem apresentam padrões, deste modo a estatística tradicional não é funcional para calcular as aleatoriedades dos dados. A Geoestatística surge para suprir as carências relacionadas ao estudo das variáveis regionalizadas, pois, dados próximos tendem a gerar resultados parecidos, contudo quando as informações são apresentadas pouco ou muito distante uns dos outros o uso dos cálculos de anisotropia e continuidade dos fenômenos são essenciais.

A Krigagem é o método de interpolação de dados mais comum da Geoestatística:

O que diferencia a krigagem de outros métodos de interpolação é a estimação de uma matriz de covariância espacial que determina os pesos atribuídos às diferentes amostras, o tratamento da redundância dos dados, a vizinhança a ser considerada no procedimento inferencial e o erro associado ao valor estimado. Além disso, a krigeagem também fornece estimadores exatos com propriedades de não tendenciosidade e eficiência (CAMARGO, 1998, p. 5-1).

3.6.3 Monitoramento da precipitação em Bacias hidrográficas

Para o estudo do regime de chuvas em uma Bacia hidrográfica, o conhecimento das suas condições particulares de tempo e clima é essencial. O tempo nada mais é do que “o estado médio da atmosfera numa dada porção de tempo num dado lugar. Por outro lado, clima é a síntese do tempo num dado lugar por durante um período de aproximadamente 30-35 anos” (AYOADE, 2006, p. 2).

Para o monitoramento da precipitação em Bacias hidrográficas podem ser usados dados obtidos por sensor de satélites específicos e/ou por meio de dados de estações meteorológicas, em ambos os casos o monitoramento só é possível quando há um banco de dados suficientes de acordo com o período temporal de informações necessárias para a realização da pesquisa. Quanto maior a quantidade de dados pluviométricos obtidos na Bacia, maior é a confiabilidade dos resultados de monitoramento, assim sendo, muitas vezes usam-se tanto dados obtidos por sensoramento remoto, quando por bases meteorológicas, para isso são usados coeficientes estatísticos.

3.7 A Unidade de Gerenciamento de Recursos hídricos Integrada do Médio Tietê (UGRHI-10)

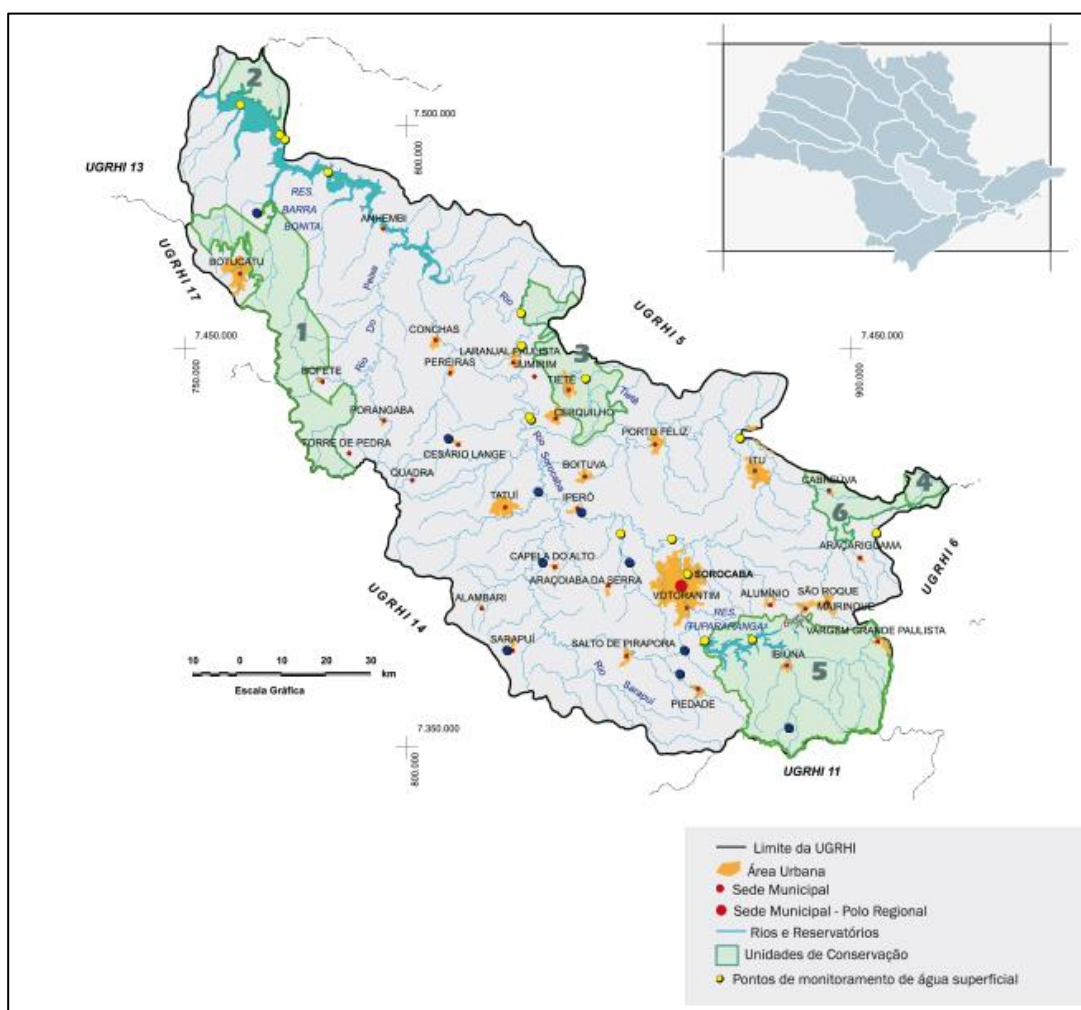


Figura 2. Mapa da Unidade de Gerenciamento de Recursos hídricos integrada ao Médio Tietê. Fonte: SIGRH.

A Unidade de Gerenciamento de Recursos hídricos Sorocaba/Médio Tietê surge com a Lei nº 7.663/91, que teve a finalidade de estabelecer 22 UGRHIs com base nas Bacias hidrográficas, de modo a atender os interesses comuns dos municípios que abrangem seu espaço:

A Bacia do Médio Tietê compreende o trecho do Rio Tietê desde a saída do Reservatório de Pirapora até a Barragem de Barra Bonita, com extensão de 367 Km, compreendendo uma área de drenagem de, aproximadamente, 6.830 Km. Seus principais afluentes são os rios Jundiaí, Capivari e Piracicaba (UGRHI-05), na margem direita, e o rio Sorocaba, na margem esquerda.

De Pirapora até a Usina Hidrelétrica de Porto Góes, o Rio Tietê e seus afluentes apresentam-se bastante aerados, por drenar, nesse trecho, parte do Planalto Atlântico Cristalino, que os condiciona a vencerem obstáculos de rochas mais resistentes, com grandes turbilhonamentos em quedas d'água e corredeiras.

Daí para jusante, o rio percorre a Depressão Periférica, onde os afloramentos de rochas mais resistentes são raros, alcançando finalmente a província geológica das Cuestas Basálticas onde, juntamente com o Rio Piracicaba, ele forma um boqueirão, para enfrentar, aí, novo trecho de quedas d'água e corredeiras, atualmente inundado pelo reservatório de Barra Bonita.

O Rio Sorocaba é o afluente mais importante da margem esquerda do Médio Tietê, drenando uma área de 5.269 Km², com o trecho superior no Planalto Atlântico e o restante na Depressão Periférica, nos afloramentos de terrenos do Grupo Tubarão. É formado pelos rios Sorocabuçu e Sorocamirim, cujas cabeceiras se encontram nos municípios de Ibiúna, Cotia, Vargem Grande Paulista e São Roque.

Uma barragem no Município de Votorantim, represando as águas do Rio Sorocaba, forma o reservatório de Itupararanga, importante manancial da região, banhando terras dos municípios de Ibiúna, Mairinque, Alumínio, Piedade e Votorantim. Após o barramento, o rio atravessa as cidades de Votorantim e Sorocaba, que possuem significativo parque industrial.

Percorre a seguir, 180 Km em zona rural, antes de desembocar no Rio Tietê, no trecho médio superior, já no Município de Laranjal Paulista (SIRGRH, p. 1).

A UGRHI-10 atualmente é constituída pelos municípios de Alambari, Alumínio, Anhembi, Araçariguama, Araçoiaba da Serra, Bofete, Boituva, Botucatu, Cabreúva, Capela do Alto, Cerquilha, Cesário Lange, Conchas, Ibiúna, Iperó, Itu, Jumirim, Laranjal Paulista, Mairinque, Pereiras, Piedade, Porangaba, Porto Feliz, Quadra, Salto, Salto de Pirapora, São Roque, Sarapuí, Sorocaba, Tatuí, Tietê, Torre de Pedra, Vargem Grande Paulista, Votorantim, ou seja, são 34 municípios abrangidos por um conjunto de políticas responsáveis pela gestão dos Recursos hídricos de uma porção de 11.829 km², responsável por abastecer uma população de 1.811.904 habitantes, tendo como principais rios: Alambari, Araçua, Capivara, Guarapó, Jundiuvira, Macacos, Murundu, Pirajibu, Ribeirão do Peixe, Sarapuí, Sorocaba, Sorocabuçu, Sorocamirim, Tatuí e Tietê.

Tendo Sorocaba como Sede Regional da Unidade de Gerenciamento, a UGRHI-10 também conta com sedes municipais e diversos pontos de monitoramento de água superficial. Ainda sobre o domínio da Unidade estão 6 unidades de conservação, a saber:

APA Itupararanga, APA Cabreúva, APA Tietê, EE de Barreiro Rico, FE de Botucatu, FN de Ipanema, MN Geiseritos de Anhembi, PE Jurupará, RPPN Sítio Pithon, RPPN Meandros RPPN Meandros II, RPPN Fazenda Meandros III, RPPN Floresta Negra e RPPN Centro de Vivência com a Natureza - CVN. (SIGRH apud FF, 2008)

Sob a linha imaginária do Trópico de Capricórnio, a UGRHI-10 é classificada segundo Cavalcanti et al. (2009), como pertencente a uma zona de características climáticas localizada nas regiões centrais dos Estados de São Paulo e Minas Gerais, com algumas extensões em regiões ao norte do Rio de Janeiro, sul do Espírito Santo e litoral sul de São Paulo. Com temperaturas médias anuais variáveis entre 19°C e 21°C, a zona está localizada em locais de altimetria elevada, resultando em um decrescimento de temperatura, chegando a temperaturas a baixo de 0°C, quando há presença de sistemas polares bem caracterizados, com execução das áreas litorâneas e do norte de Minas Gerais.

Para o regime de chuvas (CAVALCANTI et al., 2009), as Bacias do Tietê Superior e do Rio Sorocaba são classificadas em uma zona que se estende do interior do continente ao centro-oeste de Minas, norte do Rio de Janeiro e Espírito Santo, com precipitação média anual varia entre 1.250 mm e 1400 mm. “A frente polar atua como fator gerador das chuvas no local; contudo, de forma menos intensa do que no litoral” (CAVALCANTI et al., 2009, p. 250).

Segundo Nimer (1979), a região sudeste está numa faixa de transição entre os climas quentes resultado das baixas latitudes e climas temperados das latitudes

médias. A UGRHI-10 estando nas áreas de baixa latitude, apresenta suas características climáticas, entendidas como a das estações bem definidas, apresentando invernos secos e verões chuvosos.

A UGRHI-10 apresenta em sua morfoestrutura a Bacia Sedimentar do Paraná e o Cinturão Orogênico do Atlântico, respectivamente com a morfoescultura do Planalto Ocidental Paulista, Depressão Periférica Paulista e Planalto Atlântico, contudo sua área, central, e também a maior, está localizada no Planalto Ocidental Paulista.

Ross (2003, p. 50), aponta que a Bacia Sedimentar do Paraná, assim como as outras Bacias sedimentares localizadas no território brasileiro, amazônica, e do Paranaíba ou Maranhão:

[...] formam-se ao longo do Fanerozóico, ou seja, nos últimos 600 milhões de anos. Os sedimentos mais antigos são do Paleozóico, os intermediários do Mesozóico e os mais recentes do Cenozóico. Quando essas bacias se organizaram, os terrenos do continente sul-americano encontravam-se em posições altimetria bem mais baixas. Os depósitos marinhos e continentais formaram as rochas sedimentares das três grandes bacias. Assim, nelas são encontrados sobretudo arenitos de diferentes idades e granulações, às vezes intercalados por silitos, argilitos, conglomerados e calcários. Especificamente, na Bacia do Paraná ocorreu extensivo derrame de lavas, vulcânicas, que se depositaram sobre as camadas sedimentares em planos horizontais e estratificados. Essa atividade vulcânica ocorreu no período jurássico e cretáceo, na era mesozóica.

Com relação ao Cinturão Orogênico do Atlântico Ross (2003, p. 49) comenta que assim como o cinturão de Brasília e do Paraguai-Araguaia, são três antigas cadeias montanhosas, as quais:

[...] encontram-se atualmente muito desgastadas pelas várias fases erosivas ocorridas, mais ainda guardam aspecto serrano em grandes extensões. Essas faixas de dobramentos foram no passado bacias geossinclinais estreitas e alongadas que margeavam a borda das plataformas. Os sedimentos formadores das bacias geocinclinais, em

função da movimentação da crosta terrestre, foram por várias vezes dobrados por pressões das plataformas. Nesse processo de movimentação da crosta, os sedimentos, ao serem dobrados, também sofreram metamorfização, intrusões e possivelmente até efusões vulcânicas. Algumas dessas áreas orogênicas, como é o caso do cinturão do Atlântico, passaram por até três fases de dobramentos, acompanhados de metamorfismo e intrusões alternando por longas fases erosivas.

O cinturão orogênico do atlântico estende-se desde a parte oriental da região Nordeste até o sudeste do Estado do Rio Grande do Sul. É uma faixa de grande complexidade litológica e estrutural, prevalecendo rochas metamórficas de diferentes tipos e idades, como gneisses, migmatitos, quartzitos, micaxistos, filitos, e, secundariamente, intrusivas, como os granitos e os sienitos.

A cobertura vegetal nativa da Unidade ocupa cerca de 17,5% (2.104 km²) da Bacia, com maior destaque as Floresta Ombrófila Densa e a Floresta Estacional Semidecidual, essa vegetação natural característica da Bacia hidrográfica é conhecida como Floresta Atlântica, Ab'Saber (2003, p. 50) comenta que:

À altura do estado de São Paulo, as matas atlânticas penetram por todos os planaltos interiores, com fortes irregularidades na depressão periférica central do território, onde ocorre um espaçado mosaico de cerrados, matas em faixas de calcários e terras roxas oriundas da decomposição de basaltos. Não são os climas tropicais mesotérmicos dos planaltos que garantem a presença de florestas biodiversas, mas, sim, a riqueza de algumas grandes manchas de solos ricos e influências orográficas na Serra do Mar, rebordos sul-orientais e ocidentais da Mantiqueira e escarpas de *cuestas* arenítico-basálticas do interior. Ao todo, existiam 82% de florestas tropicais de planaltos, contrapondo-se aos 15% de redutos de cerrado e cerradões. O restante era dotado por ecossistemas de planícies aluviais e planícies costeiras de restingas e uma parte muito pequena de campos em bosques de araucária nos altos da Mantiqueira (Campos do Jordão) e no Planalto da Bocaina. Existem, ainda, a considerar os minirredutos de cactáceas bromélias de lajeados em cimeira de algumas serrinha e escarpas: lajeados da Serra do Japi, por entre campos de matações em Salto e Itu, em locais restritos da Serra de São Francisco, no entremeio de bosques do município de Rio Claro e em emergências rochosas das costas interiores de São Paulo.

Os solos característicos da área de abrangência do IGRHI-10 são, os argissolos, em grande extensão, os latossolos e algumas manchas de neossolos (OLIVEIRA; ROSSI, 2000, p. 22). Os primeiros são: "Solos constituídos por material

mineral, apresentando horizonte B textural imediatamente abaixo do A ou E, com argila de atividade baixa ou com argila de atividade alta conjugada com saturação por bases baixa e/ou caráter alítico na maior parte do horizonte B [...]” (EMBRAPA, 2006 p. 101); Já os segundos caracterizam-se por serem: "Solos constituídos por material mineral, apresentando horizonte B latossólico imediatamente abaixo de qualquer tipo de horizonte A, dentro de 200 cm da superfície do solo ou dentro de 300 cm, se o horizonte A apresenta mais que 150 cm de espessura” (EMBRAPA, 2006 p. 161); E os terceiros demonstram: "Solos constituídos por material mineral, apresentando horizonte B latossólico imediatamente abaixo de qualquer tipo de horizonte A, dentro de 200cm da superfície do solo ou dentro de 300 cm, se o horizonte A apresenta mais que 150cm de espessura“ (EMBRAPA, 2006 p. 181).

3.7.1 Região Administrativa de Sorocaba

Segundo CANO et al. (2007, p. 98), a região administrativa de Sorocaba é composta por 79 municípios, com uma população total de 2,5 milhões de habitantes:

Historicamente, sua economia começa a ter certo dinamismo a partir de meados do século XVIII, com a chegada das primeiras boiadas e muares. Depois se transformou em um importante entreposto comercial, servindo como ponto de ligação entre os criadores do sul do país (vendedores) com as Capitânicas de São Paulo, Minas Gerais e Rio de Janeiro (compradores). O aumento populacional começou a exercer fortes pressões no espaço urbano em virtude das periódicas passagens das tropas, fomentando o surgimento de uma série de estabelecimentos comerciais e oficinas especializadas na produção de objetos de uso diário dos tropeiros.

O autor também comenta sobre o surgimento da agricultura na região, a qual tem forte ligação com o advento da indústria:

O capital cafeeiro penetra na região, por meio do plantio nas imediações das terras de Botucatu e Avaré e nas terras próximas à Sorocaba. Fundada em 1875, a Estrada de Ferro Sorocabana trouxe às localidades mais próximas da cidade de Sorocaba maiores facilidades de comunicação e transporte. O apogeu do plantio de algodão herbáceo e o advento da ferrovia contribuíram para que novas fábricas fossem instaladas mais adiante na cidade, principalmente têxteis, pela proximidade da matéria prima e pela facilidade do escoamento de seus produtos.

Transformou-se então em tradicional centro industrial interiorano e, com a crise do setor têxtil, enfrentou o desafio de diversificar sua produção, consolidando-se posteriormente como o quarto pólo econômico paulista.

Alguns de seus municípios conheceram expansão de sua base agrícola. Outros, com destaque para Sorocaba, aprofundaram seu crescimento industrial e sofisticaram suas funções terceiras. A região, a partir do processo interiorização do desenvolvimento, aumentou sua importância industrial nos estados chegando em 2003 a deter 5,5% do valor adicionado desse setor, a quarta posição estadual (CANO et al., 2007, p. 99).

Segundo dados de 2002-2004 a Região Administrativa de Sorocaba representa 13,3% da agropecuária paulista, destes, 68,1% pertencem as pastagens, sendo que ao contrário das outras regiões paulistas, as quais, disputam as pastagens com o cultivo da cana de açúcar esta região disputa suas terras com o cultivo de grãos como o milho e a soja e o trigo (CANO et al, 2007), contudo algumas cidades da região fazem parte do cinturão verde, responsável por fornecer verduras e legumes para a capital paulista. Já com relação ao valor de produção, também com base em dados de 2002-2004, suas maiores contribuições partem da carne bovina (15,4%) e da cana de açúcar (10,1%) (CANO et al., 2007).

A Região Administrativa de Sorocaba "abriga a quinta maior concentração industrial do estado"(CANO et al, 2007, p. 413). Apresenta uma diversificação de ramos industriais que perpassam desde insumos básicos a bens de capital e consumo duráveis e não duráveis. Sua participação no conjunto de indústrias no estado de São Paulo, entre os anos de 1980 e 2003 caíram de 11,2% para 9,1%, entretanto ainda é uma participação relevante (CANO et al., 2007).

Com relação as finanças públicas, a média anual da taxa de crescimento populacional é de 2,5% ao ano, 0,5% maior que a média do Estado. Tal crescimento demográfico somado ao crescimento e concentração econômica por parte da agropecuária, indústria e serviços, gerou um aumento da receita total dos municípios da região administrativa passando de 0,095% do PIB estadual nos anos de 1980, para 0,344%, no ano 2000. “Esse crescimento da *receita total* disponível para as administrações locais deveu-se em boa parte ao aumento das transferências Federais e Estaduais do ICMS [...]” (CANO et al., 2007, p. 412). Apesar do baixo crescimento das receitas tributárias em relação ao PIB, a arrecadação da Região Administrativa ainda está acima da média estadual.

Além disso, analisando o período entre os anos de 1980 e 2000, o autor alerta:

Mesmo ante o excepcional crescimento das *receitas orçamentárias* per capita, os investimentos não cresceram como proporção do PIB estadual; pelo contrário, caíram levemente de 0,030% para 0,027%, mas, como proporção de seus respectivos orçamentos, caíram de 31% para 8%. Essa diminuição deve-se em grande parte a queda das *receitas de capital* e aos acréscimos nos dispêndios com o pessoal e com os encargos das dívidas (CANO et al., 2007, p. 413).

Com relação à infraestrutura, em particular, a infraestrutura em saneamento básico, a Região Administrativa atende 97,66% da demanda de abastecimento de água, 90,75% da coleta de esgoto e 98,50% da coleta de lixo.

No caso do tratamento dos esgotos domésticos, a situação da UGHI Sorocaba/Médio Tietê é grave em municípios como Sorocaba, Botucatu, Tatuí, São Roque, Piedade e outros. Esses municípios não apresentam qualquer tipo de tratamento de esgoto; quando executam algum tratamento o percentual é baixo (CANO et al., 2007, p. 525).

A UGRHI-10 apresenta 82% de demanda da vazão mínima do balanço entre a demanda e a disponibilidade de água superficial, de modo que, segundo dados

obtidos no ano de 2004, 5% de sua água capitada é considerada de ótima qualidade, 21% de boa qualidade, 21% de qualidade regular e 43% de péssima, de acordo com os Índices de Qualidade das Águas destinadas ao abastecimento público. Com relação a coleta de esgoto da Unidade de Sorocaba/Médio Tietê, dos 97% de moradias particulares que possuem abastecimento de água, por volta de 89% recebem coleta de esgoto e apenas 25% dessa coleta recebe tratamento adequado (CANO et al., 2007).

3.7.2 Geração hidroelétrica

A UGRHI-10 tem como uma de suas responsabilidades 9 barragens, sendo a Represa Itupararanga e Represa Barra Bonita, as que representam maior influência para barra a Unidade de Gerenciamento, com usos para determinados fins do tipo: Controle de vazões e cheias, geração de energia e transporte. Itupararanga se destaca por apresentar 1/6 de todo o volume de água armazenada na Bacia, já Barra Bonita por possibilitar o transporte fluvial da hidrovia Tietê-Paraná.

3.7.3 Agricultura e irrigação

Em geral as principais atividades econômicas da UGRHI-10 são: Industrial, com destaque às indústrias no ramo de alimentos, metalurgia e extrativismo, localizadas sobretudo na Região Metropolitana de Sorocaba. E agricultura sobressaindo pelo cultivo de pastos, cana de açúcar, citrus, hortaliças e milho.

4 MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 Dados disponíveis para a área de estudo

Para a coleta dos dados de precipitação, foram utilizadas informações do satélite TRMM (Tropical Rainfall Measuring Mission) disponíveis no site http://disc2.nascom.nasa.gov/Giovanni/tovas/TRMM_V7.3B42_daily.shtml, onde é possível indicar as coordenadas do local em que deseja-se coletar as informações em conjunto com a especificação do período em análise.

Para coleta dos dados de precipitação do satélite TRMM, foi escolhida uma área entre -22°S e -24°30'S; -49°O e -46°30'O, com a finalidade de abranger todo o território da Bacia hidrográfica Sorocaba/Médio Tietê. As informações recolhidas pertencem aos verões entre os anos 2000/2001 e 2014/2015, para que se fosse possível fazer uma comparação entre os outros períodos de estiagem na bacia durante os 15 primeiros anos do século XXI. Procurou-se também encontrar relações entre as estiagens e os anos de anomalia, ou seja, os anos com a presença do fenômeno climático chamado de El Niño. Os resultados foram mapas confeccionados pelo método de Krigagen e Reclass.

Para preparação do banco de dados, no Microsoft Excel, considerou-se como período de verão os índices pluviométricos ocorridos entre os dias 21 de dezembro a 20 de março, começando a partir do final do ano 2000 seguindo até 2015, foram criados primeiramente 15 mapas de pontos no software Esri Arc Map, seguindo os seguintes passos: file > Add Data > Add XY Data e selecionando a coordenada GCS_WGS_1984.

Com os mapas de pontos já criados, estes foram recortados por máscara em uma shapefile com os contornos da UGRHI-10, utilizando a ferramenta Extract by Mask (Spatial Analyst).

4.2 Análise Espacial

4.2.1 Análise exploratória dos dados

Para a análise exploratória dos dados de precipitação dos verões ocorridos nos quinze primeiros anos do século XXI na Bacia hidrográfica do Tietê/Sorocaba, foram utilizadas estatísticas descritivas como: Amplitude, Assimetria, Curtose, Desvio Padrão, Média, Mediana e Variância.

A Amplitude é a escala de abertura angular de uma onda, podendo ser positiva ou negativa. Seu cálculo tem a finalidade de mostra a diferença entre as extremidades. Determinada pela equação (1):

$$A = (MAX - MIN) \quad (1)$$

Em que: MAX= o valor máximo observado; MIN= o valor mínimo observado.

A Assimetria é o cálculo da distribuição dos dados da média, moda e mediana, representada em forma de três curvas: Simétrica, de Assimetria positiva e de Assimetria negativa. A primeira acontece quando os dados de Moda, Média e Mediana são iguais; A segunda é representada quando o valor da Média é menor que a Mediana e a Moda tem o maior valor; já a terceira é o contrário da Simétrica, sendo a Moda com menor valor e a Mediana com valor maior que a Média.

A Curtose é o grau de rebaixamento do topo de uma curva na distribuição dos dados numéricos de uma circunflexa em um gráfico x, y, ou seja, quanto mais plana for o topo da curva, maior será a curtose. Determinada pela equação (2):

$$C = \frac{(Q_3 - Q_1)/2}{P_{90} - P_{10}} \quad (2)$$

Em que: Q= o valor do quartil observado; P= o valor do percentil observado.

O Desvio Padrão é utilizado para encontrar supostos erros nos valores das Médias. Determinada pela equação (3):

$$DP = \frac{\sum_{i=1}^n (Xi - \bar{X})^2}{n - 1} \quad (3)$$

Em que: Xi = o valor da amostra observada; $\bar{X}$ = o valor da média das amostras observadas; n = o número de amostra dos elementos.

A Média é calculada para encontrar o valor médio de todos os elementos presentes em uma amostra. Determinada pela equação (4):

$$\bar{X} = \frac{x_1 + x_2 + x_3 \dots x_n}{n} \quad (4)$$

Em que: x_n = o valor da amostra observada; n = o número de amostra dos elementos.

A Mediana serve para mostrar o valor que está localizado na posição central das variáveis numéricas de um conjunto de dados amostrais. Determinada pelas equações (5) e (6):

a. Para séries impares de dados numéricos:

$$Md = \frac{(n + 1)}{2} \quad (5)$$

Em que: n = o número de amostra dos elementos.

b. Para séries pares de dados numéricos:

$$Md = \frac{(\frac{n}{2}) + (\frac{n}{2} + 1)}{2} \quad (6)$$

Em que: n = o número de amostra dos elementos.

A Variância, assim como o desvio padrão é uma medida de dispersão dos dados numéricos para indicar o quão longe um dado está do outro. Determinada pela equação (7):

$$S^2 = \frac{(x_1 - \bar{x})^2 + (x_2 - \bar{x})^2 \dots (x_n - \bar{x})^2}{n - 1} \quad (7)$$

Em que: x_n = o valor da amostra observada; n = o número de amostra dos elementos.

4.2.2 Análise geoestatística – Variografia e Krigagem

O Variograma é uma função capaz de fazer medições entre os pontos de uma distancia h em um eixo x e y . Quando os pontos estão próximos a chamada variância é menor devido a aproximação de seus valores. Contudo, quando as distancias são maiores seus valores deixam de compor números próximos e a variância aumenta. Em consequência, quando maior a distancia, maior será a variância e seu limite. Ou seja, quando sua função começar a variar em torno do limite, no momento em que se inicia a estabilidade da curva, tornando-se uma reta horizontal estável, seu ponto é chamado de Patamar. Este fenômeno não acontece necessariamente em todos os Variogramas (YAMAMOTO, LANDIM, 2013). A distancia entre o início do Variograma até o Patamar é chamado de Alcance. O ponto de inicio da linha nem sempre apresenta os valores $x(0)=0$ e $y(0)=0$, quando gráfico se inicia com $y(0)>0$ essa variação de espaço entre o ponto de origem é chamado de Efeito Pepita.

Existem vários modelos de Variogramas, os mais utilizados são: Exponencial, Esférico e Gaussiano. O primeiro e o segundo apresentam uma linha de traçado ascendente com o formato de apenas uma concavidade durante o percurso chamado de amplitude até chegar ao Patamar, quando o traçado deixa de ser ascendente, o segundo também é o mais comum para dados ambientais; já o terceiro apresenta uma característica de traçado com duas concavidades antes de chegar ao Patamar.

Para o ajuste correto dos Variogramas em cada verção foi necessário utilizar o Efeito Pepita, que é a distância entre os pontos iniciais do gráfico x e $y=0$ e o pontos $x=0$ e $y > 0$, necessário, segundo CORREIA (2010), para evitar más estimações devido a descontinuidades nas zonas mais próximas da origem.

No processo de criação dos mapas de Krigagen foi utilizado a ferramenta Geostatistical Wizard, encontrada na barra de ferramentas Geoestatistical Analyst, após entrar na ferramenta foram empregados os seguintes passos:

- 1- Geoestatistical Methods: Kriging/Cokringing;
- 2- Dataset: Source Dataset [Ano]; Data Field [Dado de precipitação];
- 3- Kriging Type: Ordinary; Output Surface Type: Prediction.

Após ativar estas opções o software disponibilizou o Variograma possibilitando suas modificações para obtenção do melhor resultado final, a saber: Type (Tipo de modelo), Majoy range (Alcance), Anisotropy (Anisotropia), Calculate partial sill (Patamar), Nugget (Efeito pepita), Lag size (Tamanho do passo), Number of lags (Número de passos).

4.2.3 Validação Cruzada

A *Validação Cruzada* tem o papel de fazer estimativas de erro no *Variograma* por meio de cálculos como: *Média Padronizada* (MS - *Mean Standardized*), *Valor Médio Quadrático* (RMS - *Root-Mean-Square*), *Média do Desvio Padrão* (ASE - *Average Standard Error*) próxima da média padronizada e *Valor Médio Quadrático Padronizado* (RMSS - *Root-Mean-Square Standardized*). Considerou-se como melhor resultado aquele que apresenta MS próxima de zero, o menor de RMS possível, a ASE próxima da média padronizada e RMSS próximo de 1. O RMSS fornece uma medida da acurácia dos valores interpolados, que quando abaixo de 1 está

subestimando e quando acima está superestimando os valores interpolados (JOHNSTON et al. 2001). Além desses parâmetros o coeficiente de determinação (R^2) foi utilizado para verificar o grau de dependência entre os valores mensurados e preditos no processo de validação cruzada.

4.2.4 Álgebra de campos de objetos

A álgebra de campos de objetos consiste na utilização da álgebra booleana para confecção de mapas temáticos. Na prática utilizar a lógica binária do *NOR*, *AND*, *OR* e *XOR* é responsável por gerar os dados espaciais em mapas de acordo com as informações contidas em um banco de dados e com a finalidade das informações, gerando assim, os pontos, as linhas e as áreas. Contudo a álgebra de campos não se limita apenas a lógica booleana, também se baseia nos dados estatísticos como: média, diferença percentual, mediana, desvio padrão, amplitude, curtose, assimetria e variância, por exemplo, para exibir dados nos casos de vizinhança em torno dos locais representados (BARBOSA, 2015).

Os mapas gerados no módulo *Geoestatística Wizard* passaram por um procedimento de reclassificação para que pudessem ser comparados com outros mapas. Deste modo, a ferramenta *Reclass* reclassifica e organiza as legendas dos mapas de acordo com a informação que se deseja obter.

Após a obtenção dos mapas interpolados, foi aplicada a técnica de álgebra de mapas utilizando a função *Raster Calculator* do *ArcGis* para obtenção do percentual de precipitação incidente na área de estudo em relação a Média dos últimos 15 anos através da Equação 8:

$$Diferença \% = \frac{\sum(Chuva Verão)*100}{Média \sum(Precipitação dos Verões 2001-2015)} \quad (8)$$

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 Estatísticas Descritivas

A partir dos dados coletados do satélite TRMM, foi possível determinar valores por meio dos cálculos da estatística descritiva para cada ano do período estudado. A Tabela 1 apresenta os resultados da contagem da Média, Mediana, Desvio Padrão, Amplitude, Variância, Assimetria e Curtose da precipitação na UGHRI-10 de cada um dos verões entre 2000/2001 e 2014/2015.

Tabela 1. Estatística descritiva dos dados de precipitação na UGHRI-10 entre os verões de 2000/2001 a 2014/2015, em mm.

Verões	Média	Mediana	Desvio Padrão	Amplitude	Variância	Assimetria	Curtose
2000/01	624,68	620,47	44,87	203,43	2.013,53	0,11	-0,48
2001/02	653,80	652,22	64,12	273	4.111,81	-0,10	-0,76
2002/03	677,94	669,54	66,29	321,59	4.395,27	0,89	0,74
2003/04	691,13	684,25	76,40	315,50	5.837,30	0,30	-0,66
2004/05	728,89	743,04	84,99	377,29	7.222,94	-0,30	-0,50
2005/06	632,58	655,1	91,23	364,83	8.324,09	-0,77	-0,17
2006/07	757,60	759,77	110,62	457,34	12.237,77	0,03	-0,8
2007/08	727,92	735,89	145,85	617,37	21.272,94	0,10	-0,94
2008/09	841,03	847,06	101,64	552,74	10.331,5	-0,46	0,60
2009/10	862,09	836,62	132,70	670,26	17.610,11	0,40	0,10
2010/11	854,47	873,62	104,52	566,29	10.926,38	-0,39	0,1
2011/12	624,31	621,55	84,19	421,87	7.088,23	0,54	0,26
2012/13	712,28	689,60	111,42	502,48	12.414,29	0,63	0,230
2013/14	403,75	385,87	58,75	225,63	3.451,88	0,92	-0,26
2014/15	676,90	658,19	82,69	413,47	6.837,81	1,41	2,19

As Médias de chuva para os verões dos anos 2000/2001 a 2013/2014 (Gráfico 1) variaram entre 403,75 (sendo 2013/2014 o verão com menor média pluviométrica) e 862,09 mm (sendo 2009/2010 o verão com o maior média pluviométrica). Já a média dos 15 anos foi de 697,96 mm. O Gráfico 1 mostra a variação da média ao longo dos

anos, nele é possível observar que alguns dos verões com a presença do El Niño obtiveram acumulados de chuvas acima da média dos anos analisados neste trabalho, a saber: 2004/2005, 2006/2007 e 2009/2010.

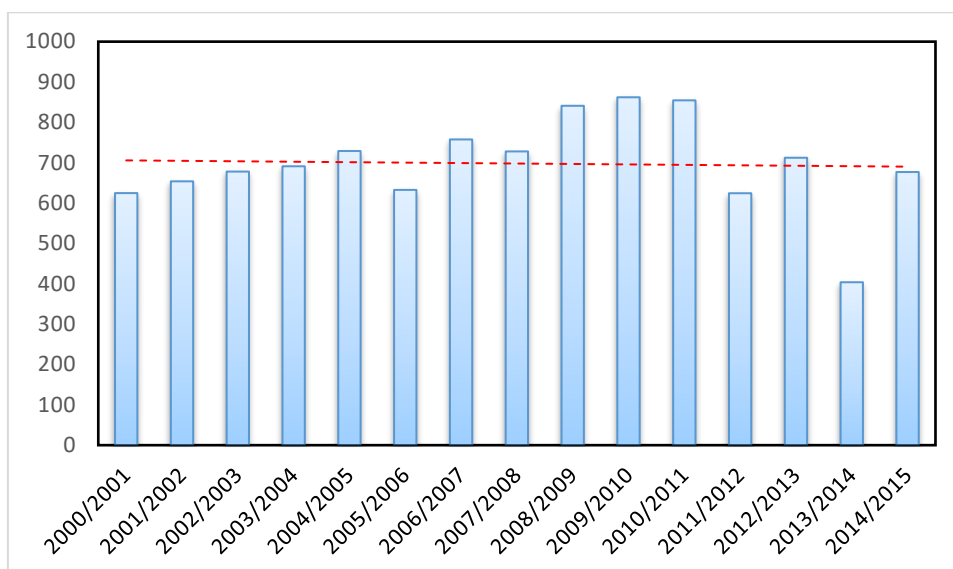


Gráfico 1. Média dos dados de precipitação (mm) na UGHRI-10 entre os verões de 2000/2001 a 2014/2015 (linha azul) e sua flutuação em relação a média (linha vermelha).

Diferente da média, a mediana (Gráfico 2) que tem o objetivo de localizar o elemento central da ordem dos dados de precipitação mostra a diferença de precipitação entre os verões de forma mais clara. Como resultado do cálculo da mediana obteve-se os extremos como, o verão de 2013/2014 com menores valores, 385,87 mm e de 2010/2011 com os maiores, 873,62 mm. O resultado do cálculo da mediana (Gráfico 2), ao contrário da média, mostra coincidência entre o verão de menor acumulado de chuvas apresentando nos mapas.

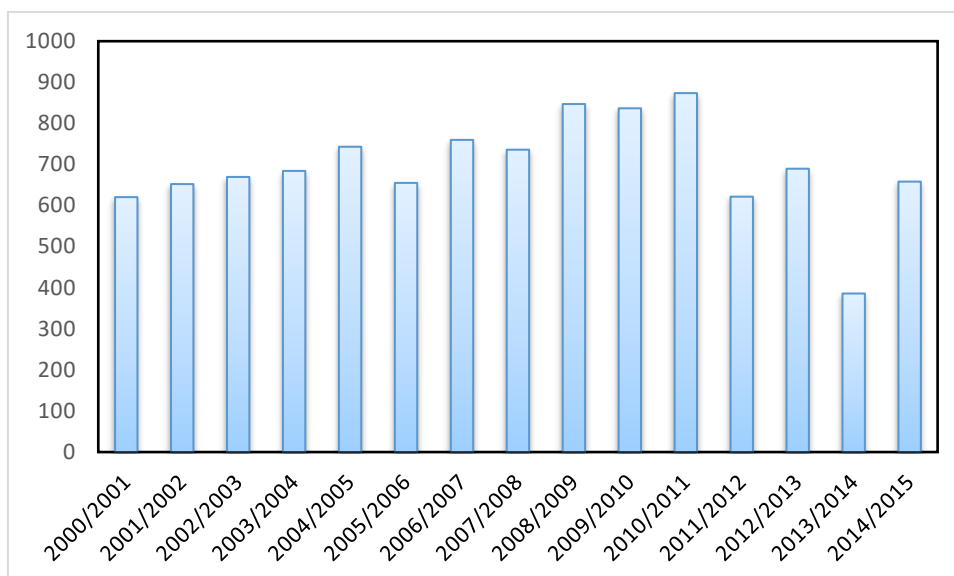


Gráfico 2. Mediana dos dados de precipitação (mm) na UGHRI-10 entre os verões de 2000/2001 a 2014/2015.

Os resultados gerados pelo cálculo do desvio padrão acabam mostrando a variação das chuvas em relação a média, sobretudo para os verões de 2007/2008, 2009/2010 e 2012/2013, os quais apresentaram picos de maiores índices (Gráfico 3). Já o verão de 2000/2001 foi o que apresentou menor diferença.

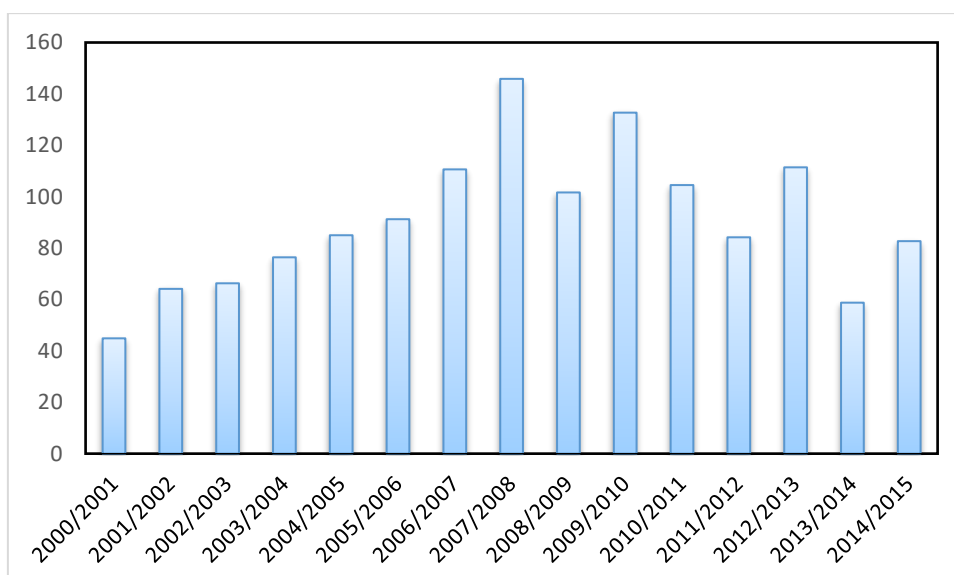


Gráfico 3. Desvio Padrão dos dados de precipitação (mm) na UGHRI-10 entre os verões de 2000/2001 a 2014/2015.

A partir dos resultados do cálculo da amplitude é possível visualizar (Gráfico 4) com mais clareza apenas a diferença em mm dos anos que mais choveram com relação aos que menos, como também observar a velocidade da recuperação após um ano de estiagem na Bacia durante os anos seguintes. A menor amplitude ficou por conta de 2000/2001, já a maior para 2007/2008.

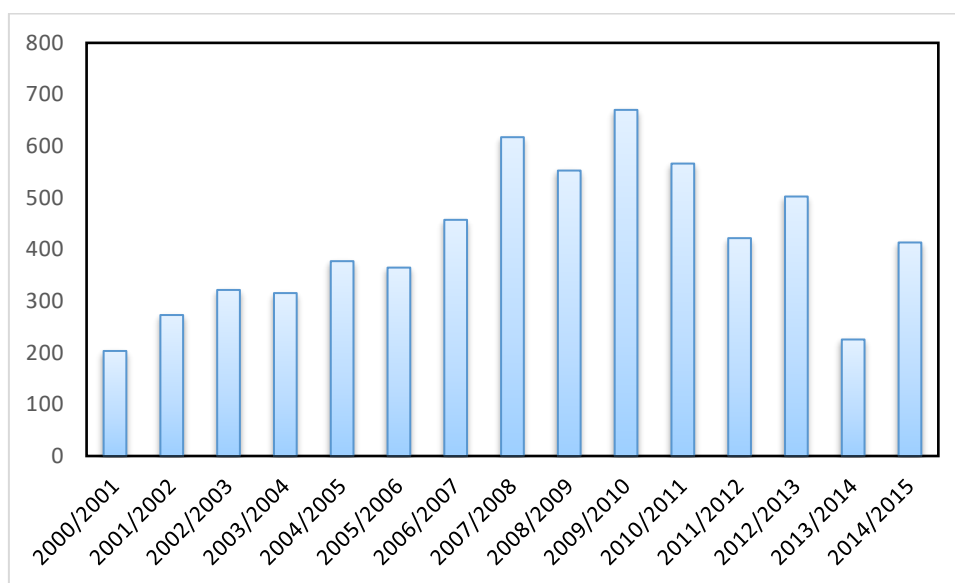


Gráfico 4. Amplitude dos dados de precipitação na UGHRI-10 entre os verões de 2000/2001 a 2014/2015.

Como outro modo de representar o nível de dispersão dos dados, a variância (Gráfico 5) também é capaz de mostrar as diferenças espaciais entre os dados de precipitação com relação a média dos valores. Sendo parte do processo para o cálculo do desvio padrão, seu comportamento ficou semelhante aos desvios com picos nos verões de 2007/2008, 2009/2010 e 2012/2013 e o ponto mais baixo em 2000/2001. Verificou-se de forma geral que os maiores valores ocorrem em anos onde a precipitação média foi maior que na média do período em estudo. Em contrapartida, os menores valores ocorreram em anos onde a precipitação média foi menor que na média do período em estudo. Nos anos mais chuvosos os eventos ocorrem de forma

aleatória no espaço, podendo variar também temporalmente. A precipitação e seus eventos são tradicionalmente analisados quanto a sua intensidade, duração e frequência (TUCCI, 2007). Assim, a combinação dessas três grandezas pode embutir muita ou pouca variabilidade nos dados, dependendo da extensão da área e do período em análise.

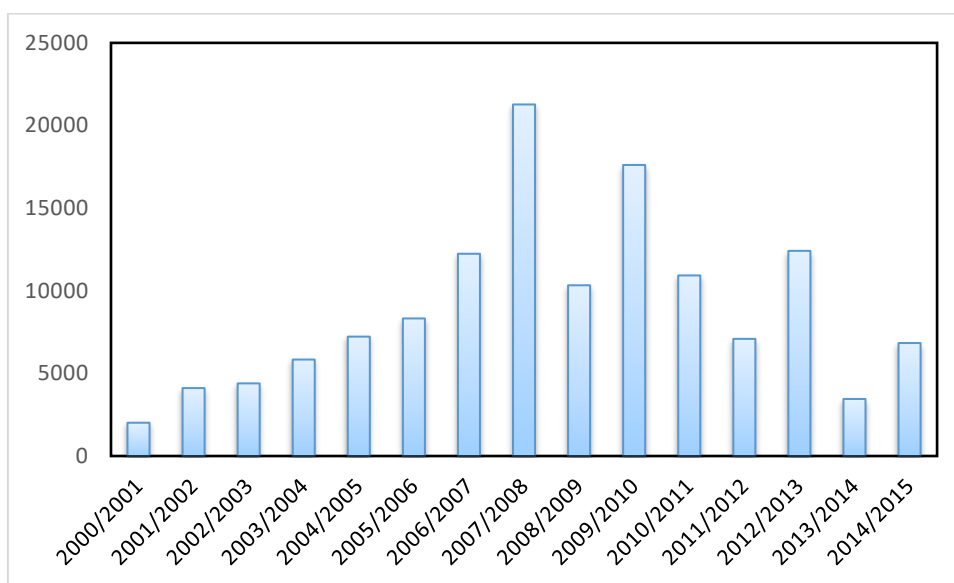


Gráfico 5. Variância dos dados de precipitação na UGHRI-10 entre os verões de 2000/2001 a 2014/2015.

O comportamento do gráfico de assimetria (Gráfico 6) mostra os períodos em que houveram precipitações abaixo e acima da média, sendo 2005/2006 o verão mais seco e 20014/2015 o mais úmido. Em nenhum caso os valores foram superiores a 1,5, mostrando que as distribuições se comportaram de maneira normal.

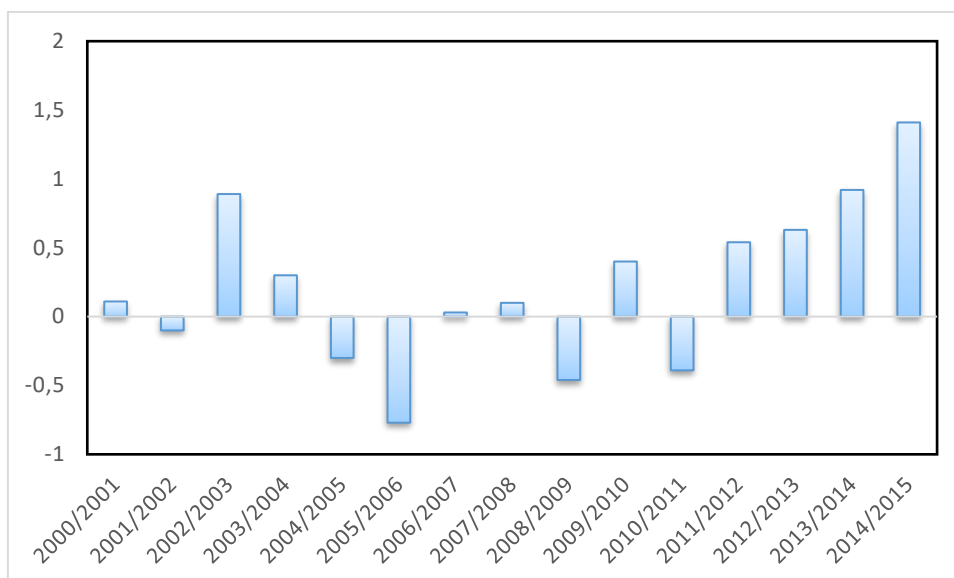


Gráfico 6. Assimetria dos dados de precipitação na UGHRI-10 entre os verões de 2000/2001 a 2014/2015.

O resultado da curtose são curvas classificadas como mesocúrticas, ou seja, quando há presença desta formação os resultados são entendidos como normais, próximos a média, sendo que a distribuição das chuvas em nenhum dos verões ultrapassou a média de todo o período estudado (Gráfico 7).

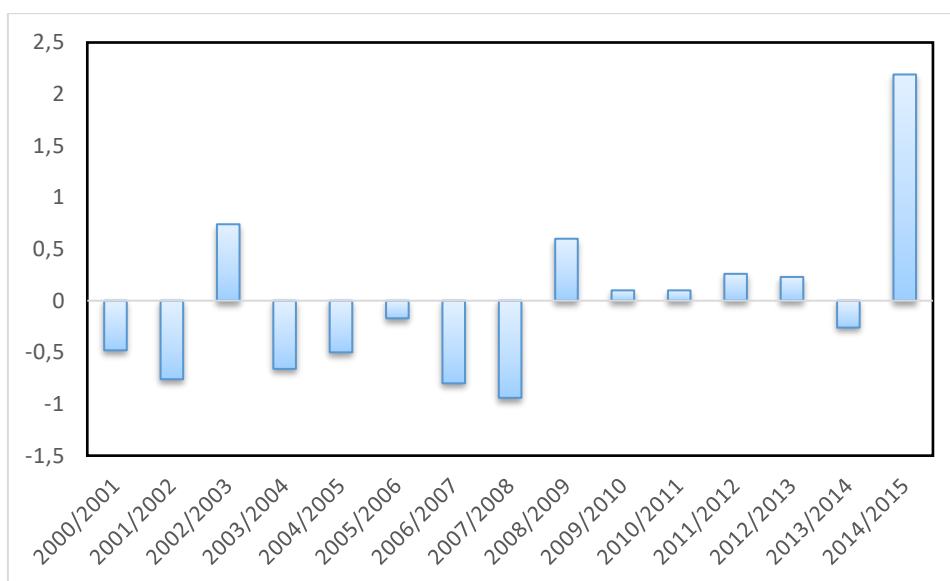


Gráfico 7. Curtose dos dados de precipitação na UGHRI-10 entre os verões de 2000/2001 a 2014/2015.

5.2 Análise geoestatística

O ajuste dos variogramas que modelaram a dependência espacial dos dados de precipitação coletados pelo satélite TRMM para a UGHRI-10 estão expostos na Tabela 2. Os parâmetros de ajuste incluem o tipo de modelo, alcance, patamar, efeito pepita, direção da anisotropia modelada, número e tamanho dos passos.

O modelo que mais se ajustou aos diferentes conjuntos de dados foi o gaussiano, seguido pelo esférico e com menor presença o exponencial. O efeito pepita foi muito baixo em todos os mapas, inclusive ausente em alguns casos, mostrando que a resolução espacial dos dados do satélite TRMM foi suficiente para representar o fenômeno na região de estudo. O alcance variou entre 1,59 a 3,18 km. Os maiores alcances foram encontrados tanto nos anos mais chuvosos como os anos mais secos.

Tabela 2. Parâmetros dos variogramas ajustados dos dados de precipitação na UGHRI-10 entre os verões de 2000/2001 a 2014/2015.

Verões	Efeito pepita	Tipo de modelo	Alcance (Km)	Patamar	Direção (°)	Número de passos	Tamanho do passo (km)
2000/01	0,00	Exponencial	2,57	2.409,58	78,75	12	0,21
2001/02	0,00	Esférico	3,18	5.501,95	112,85	12	0,26
2002/03	0,00	Esférico	2,18	5.154,21	62,93	12	0,18
2003/04	7,35	Gaussiano	1,73	7.348,76	82,26	12	0,14
2004/05	357,61	Gaussiano	1,89	8.833,87	77,87	12	0,15
2005/06	1.758,20	Gaussiano	3,18	11.167,17	167,34	12	0,26
2006/07	1.335,11	Gaussiano	3,18	17.858,86	101,25	12	0,26
2007/08	975,30	Gaussiano	2,40	29.952,86	65,74	12	0,20
2008/09	100,15	Esférico	2,00	11.404,12	164,00	10	0,20
2009/10	1.391,40	Gaussiano	3,18	40.245,22	46,58	12	0,26
2010/11	0,00	Esférico	3,18	17.679,53	138,16	12	0,26
2011/12	0,00	Exponencial	2,14	9.164,39	omnidir	12	0,21
2012/13	101,69	Esférico	1,59	10.528,13	170,68	10	0,16
2013/14	0,00	Exponencial	3,18	4.227,21	58,36	12	0,26
2014/15	0,00	Esférico	3,18	8.839,27	48,34	12	0,26

O Patamar, ou ponto em que a partir de então os pontos atingem um limite, variou entre 2.409,58 a 40.245,22, sendo os maiores patamares nos anos com maiores variâncias. Já a partir da observação dos padrões formatos a partir da dispersão espacial dos dados, pode-se identificar anisotropia na criação de quase todos os mapas. As direções variaram sem apresentar uma clara relação entre anos mais secos e anos mais chuvosos.

Os mapas obtidos pelo método de Krigagem em faixas de precipitação dos verões, que variaram entre 300 a 1100 mm. A Média de variação esteve entre 586,145 e 768,883 mm.

As avaliações dos erros gerados no processo de interpolação dos dados constituem a chamada Predição de Erros, sendo esta um conjunto de resultados dos cálculos estatísticos produzidos pelo próprio módulo Geostatistical Analyst do software ArcGis (Tabela 3).

Tabela 3. Predição de Erros dos mapas de precipitação na UGHRI-10 entre os verões de 2000/2001 a 2014/2015.

Predição de erro	Média de erro	Valor médio quadrático	Média padronizada	Valor médio quadrático padronizado	Média de erro padrão
2000/01	0,65	24,39	0,01	0,89	27,21
2001/02	0,13	16,37	0,00	0,61	26,41
2002/03	-0,15	21,40	0,00	0,67	31,39
2003/04	-0,34	21,19	-0,03	4,35	4,89
2004/05	0,30	28,02	0,00	1,18	23,83
2005/06	0,56	46,59	0,01	1,01	45,79
2006/07	-1,16	47,86	-0,02	1,14	41,31
2007/08	1,02	43,83	0,01	1,19	36,35
2008/09	-0,09	45,64	0,00	0,98	46,03
2009/10	1,38	49,60	0,03	1,18	41,78
2010/11	0,53	49,81	0,00	1,08	46,58
2011/12	0,22	36,48	0,00	0,75	48,32
2012/13	0,43	51,72	0,00	1,02	50,46
2013/14	0,44	26,13	0,00	0,74	33,30
2014/15	-0,09	28,41	0,00	0,80	34,95

A média de erro dos mapas de precipitação dos 15 verões variou entre -1,16 e 1,38, o fato de alternarem sempre em números próximos de 1, mostra um bom emprego dos dados aplicados na confecção destes mapas. O Valor Médio Quadrático também tem como referência o valor de 1, sendo quando o dado apresenta valor abaixo de 1, este está subestimando os dados, e quando comparece acima, está superestimando, o menor valor apresentado foi 16,37 e o maior 49,81. Já a Média Padronizada tem o número 0 como unidade de referência, sendo assim, quanto mais próximo de 0 mais refinado é o resultado, seu menor valor encontrado foi 0 e o maior 0,03. O valor médio quadrático padronizado tem a função de auxiliar na comparação de resultados individuais. Já a Média de Erro Padrão deve apresentar resultados aproximados a Média de Erro Padronizada, contudo, neste trabalho os dados não apresentaram coerência, o mapa que mais se aproximou foi o do verão de 2003/2004 e o que menos foi o do verão de 2010/2011, em média os valores não apresentaram proximidades.

5.3 Mapeamento da precipitação por verões entre 2000/2001 e 2014/2015

- **2000/2001**

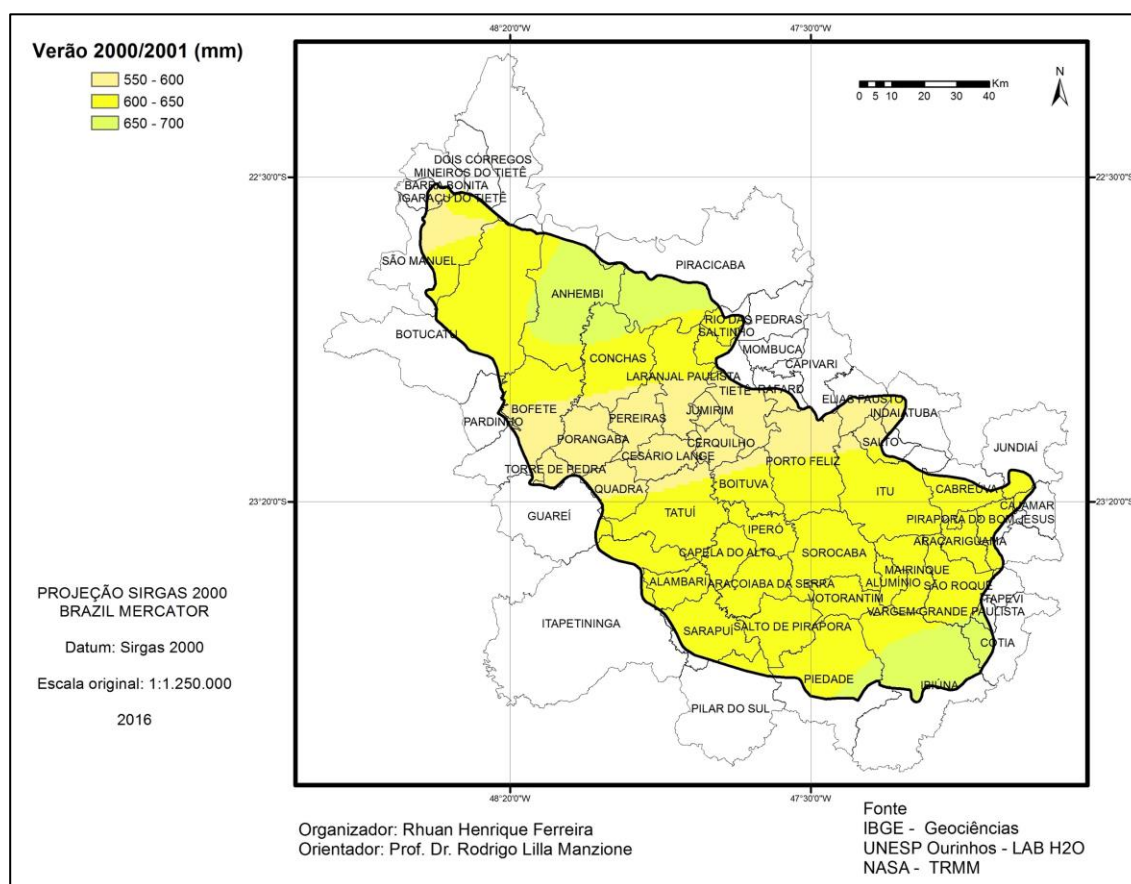


Figura 3. Mapa de precipitação acumulada (mm) na UGHRI-10 durante o verão de 2000/2001.

Para o período de verão entre os anos 2000 e 2001 a variação dos índices pluviométricos foi uma das menores dos períodos analisados, variando entre 550 a 700 mm (Figura 3). As cidades ou porções de cidades que apresentaram menores acumulados de chuva, entre 550 a 600 mm, dentro da região de estudo foram: Iguaçu do Tietê, São Manuel, ambas localizadas na região norte, Pardinho, Bofete, Torre de Pedra, Porangaba, Quadra, Conchas, Pereiras, Cesário Lange, Tatuí, Boituva, Cerquilha, Jumirim, Laranjal Paulista, Tietê, Rafard, Porto Feliz, Elias Fausto,

Indaiatuba e Salto, localizadas na região central. Já as cidades ou porções de cidades que obtiveram os maiores acumulados, entre 650 a 700 mm, foram: Anhembi, Conchas e Piracicaba, ambas localizados na região nordeste e Piedade, Ibiúna, Cotia, Vargem Grande Paulista e São Roque, localizadas na região sul. Entretanto grande parte das cidades pertencentes a Bacia obteve um acumulado variando entre 600 a 650 mm.

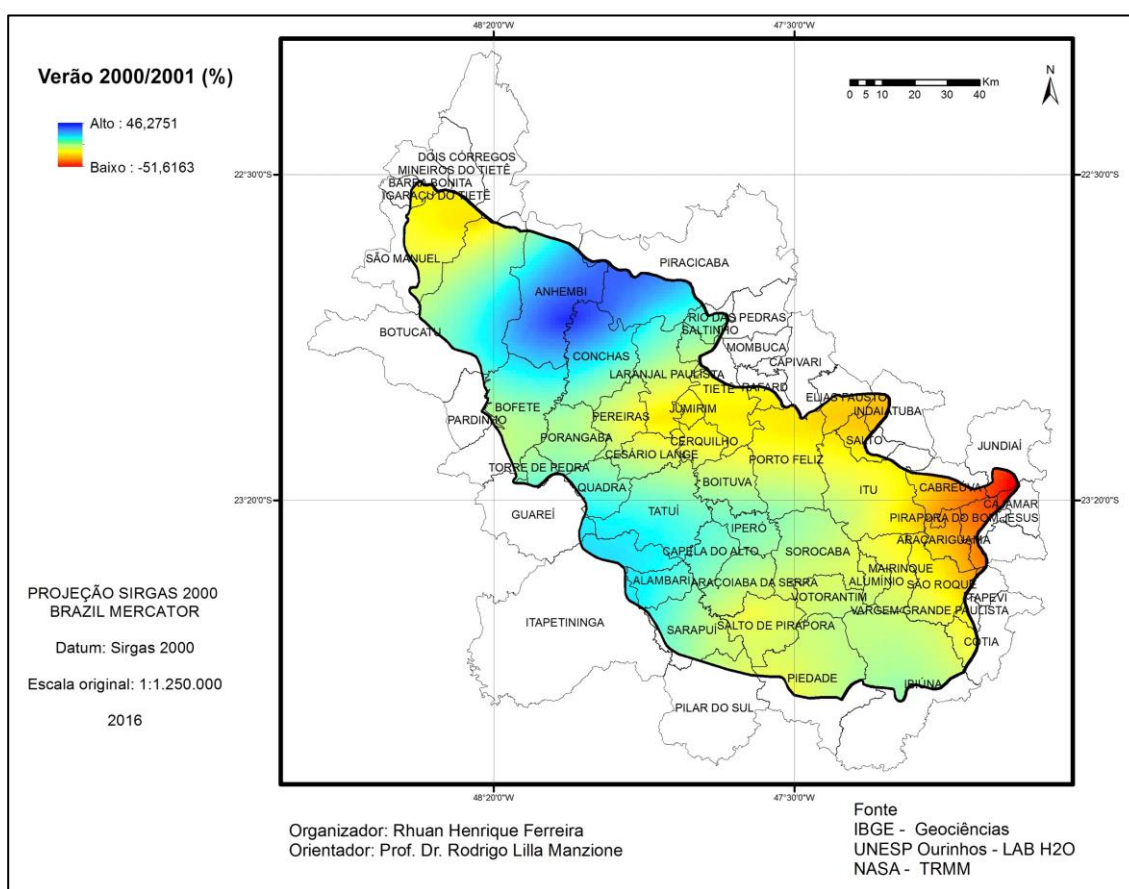


Figura 4. Mapa da diferença percentual de precipitação na UGHRI-10 durante o verão de 2000/2001, em relação aos períodos de verão entre os anos 2000/2015.

Em comparação a todo o período estudado, ou seja, verões ocorridos entre os anos 2000 a 2015, as cidades pertencentes a área de estudo (Figura 4) como Conchas, Piracicaba, Botucatu, Anhembi e seus entornos, ambas localizadas na

região nordeste resultaram em dados de precipitação acumulada acima da média. Já partes de cidades como Jundiaí, Cabreúva, Pirapora do Bom Jesus, Cajamar e seus entornos, localizadas na região leste, apresentaram as menores médias de índices pluviométricos da estação.

- **2001/2002**

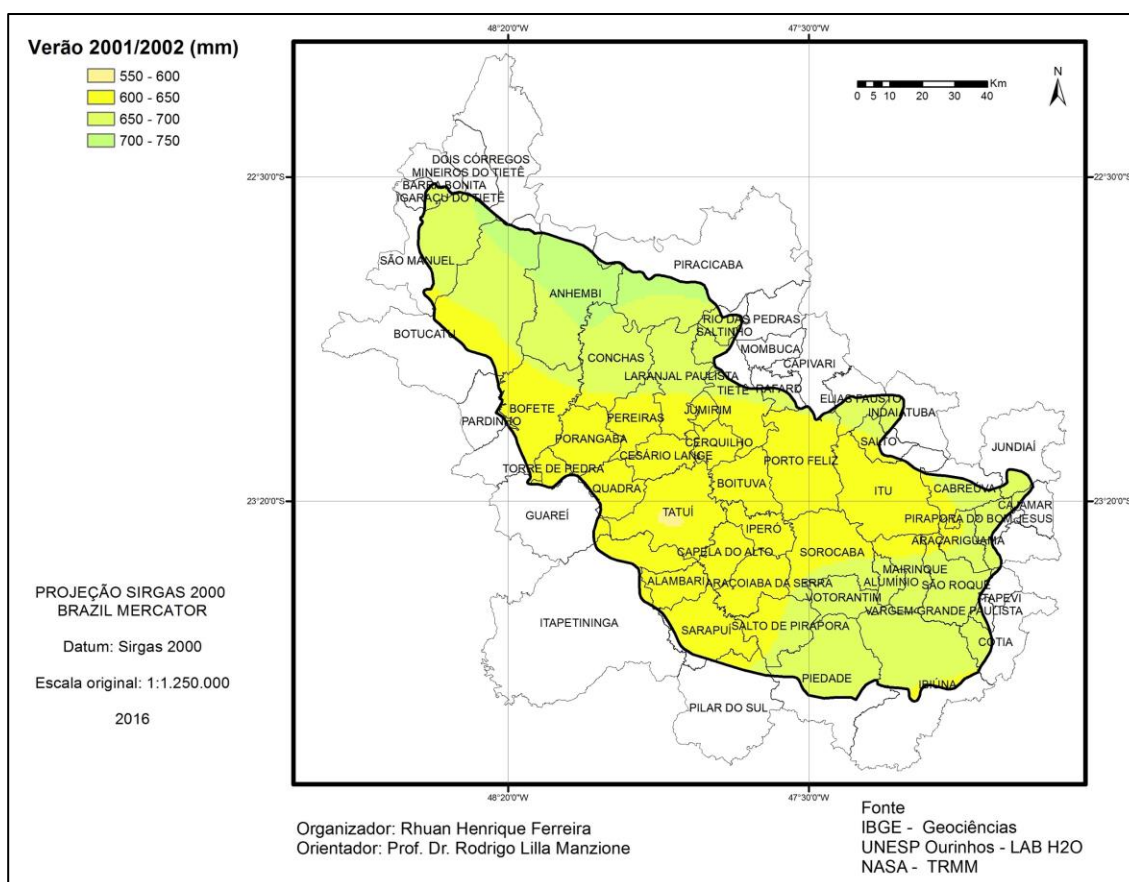


Figura 5. Mapa de precipitação acumulada na UGHRI-10 durante o verão de 2001/2002.

Para o período de verão entre os anos 2001 e 2002 a variação dos índices pluviométricos ficou em torno de 550 a 750 mm (Figura 5). A porção de cidade que apresentou menor acumulado de chuva, entre 550 a 600 mm, dentro da região de estudo foi: Tatuí, localizada na região oeste. Já as cidades ou porções de cidades que

obtiveram os maiores acumulados, entre 700 a 750 mm, foram: São Manuel, Botucatu, Anhembi, Conchas e Piracicaba, localizados na região nordeste. Entretanto grande parte das cidades pertencentes a Bacia obteve um acumulado variando entre 600 a 700 mm.

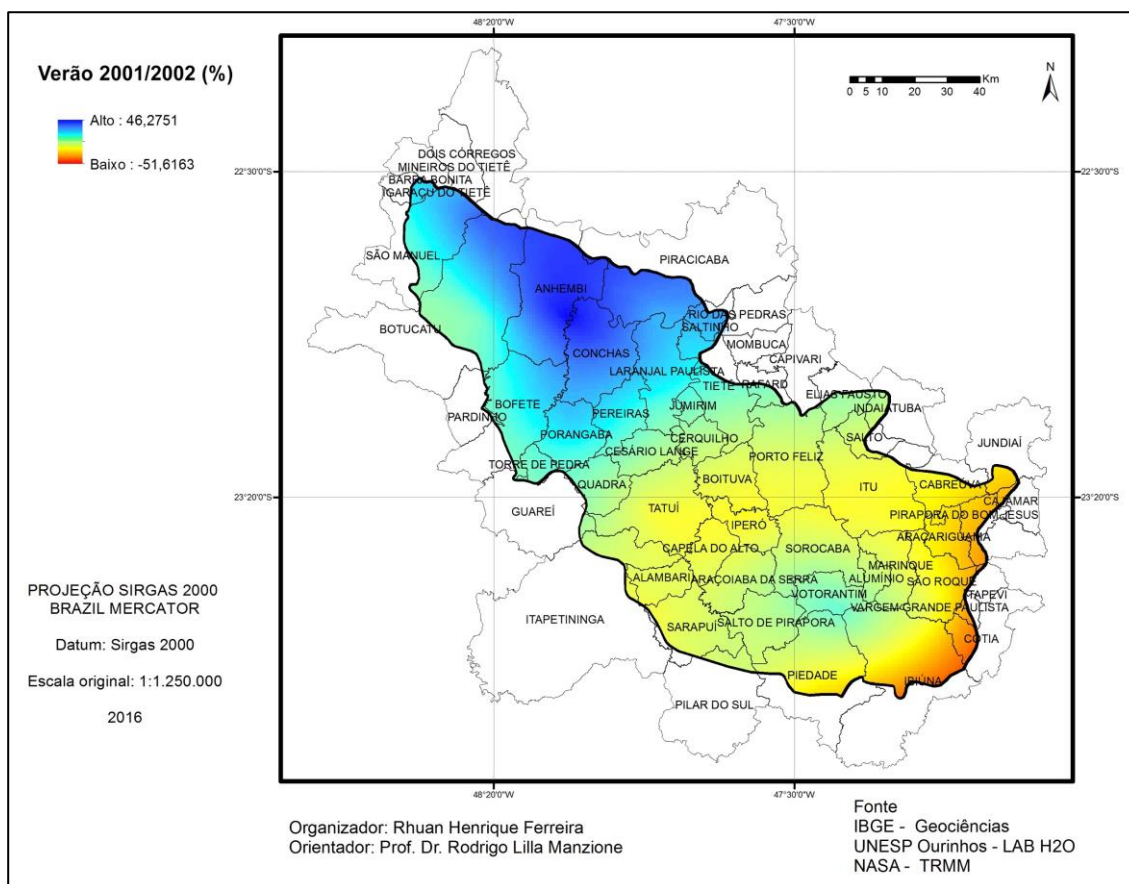


Figura 6. Mapa da diferença percentual de precipitação na UGHRI-10 durante o verão de 2001/2002, em relação aos períodos de verão entre os anos 2000/2015.

Em comparação a todo o período estudado, ou seja, verões ocorridos entre os anos 2000 a 2015, as cidades pertencentes a área de estudo (Figura 6) como Conchas, Piracicaba, Botucatu, Anhembi, São Manuel e seus entornos, ambas localizadas na região nordeste resultaram em dados de precipitação acumulada acima

da média. Já partes de cidades como Ibiúna e Cotia, localizadas na região sudeste, apresentaram as menores médias de índices pluviométricos da estação.

- **2002/2003**

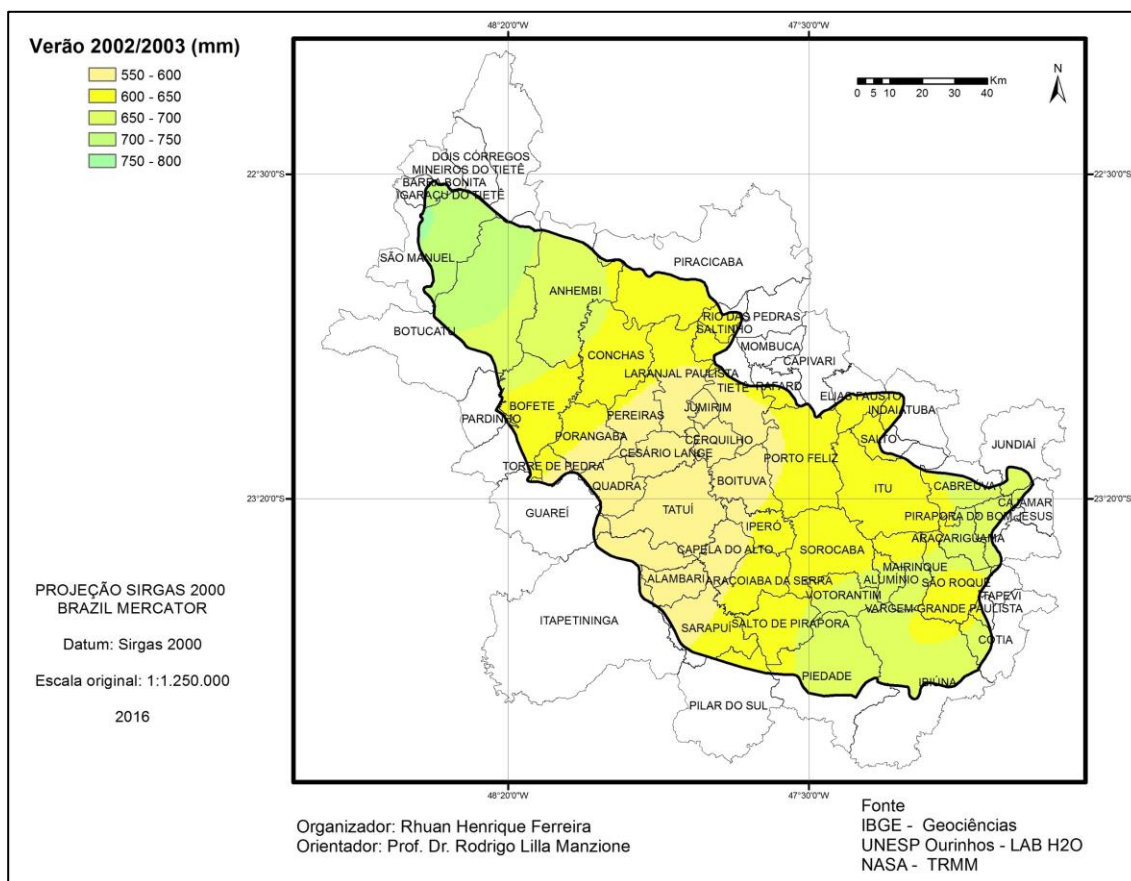


Figura 7. Mapa de precipitação acumulada na UGHRI-10 durante o verão de 2002/2003.

Para o período de verão entre os anos 2002 e 2003 a variação dos índices pluviométricos ficou em torno de 550 a 800 mm (Figura 7). As cidades ou porções de cidades que apresentaram menores acumulados de chuva, entre 550 a 600 mm, dentro da região de estudo foram: Itapetininga, Sarapuí, Alambari, Araçoiaba da Serra, Capela do Alto, Iperó, Tatuí, Guareí, Quadra, Torre de Pedra, Porangaba, Cesário Lange, Pereiras, Laranjal Paulista, Boituva, Porto Feliz, Cerquilha, Jumarim e Tietê,

acima da média. Já as outras cidades da Bacia apresentaram índices pluviométricos variavelmente medianos durante a estação.

- **2003/2004**

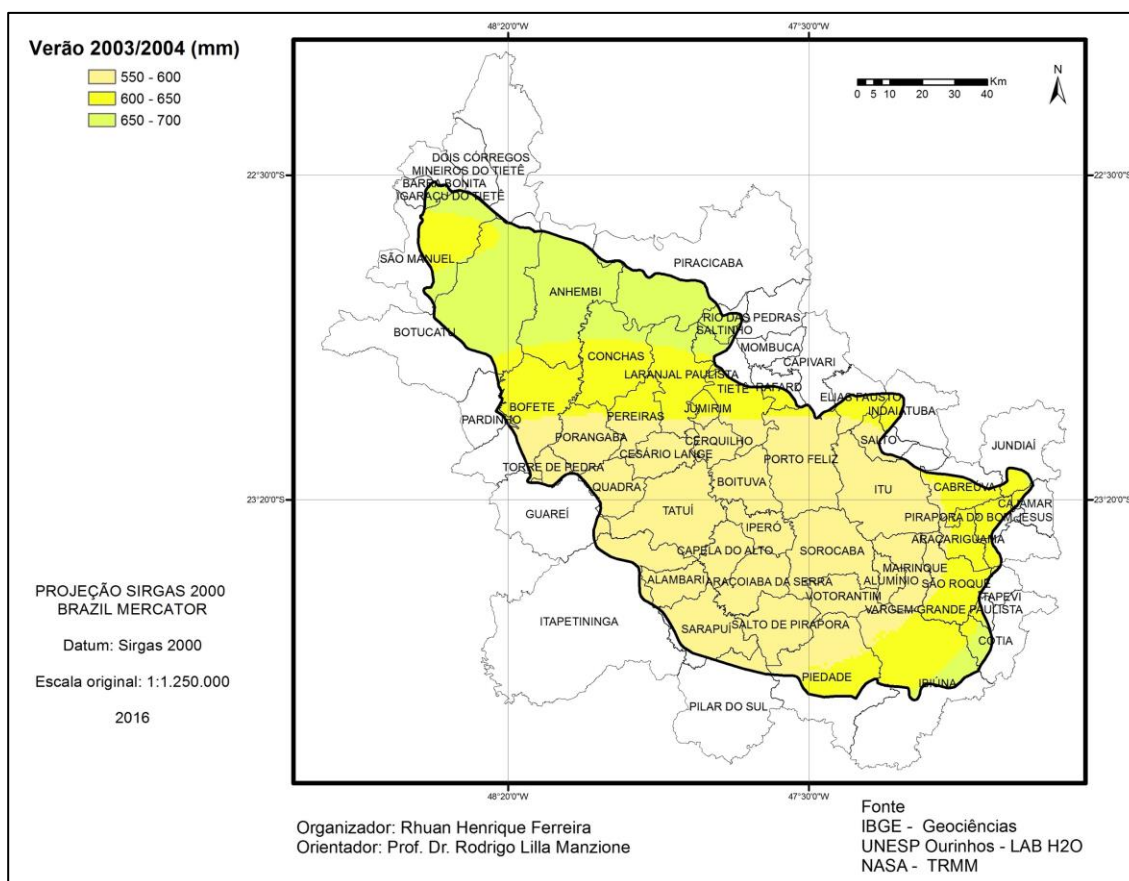


Figura 9. Mapa de precipitação acumulada na UGHRI-10 durante o verão de 2003/2004.

Para o período de verão entre os anos 2003 e 2004 a variação dos índices pluviométricos foi uma das menores dos períodos analisados, variando entre 550 a 700 mm (Figura 9). As cidades ou porções de cidades que apresentaram menores acumulados de chuva, entre 550 a 600 mm, dentro da região de estudo foram: Pilar do Sul, Piedade, Ibiúna, Salto de Pirapora, Sarapuí, Alambari, Itapetininga, Tatuí, Quadra, Guareí, Torre de Pedra, Bofete, Porangaba, Pereiras, Cesário Lange,

Cerquilha, Laranjal Paulista, Jumirim Tietê, Araçoiaba da Serra, Capela do Alto, Boituva, Iperó, Porto Feliz, Elias Fausto, Salto, Itu, Sorocaba, Votorantim, Cabreúva, Alumínio, Mairinque, São Roque, Pirapora do Bom Jesus e Araçariguama, conjunto localizado na região central e leste da Bacia. Já as cidades ou porções de cidades que obtiveram os maiores acumulados, entre 650 a 700 mm, foram: Botucatu, São Manuel, Iguaçu do Tietê, Anhembi, Conchas, Piracicaba, Laranjal Paulista, Tietê e Saltinho, conjunto localizado na região norte e nordeste, Ibiúna, Cotia e Vargem Grande Paulista, localizadas na região sudeste. Entretanto ainda há uma grande parte de cidades pertencentes a Bacia que obtiveram um acumulado variando entre 600 a 650 mm.

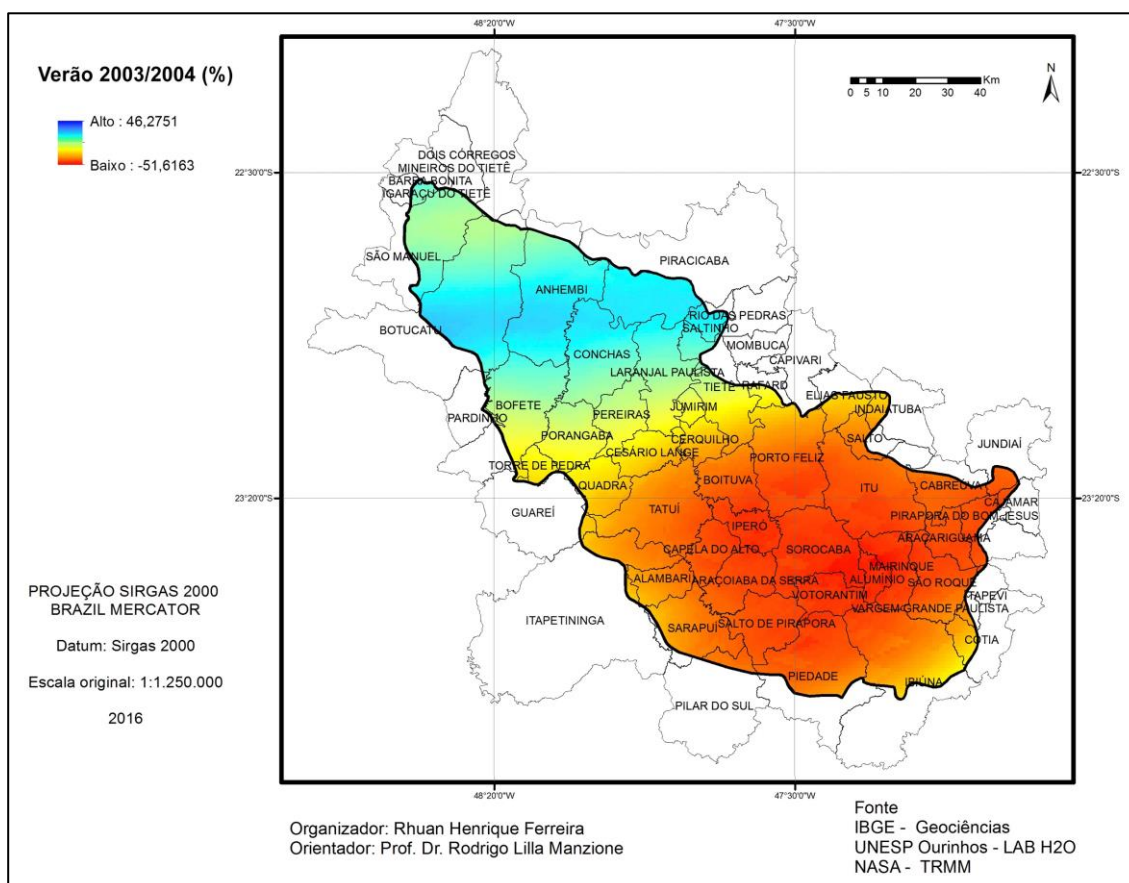


Figura 10. Mapa da diferença percentual de precipitação na UGHRI-10 durante o verão de 2003/2004, em relação aos períodos de verão entre os anos 2000/2015.

Em comparação a todo o período estudado, ou seja, verões ocorridos entre os anos 2000 a 2015, as cidades ou porções de cidades pertencentes a área de estudo (Figura 10) como Piedade, Ibiúna, Salto de Pirapora, Araçoiaba da Serra, Capela do Alto, Iperó, Porto Feliz, Sorocaba, Boituva, Itu, Votorantim, Alumínio, Mairinque, São Roque, Araçariguama, Pirapora do Bom Jesus e algumas cidades localizadas nos entornos, ambas localizadas nas regiões, leste, sudeste, sul, sudoeste e oeste, resultaram em dados de precipitação acumulada abaixo ou próximo dos índices mais baixos da média. Já cidades localizadas em outras regiões não apresentaram médias expressivas de máximas de chuvas durante a estação, apresentaram índices pluviométricos variavelmente medianos durante a estação.

- **2004/2005**

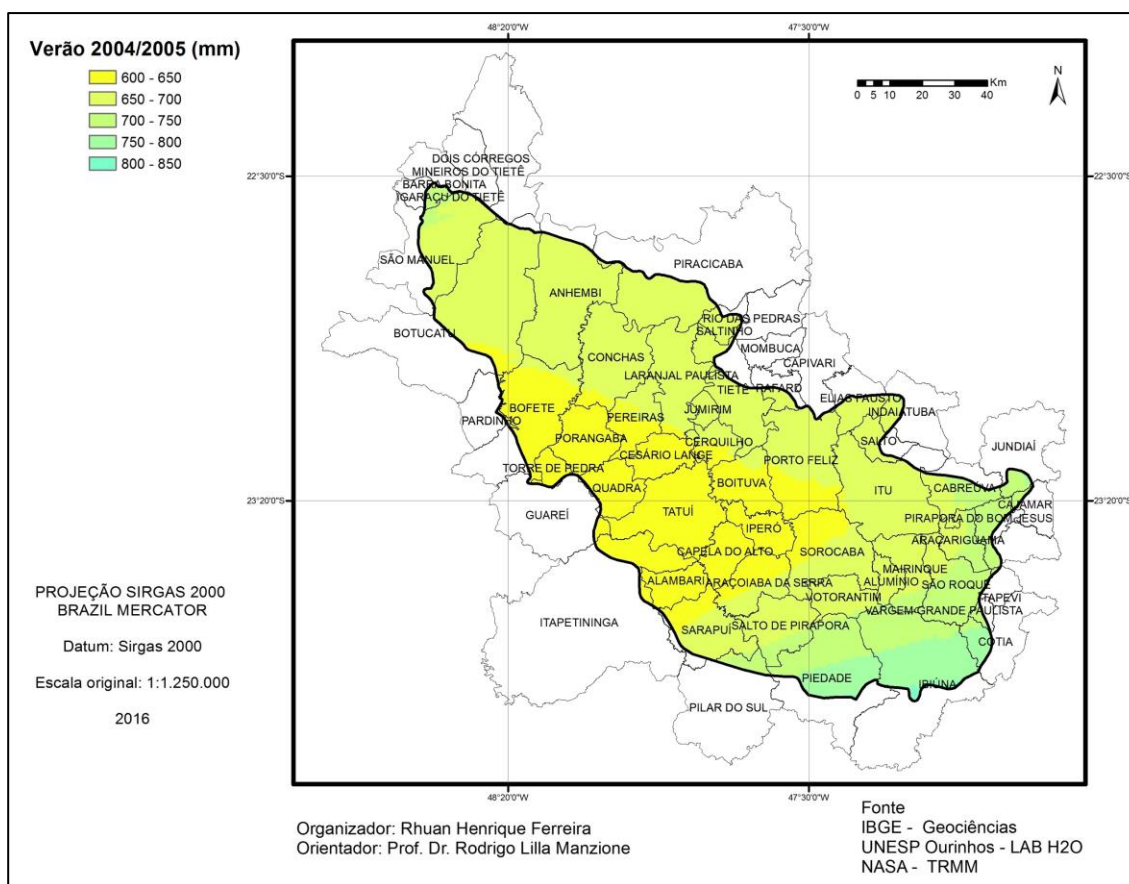


Figura 11. Mapa de precipitação acumulada na UGHRI-10 durante o verão de 2004/2005.

Para o período de verão entre os anos 2005 e 2006 a variação dos índices pluviométricos foi uma das menores dos períodos analisados, variando entre de 500 a 750 mm (Figura 13). As porções de cidades que apresentaram menores acumulados de chuva, entre 500 a 550 mm, dentro da região de estudo foram: Bofete, Torre de Pedra e Guareí, ambas localizadas na região leste da Bacia. Já as cidades ou porções de cidades que obtiveram os maiores acumulados, entre 700 a 750 mm, foram: Pirapora do Bom Jesus, Araçariguama, São Roque, Mairinque, Ibiúna, Cotia e Vargem Grande Paulista, localizadas na região sul. Entretanto grande parte das cidades pertencentes a Bacia obteve um acumulado variando entre 550 a 700 mm.

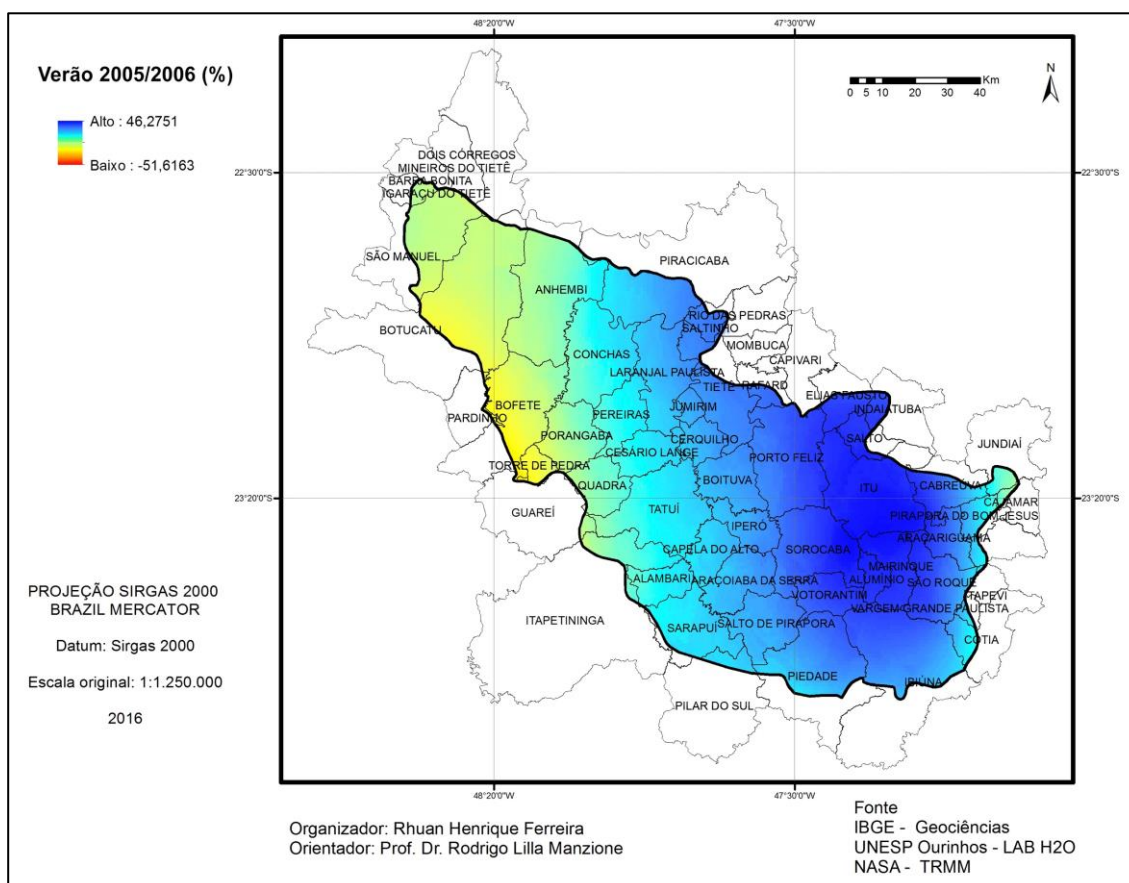


Figura 14. Mapa da diferença percentual de precipitação na UGHRI-10 durante o verão de 2005/2006, em relação aos períodos de verão entre os anos 2000/2015.

Em comparação a todo o período estudado, ou seja, verões ocorridos entre os anos 2000 a 2015, as cidades ou porções de cidades pertencentes a área de estudo (Figura 14) como Tietê, Boituva, Iperó, Araçoiaba da Serra, Salto de Pirapora, Piedade, Ibiúna, Porto Feliz, Sorocaba, Votorantim, Rafard, Elias Fausto, Salto, Indaiatuba, Itu, Alumínio, Mairinque, São Roque, Araçatuba, Pirapora do Bom Jesus, Saltinho, Piracicaba e seus entornos, ambas localizadas na região resultaram em dados de precipitação acumulada acima da média. Já cidades localizadas em outras regiões não apresentaram médias expressivas de mínimas de chuvas durante a estação, contudo apresentaram médias bem distribuídas.

- **2006/2007**

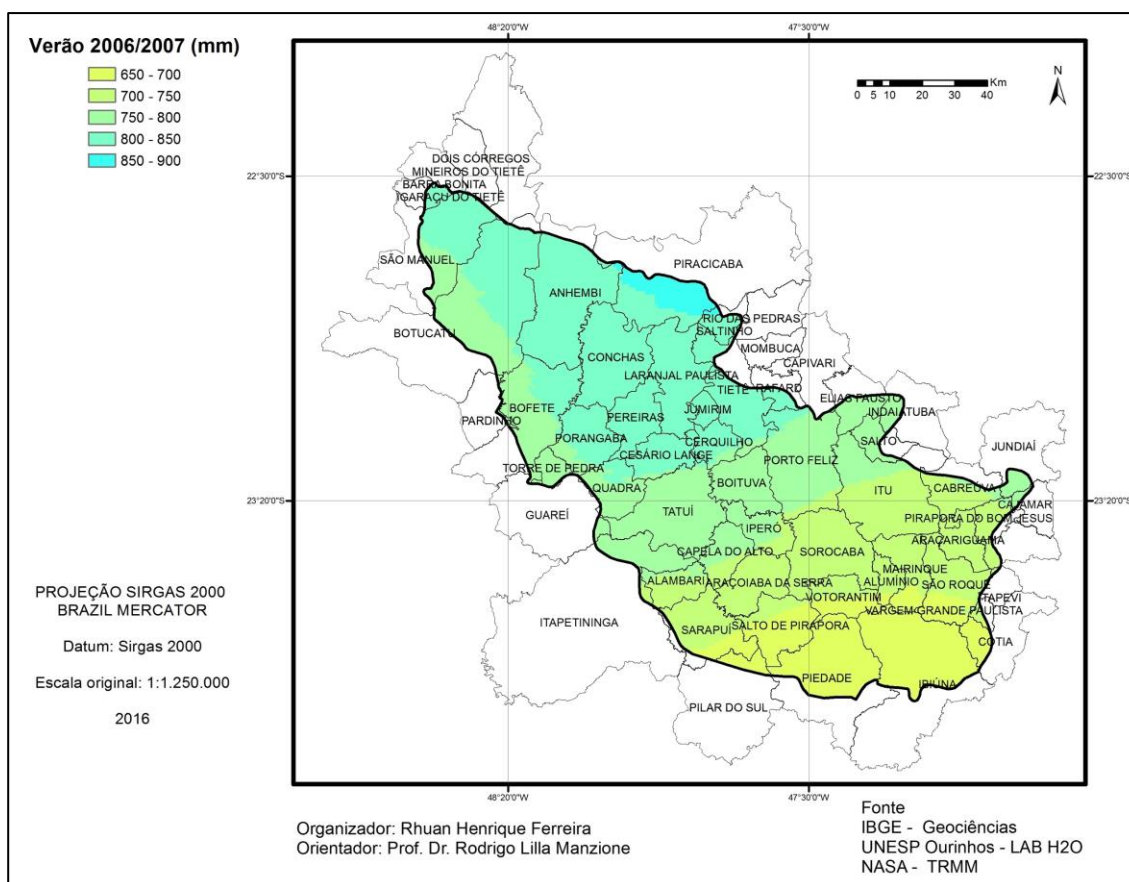


Figura 15. Mapa de precipitação acumulada na UGHRI-10 durante o verão de 2006/2007.

Para o período de verão entre os anos 2006 e 2007 a variação dos índices pluviométricos ficou em torno de 650 a 900 mm (Figura 15). As cidades ou porções de cidades que apresentaram menores acumulados de chuva, entre 650 mm a 700 mm, dentro da região de estudo foram: Pilar do Sul, Piedade, Ibiúna, Cotia, São Roque, Mairinque, Alumínio, Votorantim, Salto de Pirapora e Sarapuí, ambas localizadas na região Sul. Já as porções de cidades que obtiveram os maiores acumulados, entre 850 a 900 mm, foram: Piracicaba, Saltinho e Anhembi, localizadas na região nordeste. Entretanto grande parte das cidades pertencentes a Bacia obteve um acumulado variando entre 700 a 850 mm.

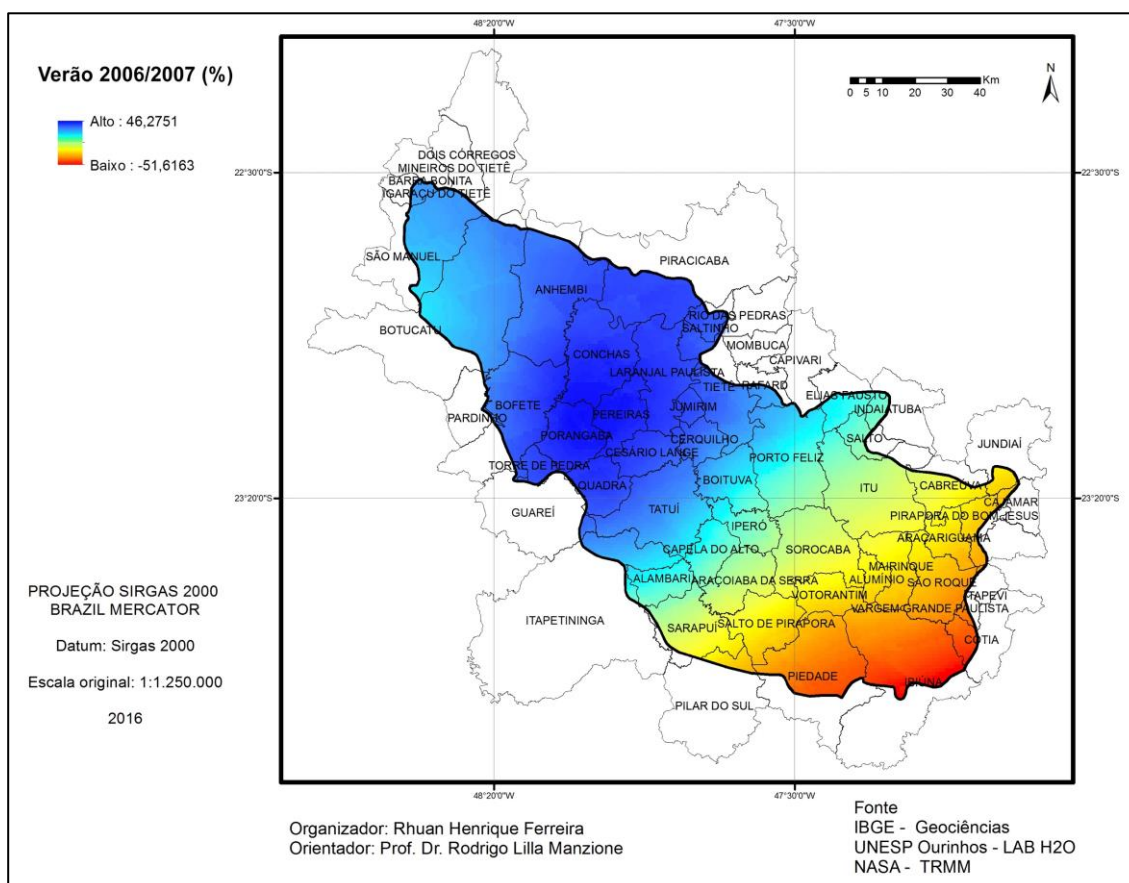


Figura 16. Mapa da diferença percentual de precipitação na UGHRI-10 durante o verão de 2006/2007, em relação aos períodos de verão entre os anos 2000/2014.

Em comparação a todo o período estudado, ou seja, verões ocorridos entre os anos 2000 a 2015, as cidades ou porções de cidades pertencentes a área de estudo (Figura 16) como Itapetininga, Tatuí, Quadra, Guareí, Torre de Pedra, Bofete, Botucatu, São Manuel, Iguaçu do Tietê, Cerquilha, Cesário Lange, Porangaba, Pereiras, Conchas, Laranjal Paulista, Jumirim, Tietê, Rafard, Saltinho, Piracicaba, Anhembi e seus entornos, ambas localizadas nas regiões norte, nordeste e noroeste, resultaram em dados de precipitação acumulada acima da média. Já partes de cidades como Piedade, São Roque, Cotia e seus entornos, localizadas na região sul, apresentaram as menores médias de índices pluviométricos da estação, sendo que poucas foram as cidades que não apresentaram extremidades climáticas na Bacia durante o ciclo analisado.

- **2007/2008**

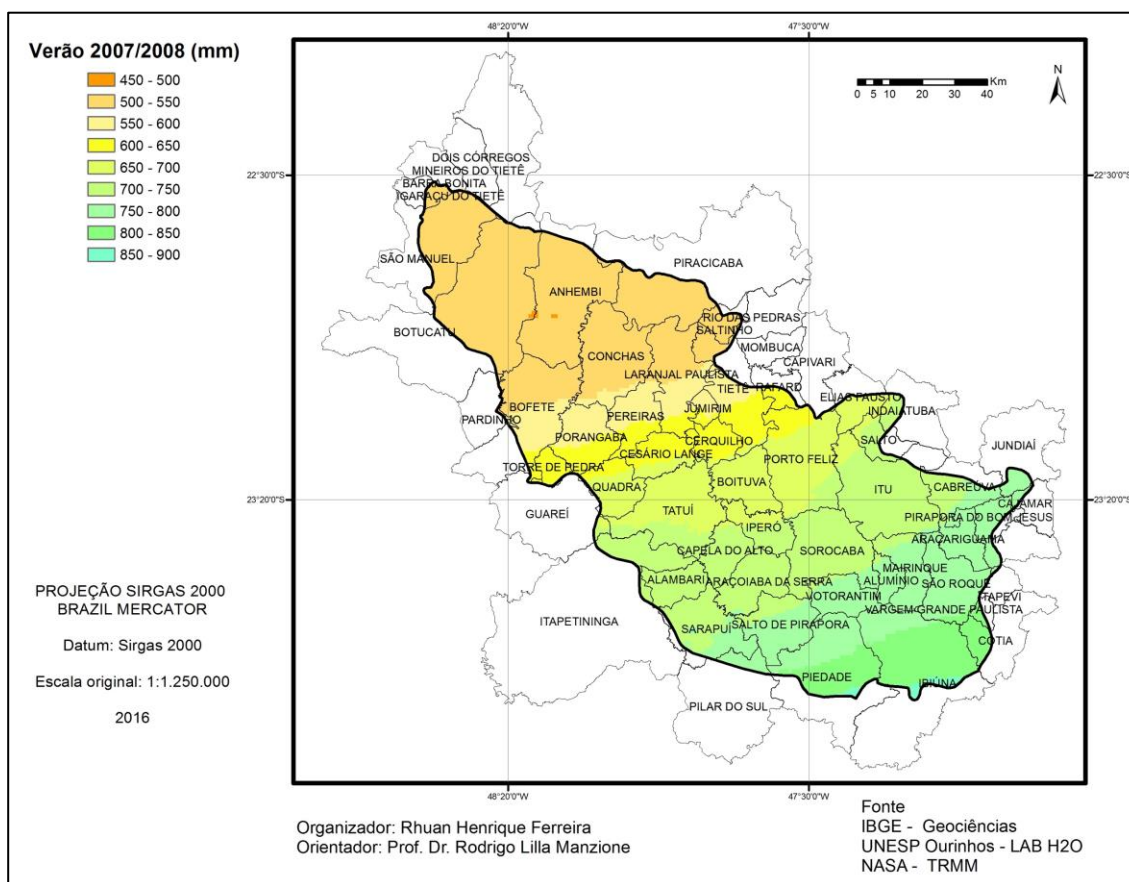


Figura 17. Mapa de precipitação acumulada na UGHRI-10 durante o verão de 2007/2008.

Para o período de verão entre os anos 2007 e 2008 a variação dos índices pluviométricos foi uma das maiores dos momentos analisados, variando entre 450 a 900 mm. As porções de cidades que apresentaram menores acumulados de chuva, entre 450 a 500 mm (Figura 17), dentro da região de estudo foram: Anhembi e Botucatu, ambas localizadas na região norte, contudo estas mínimas são pequenas manchas inexpressivas, sendo assim a mínima predominante alternou entre 500 a 550 mm, nas cidades Anhembi, Botucatu, São Manuel, Iguaçu do Tietê, Anhembi, Bofete, Pardinho, Conchas, Laranjal Paulista, Piracicaba, Tietê e Saltinho, localizadas nas regiões nordeste, norte e noroeste. Já as cidades ou porções de cidades que obtiveram os maiores acumulados, entre 850 mm a 900 mm, foram: Piedade e Ibiúna, localizadas no extremo sul da Bacia. Entretanto grande parte das cidades pertencentes a Bacia obteve um acumulado variando entre 550 a 850 mm, de modo que os índices pluviométricos foram crescendo de acordo com o aumento da latitude na Bacia.

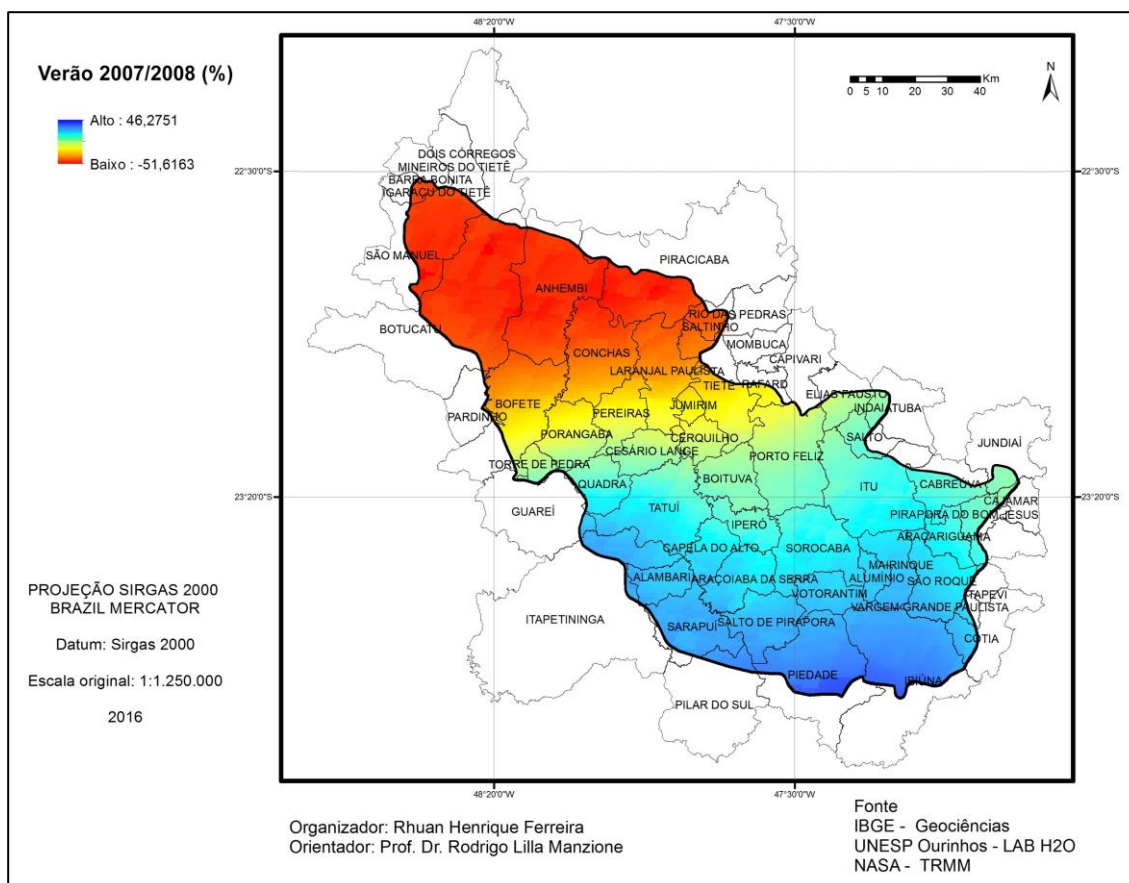


Figura 18. Mapa da diferença percentual de precipitação na UGHRI-10 durante o verão de 2007/2008, em relação aos períodos de verão entre os anos 2000/2015.

Em comparação a todo o período estudado, ou seja, verões ocorridos entre os anos 2000 a 2015, as cidades ou porções de cidades pertencentes a área de estudo (Figura 18) como Ibiúna, Piedade, Pilar do Sul, Sarapuí, Alambari, Itapetininga e seus entornos, ambas localizadas na região sul e sudoeste resultaram em dados de precipitação acumulada acima da média. Já partes de cidades como Botucatu, Anhembi, Piracicaba, São Manuel, Iguaçu do Tietê e entornos das regiões nordeste, norte e noroeste, apresentaram as menores médias de índices pluviométricos da estação.

- 2008/2009

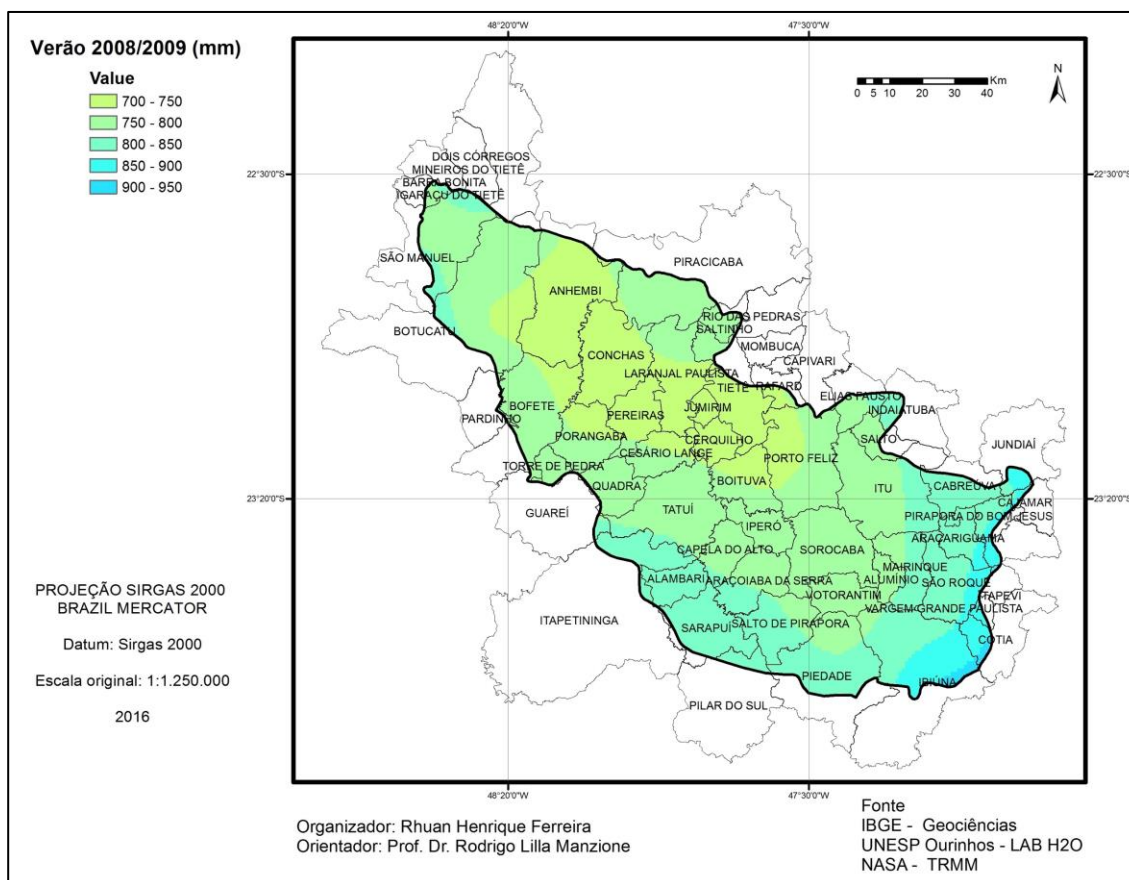


Figura 19. Mapa de precipitação acumulada na UGHRI-10 durante o verão de 2008/2009.

Para o período de verão entre os anos 2008 e 2009 a variação dos índices pluviométricos ficou em torno de 700 a 950 mm (Figura 19). As cidades ou porções de cidades que apresentaram menores acumulados de chuva, entre 700 a 750 mm, dentro da região de estudo foram: Anhembi, Bofete, Porangaba, Conchas, Pereiras, Laranjal Paulista, Jumirim, Cerquilha, Tietê, Rafard, Boituva e Porto Feliz, localizadas na região central. Já as cidades ou porções de cidades que obtiveram os maiores acumulados, entre 850 a 950 mm, foram: Ibiúna, Cotia, Vargem Grande Paulista, Itapevi, Jundiaí, Cajamar, Araçatiguama e Santana de Parnaíba, localizadas na região sul, com máxima de 900 mm, todavia Ibiúna e Cotia apresentam em suas

extremidades, na borda da Bacia, índices um pouco mais altos, cerca de 900 a 950 mm de chuva. Entretanto grande parte das cidades pertencentes a Bacia obteve um acumulado variando entre 750 mm a 850 mm.

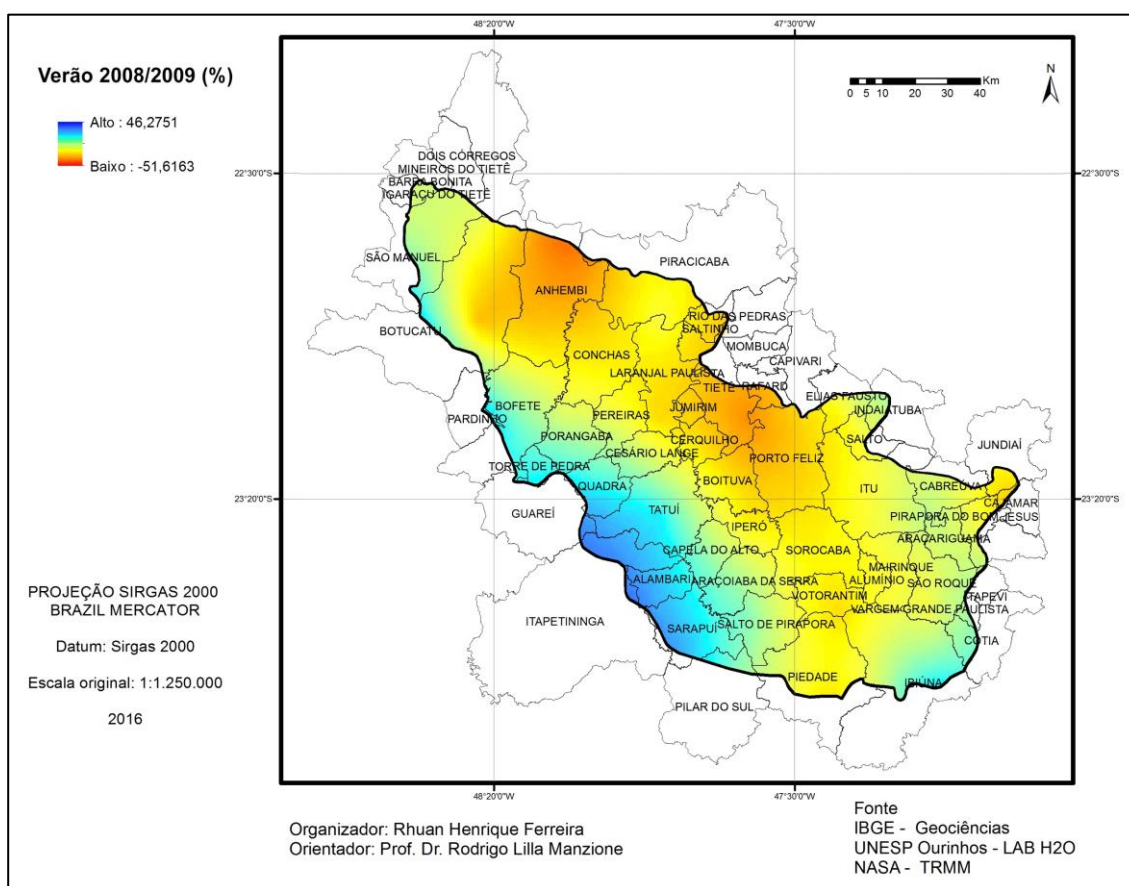


Figura 20. Mapa da diferença percentual de precipitação na UGHRI-10 durante o verão de 2008/2009, em relação aos períodos de verão entre os anos 2000/2015.

Em comparação a todo o período estudado, ou seja, verões ocorridos entre os anos 2000 a 2015, praticamente todas as cidades pertencentes a área de estudo (Figura 20) apresentou valores médios de chuva, com exceção de alguns pontos, em que obtiveram dados um pouco mais altos que a média como a borda sudoeste em cidades como Itapetininga, Sarapuá, Alambari, Guareí e seus entornos e cidades como

Anhembi, localizada na região nordeste e Tietê, a leste, ambas com dados médios mais baixos. Em geral para o verão analisado não houveram extremidades climáticas.

- **2009/2010**

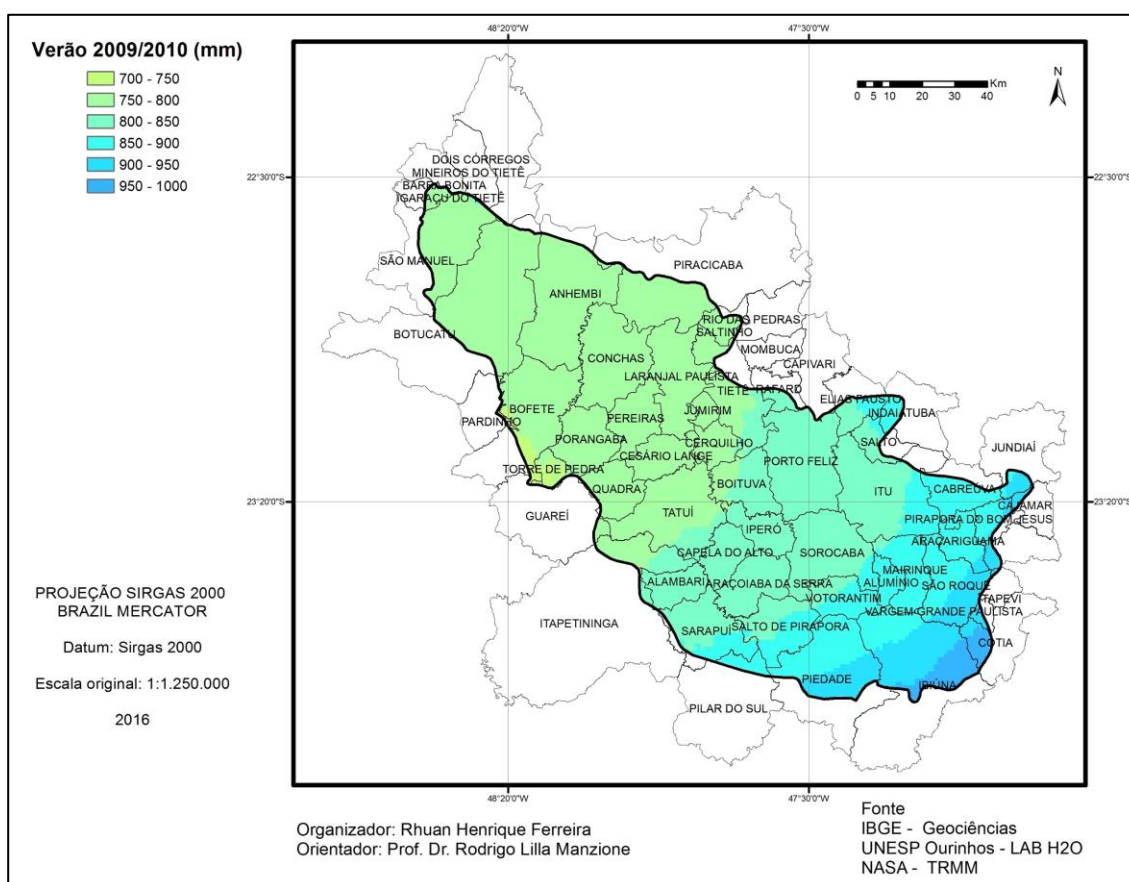


Figura 21. Mapa de precipitação acumulada na UGHRI-10 durante o verão de 2009/2010.

Para o período de verão entre os anos 2009 e 2010 a variação dos índices pluviométricos ficou em torno de 700 a 1000 mm (Figura 21). As cidades ou porções de cidades que apresentaram menores acumulados de chuva, entre 700 a 750 mm, dentro da região de estudo foram: Itapetininga, Guareí, Torre de Pedra, Bofete, Pardinho, Botucatu, Quadra, São Manuel, Anhembi, Piracicaba, Conchas, Porangaba, Laranjal Paulista, Tietê, Saltinho, Jumarim, Cerquilha, Cesário Lange,

Tatuí, Boituva e Pereiras ambas localizadas na região central, nordeste, norte, noroeste e oeste. Já as porções de cidades que obtiveram os maiores acumulados, entre 900 a 1000 mm, foram: Piedade, Ibiúna, Cotia, Vargem Grande Paulista, São Roque, Araçariguama, Santana de Parnaíba, Cajamar, Pirapora do Bom Jesus e Jundiaí, localizadas nas regiões sul e sudeste, com máxima de 950 mm, todavia Ibiúna e Cotia apresentam em suas extremidades, na borda sul da Bacia, índices um pouco mais altos, cerca de 950 a 1000 mm de chuva. Entretanto grande parte das cidades pertencentes a Bacia obteve um acumulado variando entre 750 a 900 mm.

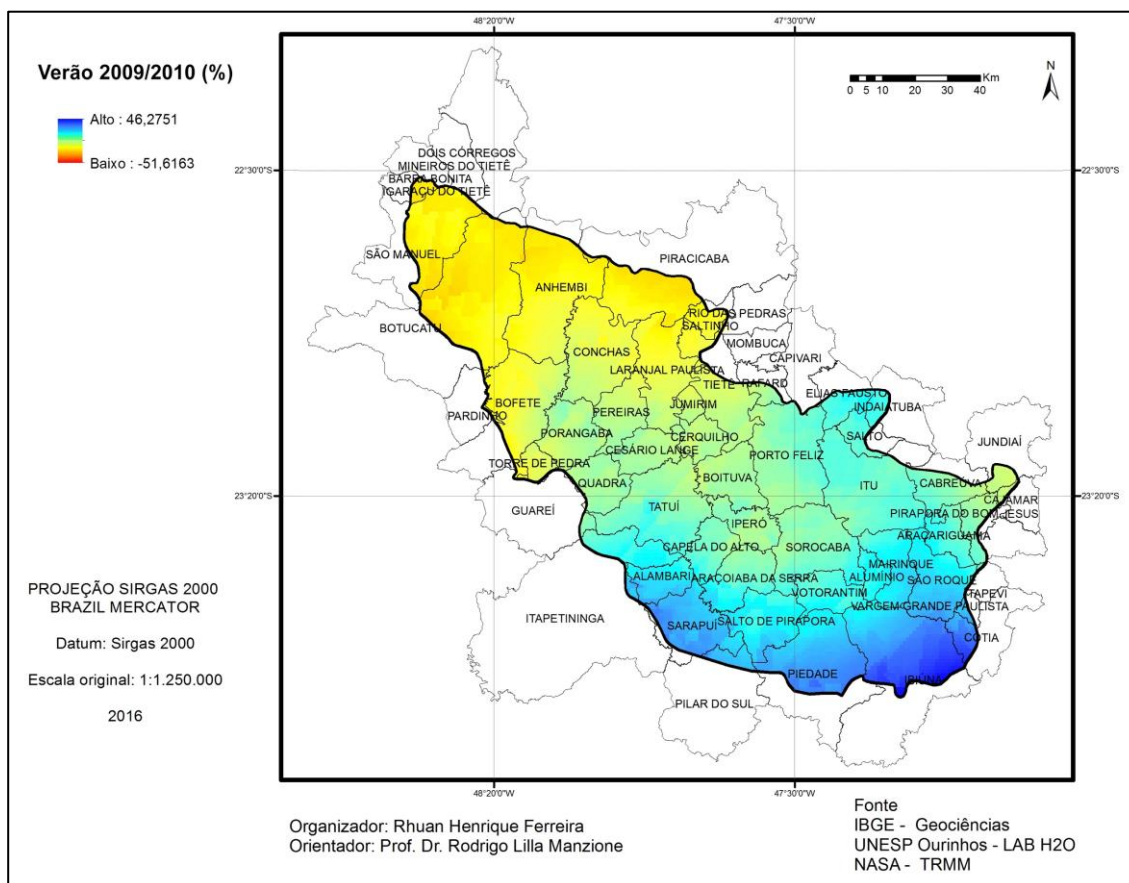


Figura 22. Mapa da diferença percentual de precipitação na UGHRI-10 durante o verão de 2009/2010, em relação aos períodos de verão entre os anos 2000/2015.

Em comparação a todo o período estudado, ou seja, verões ocorridos entre os anos 2000 a 2015, as cidades ou porções de cidades pertencentes a área de estudo (Figura 22) como Cotia, Ibiúna, Piedade, Pilar do Sul e Sarapuí, ambas localizadas na região sul resultaram em dados de precipitação acumulada acima da média. Já o restante da Bacia sobretudo as cidades localizadas mais ao norte, apresentaram valores medianos.

- **2010/2011**

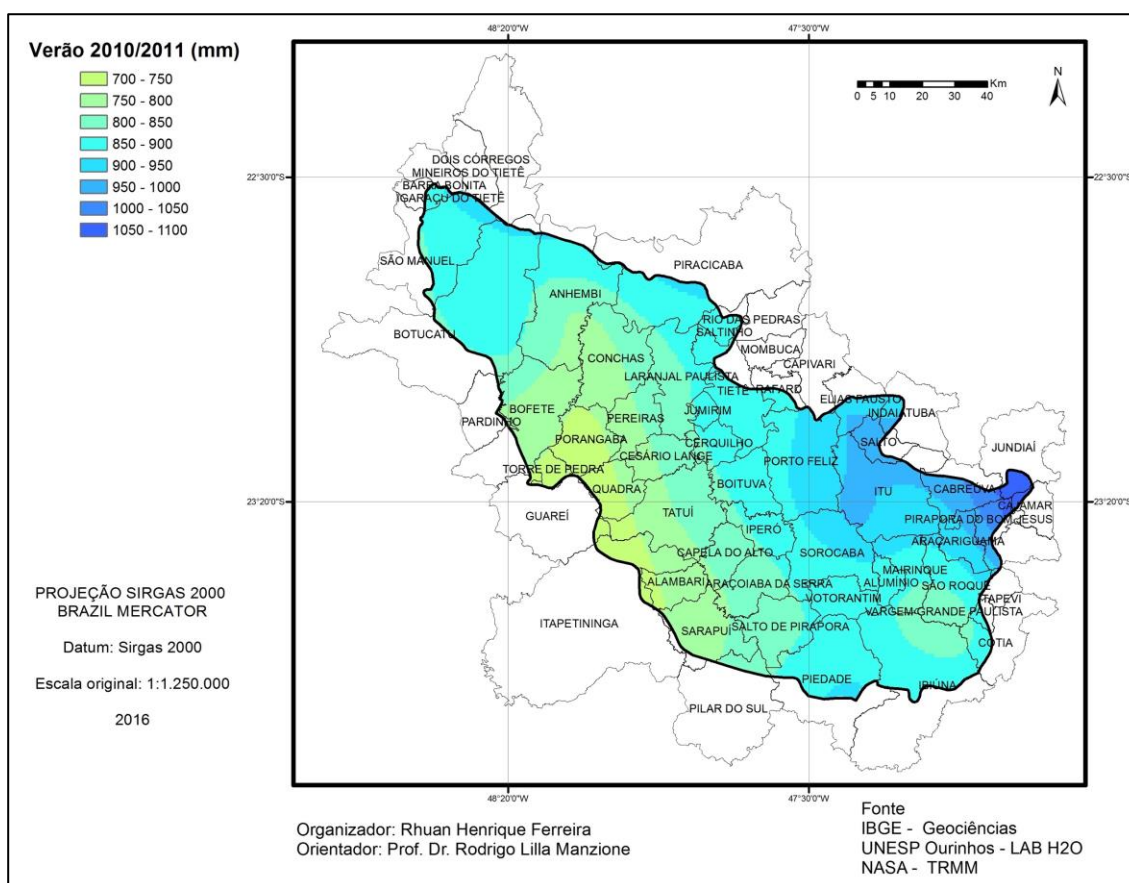


Figura 23. Mapa de precipitação acumulada na UGHRI-10 durante o verão de 2010/2011.

Para o período de verão entre os anos 2010 e 2011 a variação dos índices pluviométricos ficou em torno de 700 a 1100 mm (Figura 23). As cidades ou porções

de cidades que apresentaram menores acumulados de chuva, entre 700 a 750 mm, dentro da região de estudo foram: Guareí, Torre de Pedra, Porangaba, Quadra, Tatuí e Alambari, ambas localizadas na região oeste. Já as porções de cidades que obtiveram os maiores acumulados, entre 1000 a 1100 mm, foram: Pirapora do Bom Jesus, Cajamar, Cabreúva e Jundiaí, com máxima de 1050 mm, todavia Cajamar, Pirapora do Bom Jesus e Jundiaí, localizadas na região sudeste, apresentam em suas extremidades, na borda da Bacia, índices um pouco mais altos, cerca de 1050 a 1100 mm de chuva. Entretanto grande parte das cidades pertencentes a Bacia obteve um acumulado variando entre 750 a 1000 mm, sendo este o verão mais úmido de todo o período estudado.

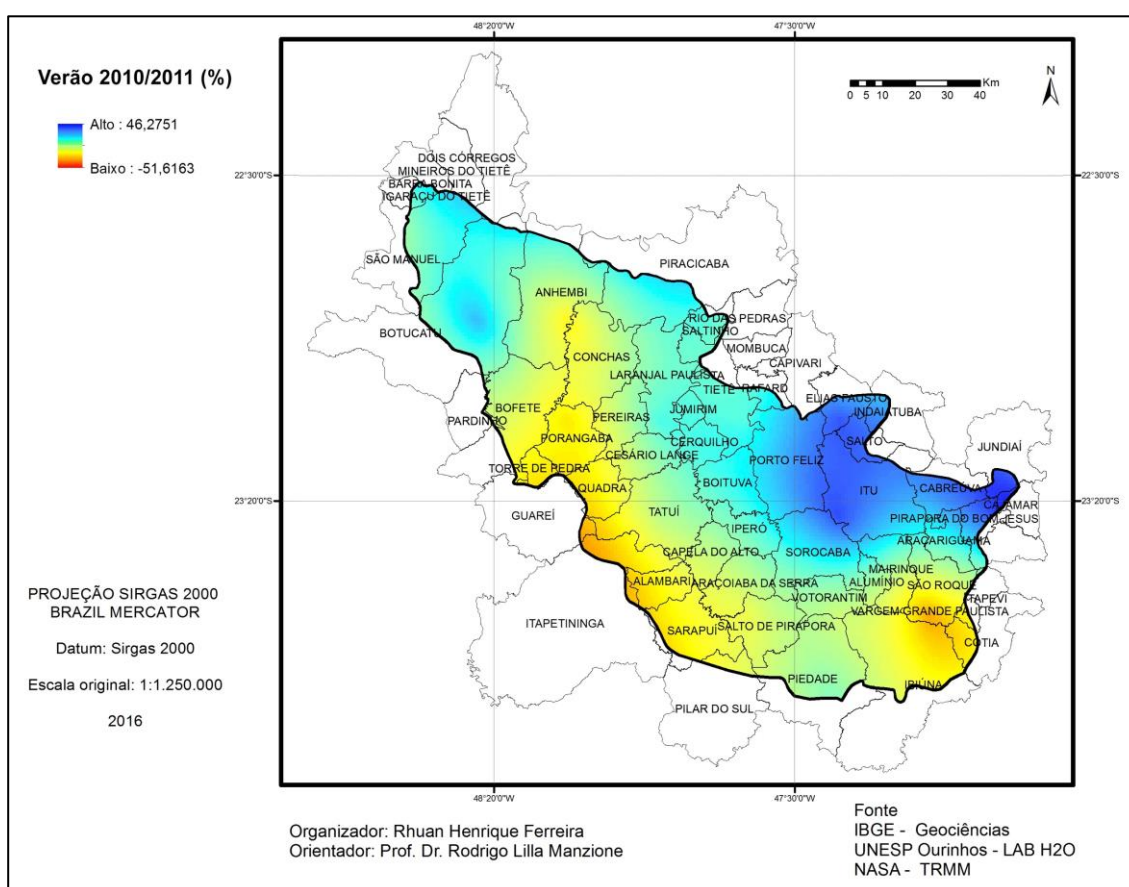


Figura 24. Mapa da diferença percentual de precipitação na UGHRI-10 durante o verão de 2010/2011, em relação aos períodos de verão entre os anos 2000/2015.

Em comparação a todo o período estudado, ou seja, verões ocorridos entre os anos 2000 a 2015, as cidades ou porções de cidades pertencentes a área de estudo (Figura 24) como Itu, Porto Feliz, Salto, Elias Fausto, Indaiatuba, Cabreúva, Pirapora do Bom Jesus, Cajamar e Jundiaí, ambas localizadas na região sudeste, resultaram em dados de precipitação acumulada acima da média. Já o restante da Bacia sobretudo as cidades localizadas mais ao oeste e sudoeste, apresentaram valores medianos.

- **2011/2012**

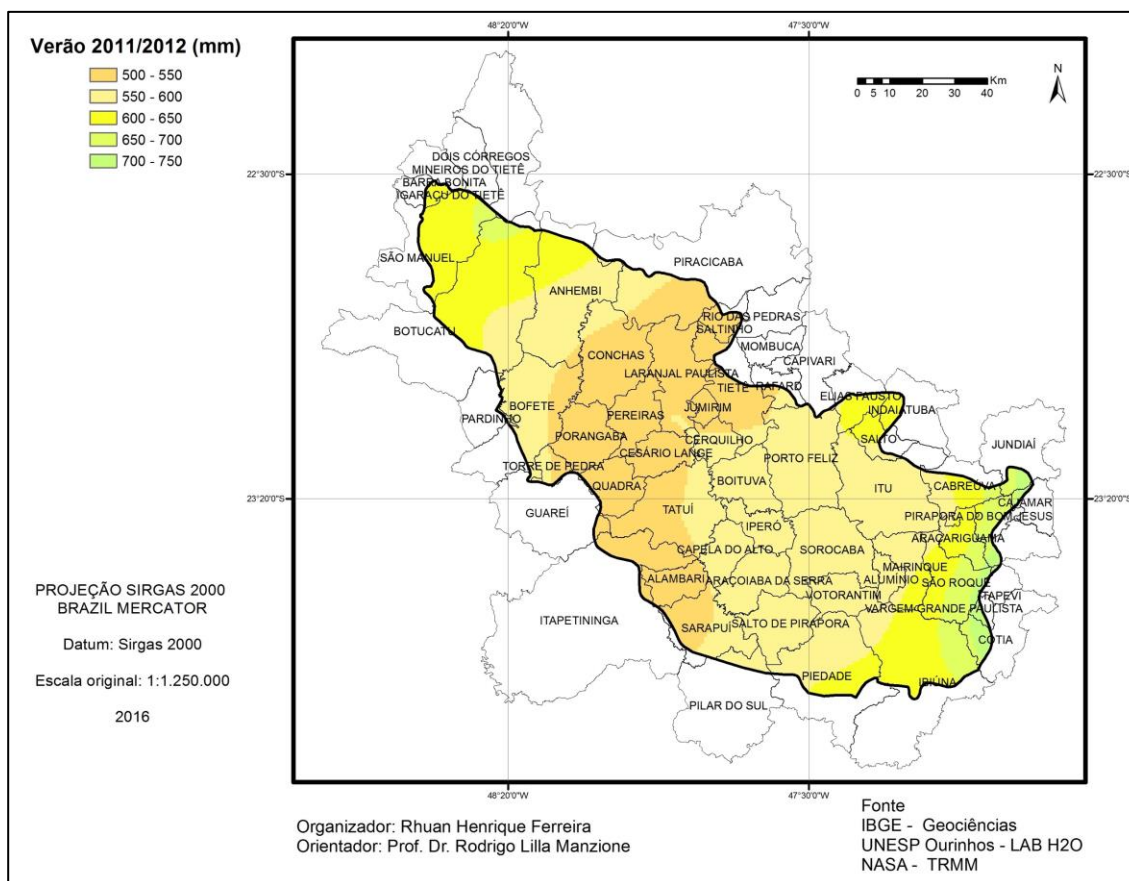


Figura 25. Mapa de precipitação acumulada na UGHRI-10 durante o verão de 2011/2012.

Para o período de verão entre os anos 2011 e 2012 a variação dos índices pluviométricos ficou em torno de 500 a 750 mm (Figura 25). As cidades ou porções de cidades que apresentaram menores acumulados de chuva, entre 500 a 550 mm, dentro da região de estudo foram: Sarapuí, Alambari, Itapetininga, Tatuí, Guareí, Quadra, Cesário Lange, Porangava, Cerquilha, Torre de Pedra, Jumirim, Pereiras, Tietê, Bofete, Conchas, Laranjal Paulista, Saltinho, Piracicaba e Anhembi, ambas localizadas na região central, leste e oeste. Já as cidades ou porções de cidades que obtiveram os maiores acumulados, entre 650 a 750 mm, foram: Iguaçu do Tietê, Botucatu, ambas na região nordeste, Ibiúna, Cotia, Vargem Grande Paulista, São Roque, Itapevi, Araçariguama, Santana de Parnaíba, Pirapora do Bom Jesus, Cajamar, Cabreúva e Jundiaí, localizadas na região sudeste, todavia, estas da segunda região comentada, apresentam em suas extremidades, na borda da Bacia, índices um pouco mais altos, cerca de 700 a 750 mm de chuva. Entretanto grande parte das cidades pertencentes a Bacia obteve um acumulado variando entre 550 a 650 mm.

Em comparação a todo o período estudado, ou seja, verões ocorridos entre os anos 2000 a 2015 (Figura 26), Itapevi, cidade pertencentes a área de estudo e seu entorno, localizado na região sudeste, resultaram em dados de precipitação acumulada acima da média. Já Saltinho e seu entorno, localizada na região nordeste, apresentou as menores médias de índices pluviométricos da estação. Contudo, o restante da Bacia apresentou valores medianos e próximos a medianos, com destaque para a região norte por apresentar médias mais altas, e um conjunto de cidades que se estendem da região nordeste, passando pelo oeste até a região sudeste, com valores médios mais baixos.

- 2012/2013

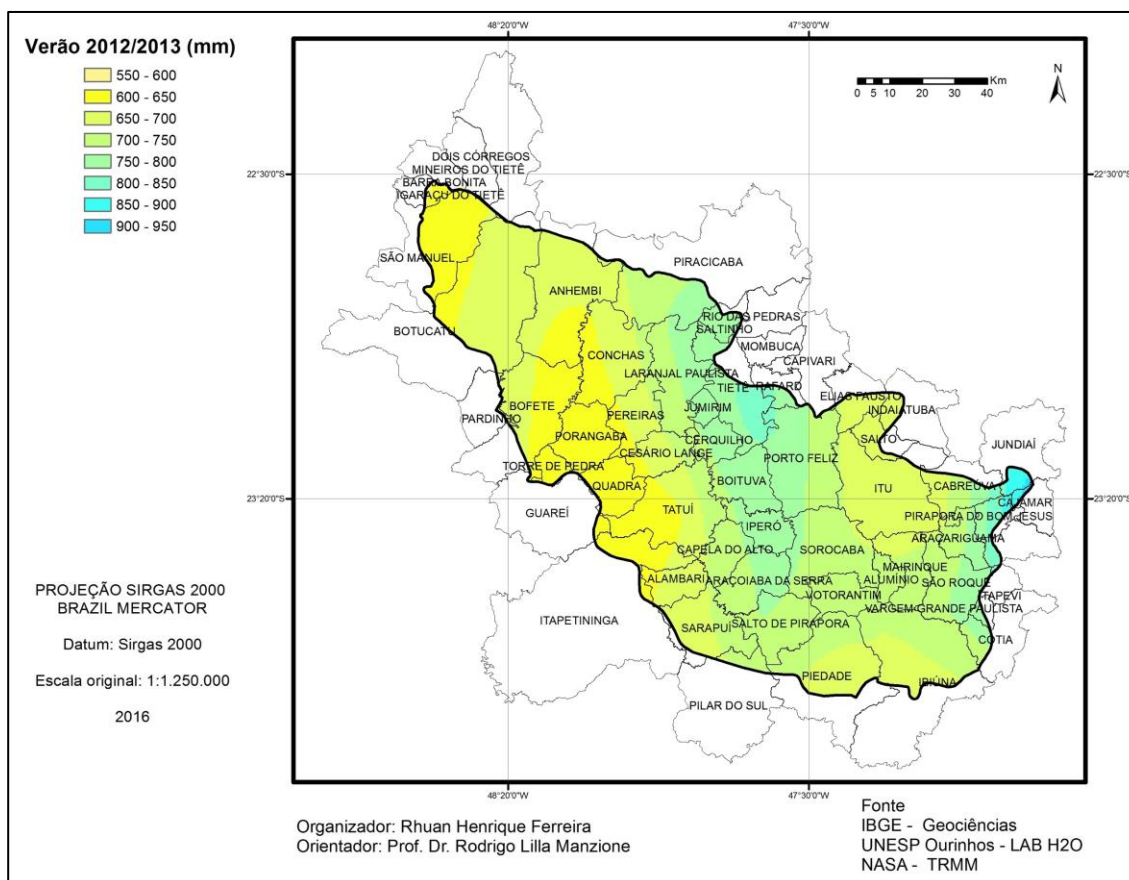


Figura 27. Mapa de precipitação acumulada na UGHRI-10 durante o verão de 2012/2013.

Para o período de verão entre os anos 2012 e 2013 a variação dos índices pluviométricos ficou em torno de 550 a 900 mm (Figura 27). As cidades ou porções de cidades que apresentaram menores acumulados de chuva, entre 550 a 650 mm, dentro da região de estudo foram: São Manuel e Iguaçu do Tietê, Botucatu, ambas localizadas na região norte, Anhembi, Conchas, Bofete, Porangaba, Pereiras, Cesário Lange, Conchas, Anhembi, Guareí, Quadra, Tatuí, Itapetininga e Alambari, localizadas na região leste, todavia, as cidades da primeira região comentada, apresentaram na borda da Bacia, índices um pouco mais altos, cerca de 900 mm a 950 mm de chuva. Já as porções de cidades que obtiveram os maiores acumulados, entre 850 a 950 mm, foram: Tietê, Rafard, Porto Feliz, ambas localizadas na região

leste, Pirapora do Bom Jesus, Cajamar e Jundiaí, localizadas na região sudeste, com destaque para Cajamar e Jundiaí que apresentam em suas extremidades, na borda da Bacia, índices um pouco mais altos, cerca de 900 a 950 mm de chuva. Entretanto grande parte das cidades pertencentes a Bacia obteve um acumulado variando entre 600 a 850 mm.

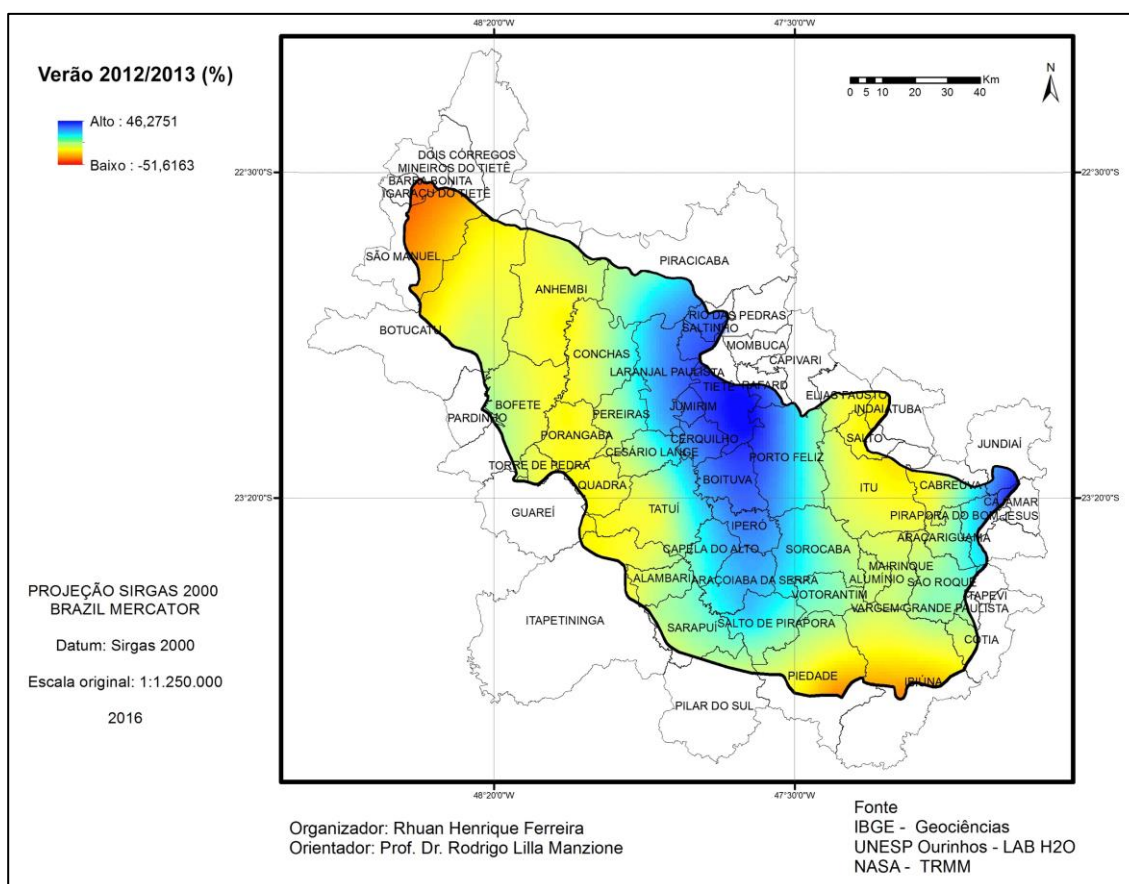


Figura 28. Mapa da diferença percentual de precipitação na UGHRI-10 durante o verão de 2012/2013, em relação aos períodos de verão entre os anos 2000/2015.

Em comparação a todo o período estudado, ou seja, verões ocorridos entre os anos 2000 a 2015, as cidades ou porções de cidades pertencentes a área de estudo (Figura 28) como Araçoiaba da Serra, Iperó, Boituva, Porto Feliz, Cerquilha, Jumarim, Laranjal Paulista, Tietê, Rafard, Saltinho e entornos, ambas localizadas na região

central e leste, Pirapora do Bom Jesus, Cajamar e Jundiaí, na região sudeste, resultaram em dados de precipitação acumulada acima da média. Já o restante da Bacia, com exceção do extremo norte, nas cidades de São Manuel e Iguaçu do Tietê, e a borda sul em Piedade e Ibiúna, que acumularam médias mais altas, as outras cidades da Bacia apresentaram valores medianos.

- **2013/2014**

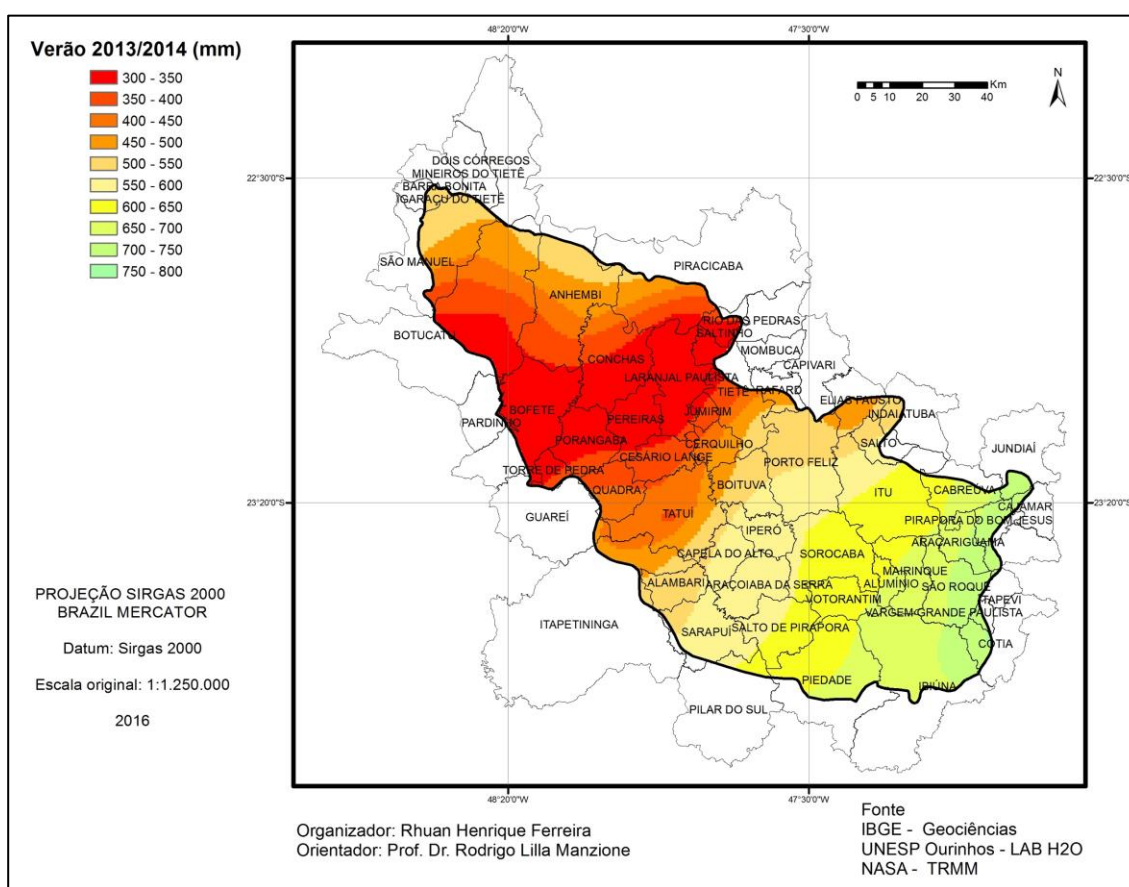


Figura 29. Mapa de precipitação acumulada na UGHRI-10 durante o verão de 2013/2014.

Para o período de verão entre os anos 2013 e 2015 a variação dos índices pluviométricos ficou em torno de 300 a 400 mm (Figura 29). As cidades ou porções de cidades que apresentaram menores acumulados de chuva, entre 300 a 350 mm,

dentro da região de estudo foram: Torre de Pedra, Bofete, Pardinho, Botucatu, Conchas, Porangaba, Pereiras, Cesário Lange, Laranjal Paulista, Jumirim, Piracicaba, Tietê e Saltinho, ambas localizadas na região nordeste a noroeste. Em confrontação com os outros verões analisados este foi o que apresentou menores acumulados de chuva, sendo que cidades em volta das exemplificadas, apesar de não estarem entre as apresentaram menores índices pluviométricos, ainda estão entre as que apresentam índices mais baixos. Já as cidades ou porções de cidades que obtiveram os maiores acumulados, entre 700 mm a 800 mm, foram: Ibiúna, São Roque, Cotia, Vargem Grande Paulista, Itapevi, Santana de Parnaíba, Araçariguama, Pirapora do Bom Jesus, Cabreúva, Jundiaí e Cajamar, localizadas nas regiões sul e sudeste, com destaque para Cotia que apresentou em sua extremidade, na borda da Bacia, índices um pouco mais altos, cerca de 750 mm a 800 mm de chuva. Entretanto grande parte das cidades pertencentes a Bacia obteve um acumulado variando entre 350 a 700 mm.

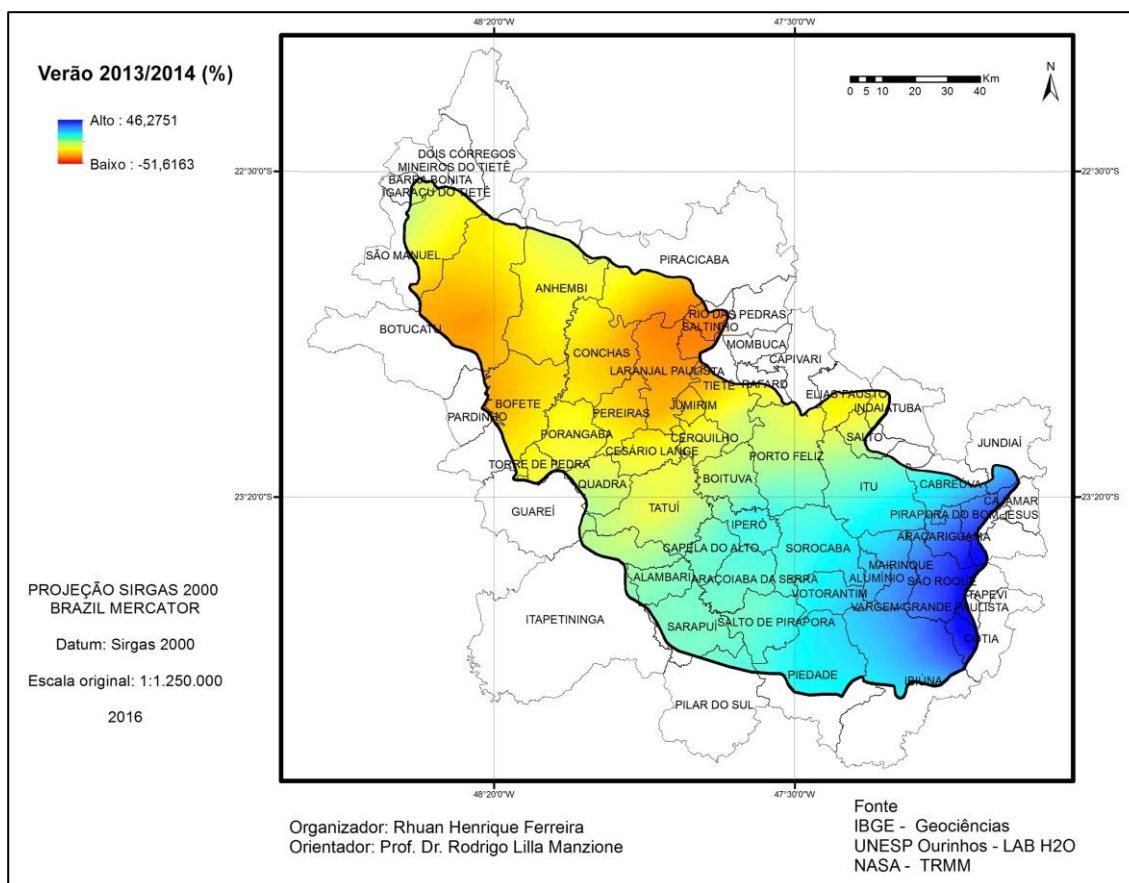


Figura 30. Mapa da diferença percentual de precipitação na UGHRI-10 durante o verão de 2013/2014, em relação aos períodos de verão entre os anos 2000/2015.

Em comparação a todo o período estudado, ou seja, verões ocorridos entre os anos 2000 a 2015, as cidades ou porções de cidades pertencentes a área de estudo (Figura 30) como Cotia, São Roque, Vargem Grande Paulista, Itapevi, Santana de Parnaíba, Araçariguama, Pirapora do Bom Jesus, Cajamar e seus entornos, ambas localizadas na região sul e sudeste, resultaram em dados de precipitação acumulada acima da média. Já partes de cidades como Laranjal Paulista e seus entornos, na região leste, Botucatu e cidades em volta, na região noroeste, obtiveram as médias mais baixas, mas inexpressivas para a estação.

Pirapora do Bom Jesus, Cabreúva, Jundiá e Cajamar, localizadas nas regiões sul e sudeste, com destaque para Cotia que apresentou em sua extremidade, na borda da Bacia, índices um pouco mais altos, cerca de 750 a 800 mm de chuva. Entretanto grande parte das cidades pertencentes a Bacia obteve um acumulado variando entre 600 a 700 mm.

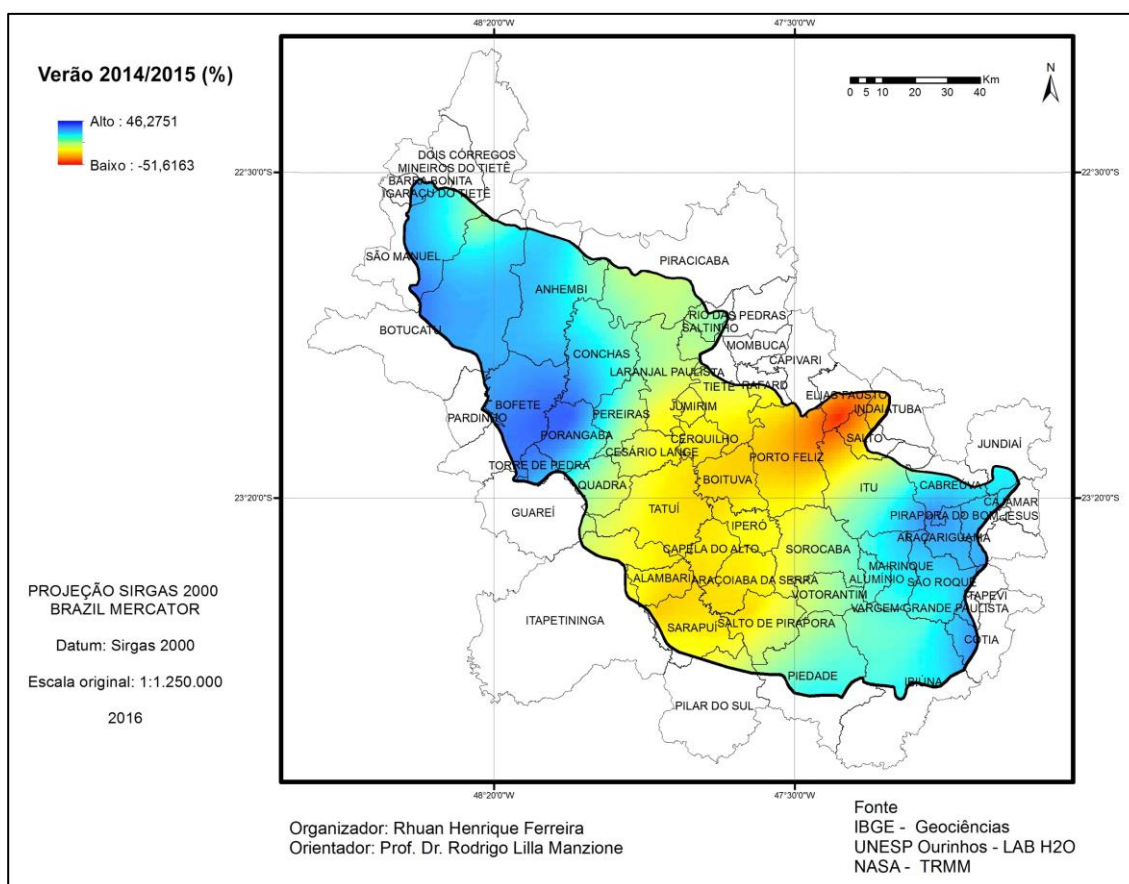


Figura 32. Mapa da diferença percentual de precipitação na UGHRI-10 durante o verão de 2014/2015, em relação aos períodos de verão entre os anos 2000/2014.

Em comparação a todo o período estudado, ou seja, verões ocorridos entre os anos 2000 a 2015, as cidades ou porções de cidades pertencentes a área de estudo (Figura 32) como São Manuel, Botucatu, Anhembi, Bofete, Conchas, Porangaba, Guareí, Torre de Pedra, Iguaçu do Tietê, Pardinho, ambas localizadas nas regiões nordeste, norte e noroeste, Itapevi, Cotia, Araçariguama e entornos, na região

sudeste, resultaram em dados de precipitação acumulada acima da média. Já partes de cidades como Elias Fausto, Porto Feliz e Salto, localizadas na região leste, apresentaram as menores médias de índices pluviométricos da estação.

5.4 Destaque para o verão de 2013/2014

Dentre os verões atípicos abordados, a anomalia climática ocorrida entre os anos de 2013 e 2014 recebe destaque neste trabalho, não apenas por ser a ocorrência mais recente de estiagem na região, mas também por seus desdobramentos em cidades dessa região. O verão de 2013/2014 apresentou os piores índices pluviométricos dos anos analisados nesse trabalho, contudo, apesar do verão seguinte apresentar um acumulado de chuva maior, ainda sofreu com as consequências do verão anterior, pois, não precipitou o suficiente para recuperar os mananciais, como também não deu conta da demanda contínua por água da população e indústrias em geral.

Muitas cidades da Região Sudeste do Brasil pertencentes ou não ao domínio da UGRHI-10 sofreram com o período de estiagem. Analisando os mapas da média de precipitação dos períodos de verão entre anos 2000 a 2015, observa-se que a estiagem da cidade de Itu não foi tão marcante quanto em outras regiões da Bacia. Para os verões de 2013/2014 e 2014/2015 os índices médios de precipitação na cidade variaram entre 500 a 700 mm durante o verão mais seco e 550 a 700 mm durante o período subsequente, dados que se comparados com outras regiões mostram que cidades localizadas ao noroeste e leste de Itu apresentaram menor frequência de chuvas. Entretanto as revoltas da população da cidade de Itu, localizada na Bacia hidrográfica do Sorocaba e Médio Tietê, ganharam destaque nos noticiários,

tornando o exemplo da cidade uma amostra das consequências do período de crise hídrica da Região Sudeste.

Segundo a Prefeitura da Estância Turística de Itu, a cidade com aproximadamente 155 mil habitantes, está localizada na divisa entre os planaltos cristalino e sedimentar com presença de vestígios da Era Arqueozóica. Possui relevo de colina suave e algumas altitudes nas regiões limítrofes. Seus principais rios são o Tietê, de maior extensão e alguns outros menores como o Braiaia, Guaçu, Itaim e Itaim Mirim. A coleta, o tratamento e a distribuição de água na cidade de Itu é de responsabilidade da concessionária Águas de Itu, que durante o período da crise sofreu uma intervenção municipal por 180 dias, alegando má gestão da empresa.

A cidade ganhou espaço nos meios de comunicação como *G1* e *El Pais* pelo comportamento da sua população, pois, esta ficou refém dos rodízios na distribuição, fazendo com que alguns bairros passassem por semanas sem receber nenhuma gota de água em suas torneiras, levando a algumas famílias passarem por um ou mais períodos do dia coletando água de bicas e córregos, até então abandonadas pelos munícipes.

Outro fato que chamou a atenção do jornal *El Pais*, foi a necessidade de escolta de caminhões pipa pela Guarda Civil Municipal em resposta ao comportamento das pessoas quando os caminhões chegavam nos bairros, além de diversos protestos com características de vandalismo com coquetéis molotov, incêndios, pedras etc, em prédios públicos, ruas e estradas do município.

6. CONCLUSÃO

Este estudo mostrou como os índices de precipitação variaram na UGRHI-10 desde 2000 até 2015, com ênfase ao verão atípico de 2013/2014. Considerando a média do período, como as ocorrências de chuvas não são homogêneas, todos os anos apresentaram índices superiores e inferiores à média, contudo alguns verões apresentam maior destaque como no caso dos anos 2004/2005, 2006/2007, 2007/2008, 2008/2009, 2009/2010, 2010/2011 e 2012/2013 que apresentaram níveis superiores à média, enquanto os anos de 2000/2001, 2001/2002, 2002/2003, 2003/2004, 2005/2006, 2011/2012, 2013/2014 e 2014/2015 apresentaram valores inferiores a média no período.

Dentre os 15 verões estudados, os 5 anos afetados pelo El Niño, se comparados entre eles, foi possível identificar que a anomalia mais recente fez com que seu verão apresentasse índices inferiores aos outros verões. O período de 2013/2014, chegou a apresentar mínimas por volta de 350 mm, cerca de 250 mm a menos que a maioria dos outros anos, os quais tiveram suas mínimas variando em torno de 700 a 550 mm.

O enfraquecimento dos ventos úmidos das regiões tropicais, responsável pela queda no regime de chuvas no verão durante os anos de El Niño na região sudeste do Brasil, nem sempre resulta em menores índices pluviométricos se comparado a outros anos que não apresentaram o fenômeno climático, como no caso de 2006/2007, que obteve a maior mínima com relação aos 15 anos, 900 mm; 2009/2010 e seus 750 mm, igual a 2008/2009 e 2010/2011; 2004/2005 com 650 mm; 2002/2003 obtendo uma mínima em torno de 600 mm, mesmos valores que os anos de 2001/2002, 2012/2013 e 2014/2015; também superiores à 2007/2008, 500 mm; e 2005/2006 e 2011/2012, com 550 mm.

Em alguns verões o comportamento das chuvas acumuladas e médias utilizam os espaços da Bacia dispondo de uma afinidade com a Cuesta basáltica localizada na porção central do Estado de São Paulo, a qual, em muitos casos, por se tratar de uma barreira orográfica designa a possibilidade de haver uma influência desta nas diferenças entre os índices de precipitação.

A análise Geoestatística permitiu verificar as relações de distância e dependência espacial do fenômeno de precipitação. Os alcances encontrados variaram de 1,5 km a 2 km. Já Validação Cruzada mostrou que o algoritmo de Krigagem foi eficiente para interpolação dos dados, com valores de erros baixos, variando em torno de -1,16 a 1,38.

Dentre as cidades pertencentes a Bacia, os mapas gerados para o verão 2013/2014 mostram que os municípios pertencentes ao Noroeste obtiveram maiores índices pluviométricos, mostrando que Itu, localizada na porção ao Sul não foi a cidade mais afetada pela falta de chuva, cidades como Torre de Pedra, Bofete, Pardinho, Botucatu, Conchas, Porangaba, Pereiras, Cesário Lange, Laranjal Paulista, Jumirim, Piracicaba, Tietê e Saltinho obtiveram os melhores índices pluviométricos para o período, contudo Itu sobressaiu na mídia como um exemplo da Crise hídrica para todo interior do Estado de São Paulo, fato que pode até ser relacionado com o comportamento agressivo da população perante a escassez e/ou a falta de planejamento hídrico, contudo este trabalho não tem estudos suficientes para compreender se o comportamento da população chamou mais atenção da mídia ou se o descaso com as questões hídricas, foi maior do que em outras cidades do Estado, sobretudo aquelas que obtiveram menores acumulados.

REFERÊNCIAS

- AB'SABER, A. N. **Os domínios de natureza no Brasil: potencialidades paisagísticas**. São Paulo, SP. Ateliê. 2003.
- ASSAD, E. D. **Sistemas de Informações geográficas. Aplicações na agricultura**. 2ª ed. Brasília, BSB. Embrapa-SPI / Embrapa-CPAC. 1998.
- AYOADE, J. O. **Introdução à Climatologia para os trópicos**. 11ª ed. Rio de Janeiro, RJ. Bertrand Brasil. 2006.
- BARBOSA, C. C. F. Et al. **Álgebra de Campos e Objetos**. In: Introdução à Ciência da Geoinformação. DPI/INPE. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/introd/cap8-algebra.pdf>>. Acesso em: ago. 2015.
- BERTOLO, L. A. **Curtose**. Disponível em: <<http://www.bertolo.pro.br/AdminFin/AnallInvest/Curtose.pdf>> Acesso em: set. 2016.
- CAMARGO, E. C. G. **Geoestatística: Fundamentos e Aplicações**. In: Geoprocessamento para Projetos Ambientais. São José dos Campos, SP. 1998 Disponível em: <http://www.dpi.inpe.br/gilberto/tutoriais/gis_ambiente/5geoest.pdf>. Acesso em: abr. 2016.
- CANO, W. Et al. **Economia paulista: dinâmica socioeconômica entre 1980 e 2005**. Campinas, SP. Alínea. 2007.
- CAVALCANTI, I. F. A. Et al. **Tempo e clima no Brasil**. São Paulo, SP. Oficina de Textos. 2009.
- CORREIA, P. **Modelação e Estimação: Uma introdução à geoestatística**. Curitiba, PR. LEG: Laboratório de Estatística e Geoinformação 2010. Disponível em: <http://www.leg.ufpr.br/lib/exe/fetch.php/disciplinas:geoesalq:pira2012:numist_-_modelacao_e_estimacao_-sgems.pdf> Acesso em: set. 2016.
- CPTEC/INPE (Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos), **El Niño e La Niña**. Disponível em: <<http://enos.cptec.inpe.br>>. Acesso em: abr. 2016.
- El Pais. **O exemplo de Itu**. Disponível em: <http://brasil.elpais.com/brasil/2015/02/06/politica/1423231813_488882.html>. Acesso em: nov. 2016.
- EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária). **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2ª ed. Rio de Janeiro, RJ. EMBRAPA-SPI. 2006. Disponível em: <<http://www.agrolink.com.br/downloads/sistema-brasileiro-de-classificacao-dos-solos2006.pdf>>. Acesso em: ago. 2015.
- ENGEORPS (Corpo de Engenheiros Consultores S.A.). **Plano Regional Integrado De Saneamento Básico**. SSRH/CSAN. 2011. Disponível em: <http://www.saneamento.sp.gov.br/PMS/UGRHI10/PRS_UGRHI10.pdf>. Acesso em:

abr. 2016.

G1. **Caminhões-pipa recebem escolta da Guarda Municipal em Itu.** Disponível em:

<<http://g1.globo.com/sao-paulo/sorocaba-jundiai/noticia/2014/10/caminhoes-pipa-recebem-escolta-da-guarda-municipal-em-itu.html>>. Acesso em: nov. 2016.

JOHNSTON, K. KRIVORUCHKO, K. LUCAS, N. VER HOEF, J. M. **Using ArcGIS geostatistical analyst.** Esri Redlands, 2001. p. 380.

LEME, E. J. de A. **Manual prático de tratamento de águas residuais.** São Carlos, SP. EdUFSCar. 2008.

MENDONÇA, F. OLIVEIRA. Inês, M. D. **Climatologia Noções Básicas e Climas do Brasil.** São Paulo, SP. Oficina de Textos. 2007.

NIMER, Edmon. **Climatologia do Brasil.** Rio de Janeiro, RJ. IBGE. 1979.

OLIVEIRA, J. B. de. ROSSI, M. **O mapa pedológico do Estado de São Paulo.** In: Revista O agrônomo. Campinas, SP. 2000. Disponível em: <<http://www.iac.sp.gov.br/publicacoes/agronomico/pdf/mapa.pdf>>. Acesso em: ago. 2015.

PINTO, N. L. de S. Et al. **Hidrologia básica.** São Paulo, SP. Edgard Blücher. 1976.

PREFEITURA DA ESTÂNCIA TURÍSTICA DE ITU. Disponível em: <http://itu.sp.gov.br/site/?page_id=592>. Acesso em: abr. 2016.

REBOITA, M. S. Et al. Regimes de precipitação na América do Sul: Uma revisão bibliográfica. In: Revista Brasileira de Meteorologia. V.25, N.2. 2010. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbmet/v25n2/a04v25n2.pdf>>. Acesso em: abr. 2016.

ROSS, J. L. S. **Geografia do Brasil.** 4ª ed. São Paulo, SP. Editora da Universidade de São Paulo. 2003.

ROSA, R. **Introdução ao sensoriamento remoto.** 7ª ed. Uberlândia, MG. EDUFU. 2009.

SUGUIO, k. **Água.** Ribeirão Preto. Holos. 2006.

SIGRH (Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Estado de São Paulo). **Apresentação.** Disponível em: <<http://www.sigrh.sp.gov.br/cbhsmt/apresentacao>>. Acesso em: abr. 2016.

SIGRH (Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Estado de São Paulo). **Caracterização Geral da UGRHI-10.** Disponível em: <<http://www.sigrh.sp.gov.br/public/uploads/documents/6525/relsmseg.pdf>>. Acesso em: ago. 2015.

SILVA, D. F. da. PANTANO, A. P. CAMARGO, M. B. P. de. **Análise de dados de precipitação estimados pelo satélite TRMM para o vale do médio Parapanema –**

SP. In: Engenharia na agricultura, viçosa – mg. V.21, N.2. Março / Abril 2013.

SILVA, J. X. O que é Geoproc essamento?. In: Revista do Crea-RJ. Outubro/ Novembro de 2009. Disponível em: <<http://www.ufrrj.br/lga/tiagomarinino/artigos/oqueegeoprocessamento.pdf>>. Acesso em: abr. 2016.

TUNDISI, J. G. MATSUMURA, T.T. Recursos Hídric os no Séc. XXI. São Paulo, SP. Oficina de Textos. 2011.

TUCCI, C.E.M. **Hidrologia: ciência e aplicação.** Porto Alegre: Ed. da Universidade, ABRH: EDUSP, 1993. 943 p. (Coleção ABRH de Recursos hídricos, 4).

YAMAMOTO, J. K. LANDIM, P M. B. **Geoestatística Conceitos e Aplicações.** São Paulo. Oficina de Textos, 2013.