

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS – EESC
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DA ENGENHARIA AMBIENTAL
– PPG/SEA

RAFAEL GRECCO SANCHES

AS CHUVAS NA REGIÃO DE SÃO CARLOS/SP: ESTUDO DO COMPORTAMENTO
PLUVIOMÉTRICO A PARTIR DE DADOS DE ESTAÇÕES CLIMATOLÓGICAS, 1993-
2014

São Carlos

2015

RAFAEL GRECCO SANCHES

AS CHUVAS NA REGIÃO DE SÃO CARLOS/SP: ESTUDO DO COMPORTAMENTO
PLUVIOMÉTRICO A PARTIR DE DADOS DE ESTAÇÕES CLIMATOLÓGICAS, 1993-
2014

Dissertação apresentada à Escola de
Engenharia de São Carlos, Universidade de
São Paulo, como parte dos requisitos para
obtenção do título de Mestre em Ciências da
Engenharia Ambiental.

Área de Concentração: Ciências das Engenharia Ambiental

Orientador: Prof. Dr. Francisco Arthur da Silva Vecchia

São Carlos

2015

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

Sa Sanches, Rafael Grecco
As chuvas na região de São Carlos/SP: estudo do comportamento pluviométrico a partir de dados de estações climatológicas, 1993-2014. / Rafael Grecco Sanches; orientador Francisco Arthur Silva Vecchia. São Carlos, 2015.

Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Ciências da Engenharia Ambiental e Área de Concentração em Ciências da Engenharia Ambiental -- Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, 2015.

1. Climatologia. 2. Mudança climática. 3. Climatologia estatística. 4. R. 5. Rclimdex. I. Título.

FOLHA DE JULGAMENTO

Candidato: Licenciado **RAFAEL GRECCO SANCHES**.

Título da dissertação: "As chuvas na região de São Carlos/SP: estudo do comportamento pluviométrico a partir de dados de estações climatológicas, 1993-2014".

Data da defesa: 24/09/2015

Comissão Julgadora:

Resultado:

Prof. Associado **Francisco Arthur da Silva Vecchia (Orientador)**
(Escola de Engenharia de São Carlos/EESC)

Aprovado

Prof. Dr. **Ademir Paceli Barbassa**
(Universidade Federal de São Carlos/UFSCar)

APROVADO

Prof. Dr. **Carlos Antonio Costa dos Santos**
(Universidade Federal de Campina Grande/UFCG)

Aprovado

Coordenador do Programa de Pós-Graduação em Ciências da Engenharia Ambiental:

Prof. Associado **Frederico Fabio Mauad**

Presidente da Comissão de Pós-Graduação:
Prof. Associado **Paulo César Lima Segantine**

Aos meus pais, Antonio Carlos e Regina pelos ensinamentos de vida, à minha avó e heroína Alzira, ao meu irmão Vinícius pelo companheirismo, à minha companheira Letícia pelo carinho e apoio dedico.

Agradeço imensamente,

Ao espiritual, que sempre fortaleceu os pensamentos.

Ao meu orientador Prof. Francisco Vecchia, pelas discussões e aprendizado que sempre nortearam os saberes climatológicos, filosóficos e sociológicos que contribuíram para meu crescimento intelectual e científico.

Ao professor Carlos Antonio e Ademir Barbassa pelo apoio no desenvolvimento desse trabalho.

Ao CNPQ, pela bolsa de estudos que viabilizou financeiramente o desenvolvimento desse trabalho.

A EMBRAPA Pecuária Sudeste, em especial ao Dr. José Ricardo Pezzopane pela ajuda com os dados climatológicos.

A todos do Núcleo de Climatologia, Nuria, Bruno, Maurício, Gustavo, Perussi, Elis, Grace, Isabela, Diego, Eduardo (agregado), Vitor (agregado) e Rodrigo (agregado) que nos momentos mais difíceis mostraram-se amigos a toda prova.

Ao João Vilela por toda ajuda e parceria ao longo do mestrado e agora do doutorado.

Aos funcionários e amigos da estação climatológica do CRHEA (EESC/USP), Betão e André pelo apoio incondicional e amizade e a todos do campus.

Aos meus primos Rodrigo e Elisa que contribuíram diretamente junto ao desenvolvimento do trabalho.

Aos meus sogros Edino e Janisse pelo carinho e apoio nas horas difíceis e por acreditarem sempre.

Aos meus amigos e irmãos eternos Lucas e Danilo que, apesar da distância, estão sempre ao meu lado.

Aos meus avós (*in memoriam*) Aristeu, Elvira e Roberto. Queria que estivessem aqui.

Aos meus pais e meu irmão, meu porto seguro de sempre.

Ao meu amor, minha namorada, amiga, companheira, parceira de sempre, Letícia, por todos os momentos.

Meu sincero, muito obrigado!

Lista de ilustrações

Figura 1. Abordagem dedutiva via aproximação da realidade	23
Figura 2. Localização das estações climatológicas.	66
Figura 3. Classificação climática do Estado de São Paulo segundo Monteiro 1973, com as localidades dos municípios de São Carlos e Itirapina. Fonte. Adaptado de Martinelli (2010)	69
Figura 4. Pluviógrafo em uso – Estação CRHEA/USP.....	72
Figura 5. Estação Climatológica – CRHEA (EESC/USP)	73
Figuras 6 a e b. Pluviômetro <i>Ville de Paris</i> – CRHEA e Proveta Pluviométrica –CRHEA	74
Figura 7 a e b. Pluviógrafo de bóia (CRHEA)	75
Figura 8 a e b. Estação Climatológica – INMET/UFSCar	76
Figura 9. <i>Ville de Paris</i> – INMET/UFSCar	77
Figuras 10 a e b. Pluviógrafo de bóia – INMET/UFSCar	78
Figura 11 - B. Vista geral da estação climatológica – EMBRAPA/Pecuária Sudeste	80
Figuras 12 e 13. Equipamentos da estação climatológica – EMBRAPA/Pecuária Sudeste.....	80

Lista de tabelas

Quadro 1. Sistemas e subssistemas atmosféricos adotados para o Estado de São Paulo. Fonte: Tarifa (1973, p. 8-10)	49
Quadro 2. Índices climáticos utilizados no RClimdex 1.1 [Adaptado de Zhang e Yang (2006)].	62
Tabela 1. Escalas de Mensuração e aplicações (Harvey, 1969 adaptado por Gerardi e Silva, 1981).	83
Tabela 2. Precipitação total nos dias úmidos (acima de 1 mm) nas estações climatológicas, 1993-2014. Elaborado pelo autor.	169
Tabela 3. Máximo e média de dias consecutivos secos nas estações climatológicas, 1993-2014. Elaborado pelo autor.	170
Tabela 4. Máximo e média de dias consecutivos úmidos nas estações climatológicas, 1993-2014. Elaborado pelo autor. * Sem dados registrados.	171
Tabela 5. Intensidade simples diária de chuvas nas estações climatológicas, 1993-2014. Elaborado pelo autor. *Sem dados registrados.	172
Tabela 6. RX1 dia – Máximo de chuva acumulada em um único dia, 1993-2014. Elaborado pelo autor.	173
Tabela 7. RX1 dia – Máximo de chuva acumulada em um único dia no período hidrológico na estação CRHEA, 1993-2014. Elaborado pelo autor.	174
Tabela 8. RX1 dia – Máximo de chuva acumulada em um único dia no período hidrológico na estação INMET, 1993-2014. Elaborado pelo autor. * Sem dados registrados.	175
Tabela 9. RX1 dia – Máximo de chuva acumulada em um único dia no período hidrológico na estação EMBRAPA, 1993-2014. Elaborado pelo autor.	176
Tabela 10. RX5 dias – Máximo de chuva acumulada em cinco dias consecutivos, 1993-2014. Elaborado pelo autor.	177
Tabela 11. RX5 dias – Máximo de chuva acumulada em cinco dias consecutivos, no período hidrológico, na estação CRHEA, 1993-2014. Elaborado pelo autor.	178
Tabela 12. RX5 dias – Máximo de chuva acumulada em cinco dias consecutivos, no período hidrológico, na estação INMET, 1993-2014. Elaborado pelo autor. *Sem registros.	179

Tabela 13. RX5 dias – Máximo de chuva acumulada em cinco dias consecutivos, no período hidrológico, na estação EMBRAPA, 1993-2014. Elaborado pelo autor.	180
Tabela 14. R20 – Número de dias em que as chuvas estiveram acima de 20 mm nas estações, 1993-2014. Elaborado pelo autor. *Sem registros.	181
Tabela 15. R35 – Número de dias em que as chuvas estiveram acima de 35 mm nas estações, 1993-2014. Elaborado pelo autor.	182
Tabela 16. R46 – Número de dias em que as chuvas estiveram acima de 46 mm nas estações, 1993-2014. Elaborado pelo autor.	183
Tabela 16. R60 – Número de dias em que as chuvas estiveram acima de 60 mm nas estações, 1993-2014. Elaborado pelo autor.	184

Lista de gráficos

Gráfico 1. PRCPTOT – Precipitação total nos dias em que as chuvas apresentaram, no mínimo, 1 mm nas estações, 1993-2014. Elaborado pelo autor.....	99
Gráfico 2. RX 1 dia - Valor máximo de chuva acumulada em um único dia, nas estações, 1993-2014. Elaborado pelo autor.	102
Gráfico 3. RX 1 dia – Distribuição do valor máximo de chuva acumulada em um único dia, mensalmente, 1993-2014. Elaborado pelo autor.	103
Gráfico 4. RX 1 dia - Valor máximo de chuva acumulada em um único dia no mês de outubro nas estações, 1993-2014. Elaborado pelo autor.....	106
Gráfico 5. RX 1 dia - Valor máximo de chuva acumulada em um único dia no mês de novembro nas estações, 1993-2014. Elaborado pelo autor.	107
Gráfico 6. RX 1 dia - Valor máximo de chuva acumulada em um único dia no mês de dezembro nas estações, 1993-2014. Elaborado pelo autor.....	110
Gráfico 7. RX 1 dia - Valor máximo de chuva acumulada em um único dia no mês de janeiro nas estações, 1993-2014. Elaborado pelo autor.....	111
Gráfico 8. RX 1 dia - Valor máximo de chuva acumulada em um único dia no mês de fevereiro nas estações, 1993-2014. Elaborado pelo autor.	113
Gráfico 9. RX 1 dia - Valor máximo de chuva acumulada em um único dia no mês de março nas estações, 1993-2014. Elaborado pelo autor.....	114
Gráfico 10. RX 5 dias - Valor máximo de chuva acumulada em cinco dias consecutivos nas estações, 1993-2014. Elaborado pelo autor.	117
Gráfico 11. RX 5 dias - Valor máximo de chuva acumulada em cinco dias consecutivos, no mês de outubro, nas estações, 1993-2014. Elaborado pelo autor.	121
Gráfico 12. RX 5 dias - Valor máximo de chuva acumulada em cinco dias consecutivos, no mês de novembro, nas estações, 1993-2014. Elaborado pelo autor.	123
Gráfico 13. RX 5 dias - Valor máximo de chuva acumulada em cinco dias consecutivos, no mês de dezembro, nas estações, 1993-2014. Elaborado pelo autor.....	124

Gráfico 14. RX 5 dias - Valor máximo de chuva acumulada em cinco dias consecutivos, no mês de janeiro, nas estações, 1993-2014. Elaborado pelo autor.	127
Gráfico 15. RX 5 dias - Valor máximo de chuva acumulada em cinco dias consecutivos, no mês de fevereiro, nas estações, 1993-2014. Elaborado pelo autor.	130
Gráfico 16. RX 5 dias - Valor máximo de chuva acumulada em cinco dias consecutivos, no mês de março, nas estações, 1993-2014. Elaborado pelo autor.	131
Gráfico 17. CDD – Máximo de dias consecutivos secos nas estações, 1993-2014. Elaborado pelo autor.	133
Gráfico 18. CWD – Máximo de dias consecutivos úmidos nas estações, 1993-2014. Elaborado pelo autor.	137
Gráfico 19. SDII – Índice simples de intensidade das chuvas nas estações, 1993-2014. Elaborado pelo autor.	140
Gráfico 20. R20mm – Número de dias em que as chuvas diárias superaram 20mm nas estações, 1993-2014. Elaborado pelo autor.	144
Gráfico 21. R35mm – Número de dias em que as chuvas diárias superaram 35mm nas estações, 1993-2014. Elaborado pelo autor.	147
Gráfico 22. R46mm – Número de dias em que as chuvas diárias superaram 46 mm nas estações, 1993-2014. Elaborado pelo autor.	149
Gráfico 23. R60mm – Número de dias em que as chuvas diárias superaram 60 mm nas estações, 1993-2014. Elaborado pelo autor.	151

Sumário

1. INTRODUÇÃO	19
2. OBJETIVOS.....	27
2.1. Objetivo Geral	27
2.2. Objetivos Específicos	27
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	29
3.1. A climatologia clássica e a climatologia dinâmica como ponto de discussão.....	29
3.2. A dinâmica climática: comportamento, tendência, variabilidade, etc. Contribuições sobre a existência de alterações climáticas.....	33
3.3. As chuvas e sua gênese territorial no Brasil	39
3.4. A pluralidade das chuvas no Estado de São Paulo	46
4. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	65
4.1. Materiais e Área de Estudo.....	65
5. MÉTODO.....	81
5.1. Tratamento quantitativo.....	81
5.2. Aspectos qualitativos dos dados	84
5.3. Índices Climáticos referentes à precipitação pluviométrica	86
6. RESULTADOS OBTIDOS	93
6.1. Índices de chuvas obtidos	94
6.1.1. PRCPTOT (Precipitação total nos dias úmidos).....	96
6.1.2. RX 1 dia	100
6.1.3. RX 5 dias	115
6.1.4. CDD (Dias consecutivos secos)	132
6.1.5. CWD (Dias consecutivos úmidos)	134
6.1.6. SDII (Índice simples de intensidade de chuvas)	138
6.1.7. 5Rnmm (Número de dias acima de nn* milímetros de chuva).....	141
6.1.8. R35mm (Número de dias acima de 35 mm de chuva)	145
6.1.9. R46mm (Número de dias acima de 46 mm de chuva)	148
6.1.10. R60mm (Número de dias acima de 60 mm de chuva)	150
7. CONCLUSÕES.....	155

REFERÊNCIAS	159
ANEXOS	169

RESUMO

Sanches, R. G. **Análise das chuvas na região de São Carlos/SP: o entendimento e o comportamento pluviométrico a partir de estações climatológicas, 1993-2014.** 2015. 151 p. Dissertação (mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 2015.

As possíveis alterações climáticas, em diferentes escalas espaciais e temporais, alicerçam diversas pesquisas em climatologia a fim de compreender a dinâmica climatológica, bem como os atributos climáticos em tal processo. As chuvas, nesse sentido, representam a complexidade no entendimento da dinâmica atmosférica, uma vez que essas apresentam sua gênese apoiadas em diferentes processos atmosféricos. Com isso, o presente estudo compreende o comportamento das chuvas na região de São Carlos a partir da concentração, distribuição e variabilidade dessas nas estações climatológicas do CRHEA/USP, INMET/UFSCar e EMBRAPA sendo essas as adotadas de acordo com a proposta de Monteiro (1973) e a partir da série histórica de 1993 a 2014. No presente trabalho, foi realizado a revisão bibliográfica acerca da temática de gênese das chuvas para o Brasil e para o Estado de São Paulo, além da determinação do cálculo dos índices de PRCPTOT (precipitação total nos dias úmidos), CDD (dias consecutivos secos), CWD (dias consecutivos úmidos), SDII (índice simples de intensidade), RX 1 dia (máximo acumulado em um único dia), RX 5 dias (máximo acumulado em cinco dias) e Rnn (número de dias acima de 20, 35, 46 e 60 mm de chuvas) pelo software R com script RClindex 1.1. Os dados calculados apresentaram grande flutuação ao longo da série histórica 1993-2014 para todos os índices adotados, o que configura a presença de anos abaixo e acima da média para cada índice, bem como questiona o apontamento de tendências significativas quanto a existência de mudanças climáticas locais e regionais.

Palavras-chave: Climatologia. Mudança climática. Climatologia estatística. R.

ABSTRACT

Sanches, R. G. **Analysis of rainfall in the region of São Carlos/SP: the understanding and behavior rainfall in climatological stations, 1993-2014.** 2015. 151 p. Dissertation (master) - São Paulo University, São Carlos School of Engineering, 2015.

The possible climate change, in different spatial and temporal scales, consolidates several climatology researches in order to comprehend the climatologic dynamics, as well as climate attributes in such process. Rain, in this meaning, represents the complexity on the atmospheric dynamic understanding, once it presents its genesis based on different atmospheric processes. With that, the following study comprehends the rain behavior in the region of São Carlos according to its concentration, distribution and variability in the climatological stations from CRHEA/USP, INMET/UFSCar and EMBRAPA, being these adopted according to propose of Monteiro (1973) and from the historical series from 1993 to 2014. In this study, the bibliographic revision was performed concerning the rain genesis for Brazil and for the state of São Paulo theme, apart from the determination of the PRCPTOT (total precipitation on wet days), CDD (consecutive dry days), CWD (consecutive wet days), SDII (simple intensity index), RX 1 day (maximum accumulated in one single day), RX 5 days (maximum accumulated in five days) and Rnn (number of day above 20, 35, 46 and 60 mm of rain) index calculus through the software R with the script Rclimdex 1.1. The calculated data present a great floating along the historical series 1993-2014 for all the admitted index, which sets the presence of years below and above the average for each index, as well as it questions the notation of significant trends as to the existence of local and regional climate changes.

Key-words: Climatology. Climate change. Statistical climatology. R.

Rain
Bring me the strength
To get to another day
And all I want to see
Set us free
Roots Bloody Roots

Sepultura

1. INTRODUÇÃO

As discussões acerca de possíveis alterações climáticas têm alicerçado uma série de pesquisas no âmbito da climatologia, uma vez que essa se propõe a compreender a dinâmica climática por seus elementos de modo integrado.

Um dos conceitos da ciência geográfica que contribui para a análise climatológica é o de região, que contribui para a interpretação de diferentes aspectos do planeta Terra em diferentes escalas espaciais. Com o uso da região, enquanto agente de espacialização de elementos do espaço geográfico, pode-se ressaltar Haesbaert (2010), que considera a região como um espaço-momento articulado, em processo de intensa transformação, envolvendo múltiplas escalas e dimensões, onde há articulações que, por sua vez, não decorrem apenas de recortes analíticos, mas, também, através de realidades efetivas.

Esses pressupostos podem alicerçar o pensamento acerca da compreensão da atmosfera e dos elementos que envolvem a gênese e a dinâmica climática no planeta Terra. Mesmo que os atributos atmosféricos e a gênese climatológica sejam apenas exemplos da complexidade física presente no planeta Terra, a observação junto a esses pode conduzir diferentes condutas antrópicas no âmbito terrestre, sendo tais exemplos norteadores do conhecimento científico e da paisagem terrestre.

Tais exemplos podem ser ressaltados em diferentes áreas da ciência e por diferentes autores, como Ab'Saber (2003, p.10), que incita aos:

[...] que não tem consciência do significado das heranças paisagísticas e ecológicas, os esforços dos cientistas que pretendem responsabilizar todos e cada um pela boa conservação e pelo uso racional da paisagem e dos recursos da natureza somente podem ser tomados como motivos de irritação, quando não de ameaça, em curto prazo, à economicidade das forças de produção econômica [...]

Além de ressaltar a importância do conhecimento acerca dos aspectos físicos (naturais) do planeta Terra, o autor ainda admite que o reconhecimento do desenvolvimento de um país está atribuído, em seu aumento ou diminuição pela capacidade em termos de preservação de recursos, bem como seu nível de exigência a partir de atividades econômicas e a busca por sua equidade (AB'SABER, 2003).

Para a dinâmica climática, os atributos de sua compreensão são complexos e apresentam grande interação com diferentes elementos físicos do planeta Terra. Sendo assim, diversas abordagens buscam caracterizar os diferentes tipos climáticos por meio de classificações do estado médio dos elementos atmosféricos e assim compreender sua dinâmica.

Os diferentes mecanismos de compreensão de tal dinâmica se utilizam de elementos quantitativos e qualitativos, contudo, Monteiro (1991, p.17) incita que:

[...] há os que recorrem a uma estratégia matemática considerando o clima como estado “médio” dos elementos atmosféricos sobre um dado lugar e outros preferem escapar do puramente quantitativo, e, balizando com certos parâmetros numéricos e recorrendo a uma

descrição qualitativa, tão aproximada quanto possível, tentam expressar o “comportamento” atmosférico sobre dado lugar [...]

Nesse sentido, os estudos climáticos assumem um papel de grande importância junto às relações entre homem e ambiente e, uma vez que essas interações se apresentam com grande complexidade para se compreender em sua totalidade espaço-temporal, os estudos climatológicos e atmosféricos são considerados vitais em sua própria dinâmica e essência física.

Para tanto, as variabilidades temporais e associações com outros elementos naturais contribuem para uma melhor compreensão da estrutura do espaço-ambiente, bem como de sua organização funcional (MONTEIRO, 1976).

Segundo Monteiro (1976), as análises espaciais têm de se beneficiar de novas perspectivas com a indicação de parâmetros fatoriais de ordem climática, ressaltando ainda que deve ser dada atenção especial às variações temporais que, embora eventuais, tem ação direta ao ambiente e ao homem, além de escapar ao controle desse último.

O autor ressalta ainda o papel processual da análise climatológica, como as aplicações de técnicas quantitativas devem continuar a fim de subsidiar suas vinculações processuais do entendimento da dinâmica climática, onde, bem como existem limitações estatístico-interpretativas quanto ao seu desenvolvimento genético, os esforços de ajustamentos e novas investigações são necessários.

O desenvolvimento de novas compreensões teórico-metodológicas acerca da dinâmica climática, portanto, devem contribuir para o melhor entendimento do clima em diferentes áreas do planeta Terra.

Além disso, a abordagem quantitativa e o emprego de suas técnicas possibilitam maior objetividade e precisão em sua análise, a fim de minimizar longas e superficiais

descrições verbais, além de serem reforçadas pelo caráter da linguagem científica, interdisciplinar e universal que os dados apresentam (GERARDI; SILVA, 1981).

Sendo diversificados os mecanismos para obtenção de resultados em pesquisas quantitativas e qualitativas, o projeto é norteado pela abordagem dedutiva enquanto elemento de método de estudo.

Segundo Gerardi e Silva (1981) a observação dos aspectos e fenômenos geográficos, a partir de tal método de estudo, apresenta-se sujeita a leis e princípios gerais, cujo conhecimento deve ser justamente o objetivo da pesquisa.

A abordagem dedutiva para o presente estudo segue a Figura 1.

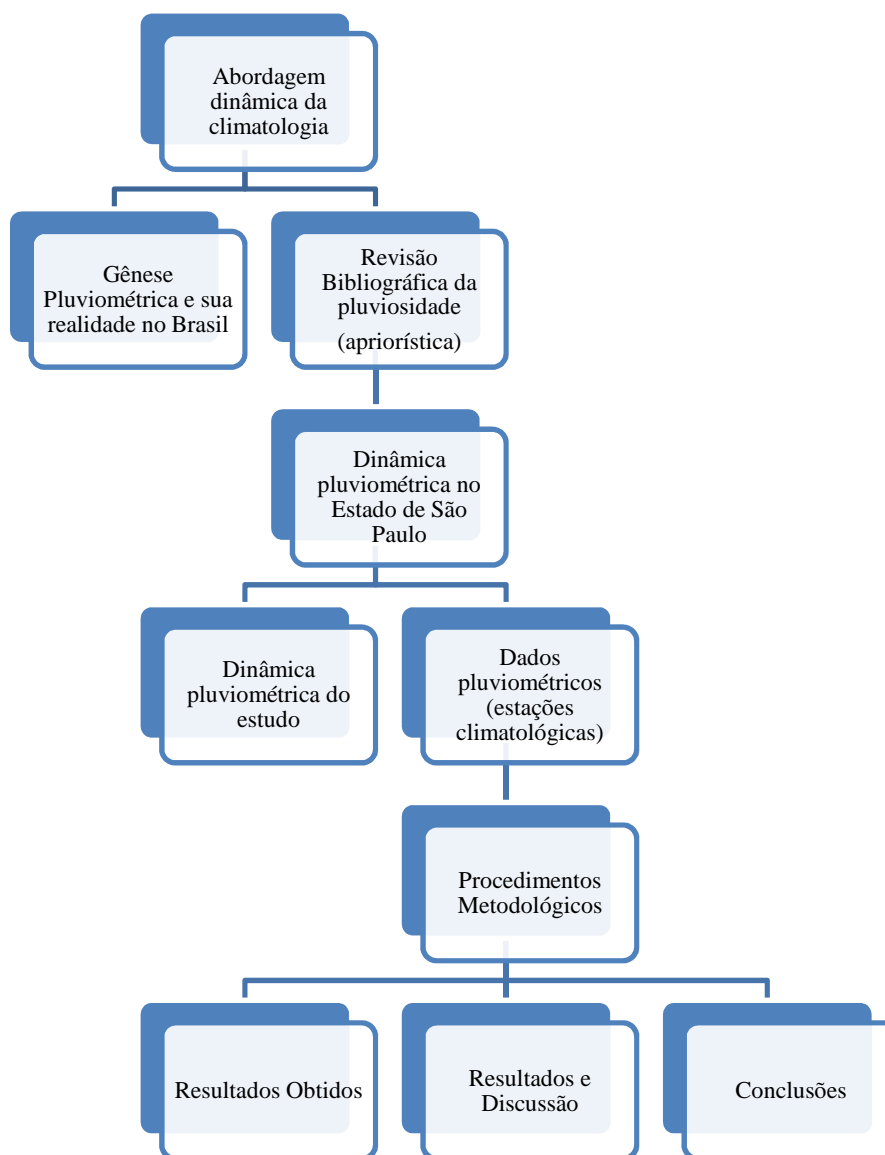


Figura 1. Abordagem dedutiva via aproximação da realidade
 Fonte. Adaptado de Daugherty¹ (1974 apud Gerardi e Silva, 1981, p.11)

Para o presente estudo, a escolha pela obtenção, tratamento e análise quantitativa dos dados foi concentrada a duas estações climatológicas localizadas no Estado de São Paulo, que Monteiro (1976) ressaltou com veemência, sendo:

¹DAUGHERTY, R. **Science in geography**. Data collection. London: Oxford University Press, 1974.

[...] o território paulista um excelente universo de análise climatológica, tanto do ponto de vista econômico quanto do ambiente. Essa importância avulta, seja a nível universal, por se tratar de destacado caso de ocupação em espaço geográfico sob o trópico, seja mais significativamente, a nível nacional, porquanto as decisões atuais e futuras estarão muito mais dirigidas a corrigir erros e inconvenientes do processo de ocupação, racionalizando a organização do espaço e, seus resultados positivos serão extremamente necessários a implementar em outras regiões brasileiras, algumas delas em via de ocupação efetiva [...] (MONTEIRO, 1976, p. 11).

Para Sant'Anna Neto (2000), em regiões tropicais as chuvas assumem papel de grande destaque na compreensão do clima, bem como podem ser consideradas como principal elemento de análise na organização e no planejamento do território e do ambiente diante de seu elevado grau de interferência, impacto e repercussão espaço-temporal.

Para a compreensão da gênese das chuvas (pluviométrica), a obtenção de dados, por sua coleta e tabulação é tarefa difícil que, além de crucial, no Brasil não conta adequadamente com a compreensão de entidades que detém e gerenciam dados meteorológicos, onde esses poderiam colaborar de forma ampla e irrestrita tais elementos (ZAVATTINI; BOIN, 2013).

Tendo em vista a complexidade dos elementos atmosféricos, bem como de sua gênese, a compreensão dos atributos que dinamizam os climas, bem como novas contribuições que ampliem o entendimento de sua dinâmica se fazem necessários.

Sendo assim, a gênese climática apresenta papel de destaque na dinâmica de planejamento em diferentes setores de atuação social, política e econômica, onde a

pluviometria pode representar, por seus aspectos quantitativos e qualitativos, uma melhor compreensão temporal da atmosfera e em diferentes escalas.

A partir dessas observações acerca da dinâmica climática espaço-temporal e dos diferentes aspectos teórico-metodológicos para seu entendimento, o presente estudo se faz necessário junto à compreensão, embora de maneira singela e pontual, do comportamento pluviométrico a partir do uso de uma análise quantitativa, com uso de uma ferramenta computacional e de modelagem, a fim de contribuir para com o conhecimento da dinâmica climática.

Com isso, o estudo é alicerçado pela concepção da climatologia dinâmica e suas abstrações a fim compreender o comportamento das chuvas na região de São Carlos/SP, a partir do uso de uma ferramenta quantitativa e, por consequência, a análise das chuvas por sua concentração e/ou distribuição, sua variação de intensidade, a quantificação de alterações no regime pluviométrico anual e para a série histórica de dados, sendo os dados provenientes de três estações climatológicas presentes na região de São Carlos/SP.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo Geral

O presente trabalho busca analisar o comportamento das chuvas na região de São Carlos/SP, por meio de série histórica de dados de 22 anos (1993-2014).

2.2. Objetivos Específicos

Com o presente trabalho se busca ainda:

- I. Descrever o comportamento das chuvas a partir do máximo acumulado em 1 e 5 dias anual e nos meses de maior volume de chuvas,
- II. Analisar a intensidade pluviométrica diária, os eventos extremos de precipitação, e o total anual de chuvas;
- III. Descrever a concentração e/ou dispersão de dias consecutivos secos e dias consecutivos úmidos;
- IV. Apresentar o comportamento pluviométrico a partir do uso do *software* R e do *script* RClindex.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O presente capítulo aborda elementos da climatologia em suas vertentes, clássica e dinâmica, algumas considerações acerca das alterações climáticas e suas possíveis ocorrências, o processo de gênese das chuvas no território brasileiro e o dinamismo da pluviosidade para o Estado de São Paulo, bem como de estudos que abordam essas temáticas.

3.1. A climatologia clássica e a climatologia dinâmica como ponto de discussão

As diferentes observações acerca da dinâmica climática por seus estudos reafirmam as compreensões distintas da climatologia sob o olhar clássico e separatista e do olhar dinâmico e integrado.

A análise climatológica apresenta diferentes fatores por sua gênese. Segundo Köeppen (1948), a compreensão dos elementos meteorológicos, como radiação solar, pressão atmosférica, ventos, umidade do ar, etc., corroboram na classificação pelo agrupamento de informações de um determinado ambiente em um tipo climático, sendo esse analisado separadamente e como um conjunto de informações que se repetem e que se mantêm constante.

A partir desse mecanismo de análise dos elementos climatológicos (meteorológicos) é possível observar que há classificações que agrupam tais atributos em diferentes tipos climáticos, como a realizada por Köeppen (1948).

Sendo essa uma das principais críticas à climatologia clássica, uma visão elucidada sobre a abordagem para fins de classificar os diferentes tipos de clima foi

ressaltada por Salvi (1982), que aponta duas linhas para se abordar tal classificação, sendo uma com caráter qualitativo, buscando o processo climático em uma escala regional e outra com caráter quantitativo, que busca a estrutura dos climas em função de seus elementos locais.

A autora enfatiza ainda que:

[...] essas abordagens mantêm uma relação estreita entre si, sendo estrutura somente compreensível à medida que for submetida ao processo e, este, por sua vez, possui interesse prático à medida que seus efeitos se diversificam espacialmente de acordo com a influência dos elementos locais [...].

O que contrapõe de fato a observação classificatória de Köppen é o aspecto qualitativo genético, que Strahler (1951), a partir da gênese dos tipos de tempo ampliou diante da escala regional e por considerar as regiões das massas de ar, a natureza e o movimento dessas massas, bem como a formação de sistemas frontogênicos e distúrbios ciclônicos.

Com isso, pode-se reiterar que as observações da dinâmica atmosférica contribuem na compreensão, em diferentes escalas, o modo como ocorrem algumas das realidades que ocorrem na atmosfera. Tal visão separativa (estática) acerca do clima pode não compreender a dinâmica envolvida nos processos atmosféricos e em sua relação com o espaço geográfico, propondo uma obsessão pela classificação climática (TARIFA, 1975).

Sendo assim, a compreensão dos diferentes tipos de tempo que se sucedem e abrangem maior dinamismo acerca dos fenômenos atmosféricos climáticos, devem-se à

gênese desses *tempos*, acrescentado uma noção de diferentes tipos de ritmo e sucessão do tempo a partir da compreensão de atributos de síntese por suas evidências temporais e espaciais (SORRE, 1951).

O avanço nos estudos climatológicos também pode ser compreendido a partir de oposição de ideias, como incita Pedelaborde (1957), onde esse ressalta uma nova conceituação de uma *climatologia separativa* para uma *climatologia de síntese*, que segundo o autor, mesmo que esse se apoiara na conceituação de Sorre (1951), ainda se faz de modo separativo de modo a tratar de alcançar a totalidade dos tipos de tempos por um caráter geral e específico, porém, com uma visão classificatória do clima, mesmo que esse fosse norteado pelos atributos de síntese, sendo contrária a definição de Sorre pelos ideais de ritmo e de sucessão dos tipos de tempo.

Ainda que a compreensão da climatologia se dê de modo separativo, uma compreensão dinâmica por sucessões de tempo pode alicerçar trabalhos quantitativos junto à climatologia. As diferentes observações ficam mais claras quando se analisam diferentes trabalhos que buscam a compreensão dos diferentes tipos de tempo. Outra grande colaboração vem dos trabalhos de Monteiro (1964, 1969) que apresentam o olhar dinâmico junto aos estudos de climatologia.

Nota-se também que o efeito comparativo entre essas abordagens também ocorrem de modo constante, fato esse que pode ser observado por Tarifa (1973), afirmando que a tese de Monteiro (1969) e de Pedelaborde (1959) tem grandes diferenças, sendo que Pedelaborde anseia pela definição, no tempo e no espaço, pela evolução e gênese dos tipos de tempo, sem que essa seja realizada de maneira articulada e integrada, bem como esses processos podem compreender diferentes arranjos dos estados atmosféricos e, já na visão de Monteiro, introduziu-se a análise geográfica dos

tipos de tempo no Brasil, visando a interrelação das situações atmosféricas diferenciadas em diferentes tipos de tempo, bem como seus efeitos espaciais.

Essa compreensão de maior dinamismo junto ao clima foi abordada com veemência por Monteiro (1969, p.13), que afirma:

[...] Acreditamos que a abordagem alcança o nível geográfico quando colocamos a análise dos tipos de tempo em sequência contínua... desde a análise comparativa de vários anos tomados como padrões representativos da circulação de um continente, nas variações sazonais dentro de um ou alguns anos numa região até uma análise episódica de um fenômeno local. Por coerência com a noção de sucessão é que se reveste o caráter geográfico do clima... Também é pela sucessão que se percebem as diferentes combinações dos elementos climáticos entre si e suas relações com os demais elementos do quadro geográfico. É a sequência que conduz ao ritmo, e o ritmo é a essência da análise climática [...]

Com isso, nota-se que a composição rítmica do clima a partir dos elementos atmosféricos e suas diferentes interações corroboram em uma compreensão da gênese climática de maneira dinâmica e integrada, mesmo que parcial e em diferentes escalas espaço-temporais, a noção climática sugere um crescente acúmulo de informações de modo a compreender tal dinamismo.

No cerne das publicações de Monteiro (1969, 1973, 1991, 1999), nota-se uma ampla divulgação, portanto, dos elementos climáticos onde sua abordagem segue de maneira dinâmica e com caráter não-separativo, o que fomentou uma série de trabalhos sobre esses mecanismos de observação do clima.

O autor enfatiza também que é possível a observação momentânea de um determinado local, como em um posto meteorológico em um determinado momento, porém, [...] a grande dificuldade é atingir uma síntese a partir de unidades analíticas tão efêmeras num fluido altamente dinâmizável como o atmosférico [...] (MONTEIRO, 1969).

Contudo, também existem diferentes observações sobre as possíveis variações observáveis e não observáveis (antropogênico) dos climas, fazendo com que a validação de pesquisas que incorporem como temática as possíveis alterações climáticas se norteiem por visões distintas, seja por um caráter temporal geológico e até antrópico.

No capítulo seguinte serão abordadas algumas contribuições acerca da dinâmica climática sob a ótica das alterações climáticas e algumas terminologias associadas a essa temática.

3.2. A dinâmica climática: comportamento, tendência, variabilidade, etc.

Contribuições sobre a existência de alterações climáticas.

Sabendo que as alterações climáticas representam uma das principais temáticas no que cerne a climatologia, a variabilidade climática apresenta-se como uma das principais abordagens acerca dos estudos climáticos em diferentes pesquisas quantitativas e qualitativas.

A discussão de tais variações é atribuída aos elementos climáticos, como a temperatura do ar, a pluviosidade, entre outros.

As mudanças climáticas se desenvolvem cada vez mais rápidas, segundo técnicos acadêmicos e científicos das Nações Unidas (ONU) em seu quarto relatório sobre mudanças climáticas de 2007 (IPCC, 2007). Nesse relatório constam algumas

informações que apontam que as consequências do aquecimento global são recorrentes e se mostram em diferentes escalas, a partir: do aumento da temperatura, alteração junto aos recursos hídricos e anomalias climáticas, como por exemplo, danos à biodiversidade, alterações na agricultura e na cobertura vegetal, bem como danos ao ambiente oceânico, que representam as mais notáveis transformações (CÁRDENAS, 2010).

Contudo, é necessário esclarecer que, as variações climáticas sempre existiram. Os climas são estados dinâmicos e de constantes mudanças na atmosfera que interagem com os oceanos e continentes em diferentes escalas de tempo e de espaço. O estudo dos climas tem como finalidade, analisar os processos atmosféricos junto aos seus valores médios para compreender se correspondem a uma evolução observável em longos períodos de tempo (VÁSQUEZ, 2009).

Algumas discussões podem ser norteadas a partir da Organização Meteorológica Mundial (OMM), que apresenta uma série de análises integradas a partir de informações e dados climatológicos (que por apresentarem-se apenas descritivos possuem caráter meteorológico).

Segundo Penteadó (1983) pode-se atribuir o nome de oscilações climáticas aos altos e baixos das médias consecutivas de trinta anos e de variações climáticas para períodos superiores há trinta anos, onde as diferenças entre os períodos inexistem a não ser pela amplitude e pela duração, porém, essas estão ligadas aos mesmos processos de circulação geral da atmosfera. Além disso, cita documentos que indicam que as variações podem ser geológicas, quando fornecido por rochas e/ou materiais decompostos, históricas, quando incitam condições climáticas diversificadas, como variações glaciais, na fauna, na flora e por elementos migratórios antrópicos e podem

ser cronológicos (estatísticos), que observam com precisão elementos meteorológicos (mesmo sendo associados ao século XIX por seu início).

De acordo com Penteado (1983), para alguns meteorologistas, na atualidade, o termo oscilação pode ser diferenciado apenas pela análise temporal em:

[...] oscilações geológicas, para períodos de milhões ou milhares de anos, oscilações climáticas, para períodos de vários séculos posteriores as glaciações do quaternário, oscilações seculares, com dez, vinte, trinta ou cinquenta anos observados no interior de um século e oscilações irregulares, que representam o caráter semanal, mensal e anual [...]PENTEADO (1983, p.34).

Mesmo com um olhar classificatório e lógico acerca das alterações climáticas, nota-se que o elemento preciso (estatístico) de quantificação dos dados climatológicos compreende a um período ligeiramente recente se comparado ao elemento geológico (paleoclimático, por exemplo).

E, diante das discussões sobre as possíveis alterações climáticas, Conti (2000), estabelece alguns termos que são associados à esses elementos:

- Mudança climática: toda e qualquer manifestação de inconstância climática, independente de sua natureza estatística, escala temporal ou causas físicas;
- Tendência climática: aumento ou diminuição lenta dos valores médio ao longo de série de dados de, no mínimo, três décadas, podendo ou não ocorrer de forma linear;

- Descontinuidade climática: mudança abrupta e permanente de uma valor médio durante o período de registro;
- Flutuação climática: qualquer mudança que se expresse por duas máximas (ou mínimas) e uma mínima (ou máxima) observada no período de registro;
- Variação climática: flutuação sem padrão específico, observado em escala de décadas;
- Oscilação climática: flutuação onde se registram máximas e mínimas sucessivas;
- Vacilação climática: flutuação na qual a variável tende a permanecer, alternadamente, em torno de dois (ou mais) valores e a movimentação de uma valor médio para outro ocorre a intervalos regulares e irregulares:
- Periodicidade climática: oscilação em que as máximas e as mínimas ocorrem a intervalos de tempos iguais;
- Variabilidade climática: maneira pela qual os parâmetros climáticos variam no interior de um determinado período de registro, expressos através do desvio-padrão ou coeficiente de variação.

A partir dessas observações e da discussão dos termos associados às flutuações climáticas, pode-se ressaltar a importância da compreensão dos elementos climáticos para fins de pesquisa a fim de que esses atendam diferentes requisitos e até critérios teórico-metodológicos, além de promover diversas recomendações para a análise dinâmica e até geográfica dos climas.

Uma das recomendações indicadas para compreender os elementos climáticos é o chamado “período das normais climatológicas”, que representam uma série temporal de trinta anos e, cujos dados climatológicos podem ser homogeneizados. Contudo, esse processo pode dificultar a compreensão de possíveis flutuações climatológicas.

Segundo Zavattini e Boin (2013) a compreensão entre as diferentes localidades e o entendimento cronológico da dinâmica climática deve buscar, na teoria e na prática, as causas dos fenômenos meteorológicos, que são efêmeros e que, raramente, se repetem ou, eventos climáticos, que podem se repetir e possuem ação duradoura.

Com isso, pode-se reafirmar a necessidade do entendimento dos climas a partir da dinâmica atmosférica e as interações existentes entre seus elementos, ou seja, sob a ótica dinâmica de sua compreensão.

A análise climática, para tanto, pode ser tratada de maneira dinâmica, ou seja, que não fique somente no caráter analítico-separativo e que busque a gênese dos fatos (ZAVATTINI; BOIN, 2013).

Esses mesmos autores apontam ainda:

[...] embora o tratamento estático enriqueça a pesquisa em Climatologia, não servem para explicá-lo. Ou, em outras palavras, na ação das massas de ar e dos mecanismos frontais, que define os diferentes tipos de tempo que atuam num determinado espaço geográfico [...] (ZAVATTINI; BOIN, 2013, p.58).

A observação dos elementos atmosféricos, de sua gênese e sua dinâmica contribuem para uma análise mais aprofundada acerca dos climas, bem como pode contribuir para uma visão mais abrangente e menos individualizada, fato esse que recorre à climatologia dinâmica para melhor compreender esses processos.

Para Monteiro (1969), não é exacerbado recorrer à dinâmica da atmosfera e que isso deve ocorrer não apenas na análise isolada de fatos climáticos, mas com maior enfoque junto a própria definição climática regional.

Por se tratar de uma análise mais abrangente e integrada, a climatologia dinâmica se insere em um contexto amplo dos fenômenos atmosféricos e suas interferências, fato esse que pode ser elencado a partir do tratamento dinâmico do clima na própria análise regional que é válida em quaisquer escalas geográficas observadas (MONTEIRO, 1969).

O Brasil, nesse contexto, apresenta uma sucessão de anomalias pluviométricas, como no polígono das secas nordestino e os eventos extremos na porção meridional do país (SANTA'ANNA NETO et al., 2000).

O mesmo autor aponta tais fatores a partir da compreensão dos sistemas atmosféricos presentes nessa faixa latitudinal próxima ao trópico de Capricórnio, onde há interações entre sistemas tropicais e extratropicais, além da ZCAS e de fenômenos frontológicos pelas massas de ar que atuam nessa região.

Sendo assim, a existências de possíveis alterações climáticas correspondem a um dos principais palcos de discussão junto ao clima.

Diversas publicações (artigos, dissertações, teses, etc.) recentes envolvem as possíveis tendências de alterações climáticas por pesquisas realizadas no Brasil e em vários outros países. Nota-se ainda que diversos métodos de análise (quantitativa e qualitativa) estão associados aos termos de alterações climáticas e que, as precipitações pluviométricas se inserem com grande destaque em tais pesquisas, como AghaKouchak et al. (2010), Baldo (2006), Borsato et al. (2012), Higgins et al. (2006), New et al. (2001), Russel e Hughes (2011), Santos e Brito (2006), Santos et al. (2010), entre outros.

Nessas publicações pode-se observar uma série de mecanismos que observar-se-iam possíveis alterações nos regimes pluviométricos de diferentes ambientes, com séries histórico-temporais diversificadas e com tratamentos quantitativos (e modelagens computacionais) variados.

Dentre alguns dos principais destaques que notou-se, foram as justificativas qualitativas, uma vez que, a fim de representar a dinâmica dos processos de possíveis alterações climáticas, muitos desses abordaram regiões densamente ocupadas, como grandes centros urbanos, ou áreas abrangentes cujo caráter regional de escolha foi amplamente utilizado, como proposto por Monteiro (1969).

3.3. As chuvas e sua gênese territorial no Brasil

As chuvas e o processo de precipitação correspondem à um dos elementos climáticos que se inserem com grande dinamismo na atmosfera terrestre.

Segundo Cuadrat e Pita (1997), a precipitação expressa as diferentes formas de umidade que recaem sobre os solos no estado físico-químico líquido ou sólido, mesmo que, de maneira geral, somente as chuvas e a neve que se desprendem das massas de ar contribuem de modo significativo para com os totais pluviométricos.

Os autores apontam também que as nuvens são, em conseqüência, a fonte de precipitação, se bem que, como já é conhecida, a maior parte dessas não originam precipitações porque as gotículas e cristais de gelo que as formam não descendem antes que obtenham tamanho suficiente para suprir o impulso das correntes de ar ascendentes que as mantêm em suspensão, além de apontar que são quatro as condições necessárias para que ocorram precipitações, sendo a ascensão do ar e seu resfriamento, a

condensação do vapor d'água e a formação de nuvens, a grande concentração de umidade e o crescimento das gotas d'água na nuvem.

Sendo assim, a ocorrência de precipitação está diretamente associada ao processo de formação de núcleos de condensação enquanto fator processual para a sua ocorrência.

A compreensão dos mecanismos necessários para a ocorrência da precipitação incita que a chuva é, portanto, a forma mais comum de precipitação, basta analisar que em um bom número de ocasiões são usados como sinônimos (CUADRAT; PITA, 1997).

As características e os tipos de chuva também são importantes de modo a compreender como e de que maneira as precipitações ocorrem.

Isso também ocorre junto às observações pluviométricas, que foi bem explicitado por Cuadrat e Pita (1997, p. 160), onde se afirma que:

[...] Desde un punto de vista metodológico las observaciones pluviométricas se diferencian de las termométricas fundamentalmente en el hecho de que las precipitaciones son discontinuas en el espacio y en el tiempo; esto significa que las lluvias sólo afectan en el mismo momento a superficies reducidas del planeta, y supone también la existencia de diferentes tipos de reparto espacial de las mismas, relacionados con los mecanismos de la precipitación y la organización de los sistemas nubosos [...].

A partir daí nota-se que as precipitações reafirmam o processo dinâmico da atmosfera por seus estudos, fazendo-se necessária a as características envolvidas junto à determinação das quantidades expressas em médias anuais, estacionais, mensais e

diárias, além de compreender os períodos de seca e os períodos chuvosos, a frequência, a intensidade, a irregularidade, a intensidade, entre outros fatores pertencentes a diferentes períodos de tempo, bem como de sua análise.

Cuadrat e Pita (1997) apontam que é comum reconhecer diferentes tipos de precipitação diante da ascendência do ar, sendo as chuvas frontais ou frontogênicas, a precipitação por convergência, a precipitação convectiva e a precipitação orográfica ou orogênica.

As chuvas frontais se dão a partir das superfícies de contato entre massas de ar quentes ou frias, enquanto as chuvas por convergência ocorrem pela ascensão do ar que converge para as zonas de baixa pressão, como a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) e a Zona de Convergência do Atlântico-Sul (ZCAS).

Já as chuvas por convecção estão associadas às intensas correntes ascendentes se aloca nas células de convecção, sendo chuvas de grande intensidade procedentes de nuvens *cumulus* e *cumulus nimbus*. E as chuvas orogênicas ocorrem quando uma massa de ar é forçada a ascender por cima de uma barreira montanhosa, que ao elevar-se o ar se resfria adiabaticamente, condensa e precipita (STEINKE, 2012)

Enquanto as chuvas orográficas se formam quando uma massa de ar é forçada a ascender por cima de uma barreira de relevo elevada que, ao elevar-se pelo declive de barlavento, o ar se resfria adiabaticamente, condensa e precipita, revelando o gradiente pluviométrico altitudinal.

Nesse sentido, as áreas consideradas montanhosas são, na realidade, uma consequência das modificações que a orografia, que pode influenciar sobre as precipitações do tipo frontal e convectiva, uma vez que essa influência pode ser representada a partir da alteração na velocidade dos ventos (barreira geográfica), pela intervenção junto às massas de ar, forçando-as a se elevar e se resfriar e, pela exposição

de seus flancos em períodos de verão, devido à ação de massas de ar marítimas, formam células convectivas (CUADRAT; PITA, 1997, p. 169)

Sabendo da ocorrência das precipitações, nota-se também que os sistemas atmosféricos têm influência direta sobre o processo de ocorrências dessas.

Como elemento básico para a compreensão da gênese pluviométrica no Brasil, nota-se o caráter sistêmico e não separativo de sua abordagem espaço-temporal, uma vez que nenhum fenômeno da natureza pode ser compreendido de modo isolado, sem a observação de seus elementos circundantes (NIMER, 1979).

O mesmo autor colaborou, dessa forma, tanto para uma observação dinâmica acerca dos atributos climáticos, bem como a partir da compreensão dos climas brasileiros sob a ótica dinâmica, sendo essa:

[...] não interessada em nenhum ciclone individualizado, mas sim na persistência de certos tipos de ciclones ou de frentes, em suas tendências a seguir certas trajetórias, suas diferenciações ou analogias de uma região para outra. Em suma, está interessado em outra feição da circulação atmosférica: compreender o porquê de certos anos serem mais úmidos ou mais frios que outros [...] (NIMER, 1979, p. 19 e 20).

O Brasil apresenta a maior porção de seu território na Zona Intertropical (zona climática localizada entre os trópicos de Câncer e Capricórnio a partir do balanço de radiação solar) e, por sua extensão territorial, corresponde ao país de maior abrangência territorial da América do Sul.

Sendo assim, a dinâmica climática do país envolve uma série de elementos que, por sua interação, estabelecem uma complexa gênese a fim de compreendê-la.

Na região sudeste do Brasil, por exemplo, a ZCAS (Zona de Convergência do Atlântico-Sul), que corresponde a um fenômeno típico de verão da América do Sul, com a persistência de uma faixa nebulosa de sentido noroeste-sudeste, onde, devido sua persistência de alguns dias, essa exerce papel preponderante no regime pluviométrico trazendo altos índices de chuvas para as regiões em que atua (STEINKE, 2012).

É justamente nesse período de verão (dezembro a janeiro), onde ocorrem as maiores intensidades pluviométricas para o Estado de São Paulo, por exemplo. Segundo Steinke (2012, p.117), esse período é marcado pelo forte aquecimento da América do Sul, onde forma-se uma região ascendente na troposfera e com divergência de ar próximo a tropopausa denominada Alta da Bolívia (AB), sendo com:

[...] a AB estabelecida, ocorre convergência de ar úmido nos níveis inferiores, próximo à superfície. Um sistema frontal, ou frente, ao se deslocar em direção ao equador, fica ancorado pela AB, formando uma faixa de precipitação contínua durante vários dias, orientada do noroeste da Amazônia para o sudeste do Brasil (Rio de Janeiro/São Paulo) [...] (STEINKE, 2012, p. 117).

De acordo com Vianello e Alves² (1991) a migração sazonal de centros de pressão é visível no Brasil, onde, no verão, nota-se o predomínio de um centro de baixa pressão sobre o continente, com ar tropical quente e ascendente, produzindo grande

²VIANELLO, R. L.; ALVES, A. R. **Meteorologia básica e aplicações**. Viçosa: UFV, Imp. Iniv., 1991.

nebulosidade e chuva, o que configura uma estação chuvosa. Já no inverno um centro de alta pressão, Anticiclone Semipermanente do Atlântico Sul, desloca-se para o continente, configurando uma estação seca.

Sendo as massas de ar um dos mais importantes elementos climáticos e, sabendo que essas apresentam grandes transformações atmosféricas, vale ressaltar sua formação e origem.

Segundo Cuadrat e Pita (1997), as massas de ar, por conceituação, foi desenvolvido na Noruega nos anos de 1920, como parte de um trabalho sobre a teoria da Frente Polar realizada por Bergeron, Bjerknes e outros, onde essas correspondem a um volume de ar de grande extensão, cujas propriedades físicas, sobretudo acerca da temperatura e da umidade, são uniformes no plano horizontal. Acrescenta ainda que o tamanho dessas envolve centenas de quilômetros quadrados, além de suas características se formarem a partir do contato prolongado sobre extensas áreas oceânicas ou continentais com condições superficiais homogêneas, que são denominadas regiões manancial ou fonte.

As massas de ar, portanto, apresentam características distintas em seu processo de formação e de adaptação aos ambientes onde essas incorporam suas especificidades, o que as tornam elementos de grande influência no âmbito climático.

Sendo assim, as massas de ar apresentam classificações distintas e, os critérios observáveis sobre as fontes podem ser elencadas a partir da temperatura (diante do posicionamento latitudinal e do balanço de radiação solar) e sua natureza continental ou oceânica quanto a superfície de origem (CUADRAT; PITA, 1997), ou seja, quentes ou frias, continentais ou oceânicas.

Os autores anteriormente citados contribuem ainda com as observações acerca da formação de frentes, onde esses classificam frentes como quando encontram-se

fluídos de densidades distintas que, dificilmente juntam-se, porém, com as massas de ar, por terem seus limites bem definidos, geram uma superfície de descontinuidade ou separação que, ai recebem o nome de frentes.

Quanto à análise pluviométrica, pode-se observar que o objeto de estudo, bem como sua abordagem temporal corrobora para o caráter regional de sua abrangência, uma vez que, mesmo a partir de dados quantitativos, os estados de tempo podem se suceder ou se encadear, direcionando para uma visão qualitativa e, as variações nesse quadro regional preconizam elementos locais do ambiente, que se mostram quantitativamente (ZAVATTINI, 2009).

As gêneses pluviométricas, portanto, são uma resposta de uma série de mecanismos atmosféricos que, juntamente com elementos físicos, como as unidades geomorfológicas, as formações geológicas, a pedogênese, os fatores biogeográficos, entre outros, que apresentam características intrínsecas, mas que podem, em uma análise regional, evidenciar sua dinâmica de modo quantitativo e qualitativo.

Sendo assim, as chuvas apresentam grande sazonalidade por sua ocorrência, fazendo com que o entendimento de sua espacialização, distribuição quantitativa e até temporal possam ampliar sua compreensão a partir do comportamento dessas, de sua variabilidade e até tendências a partir de uma análise temporal (série histórica).

O Brasil se localiza em áreas de latitudes baixas, na chamada zona tórrida ou zona intertropical, onde segundo Ayoade (2002), apresentam-se duas estações pela ocorrência da precipitação, sendo uma chuvosa (ano hidrológico, de outubro a março) durante o verão e outra relativamente seca, normalmente no inverno.

O autor afirma ainda que a variabilidade na ocorrência de precipitação nas áreas tropicais tende a ser mais sazonal com base nas áreas extratropicais. Além disso, o curso

das precipitações é apontado pelo autor, diante da sua sazonalidade nessas regiões, onde:

[...] a marcha sazonal das precipitações nas latitudes baixas é controlada principalmente pela migração norte-sul do cinturão de ventos que, juntamente com suas zonas associadas de convergência e divergência, segue o curso do Sol [...] (AYOADE, 2002, p.50)

Vale ressaltar o trabalho de Serra e Ratisbonna (1942) acerca dos fluxos atmosféricos na América do Sul pelas massas de ar que atuam nessas regiões. Os autores classificam as origens e principais características das massas e suas áreas de influência, bem como apontam para áreas de convergência, onde o caráter frontogenético das precipitações é mais intenso, sendo os principais fatores nesses elementos são os ventos e a temperatura.

3.4. A pluralidade das chuvas no Estado de São Paulo

Diversas pesquisas abordam a dinâmica climática no Estado de São Paulo, como os trabalhos de Monteiro (1969, 1973, 1999), Monteiro et al. (2015), Sant'Anna Neto (1995, 2000), Schröder (1956), Tarifa (1973, 1975), Zavattini e Boin (2013), entre outros autores que se dedicaram a aprofundar o conhecimento acerca do clima e seu dinamismo.

De acordo com Schröder (1956), as precipitações correspondem ao elemento climático mais importante em uma região tropical limítrofe, e que representa, entre outros aspectos, a importância no processo de compreensão da dinâmica pluviométrica

no Estado de São Paulo que, dentre os fatores, influenciam junto à distribuição regional das chuvas na região, onde o autor destaca:

1. O posicionamento junto ao sistema circulatório do “Alísio Sul”;
2. Por esse situar-se na porção oriental do continente no Hemisfério Sul;
3. Sua localização num planalto com declividade leve para o interior do continente e cuja queda íngreme na costa se opõe quase em ângulo reto aos alísios;

Isso representa um conjunto de elementos físicos que, junto ao posicionamento latitudinal (pelo balanço da radiação solar na superfície terrestre), confere ao Estado de São Paulo uma necessidade de observá-lo de maneira sistêmica pela dinâmica climatológica.

Schröder (1956) atribui à distribuição sazonal das chuvas a influência da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT, dependente do posicionamento anual do Sol) e pela energia dinâmica da frente polar sul por seu deslocamento para o norte.

Segundo Sant’Anna Neto (2000), nas áreas tropicais nota-se o papel de destaque para a compreensão regional do clima, mas também em função do grau de interferência e de impacto no tempo e no espaço, afirmando ainda que, no Estado de São Paulo, por sua posição latitudinal, pode-se considerá-lo como “palco maior do complexo jogo das atuações dos sistemas atmosféricos”, uma vez que nessa ocorrem confrontos entre sistemas tropicais e extratropicais (polares), bem como fenômenos frontogenéticos.

Outro autor que dedicou estudos grandiosos quanto à compreensão da gênese das chuvas no Estado de São Paulo foi Tarifa (1973, 1975) que em seu trabalho sobre os

fluxos polares e as chuvas de primavera-verão no estado de São Paulo apresentou conclusões importantes acerca de tal gênese.

Ele afirma em seu trabalho que para analisar os diferentes sistemas atmosféricos que atuam em seu espaço amostral e no Estado de São Paulo juntamente com as diferentes intensidades do fluxo polar orientou-se pelos critérios:

- A) Levantamento dos centros de ação, ou seja, do anticiclone polar pacífico (A.P.P.), anticiclone tropical atlântico (A.T.A.) e a depressão continental do Chaco (D.C.C.) baseado em carta sinótica e suas alterações no campos de pressão;
- B) Análise de cartas sinóticas e dos elementos meteorológicos de superfície a fim de melhorar a definição dos critérios dos sistemas atmosféricos;
- C) Classificação dos sistemas atmosféricos adotados para a circulação, que foi norteada pelo trabalho de Serra (1942), alterada por Monteiro (1963, 1969) e Tarifa (1973), de onde foi adotado, seguindo as condições julgadas como necessárias para o período de primavera-verão com os sistemas e subsistemas apresentados no Quadro 1.

F. P. A.	Frente Polar Atlântica
F. P. Q.	Frente Polar Aquecida
F. P. E.	Frente Polar Estacionária
F. P. R.	Frente Polar Reflexa
R.	Atuação indireta da F. P. A.
C. I.	Calha induzida
O. E.	Ondas de leste

M. P. A.	Massa Polar Atlântica
M. T. A.	Massa Tropical Atlântica
M. T. C.	Massa Tropical Continental
T. C. C.	Tropical Continental do Chaco
I. N. W.	Instabilidades de noroeste

Quadro 1. **Sistemas e subsistemas atmosféricos adotados para o Estado de São Paulo. Fonte: Tarifa (1973, p. 8-10)**

Para tanto, o autor reafirma os principais sistemas atmosféricos escolhidos em seu trabalho, apontando que os principais sistemas atmosféricos que geram as chuvas de primavera-verão no Estado de São Paulo correspondem:

- A) Às correntes perturbadas de sul com caráter frontal de passagem comum (F.P.A.) e ramos aquecidos (F.P.Q.), ou as mesmas estacionadas (F.P.E.), que correspondem cerca de 67% da gênese das chuvas;
- B) Às calhas induzidas (C.I.) e atuações indiretas da frente polar atlântica (F.P.A.) que correspondem a cerca de 17%;
- C) Às instabilidades de noroeste (I.N.W.), que corresponde em média de 10%;

Com isso, nota-se que esses elementos resultam em 94% de sua ocorrência e que apenas 6% estão distribuídos entre a massa polar atlântica (M. P. A.), com aproximadamente 3%, a massa tropical continental (M. T. C.) com 2% e, aproximadamente 1% para a tropical continental do Chaco (T. C. C.).

Segundo Tarifa (1975) as chuvas no estado de São Paulo, por sua gênese e diferentes graus de intensidade estão associadas: às variações irregulares das sequências pluviais e não pluviais para a estação das chuvas (ano hidrológico – de outubro a março), às relações funcionais entre os atributos climáticos superficiais e da circulação na escala regional e a dos fluxos atmosféricos compreendidos pelos diferentes tipos de ritmo.

O autor afirma ainda que em trabalhos anteriores (MONTEIRO, 1969; SERRA, 1948, 1954) podem-se classificar os fluxos de ação polar de inverno na fachada sul-oriental do Brasil sendo fluxos contínuo, dominante, alternado, oscilante, interrompido e nulo. E, com isso, compreender que no Estado de São Paulo, diante do fluxo migratório polar, ocorrem diferentes domínios de diferentes sistemas e subsistemas atmosféricos que desencadeiam diferentes graus de reposição ou retirada hídrica, sendo assim, um conjunto de situações atmosféricas resultantes de diferentes tipos frontogênicos no eixo principal da frente polar atlântica.

Diante disso, a compreensão da dinâmica de variabilidade da pluviosidade no Estado de São Paulo apresenta-se como uma temática de grande relevância e, já foi estudado sob diferentes olhares e abordagens de diferentes autores (BIERAS, 2006; MONTEIRO, 1969; SCHRÖDER, 1956; TARIFA, 1975, ZAVATTINI E SANT'ANNA NETO, 2000, entre outros).

Segundo Monteiro (1973), o Estado de São Paulo apresenta seus climas controlados por massas equatoriais, tropicais e polares, além de domínios e feições de sua compartimentação morfológica, o que favorece para diferentes graus de intensidade das chuvas, como resultado dos diferentes tipos de frontogênese da frente polar atlântica.

A dinâmica pluviométrica do Estado de São apresenta, portanto, uma série de atributos e elementos atmosféricos que promovem transformações significativas em sua gênese, que para Monteiro (1976, p. 78):

[...] as correntes extratropicais do sul, onde os mecanismos frontais, altamente instabilizadores do tempo e produtores de pluviosidade, e as penetrações anticiclônicas polares (50 a 25%) alternam-se com as correntes tropicais marítimas (50 a 25%) estabilizadoras do tempo (responsáveis pelos períodos e anos secos) e a atuação intercalante, menor (10 a 5%), mas não menos significativa, das correntes de oeste e noroeste, associadas aos centros depressionários dinâmicos, do interior do continente. Estas, associadas às correntes frontais, respondem pelos aquecimentos pré-frontais altamente instabilizadores e agravantes da descarga pluvial [...]

A justificativa climática tropical se dá a partir da concepção de sazonalidade apresentada nas chuvas do Estado de São Paulo, em um segmento temporal de primavera-verão, que se entende como na concepção do ano hidrológico de tal realidade climática tropical.

Além disso, a análise sucessiva dos tempos contribui para a reafirmação da noção de ritmo e, por consequência, da aplicação da análise rítmica (Monteiro, 1971), que alicerçam também uma tomada de decisão quanto à sucessão dos estados atmosféricos sobre um determinado ambiente, o que implica da escolha ou apontamento dos “anos-padrão” ou “períodos-padrão”, com ritmos habituais e extremos, excepcionais ou efêmeros (ZAVATTINI; BOIN, 2013).

Para tanto, a análise espaço-temporal das chuvas poder-se-á corroborar em uma observação acerca das tendências desse elemento climático e de possíveis considerações em um contexto de discussão sobre mudanças e/ou possíveis alterações no clima em diferentes escalas.

Alguns dos mecanismos para compreender a gênese dos processos atmosféricos são norteados quantitativamente e amplamente aplicáveis, fato esse que pode ser justificado, segundo Salvi (1982), uma vez que as técnicas de quantificação se desenvolveram e ficaram mais sofisticadas com o uso da computação eletrônica.

O trabalho da autora anteriormente citada apresentou ferramentas e técnicas de quantificação a fim de compreender a tipologia climática no Estado de São Paulo, com uso de uma série de atributos quantitativos, porém, para que esses nortegassem elementos conclusivos com caráter qualitativo que buscassem a relação junto à dinâmica climática e sua gênese.

Uma vez que o processo de análise das chuvas no Estado de São Paulo e seu comportamento têm sido amplamente discutidos, a observação em caráter regional de tais elementos pode contribuir para uma melhor elucidação da dinâmica pluvial para esse.

Sant'Anna Neto (1995) trouxe grandes contribuições para a compreensão da gênese pluviométrica do Estado de São Paulo, além de ressaltar que há décadas o processo de compreensão de tal dinâmica se dá no âmbito estadual, onde, para alguns autores, as anomalias pluviométricas nele presentes dar-se-ão a partir de oscilações periódicas naturais, que estão associadas aos fenômenos atmosféricos e algumas dessas assumem o papel antropogênico em tais alterações, porém, o autor incita que o caráter individual das pesquisas torna-se limitado e, diante de tal complexidade espaço-

temporal, o reconhecimento das estruturas e dos processos inerentes à dinâmica das chuvas já contribui de modo significativo para sua compreensão.

Outro elemento de grande importância para a observação das alterações na dinâmica pluviométrica diz respeito a sua sazonalidade, uma vez que essas estão condicionadas as passagens ou permanência dos sistemas frontogenéticos, sendo que no Estado de São Paulo o período de seca se dá, predominantemente, no trimestre de junho a agosto, que pode ser justificado a partir do domínio da massa polar atlântica (M. P. A.), que provoca situações de instabilidade do tempo e a frontólise (período de oclusão e desaparecimento), uma área de dissipação das frentes, que se desloca para o nordeste do país, além de caminhar mais pelo oceano (SANT'ANNA NETO, 1995, p. 60).

Segundo Sant'Anna Neto (1995), o Estado de São Paulo apresenta grande diversidade de atributos climáticos, fazendo com que esse apresente diversos elementos que interferem na variabilidade pluviométrica, onde:

[...] o caráter transicional do clima do território paulista, palco do conflito maior entre os sistemas controlados pelas massas de ar extra tropicais e as tropicais e equatoriais, além de fenômenos frontológicos, e do posicionamento geográfico do Estado na latitude do Trópico de Capricórnio e das suas condições altimétricas e de continentalidade, as chuvas acabam por constituir no principal elemento de análise climatológica, tanto pela sua variabilidade espacial quanto pela sua irregularidade temporal [...] (SANT'ANNA NETO, 1995 p. 31).

O autor incita ainda que, o conhecimento da dinâmica atmosférica do Estado de São Paulo está amplamente esclarecido no âmbito da climatologia geográfica, onde o trabalho de Monteiro (1973) abrange tais elementos, sendo desnecessária uma análise rítmica exaustiva acerca do comportamento pluviométrico.

Tal variabilidade sazonal também foi observada por Sant'Anna Neto (1995, p. 58), onde:

[...] em função da circulação geral da atmosfera e do caráter tradicional no Estado de São Paulo e levando-se em consideração a disposição geográfica do relevo e da continentalidade, cerca de 70% a 80% das chuvas tem sua gênese associada aos sistemas extra tropicais, notadamente às invasões polares, através da ação da Frente Polar Atlântica (F. P. A.) [...].

Diante de tal variabilidade, Sant'Anna Neto (1995, p. 68) direciona uma localização morfogenética (e têmporo-espacial) dessa região, que se dá nas “cuestas basálticas”, abordando uma série de apontamentos acerca da geomorfologia dessa, bem como considerações da pluviometria sazonal desse elemento.

Tais observações se dão a partir de:

[...] uma região mais elevada do centro oeste paulista, entre a depressão periférica e o planalto ocidental paulista, cujas altitudes se encontram entre 600 e 1000 m, disposta numa linha que se estende de nordeste a sudoeste do Estado. A maior pluviosidade aí encontrada se deve ao efeito orográfico. O total anual de precipitação situa-se entre

1500 a 2000 mm, sendo 20% superior às áreas circunvizinhas [...] (SANT'ANNA NETO, 1995, p. 68).

A compreensão do período úmido (chuvoso), portanto, dar-se-á entre os meses de outubro e março, que para o presente projeto é denominado de ano hidrológico, mesmo que essa apresente grande disparidade de elementos que condicionam a dinâmica pluviométrica com caráter sazonal.

Com isso, a análise do comportamento pluviométrico na região de São Carlos/SP pode dinamizar o conhecimento acerca das chuvas por seu comportamento, variabilidade e até tendências em escala local, de modo a anexar, nesse âmbito, elementos quantitativos e qualitativos de tais elementos.

3.5. RCLimdex e o suporte quantitativo no entendimento das chuvas

Um dos mecanismos utilizados para a interpretação de dados climatológicos é a análise estatística que, por sua vez, permite avaliar um sistema climático a partir de inúmeras informações (variáveis climáticas) e, dessa forma, permite a observação de pressupostos quanto a mudanças num sistema climático (ZWIERS e VON STORCH, 2004, p. 674)

Uma das características comuns aos trabalhos de análise estatística em climatologia é a admissão de que o caráter externo atmosférico (gases, variabilidade solar, vulcanismo, etc.) influencia na variabilidade climática, contudo, pressupõe ou devem admitir as possíveis alterações em sistemas climáticos para princípios como a incerteza, mesmo que haja vieses estatísticos e matemáticos em séries de dados do clima (ZWIERS e VON STORCH, 2004, p. 675).

A fim de analisar o comportamento das chuvas na referente série histórica (1993-2014) para as estações escolhidas foi utilizado o script RClindex 1.1, que corresponde a um modelo computacional que se utiliza da linguagem R, que por sua vez busca calcular índices climáticos de precipitação, cujo o intuito é analisar séries históricas desses dados a fim de encontrar índices de extremos de chuvas, a concentração e/ou dispersão pluviométrica, a variabilidade de temperatura e precipitação nos totais anuais acumulados, a intensidade pluviométrica em um dia, em cinco dias e anualmente, entre outros indicadores de comportamento para esses elementos.

O *software* foi desenvolvido por Byron Gleason do National Climate Data Center (NCDC) da National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA), cujo uso é apresentado em diversos workshops e reuniões do CCI/CLIVAR (International Research Programme on Climate Variability and Predictability) sobre elementos climáticos e sua variabilidade desde 2001 (SANTOS, 2010).

O *software* R é um ambiente e uma linguagem para computação estatística e gráfica, sendo esse um projeto GNU, que representa a criação de um sistema operacional ambientado em um software livre, que é similar à linguagem e ao ambiente S, desenvolvido nos laboratórios Bell (antigo AT & T, agora Lucent Technologies) por John Chambers e colegas.

O R³ fornece uma ampla variedade de modelagens lineares e não lineares, testes estatísticos clássicos, análise de séries temporais, classificação, *clustering*, entre outras técnicas estatísticas e gráficas, além de fornecer uma rota *open source* para participação nessa atividade.

³ Disponível em www.r-project.org.

O uso do software R e sua aplicação junto às mudanças climáticas pode representar um avanço na interpretação dos dados climatológicos, uma vez que esse se utiliza de dados diários em sua análise e cálculo dos índices.

Diante de diferentes conceituações sobre o que é mudança climática, Santos (2014) a caracteriza como mudanças nas variáveis climáticas pela média e valores extremos, bem como na forma de distribuição estatística. O autor afirma, ainda, que as análises de séries históricas, anuais e sazonais, das variáveis climáticas, podem ser utilizadas como indicadores de avaliação das mudanças no regime dos climas, tendo em vista a temperatura e a precipitação pluviométrica como principais parâmetros.

Contudo, as dificuldades observadas na análise climática em diferentes regiões brasileiras são perceptíveis, como aponta Santos (2014, p. 12 e 13), que na análise junto ao bioma do cerrado no Distrito Federal/Brasil, considera a precipitação com elevada variabilidade temporal e destaca para a necessidade de estudos que correlacionem à análise de variáveis climáticas com a urbanização e o uso da terra. Nessa região, o autor ressalta o aumento no número de dias consecutivos secos e o aumento nas chuvas fortes, além de se concentrar em poucos dias (máximo acumulado em 5 dias), sendo tais dados obtidos através dos índices do ETCCDMI pelo RCLimdex.

Além das observações de possíveis mudanças nos climas pela precipitação, as variações de temperatura também representam a variação climática e, de acordo com Vincent et al. (2005, p. 5011, 5012 e 5022), na América do Sul, no período de 1960-2000, que aponta para um possível aquecimento nessa porção continental observável a partir da ocorrência de mais noites quentes do que noites frias no verão e no outono (Dezembro a Maio), sendo esse estudo realizado a partir de 68 estações climatológicas a fim de prover um método consistente de análise climática, que os autores apontam para

a confiabilidade e validação dos dados quanto as mudanças nos regimes extremos climáticos pelo uso do RClimdex.

Outro trabalho que se utilizou do software RClimdex, que foi realizado em Rio Claro/SP, região próxima a São Carlos/SP por Santos et al. (2012), apontou para o aumento das chuvas consideradas intensas nessas áreas a partir do máximo acumulado em cinco dias consecutivos (Rx5dias) e no número de dias acima de 50mm de chuva, uma vez que os autores reafirmam a presença de tendência positiva acerca de tais eventos se tornarem mais frequentes ao longo do tempo. Além disso, afirmam que existe correlação entre tais eventos interanuais com anomalias no Oceano Pacífico e Atlântico, sendo as regiões, nordeste e o sul do Brasil afetados negativa e positivamente respectivamente nessas influências.

Uma característica interessante nesse sentido apontado por Santos et al. (2012) foram as relações com a produtividade agrícola, sendo as tendências positivas um fator de compensação junto às perdas por evapotranspiração dos organismos vegetais.

Segundo Haylock et al. (2006, p. 1504) os índices de máximo de dias consecutivos secos e úmidos, bem como o máximo acumulado de chuvas em um único dia e em cinco dias, expressam, com significativa relevância, um indicativos de acompanhamento diário e unificado sobre as mudanças nos extremos de chuva, enquanto índices para a observação de padrões anômalos individuais no clima e sem a interferência de uma força de grande escala. Os autores afirmam ainda que, para interpretação de padrões de mudança na região sudeste da América do Sul, a observação de padrões de circulação e da média anual de pressão atmosférica nos oceanos se faz necessária.

Com isso, Haylock et al. (2006, p. 1504) afirmam que os resultados obtidos dessa análise subsidiam a identificação de alterações na atividade barométrica que, a partir de uma análise voltada para a América do Sul, direcionam para o aumento dessas atividades em áreas de alta latitude para o sul, o que pode promover o aprisionamento de alguns sistemas atmosféricos que atuam ali e, dessa maneira dificultar o deslocamento meridional da massa de ar polar para essas regiões.

Além disso, os autores consideram que, a partir do cálculo dos índices, houve o aumento no número de dias com poucos milímetros de chuva do que nos dias considerados chuvosos intensos, o que pode ser associado à diminuição da precipitação média em dias chuvosos (acima de 1 mm) considerando ainda que há aumento no número máximo de dias consecutivos úmidos e na diminuição do número máximo de dias consecutivos secos a partir de estações climatológicas na América do Sul (HAYLOCK, 2006, p. 1507).

As diferentes aplicações de escala espacial e temporal do software RCLimindex mostra-se adequada ao tratamento de séries de dados longas, o que pode ser conferido no trabalho de Santos et al. (2007) que analisou possíveis tendências de alterações climáticas na região amazônica brasileira próximo as áreas de Manaus/AM, onde, segundo os autores, nota-se o aumento das precipitações totais anuais, nos dias acima de dez, vinte e cinquenta milímetros de chuva, bem como no aumento da intensidade das chuvas na região. Os autores afirmam ainda que os dias consecutivos secos apresentam tendência de aumento na série histórica, enquanto o máximo de dias consecutivos úmidos apresenta tendência de diminuição no mesmo período de observação (SANTOS et al. 2007, p. 332-333).

Um dos elementos discutidos nos trabalhos de aplicação dos cálculos de índices climáticos é a qualidade dos dados obtidos em estações climatológicas, sendo

que, em alguns trabalhos torna-se claro que a falta de dados pode comprometer o desenvolvimento de pesquisas ou influir diretamente na melhor observação climática por suas variáveis, como Dufek e Ambrizzi (2008) apontam nos dados obtidos em estações no estado de São Paulo/Brasil, que apesar das tendências positivas para alguns índices, como no total de chuvas acumulada anualmente ou no número de dias acima de 20mm de chuva. Os autores afirmam ainda que alguns índices podem ser contraditórios, como apontam na comparação entre o número máximo de dias consecutivos secos e os dias acima de 20mm de precipitação, além de considerar que, no período observado, mesmo significância negativa para existência de tendência, as chuvas intensas se concentra em poucos dias (DUFEEK e AMBRIZZI, 2008, p. 175 e 176).

Ainda segundo Dufek e Ambrizzi (2008, p. 177), nota-se as conclusões acerca de tendências climáticas no estudo sobre o estado de São Paulo apontam para a necessidade de futuros estudos que observem o uso do solo e o estudo da paisagem. E destacam, dessa forma, para a observação de estudos de circulação atmosférica e outras considerações para melhor observação de tais tendências.

O uso do RClindex 1.1 foi bem difundido em vários países, contudo, na realidade brasileira poucos trabalhos estabeleceram dados provenientes da região sudeste do país, o que favorece para o entendimento do comportamento pluviométrico nessa região a partir de dados obtidos em estações climatológicas que se inserem em uma dinâmica climática semelhante entre si.

Com isso, o *script* RClindex calcula 27 índices básicos recomendados pela ETCCDMI (Climate Change Detection Monitoring Indices) para temperatura e precipitação (KARL et. al., 1999 e PETERSON, et. al., 1998-2001), conforme apresentado no quadro 3 com os limites estabelecidos pelo usuário, sendo que, para o presente projeto, serão utilizados apenas os índices associados à precipitação

pluviométrica e que são apresentados a seguir em duas partes, sendo a primeira referente a qualidade e a confiabilidade no tratamento dos dados das estações e a segunda referente aos índices que serão calculados pelo autor no RCLimdex 1.1.

ID	Nome do Índice	Definição	Unidade observada
FD0	Dias frios intensos	Número de dias em que a temperatura mínima < 0°C	Dias
SU25	Dias quentes	Número de dias em que a temperatura máxima > 25°C	Dias
ID0	Dias frios	Número de dias em que a temperatura máxima < 0°C	Dias
TR20	Noites quentes	Número de dias em que a temperatura mínima > 20°C	Dias
GSL	Duração das estações do ano	Anualmente, 1° dia de janeiro ao 31° dia dezembro para o hemisfério norte e do 1° dia de julho ao 30° dia de julho, conta-se o número de dias entre a primeira lacuna de pelo menos 6 dias onde a temperatura média > 5°C e a primeira lacuna depois de 1° de julho (1° de Janeiro para o hemisfério sul) de 6 dias onde a temperatura média < 5°C.	Dias
TXx	Máximo das Máximas	Valor máximo de temperatura máxima registrada no mês	°C
TNx	Máximo das mínimas	Valor máximo de temperatura mínima registrada no mês	°C
TXn	Mínimo das máximas	Valor mínimo de temperatura máxima registrada no mês	°C
TNn	Mínimo das mínimas	Valor mínimo de temperatura mínimas registrada no mês	°C
TN10p	Noites frias	Porcentagem de dias onde a temperatura mínima < 10th percentil	Dias
TX10p	Dias frios	Porcentagem de dias onde a temperatura máxima < 10th percentil	Dias
TN90p	Noites mornas	Porcentagem de dias onde a temperatura mínima > 90th percentil	Dias
TX90p	Dias mornos	Porcentagem de dias onde a temperatura máxima >90th percentil	Dias
WSDI	Indicador de duração de dias mornos	Número de dias onde, nos últimos 6 dias consecutivos a temperatura máxima > 90th percentil	Dias
CSDI	Indicador de duração de dias frios	Número de dias onde, nos últimos 6 dias consecutivos a temperatura mínima > 10th percentil	Dias
DTR	Amplitude térmica diária	Diferença média mensal entre a temperatura máxima e a temperatura mínima diárias	°C

RX1day	Máximo de chuva acumulado em 1 dia	Máximo de chuva acumulada em um único dia	mm
Rx5day	Máximo de chuva acumulado em 5 dias	Máximo de chuva acumulada em cinco dias consecutivos	mm
SDII	Índice simples de intensidade diária	Total anual de chuvas acumulado dividido pelo número de dias úmidos (quando o dia esteve ≥ 1.0 mm) no ano	mm/dia
R10	Número de dias acima de 10 mm	Número de dias em que as chuvas ≥ 10 mm	Dias
R20	Número de dias acima de 20 mm	Número de dias em que as chuvas ≥ 20 mm	Dias
Rnn	Número de dias acima de nn milímetros	Número de dias em que as chuvas $\geq nn$ mm, sendo nn o valor de chuvas controlado pelo usuário.	Dias
CDD	Dias consecutivos secos	Número máximo de dias em que as chuvas < 1 mm	Dias
CWD	Dias consecutivos úmidos	Número máximo de dias em que as chuvas ≥ 1 mm	Dias
R95p	Dias muito úmidos	Valor total anual de chuvas que estiveram $>95^{\text{th}}$ percentil	mm
R99p	Dias extremamente úmidos	Valor total anual de chuvas que estiveram $>99^{\text{th}}$ percentil	mm
PRCPTOT	Total de chuvas acumuladas em um ano	Valor total anual de chuvas acumuladas nos dias úmidos (dias ≥ 1 mm)	mm

Quadro 2. Índices climáticos utilizados no RCLimdex 1.1 [Adaptado de Zhang e Yang (2006)].

O entendimento acerca do comportamento dos índices climáticos contribui para a observação de eventos efêmeros ou duradouros em séries históricas. Tais aspectos reafirmam o dinamismo climáticos, como observado por Haylock et al. (2006), uma vez que a interpretação de dados climáticos em séries longas de dados permitem apontar para eventos extremos de chuvas (ou temperaturas) ao longo dessas sendo que, para as

regiões da América do Sul pode-se perceber a ocorrência e recorrência de eventos extremos de chuvas, uma vez que os resultados obtidos em um conjunto de estações climatológicas apresentaram significância estatística de mudanças em seus padrões médios e acumulados, mesmo que, para regiões como o sudeste brasileiro tais mudanças se associem também com as mudanças de padrão de chuvas em seu total acumulado anual, o que evidencia as flutuações interanuais nos índices, bem como os índices acumulados e extremos apresentem comportamento semelhante ao longo de algumas séries históricas na América do Sul (HAYLOCK et al., 2006).

4. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

4.1. Materiais e Área de Estudo

O presente estudo se utilizou do tratamento quantitativo de dados chuvas diários de três estações climatológicas, sendo a primeira localizada na Universidade Federal de São Carlos (UFSCar) que é conveniada ao INMET, como sétimo distrito meteorológico desse e localizada na cidade de São Carlos/SP, a segunda estação climatológica, que está localizada na EMBRAPA/Pecuária Sudeste, também no município de São Carlos/SP e a terceira estação climatológica, que está localizada no CRHEA, no município de Itirapina/SP e pertence à EESC/USP (Escola de Engenharia de São Carlos/ Universidade de São Paulo). Essas se encontram, em média, 22 Km distantes entre si a partir do rumo médio de 184° , sabendo que essas foram as estações climatológicas que se apresentaram na região de influência climática e, portanto, que apresentariam o mesmo comportamento climático por suas medições de temperatura e pluviosidade, além da escolha por 22 anos de dados, em função da existência de medições nos mesmos períodos entre as três estações analisadas.

A área de estudo do trabalho se localiza na região de São Carlos/SP e Itirapina/SP, que correspondem à área de influência dos mesmos sistemas atmosféricos descritos por Monteiro (1973). A fim de interpretar as chuvas na região, foram coletados os dados de três estações climatológicas, sendo duas dessas localizadas no município de São Carlos/SP e uma no município de Itirapina/SP.

Para a obtenção dos dados e da análise pluviométrica (Figura 1), foram analisadas três estações climatológicas, sendo a primeira localizada no município de São Carlos/SP, pertencente ao INMET (Instituto Nacional de Meteorologia) em parceria

com a UFSCar (Universidade Federal de São Carlos), a segunda, localizada na EMBRAPA/Pecuária Sudeste, e a terceira estação climatológica, que se localiza no município de Itirapina, no CRHEA (Centro de Recursos Hídricos e Estudos Ambientais) que pertence a EESC/USP (Escola de Engenharia de São Carlos/Universidade de São Paulo).

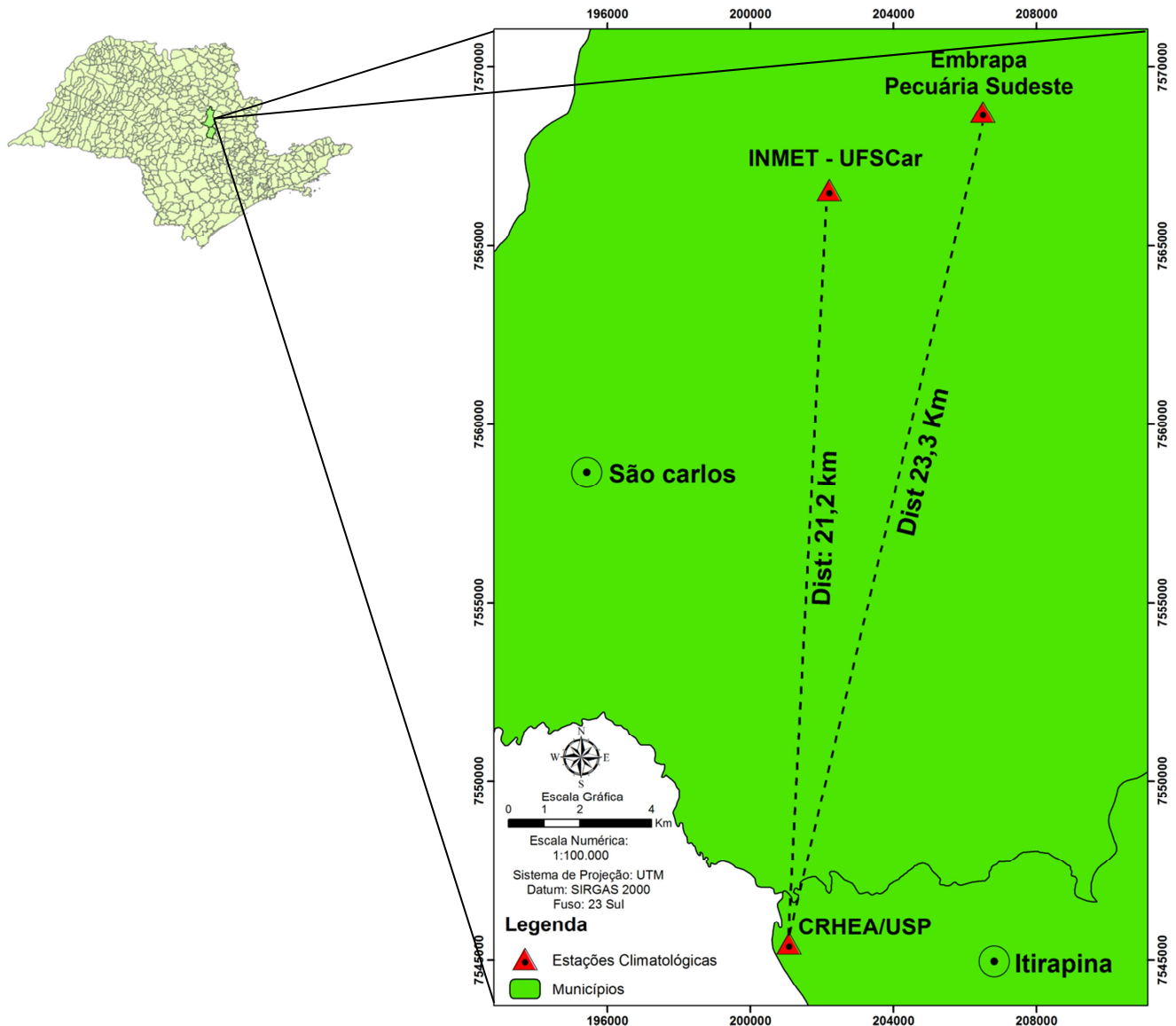


Figura 2. Localização das estações climatológicas.
Fonte. Adaptado de IBGE (2009)⁴

⁴ Adaptado pelo autor, São Carlos, 2015

Para tanto, as observações junto à dinâmica pluviométrica, por seu comportamento, faz-se necessária para os resultados regionais de sua abordagem.

Segundo Tolentino (1967), São Carlos se insere em uma área planáltica pertencente à borda da linha cuestiforme arenítica da Serra Geral, destacando suas relações com a ação das massas de ar, de chuvas orográficas, além de fenômenos frontogenéticos que contribuem para sua dinâmica geográfica.

Tolentino (1967, p.77) afirma ainda, que o clima da região de São Carlos/SP apresenta diferentes análises genéticas, fazendo com que esse apontasse o clima da região de modo clássico a partir da:

- A) Classificação de Köppen, sendo esse Cwa.i – Awi, onde considera-o quente de inverno seco, com transição para clima tropical com verão úmido e inverno seco e com uma amplitude de 5° C entre verão e inverno;
- B) Classificação de Thornthwaite, sendo BB'w, onde considera-o úmido mesotermal com deficiência de umidade no inverno;
- C) Classificação de Serebrenick, sendo TUV°, onde considera-o tropical úmido com verão chuvoso e chuvas abundantes na primavera, sendo provável como transitório para o temperado úmido.

Tais classificações contribuem para o entendimento de uma realidade climática norteada por temperaturas elevadas, seguido de temperaturas amenas no período de Junho, Julho e Agosto, principalmente, além de chuvas que se concentram nos meses de Dezembro, Janeiro e Fevereiro. Mesmo que observado a partir da climatologia clássica (e separativa), essa abordagem assume a existência de duas estações facilmente observáveis: uma estação úmida, que ocorre entre os meses de outubro a março (ano

hidrológico, com chuvas mais concentradas no primeiro trimestre) e outra seca, que ocorre entre os meses de abril e setembro.

O compartimento segregado pelo autor, que diz respeito à região São Carlos, apresenta altitudes que variam de 800 a 1000m e pouco mais à sul da porção nordeste do Estado, sendo o trimestre mais chuvoso entre os meses de dezembro e fevereiro diante de seu caráter mais meridional e, com uma variabilidade pluviométrica anual entre 1500 e 1800 mm.

Uma das classificações que compreende de maneira dinâmica o clima no Estado de São Paulo foi elaborada de acordo com Monteiro (1973), onde o autor compartimentou o Estado diante de feições climáticas por diferentes atributos do clima de modo individualizado, sendo a região escolhida inserida em uma região de atuação das massas de ar tropicais e polares com características de presença de umidade (Figura 2).

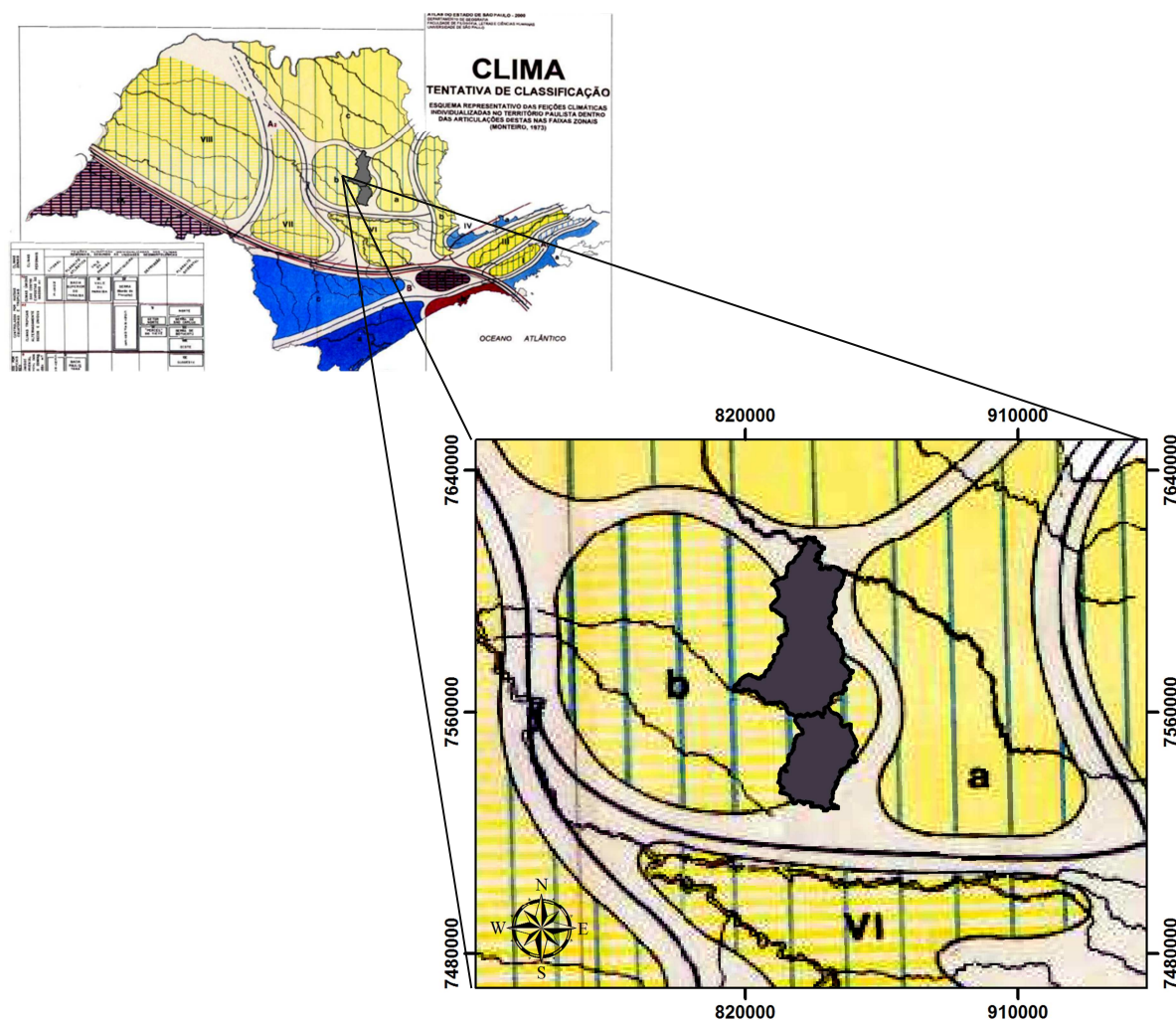


Figura 3. Classificação climática do Estado de São Paulo segundo Monteiro 1973, com as localidades dos municípios de São Carlos e Itrapina. Fonte. Adaptado de Martinelli (2010)⁵

O projeto se insere na porção b destacada por Monteiro (1973), cujo clima tem sua gênese orientada pelos fluxos das massas de ar e das frentes anteriormente citadas e que atuam na região das estações climatológicas escolhidas, sendo o clima regional atribuído às massas tropicais, equatoriais e polares e caracterizado como clima tropical alternadamente seco e úmido (MONTEIRO, 1973)

⁵ Adaptado pelo autor, São Carlos, 2015.

A partir daí, foram coletados tais dados pluviométricos nas estações climatológicas da região de São Carlos/SP. A pluviometria refere-se à quantificação das precipitações, sendo a quantidade de precipitação:

[...] expressa em termos de espessura da camada d'água que se formaria sobre uma superfície horizontal, plana e impermeável, com 1m² de área. A unidade adotada é o milímetro, que corresponde à queda de um litro de água por metro quadrado da projeção da superfície terrestre [...] (VAREJÃO-SILVA, 2000, p. 399).

A expressão da unidade pluviométrica em mm é de fato:

$$1 \text{ litro/m}^2 = 1 \text{ dcm}^3/100 \text{ dcm}^2 = 0,1 \text{ cm} = 1 \text{ mm}$$

Um pluviômetro, segundo Varejão-Silva (2000), é constituído por um cilindro com fundo afunilado, denominado coletor, que escoar a água nele caída até um reservatório, cuja área de captação pode variar diante do modelo, situando-se entre 200 e 500 cm² com uma margem de erro não superior a 0,05%, sendo o pluviômetro *Ville de Paris* um dos mais utilizados.

As medidas pluviométricas coletadas pelo pluviômetro ordinário *Ville de Paris* é capaz de acumular a precipitação ocorrida em 24 horas, exceto sob situações de grande abundância de chuva, cujo coletor exerce o papel de depósito, com uma torneira de drenagem, na parte inferior, que permite coletar a água acumulada para medição.

A leitura da quantidade de chuva, representada em milímetros, é realizada por uma proveta pluviométrica, sendo R o raio da secção reta do bordo do coletor, o espaçamento entre cada intervalo da escala, equivalente a 1mm de precipitação, é dado por $(R/r)^2$, em que r é o raio da secção reta da proveta e, com espaçamento entre os traços da escala equivalentes aos primeiros décimos de milímetro (VAREJÃO-SILVA, 2000, p. 403).

Outro instrumento utilizado para mensuração da pluviosidade na estação climatológica do CRHEA é o pluviógrafo, que apresenta um:

[...] registrador de precipitação dotados de um coletor que apra o produto das precipitações e o transfere para uma unidade sensível, além de possuir um mecanismo de registro capaz de traçar a curva representativa da evolução da chuva com o tempo em diagrama, ou seja, pelo pluviograma, sendo a escala horizontal correspondente ao tempo e a vertical graduada em milímetros de lâmina d'água [...] (VAREJÃO-SILVA, 2000)

O funcionamento do modelo de pluviógrafo de bóia se dá a partir de um coletor, uma bóia, um sifão e uma haste que registra os dados em um pluviograma (Figura 3), e ocorre quando a água que advém do coletor é acumulada em uma cisterna cilíndrica, provida de uma bóia e de um sifão, onde se acumula essa água, deslocando a bóia para cima e uma haste solidária a ela move o sistema de alavancas que aciona a pena registradora que, quando se enche, a cisterna o sifão entra em funcionamento, esvaziando-a, fazendo com que a pena retorne ao nível zero da escala gravada no pluviograma (VAREJÃO-SILVA, 2000, p. 404 e 405).

Os dados pluviométricos obtidos nas estações climatológicas se referem às chuvas observadas a partir do pluviômetro *Ville de Paris* que, em todas as estações climatológicas é utilizado para a coleta dos dados. Atualmente, notou-se a presença de pluviômetros digitais dispostos em estações climatológicas automáticas nas três estações, contudo, tais dados não correspondem a uma série histórica superior a dez anos e, portanto, foram admitidos apenas os dados coletados por pluviômetros como o *Ville de Paris*.

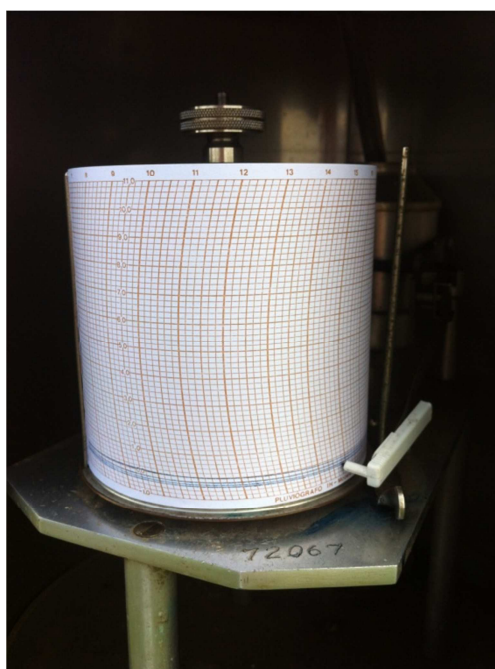


Figura 4. Pluviógrafo em uso – Estação CRHEA/USP⁶

A Estação Climatológica (Figura 4) instalada no CRHEA pertence à EESC/USP e se localiza sob as coordenadas 22°10'12" (S) e 47°53'55" (W) à altitude de 737m, e que realiza a coleta e tabulação dos dados de seus equipamentos, sendo essa capacitada a efetuar as medidas meteorológicas de interesse para o programa e monitoramento climático da região, com informações sobre precipitação, vento, temperatura, umidade

⁶foto realizada pelo autor em 20 fev. 2014.

relativa, evaporação, radiação solar, que são compiladas e que constituem um importante acervo da estação desde 1972.



Figura 5. Estação Climatológica – CRHEA (EESC/USP)⁷

Na estação climatológica do CRHEA (Figura 5), se utiliza o pluviômetro *Ville de Paris*, que apresenta seu coletor instalado a 1,5m do chão, em nível e livre de obstáculos, sendo sua leitura realizada todos os dias às 7h00 e, com a ocorrência de precipitação, os dados pluviométricos são coletados pelo técnico responsável em uma proveta pluviométrica que mensura a quantidade de chuva a partir de um milímetro de chuva (Figura 6).

⁷foto realizada pelo autor em 13 fev. 2014.



Figuras 6a. Pluviômetro *Ville de Paris* – CRHEA⁸ Figura 6b. Proveta Pluviométrica –CRHEA⁷

A estação climatológica do CRHEA dispõe também de um pluviógrafo de bóia modelo IH, que registra dados pluviométricos em um pluviograma.

Na estação do CRHEA (Figuras 7 a e b), o sifão do pluviógrafo de bóia entra em funcionamento a cada 1,0 mm de chuva, sendo que suas unidades representativas são milímetro de chuva (mm) e milímetro chuva/tempo (mm/hora e mm/dia), além de ser realizada a troca do pluviograma após a ocorrência de chuva às 7h00.

⁸foto realizada pelo autor em 13 fev. 2014.



Figura 7 a e b. Pluviógrafo de bóia (CRHEA)⁹

Os dados coletados na estação climatológica são descritos em uma planilha manual para leitura dos dados em campo e, em seguida, tabulados em uma planilha que é arquivada no acervo da estação depois de digitalizadas.

A partir da coleta dos dados foram selecionados os dados diários, mensais e anuais das chuvas da estação do CRHEA pela série histórica de 1972 a 2012, onde foi selecionado, em caráter prévio, os meses associados à maior incidência de chuva, que corresponde ao período de outubro a março desses anos (SANT'ANNA NETO, 1995; SCHRODER, 1956; TARIFA, 1972, 1973), que para o presente trabalho se adotou o nome do período como semestre hidrológico.

A Estação climatológica INMET/UFSCar está situada nas coordenadas: 21°58'48'' (S) e 47°53'2'' (O) a altitude de 856 m. A estação climatológica é mantida

⁹foto realizada pelo autor em 13 fev. 2014.

pelo INMET em parceria com a UFSCar, sendo esse quem a opera, mantém os equipamentos (tanto a estação convencional, quanto a estação automática) e é responsável pelos registros climáticos, que se localiza no campus da universidade, localizada em São Carlos/SP. A UFSCar é responsável pelo espaço cedido para sua instalação e áreas no entorno da estação, como a segurança e a manutenção dessas (Figuras 8a e b).



Figura 8 a e b. Estação Climatológica – INMET/UFSCar¹⁰

Segundo o INMET, a estação convencional, de onde foram retirados os dados, opera desde 24/09/1939 e corresponde à estação de número 83726, pertencente ao 7º Distrito de Meteorologia de São Paulo.

¹⁰Fotos realizadas pelo autor em 12/02/2014 e 20/02/2014 respectivamente

Para a obtenção dos dados pluviométricos da estação foram coletados os dados disponíveis para download no site do INMET¹¹, sendo esses oriundos da estação convencional instalada no campus da UFSCar na cidade de São Carlos, que dispõe de um pluviômetro *Ville de Paris*, instalado a 1,5 m do chão e livre de obstáculos (Figura 9), cujos dados pluviométricos são coletados diariamente, o ano todo, às 9, 15 e 21 h. Após a coleta são transmitidos para São Paulo/SP, onde se localiza a central hierárquica que abrange todos os dados climatológicos do Estado de São Paulo de todas as estações presentes nele, que recebe os dados via planilha digitalizada e os disponibiliza no site do INMET. Os registros em papel são enviados uma vez por mês a São Paulo (distrito) que recebe tais dados e os armazena.



Figura 9. Ville de Paris – INMET/UFSCar¹²

¹¹ www.inmet.gov.br

¹² Foto realizada pelo autor em 20/02/2014

Além do pluviômetro, a estação dispõe de um pluviógrafo de bóia modelo IH (Figuras 10a e b), que registra os dados pluviométricos em um pluviograma a partir do movimento do sifão, que funciona a cada 10 mm de chuva, representando assim mm/hora e mm/dia e realizando as medições após a ocorrência de chuva respeitando os horários das medições as 9, 15 e 21h e, quando da ocorrência de chuva, substitui-se o pluviograma a armazenando seus dados.



Figuras 10 a e b. Pluviógrafo de bóia – INMET/UFSCar ¹²13

A estação climatológica localizada na EMBRAPA/Pecuária Sudeste se encontra no município de São Carlos/SP nas coordenadas: 21° 9' (S) e 47° 8' (O). A estação opera desde 1992 e se mantém, até o presente momento, a partir de recursos oriundos da EMBRAPA.

Os dados de chuvas coletados na estação por meio do pluviômetro *Ville de Paris* estão em funcionamento desde 1992, contudo, a partir do ano de 2010, foi instalada uma

¹³Foto realizada pelo autor em 20/02/2014

estação climatológica automática para a coleta de dados de chuvas no local. Os dados referentes à estação automática não substituíram a coleta dos dados de chuvas a partir do pluviômetro.

A EMBRAPA é responsável pelo processo de coleta e difusão dos dados oriundos da estação climatológica, sendo esse o órgão responsável por todo seu processo de gestão e os dados disponibilizados no sítio do mesmo. As figuras 11, 12 e 13 correspondem ao local de instalação da estação climatológica da EMBRAPA em São Carlos/SP e os respectivos equipamentos utilizados na coleta dos dados climáticos na estação.



Figura 11 - A. Vista geral da estação climatológica – EMBRAPA/Pecuária Sudeste¹⁴

¹⁴Foto realizada pelo autor em 02/04/2015



Figura 11 - B. Vista geral da estação climatológica – EMBRAPA/Pecuária Sudeste¹⁵



Figuras 12 e 13. Equipamentos da estação climatológica – EMBRAPA/Pecuária Sudeste¹⁶

¹⁵Foto realizada pelo autor em 02/04/2015

¹⁶Foto realizada pelo autor em 02/04/2015

A estação climatológica pertencente à EMBRAPA também dispõe de uma estação automática de coleta de dados a partir de sensores digitais que são utilizados para a coleta dos dados de chuvas nessa.

5. MÉTODO

5.1. Tratamento quantitativo

Os dados pluviométricos representados em milímetros estão dispostos em uma planilha no Excel® da Microsoft® com dados diários e mensais das chuvas em ambas as estações e tratados no *software* Edit Plus Text Editor© da ES-Computing® sendo que foram elencados os meses de dezembro a março (período hidrológico) a fim de compreender possíveis variações no comportamento das chuvas para o período de maior quantidade pluviométrica anual.

A fim de compreender os dados pluviométricos das estações é necessário tratar os dados estatisticamente para compreender seu comportamento, de variabilidade, média, tendências, entre outros.

Em um primeiro momento, se utilizou da mensuração dos dados pluviométricos que, segundo Gerardi e Silva (1981) corresponde ao processo de atribuição de números a qualidades de objetos.

Para essa pesquisa, os dados serão tratados a partir da escala de razão por sua mensuração, uma vez que esta, segundo Gerardi e Silva (1981), é a mais precisa dentre as escalas de mensuração (Tabela 2), onde:

[...] refere-se a um nível de mensuração em que as escalas tem todas as características de uma escala de intervalo, acrescentando que o ponto zero é uma origem verdadeira, o que indica ausência do fenômeno ou atributo [...]. (GERARDI e SILVA, 1981, p. 26)

Escala de Mensuração	Propriedades Formais	Aplicações		Estatística Apropriada		Testes
		Geografia Física	Geografia Humana	Tendência Central	Dispersão	
Nominal	- Equivalência das classes (=)	terreno sedimentar - cristalino	população urbana – população rural	moda (classe modal)	% na classe modal	paramétricos
Ordinal	- relação de equivalência intra classe -relação de grandeza entre classes (>)	rios de 1ª, 2ª e 3ª ordem	hierarquia urbana	mediana	percentis	
Intervalo	- relação de equivalência intra classe - relação de grandeza entre classes - razão conhecida entre 2 intervalos	temperatura	ano de instalação da estação ferroviária	média aritmética	desvio padrão	Testes paramétricos e não paramétricos
Razão	- relação de equivalência intra classe - relação de grandeza entre classes - razão conhecida entre 2 intervalos - razão conhecida entre quaisquer dois valores da escala	precipitações anuais (mm)	produção cana (ton)	média geométrica	coeficiente de variação	

Tabela 1. Escalas de Mensuração e aplicações (Harvey, 1969 adaptado por Gerardi e Silva, 1981).

As escalas de mensuração representam alguns dos mecanismos para analisar o comportamento das chuvas em séries temporais distintas, como os trabalhos realizados por Baldo (2012), Borsato, Ely e Borsato (2012), Ferrari (2012), McGree et. al. (2013), Sant'Anna Neto (1995), Sinoga et. al. (2010), Zavattini (2009), Zhang, Chen e Stefan (2011) e Souza e Silva (2013) que representam pesquisas acerca da dinâmica pluviométrica e sua compreensão a partir de diferentes métodos, mas que se associam ao tratamento estatístico como norteadores para a manipulação dos dados de chuvas.

Diante da necessidade de analisar o comportamento temporal das chuvas para as estações climatológicas na série histórica adotada, o presente estudo utiliza do *software* R e do pacote de dados RClindex, bem como dos índices estabelecidos pelo ETCCDMI (Climate Change Detection Monitoring Indices), uma vez que esse compreende o tratamento estatístico dos dados pluviométricos das respectivas estações climatológicas utilizado em diversas pesquisas, como Haylock et. al. (2006), Rahimzadeh, Asgari e Fattahi (2008), Kioutsioukis, Melas e Zerefos (2009), Booth, Byrne e Jonhson (2011), Mekasha, Tesfaye e Duncan (2013), Sharma e Babel (2013) e Stephenson et. al. (2014), que aplicaram dados de temperatura e de pluviosidade em diferentes regiões, como o Caribe, o Irã, a América do Norte, entre outras, a fim de compreender possível variabilidades nesses dados a partir da determinação de índices do ETCCDMI (Climate Change Detection Monitoring Indices) e do uso do *software* R e do pacote de dados RClindex em suas pesquisas.

5.2. Aspectos qualitativos dos dados

A fim de estabelecer o controle de qualidade dos dados para o cálculo dos índices, o *software* RClimdex 1.1 utiliza diferentes etapas para elaboração dos índices calculados destacados por SANTOS (2010), uma vez que:

[...] os seguintes procedimentos para a o controle de qualidade dos dados: 1) substitui todos os dados faltosos (atualmente codificados como -99.9) em um formato interno reconhecido pelo R e, 2) substitui todos os valores não aceitáveis por -99.9. Estes valores incluem as quantidades de precipitação diárias menores que zero [...] (SANTOS, 2010, p. 22)

A partir daí, os dados foram tabulados em diferentes planilhas no Excel© da Microsoft® e organizados separadamente em planilhas referentes a cada estação climatológica a partir da conversão de um arquivo de texto sem formatação, para planilhas estruturadas com os valores de chuvas de cada uma dessas. Esse formato foi utilizado para entrada de dados pluviométricos e descrito a partir do proposto por Santos (2010), cujos dados são organizados nos seguintes passos:

- A. A elaboração de um arquivo de texto ASCII, ou seja, sem formatação e de visualização em diferentes editores de texto;
- B. A formatação de colunas sequenciais a partir do ano, mês, dia e precipitação (com unidades em milímetros) respectivamente;
- C. A delimitação descrita acima realizada por espaços entre os elementos;

D. O registros dos dados faltosos codificados como -99.9 e organizados em ordem cronológica (CANADIAN INTERNATIONAL DEVELOPMENT AGENCY, 2004).

Após a elaboração do arquivo de entrada de dados para a série histórica adotada, esse apresenta o seguinte formato (exemplo):

1972	1	1	15.5
1972	1	2	0
1972	1	3	-99.9

O formato representado acima deve ser entendido pela leitura vertical e iniciado na primeira linha, sendo, portanto, no dia primeiro de janeiro de 1972, a precipitação foi de 15.5 mm (primeira linha), no do dia dois de janeiro de 1972 não houve precipitação registrada (segunda linha) e que no dia três de janeiro de 1972 não houve registro dos dados de precipitação, sendo substituído por -99.9 quando inexistente (terceira linha).

Esse exemplo simula o modo como a entrada de dados é realizada, além de representar hipoteticamente a não ocorrência de pluviosidade e a entrada de dados faltosos na série histórica. Após tal processo, os dados serão inseridos no *software* RClimdex a fim de compreender o comportamento pluviométricos pelos índices climáticos abaixo elencados.

5.3. Índices Climáticos referentes à precipitação pluviométrica

Para o presente estudo foram estabelecidos os seguintes índices propostos pelo ETCCDMI (KARL et. al., 1999 e PETERSON, et. al., 1998-2001) para compreender a gênese da precipitação para as estações:

A. Rx1day (Quantidade máxima de precipitação em um dia).

Admite-se RR_{ij} como a precipitação diária acumulada no dia i no período j .

Sendo os valores máximos para um dia no período j são:

$$Rx1dia_j = \max (RR_{ij})$$

B. Rx5day (Quantidade máxima de precipitação em cinco dias).

Admite-se RR_{kj} como a quantidade de precipitação no intervalo de cinco dias com término em k , para o período j . Assim, os valores máximos de cinco dias para o período j são:

$$Rx5dias_j = \max (RR_{kj})$$

C. SDII (Índice simples de intensidade diária).

Admite-se RR_{w_j} como a quantidade diária de precipitação nos dias úmidos, $w(RR \geq 1mm)$ num período j . Assim W representa o número de dias úmidos em j , sendo:

$$SDII_j = \frac{\text{Precipitação total } (RR_{wj})}{N^{\circ} \text{ de dias chuvosos } (W)}$$

D. Rnn (Número de dias acima nn milímetros de chuva)*

Admite-se RR_{ij} como a quantidade diária de precipitação num dia i num período j . Assim, nn^* representa qualquer valor razoável de precipitação diária, onde soma-se o número de dias, sendo:

$$RR_{ij} \geq nnnm$$

* No presente estudo, a determinação do valor de nn foi realizada a partir da detecção de *outliers* (observações anormais) que, por sua vez, representam um fato que desvia tanto de outros fatos a ponto de gerar suspeitas de que foi gerado por um mecanismo diferente, ou seja, configuram valores incomuns ou excepcionais encontrados na série de dados (HAWKINS, 1980).

Segundo Chrun, Cukier e Sneeringer (2008), a determinação do *outlier* pode ser entendida por uma avaliação, que, nesse sentido, consiste no estudo da evolução e da identificação de comportamentos excepcionais nas séries de dados. Sendo um *outlier* uma manifestação de tal comportamento excepcional é comum identificá-lo a partir da média e utilizar (+/-) três ou quatro desvios padrão por limite.

A partir do cálculo dessa equação, pode-se observar o comportamento anômalo na série de dados, ou seja, os valores médios considerados excepcionais e que não correspondem aos valores médios detectados em toda a série de dados.

Os *outliers* foram utilizados a fim de estabelecer os limites das chuvas para a série histórica a partir:

$$\frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} + 3(\text{ou } 4) \cdot \sqrt{\frac{\sum x^2 - (\sum x)^2 / n}{n}} = \text{Outlier (Observação Anormal)}$$

E. CDD(Dias Consecutivos Secos)

Admite-se RR_{ij} como a quantidade diária de precipitação num dia i num período j . Com isso, soma-se o maior número de dias consecutivos, onde:

$$RR_{ij} < 1mm$$

F. CWD (Dias Consecutivos Úmidos)

Admite-se RR_{ij} como a quantidade diária de precipitação num dia i num período j . Com isso, soma-se o maior número de dias consecutivos, onde:

$$RR_{ij} \geq 1mm$$

G. PRCPTOT (Precipitação Total Anual nos Dias Úmidos)

Admite-se RR_{ij} como a quantidade diária de precipitação num dia i num período j . Assim, I representa o número de dias em j , sendo:

$$Precipitação\ total_j = \sum_{i=1}^I RR_{ij}$$

Após o cálculo dos índices, a simulação de dados cria diretórios ligados ao *software*, onde os dados são armazenados.

Os diretórios criados após o cálculo dos índices para uma determinada série histórica são:

- Diretório “Índices”, que está atribuído aos índices selecionados para o cálculo, para precipitação e para temperatura, que são escolhidos pelo operador. Essa pasta insere todos os índices calculados;

- Diretório “Log”, que apresenta documentos detalhados acerca de erros potenciais na série de dados calculada, sendo índices numéricos e dados plotados em gráficos. Nessa é possível encontrar valores faltosos na série histórica, precipitações negativas, erros de temperatura máxima e mínima, bem como a presença de *outliers* (observações anormais) na série de dados. Para esse último, os dados fornecidos subsidiam a determinação e validação dos valores de outliers.

- Diretório “Plots”, que concentra todos os gráficos elaborados pelo RCLimindex 1.1 para cada um dos índices selecionados pelo operador;

- Diretório “Trends”, que insere dados de tendências para temperatura e pluviosidade a partir dos dados da série histórica inserida, sendo tais tendências

representativas no entendimento do comportamento esperado das chuvas a partir dos dados da série histórica analisada.

Todas as pastas incorporam arquivos referentes a cada um dos índices adotados RClindex a partir da escolha do operador, que comanda os índices que devem ser calculados, bem como da qualidade dos dados da série histórica escolhida.

Os índices calculados podem ser incorporados a outros *softwares* a fim de construir gráficos para cada um dos índices calculados.

Sendo assim, após a determinação dos índices escolhidos pelo projeto, uma vez atribuídos apenas à pluviosidade pluviométrica, os dados calculados podem ser apresentados num formato de tabela simples elaborada no Excel® ou através de gráficos em diferentes *softwares* que elaborem essas informações.

Com os índices calculados pode-se compreender o comportamento pluviométrico das chuvas a partir do máximo acumulado em 1 e 5 dias, a intensidade pluviométrica diária, eventos extremos de precipitação, dias consecutivos secos, dias consecutivos úmidos, dias muito úmidos e a precipitação anual nos dias para a série histórica adotada.

Após o processo de agrupamento e disposição das tabelas referentes aos dados obtidos, foi utilizado o software Minitab® 17 para a confecção de gráficos referentes a cada índice interpretativo das chuvas nas estações climatológicas, bem como sua descrição e análise. O próximo capítulo descreve os resultados obtidos a partir do cálculo dos índices referentes às chuvas e sua interpretação a partir dos dados calculados e extraídos do diretório “índices”.

6. RESULTADOS OBTIDOS

A partir dos índices calculados pelo RClindex, o presente capítulo apresentar-se-á como descritivo acerca dos dados climatológicos obtidos junto às estações da região de São Carlos/SP.

O uso do *software* R e do *script* RClindex foi utilizado para o cálculo dos índices estabelecidos pelo ETCCDMI e organizados em gráficos e tabelas que expressam o comportamento temporal das chuvas nas estações climatológicas localizadas na região de São Carlos/SP.

As representações dos índices calculados influem diretamente para a análise do comportamento das chuvas a partir de dados históricos e, pelo fato de interpretar dados diários, o uso do *software* corrobora na melhor compreensão de fenômenos climatológicos, além de minimizar o uso, apenas, das médias climatológicas, que podem ocultar as realidades do clima em diferentes escalas por desprezar as sequências de dias chuvosos, da intensidade das chuvas, entre outros.

A partir dos resultados obtidos, pode-se compreender, com uma ferramenta quantitativa, algumas respostas quanto as chuvas na região de São Carlos/SP com os índices estabelecidos pelo ETCCDMI e pelo RClindex 1.1, contudo, o cálculo realizado pelo *software* apresentou algumas limitações quanto à maleabilidade e adaptação ferramental para a realidade climática tropical, uma vez que a distribuição sazonal das chuvas existentes nessas regiões apresentam ritmos de flutuações interanuais e que não são observáveis a partir desses índices.

Apesar de tais limitações, os índices permitiram melhor visibilidade quanto ao comportamento das chuvas em estações climatológicas a partir de longas séries históricas de dados.

6.1. Índices de chuvas obtidos

Os dados de chuvas foram obtidos nas estações do CRHEA/USP, INMET/UFSCar e EMBRAPA/Pecuária Sudeste e corresponde a leitura diária das chuvas dessas estações, conforme descrito no capítulo referente aos materiais utilizados na pesquisa.

A partir dos dados inseridos foram calculados os índices climáticos definidos pelo ETCCDMI, referentes aos dados de chuvas, sendo esse procedimento realizado no *software* RClimdex, e referente aos dados diários de chuvas mensurados nas estações climatológicas para a série histórica de 1993-2014.

Com os índices calculados junto ao RClimdex 1.1, pode-se observar o comportamento das chuvas nas estações climatológicas do CRHEA/USP, EMBRAPA/Pecuária Sudeste e INMET/UFSCar, que se localizam próximas, em média, em 20Km entre si e, situadas sob a mesma região de atuação atmosférica de acordo com Monteiro (1969).

Com isso, foram identificadas inúmeras flutuações nos dados obtidos e entre as estações climatológicas, o que reafirma o dinamismo atmosférico e a complexidade climática presente em diferentes escalas espaciais e temporais. Tal fato também pode ser compreendido como elemento complexo para a determinação de alterações climáticas na escala regional, uma vez que existam lacunas temporais nos dados climatológicos ou por esses não abrangerem significativa escala temporal que configure uma mudança nos regimes climáticos.

A fim de compreender tal interpretação, foi observado o relatório AR-5 do IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Changes) de 2014, em que apresenta estudos que

visam analisar a ocorrência de mudanças nos regimes climáticos a partir de pesquisas realizadas na área de climatologia em diferentes regiões do planeta Terra.

O IPCC (2014) organiza seus relatórios a partir de uma série de contribuições de países e pesquisadores, para que esses fomentem os estudos de mudanças climáticas. Contudo, nota-se que as diferentes pesquisas não abrangem diferentes escalas climáticas, bem como os conceitos de alterações nos regimes climáticos, como apresenta Conti (2006).

O capítulo vinte e sete do AR-5 (IPCC, 2014) corresponde as análises de alterações climáticas na região da América Central e da América do Sul, sendo essa última a que abrange a área onde se localizam as estações climatológicas utilizadas no presente estudo e denominado sudeste da América do Sul (SESA).

Nesse, o IPCC (2014) aponta para a existência e impactos iminentes das alterações nos regimes climáticos, onde:

[...] increases in precipitation were observed in southeastern South America (SESA), northwest Peru, and Ecuador; while decreases were registered in southern Chile, southwest Argentina, southern Peru, and western CA since 1960. Mean warming was near 0.1°C per decade. The rate of sea level rise (SLR) has accelerated over the last 20 years, reaching 2 to 3 mm yr⁻¹. The glacier-retreat trend has intensified, reaching critical conditions in the Andean countries. Rates of deforestation have been continuously increasing, mainly due to agricultural expansion, and land degradation has been intensified for the entire region [...] (IPCC, 2014 p. 1504).

Além disso, o relatório julga como insuficiente os dados e as provas, mesmo que esse aponte para mudanças nos regimes de chuva e de temperatura, além dos possíveis impactos associados à interferência humana nos últimos anos (IPCC, 2014 p. 1543).

Diante da análise dos dados junto ao *software* RClindex 1.1, foi observado o período do ano de 1993 a 2014 com entrada de dados de chuvas, diários, em estações climatológicas, e que apresentaram comportamentos distintos entre os elementos calculados de chuvas nas estações climatológicas e os resultados apontados pelo relatório do IPCC.

O relatório do IPCC (2014) aponta também para a existência de mudanças nos regimes climáticos obtendo como base, em sua maioria, índices referentes à temperatura e explicitando a dificuldade na obtenção de dados ou sua inexistência num volume significativo para o cálculo, sendo os índices de R10 (Número de dias acima de 10 mm de chuvas), R20 (Número de dias acima de 20 mm de chuvas) e os índices CWD e CDD, que correspondem ao número máximo de dias consecutivos úmidos e secos respectivamente (DONAT, et al., 2013; DUFEK e AMBRIZZI, 2008), sendo esses índices representativos junto à identificação de aumento, diminuição ou flutuação dos volumes pluviométricos diários, mensais e anuais.

A descrição dos dados obtidos pelo cálculo dos índices foi feita a partir da sistematização de gráficos para cada um desses a fim de representar o comportamento pluviométrico entre as estações climatológicas na série histórica 1993-2014.

6.1.1. PRCPTOT (Precipitação total nos dias úmidos)

O índice de PRCPTOT refere-se à quantidade total de chuvas nos dias úmidos, sendo esses os dias em que houve ao menos um milímetro de chuva. A partir desse índice pode-se observar a quantidade total de chuvas, anualmente, para série histórica adotada (1993-2014) nas três estações climatológicas sendo que, para o presente estudo, foi admitido como valor médio base de PRCPTOT de 1538 mm, uma vez que esse representa a média anual das chuvas na série histórica entre as estações. O gráfico 1 expressa o índice PRCPTOT.

A partir do cálculo das chuvas totais nas estações, observa-se que apenas três anos da série histórica todas as estações climatológicas apresentaram-se acima do valor referencial médio de 1538 mm e, em seis do total de vinte e um anos, encontram-se abaixo desse mesmo valor.

Outra característica presente nos dados é a presença de flutuações anuais nos valores de chuvas, bem como entre as estações, mesmo que em treze, dos vinte e um anos, ao menos uma estação climatológica apresentou chuvas acima do valor médio.

Nos anos últimos seis anos, as estações climatológicas apresentaram três anos (2009, 2011 e 2012) com valores de chuvas anuais acima do referencial médio de 1538 mm, e outros três anos (2010, 2013 e 2014) em que as chuvas estiveram abaixo do valor médio adotado, o que expressa a flutuação presente nos dados na série histórica a partir do total acumulado da precipitação com, ao menos, 1 milímetro de chuva a partir de dados diários. A tabela 1 expressa os dados obtidos a partir do cálculo de PRCPTOT (Precipitação total nos dias úmidos, ou seja, acima de 1 mm de chuva) nas estações na série histórica.

O curso e distribuição das chuvas totais acumuladas em um ano (PRCPTOT), por exemplo, reafirmaram as flutuações interanuais das chuvas, onde essas se encontraram alguns anos com volumes acentuados de chuvas acumuladas em

determinados anos e, em outros, valores que estiveram abaixo do esperado para o mesmo período anual, mesmo que não apresentasse sua variabilidade entre os meses e no período considerado como semestre hidrológico, ou seja, aquele em que as chuvas se concentram, num ano, para a região estudada. Ainda em relação aos totais anuais acumulados de chuva, pode-se notar que a média esperada para um ano na região se encontram próximo aos valores determinados pela ANA (2013), referentes à bacia hidrográfica em que São Carlos/SP está inserida, o que colaborou para a identificação de períodos de maior ou menor concentração de chuvas, o que pode ser utilizado como ferramenta de planejamento em atividades agrícolas e/ou em atividades urbanas a fim de melhor compreender a variação das chuvas por seus impactos nessa.

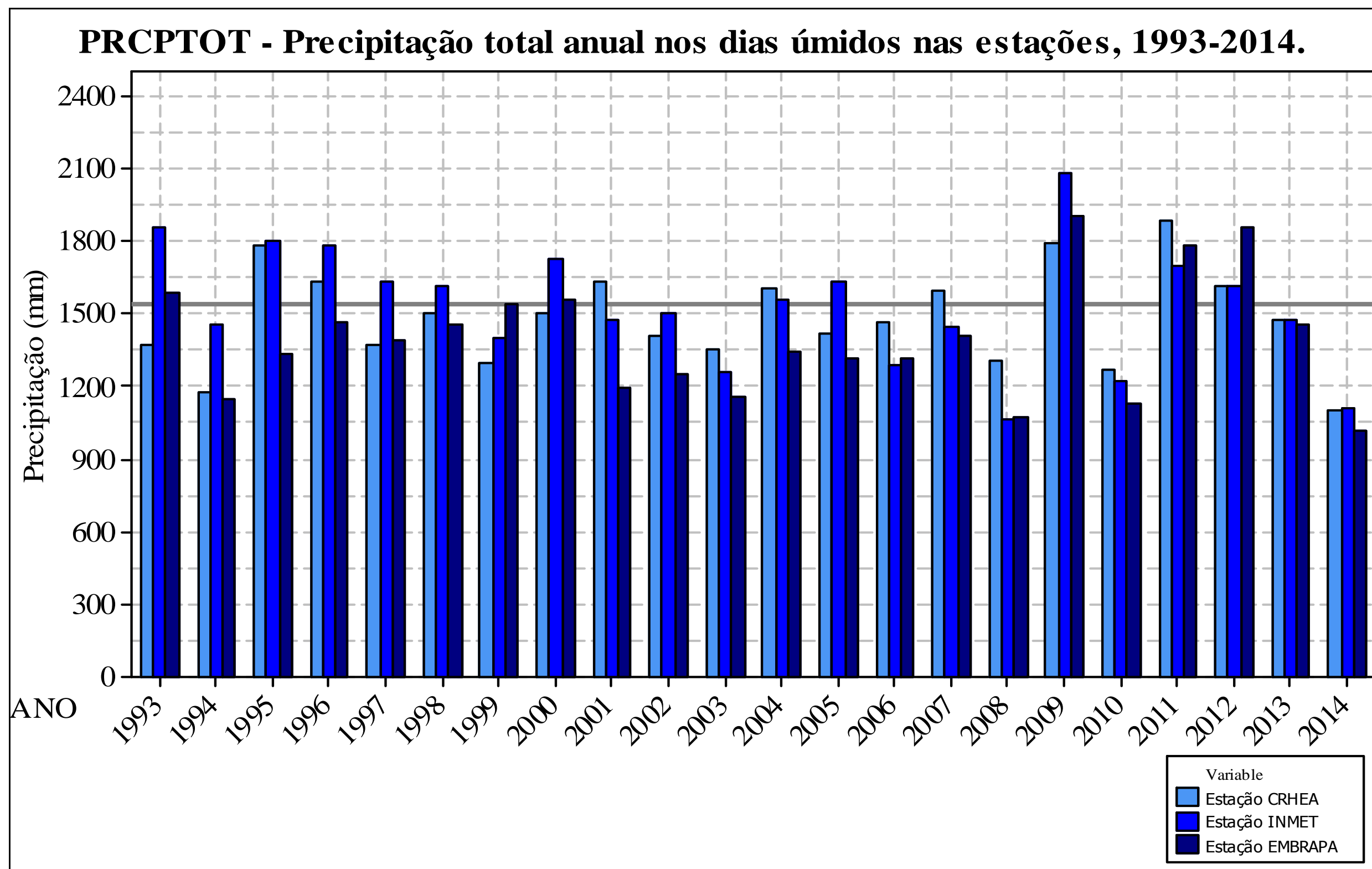


Gráfico 1. PRCPTOT – Precipitação total nos dias em que as chuvas apresentaram, no mínimo, 1 mm nas estações, 1993-2014. Elaborado pelo autor

6.1.2. RX 1 dia

Esse índice expressa o máximo acumulado em um dia de chuva, sendo considerado dia chuvoso aquele que apresenta valor igual ou superior a um milímetro. Após o cálculo do índice pela ferramenta computacional, pode-se compreender o valor máximo acumulado de chuva, em milímetros, em um único dia, para todos os meses do ano, bem como o valor máximo acumulado de chuva em um único dia para os anos da série histórica adotada.

Os valores de máximos de chuva acumulada em único dia representam os dias mais chuvosos nas estações climatológicas ao longo da série histórica, sendo que, para tal possibilidade, pode-se notar que todos os valores máximos de chuvas nesse hipotético único dia ocorreram nos meses de janeiro, fevereiro, março, outubro, novembro ou dezembro, o que configura o período de maior ocorrência de chuvas, o qual se denomina semestre hidrológico.

As flutuações existentes nos dados dar-se-ão pelo caráter anual e mensal a partir do cálculo do índice e, para tanto, são apresentados os valores anuais e sua variabilidade mensal no semestre hidrológico. O gráfico 2 expressa o valor máximo de chuvas acumuladas em um único dia nas estações climatológicas entre 1993 e 2014, detalhando-os ano a ano.

Para o RX de 1 dia, pode-se observar o valor médio de 79,8 mm de chuva entre as estações na série histórica, sendo os anos de 1997, 2008 e 2014 aqueles em que todas as estações climatológicas estiveram mais distantes do valor médio esperado do máximo de precipitação pluviométrica em um único dia e, em todos os anos obteve-se ao menos 45 mm de chuva num único dia, sendo que esses apresentam-se sempre no período do

semestre hidrológico, o que totaliza 81% dos anos, em média, próximos ao valor médio esperado. Além disso, a estação climatológica do CRHEA/USP foi a que apresentaram os maiores valores extremos diários de chuva, que foram nos anos de 2003, 2011 e 2013, com 128, 158 e 151 mm de chuvas respectivamente.

Os dados de valor máximo acumulado em um e cinco dias consecutivos de chuvas (RX de 1 e 5 dias) favorecem para a melhor interpretação das chuvas extremas, sendo que, no máximo valor acumulado em um único dia de chuva, pode-se estabelecer parâmetros base para os anos, sendo que, a média do valor máximo acumulado em um único dia para as estações estudadas foi de, aproximadamente 80mm e, o mínimo desses valores máximos de um único dia esteve em, aproximadamente, 45 mm, ou seja, espera-se que existam dias chuvosos em todos os anos em que as chuvas totalizem 45 mm num único dia, ou seja, que irão ocorrer dias considerados muito úmidos e que podem trazer impactos significantes no espaço rural e urbano, mesmo que exista uma grande dificuldade na observação de, em que determinado mês de um ano esse dia ocorrerá. Contudo, pode-se notar que as chuvas consideradas como valores máximos acumulados em um dia (RX 1 dia) sempre ocorreram dentro do período do semestre hidrológico, o que direciona para um período do ano (sazonal) em que as chuvas irão se concentrar, sendo que, nos meses de dezembro, janeiro e fevereiro os valores médio são superiores aos dos outros meses do semestre hidrológico, fator trivial para o planejamento e tomada de decisão em questões políticas.

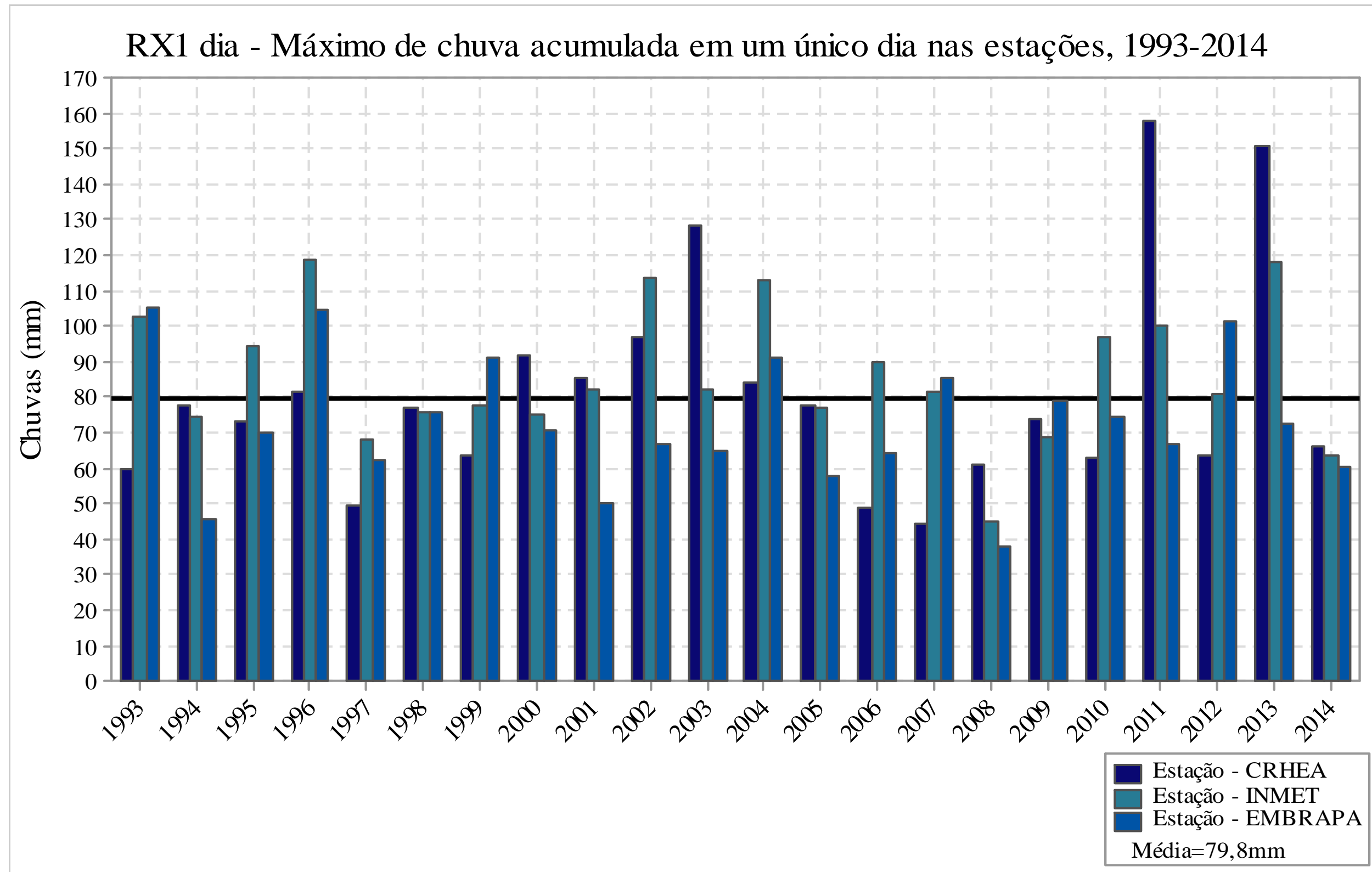
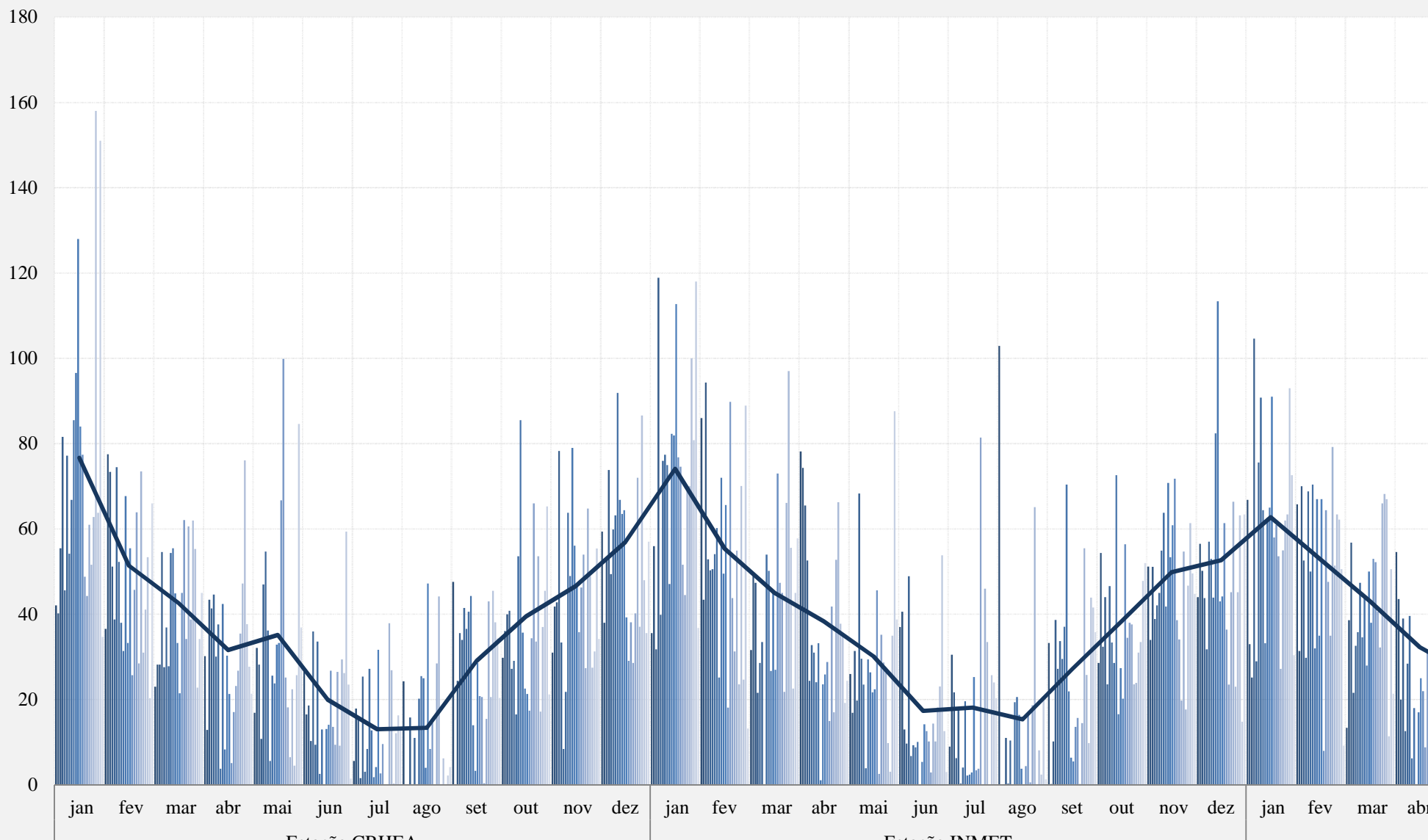


Gráfico 2. RX 1 dia - Valor máximo de chuva acumulada em um único dia, nas estações, 1993-2014. Elaborado pelo autor.

RX 1 dia - Máximo de chuva acumulada em um único dia do mês nas estações INMET/UFSCar e EMBRAPA, 1993-2014



Nota-se a partir do gráfico, que o período de maior quantidade de chuvas é expresso pelos meses de janeiro, fevereiro, março, outubro, novembro e dezembro. Esse período, considerado chuvoso pelo alto índice pluviométrico, considera-se como *semestre hidrológico*, como representado pelo gráfico 3, apresentado anteriormente.

Obteve-se que, para o mês de outubro, a média de chuva acumulada em um único dia ao longo da série histórica, sendo esse o valor médio considerado como referencial para a comparação com os dados anuais, como expresso pelo Gráfico 4.

No mês de outubro pôde-se notar que as flutuações dos índices de chuva se mostram a partir de anos em que as chuvas estiveram acima do valor médio esperado para um único dia nas estações, sendo que, os anos de 2001, 2007, 2012 e 2013 foram aqueles em que todas as estações climatológicas apresentaram um dia de grande acúmulo de chuvas na série histórica para esse mês. Além disso, a ocorrência de anos em que o máximo acumulado de chuva em um único dia esteve abaixo da média histórica para o período do mês de outubro.

Além do mês de outubro, o mês de novembro apresenta alto índice pluviométrico junto à série histórica e, nesse mês pode-se observar o seguinte comportamento do máximo acumulado em dia chuvoso no período, expresso pelo gráfico 5.

O mês de novembro apresenta-se como um dos meses de maior índice pluviométrico junto ao semestre hidrológico, contudo, nota-se que há grande flutuação dos dados na série histórica, sendo que, nos últimos anos (2010-2014), o máximo acumulado em um único dia de chuva se apresentou abaixo de anos anteriores, mesmo que esses se mostraram com grande flutuação nos índices e com anos acima da média de chuva esperada para esse período em todas as estações climatológicas, como nos anos de 2000, 2002, 2004, 2009 e 2013. Nos últimos quatro anos, a média do máximo

de chuva acumulada em um único dia para o mês de novembro, mostrou-se acima do esperado

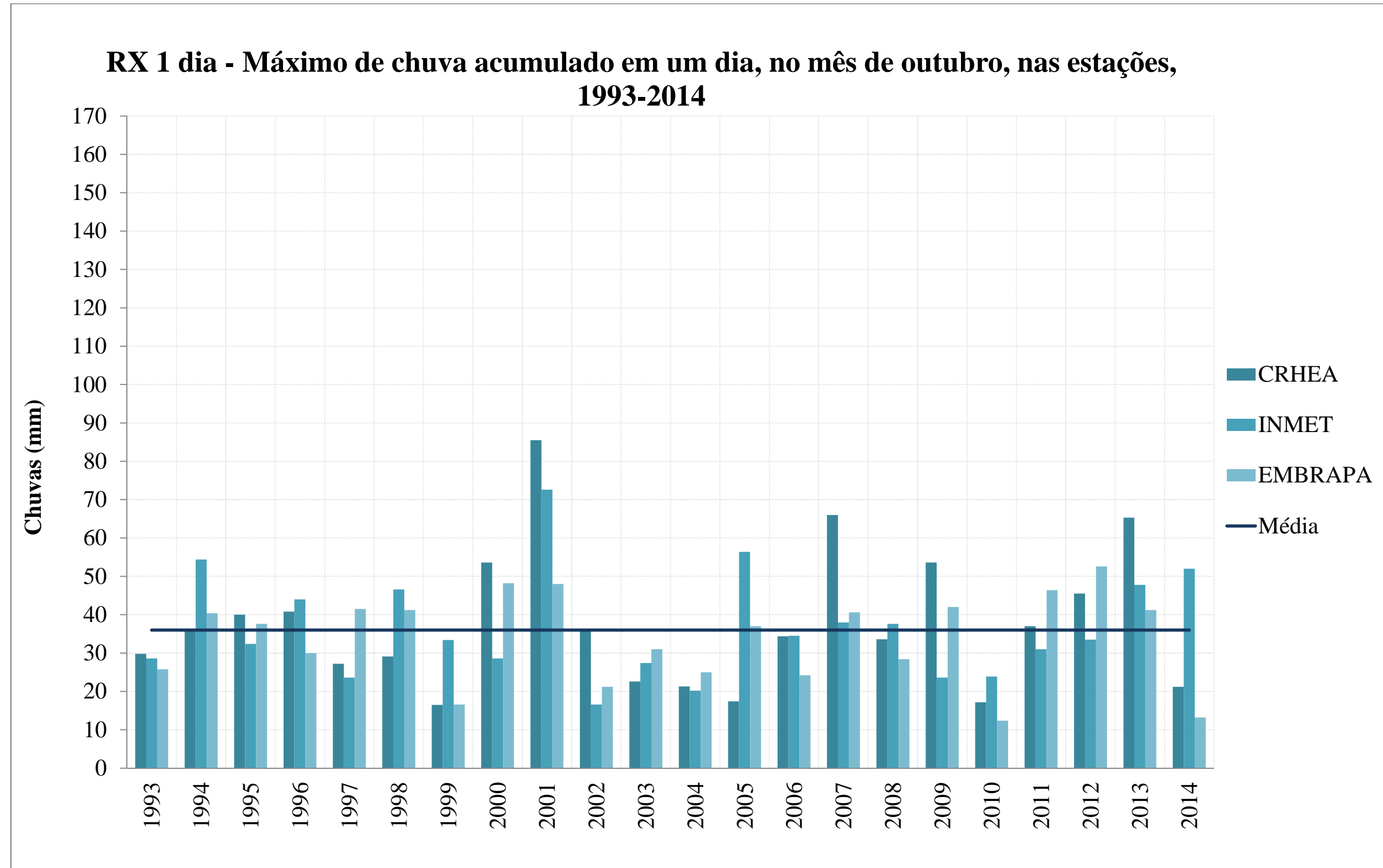
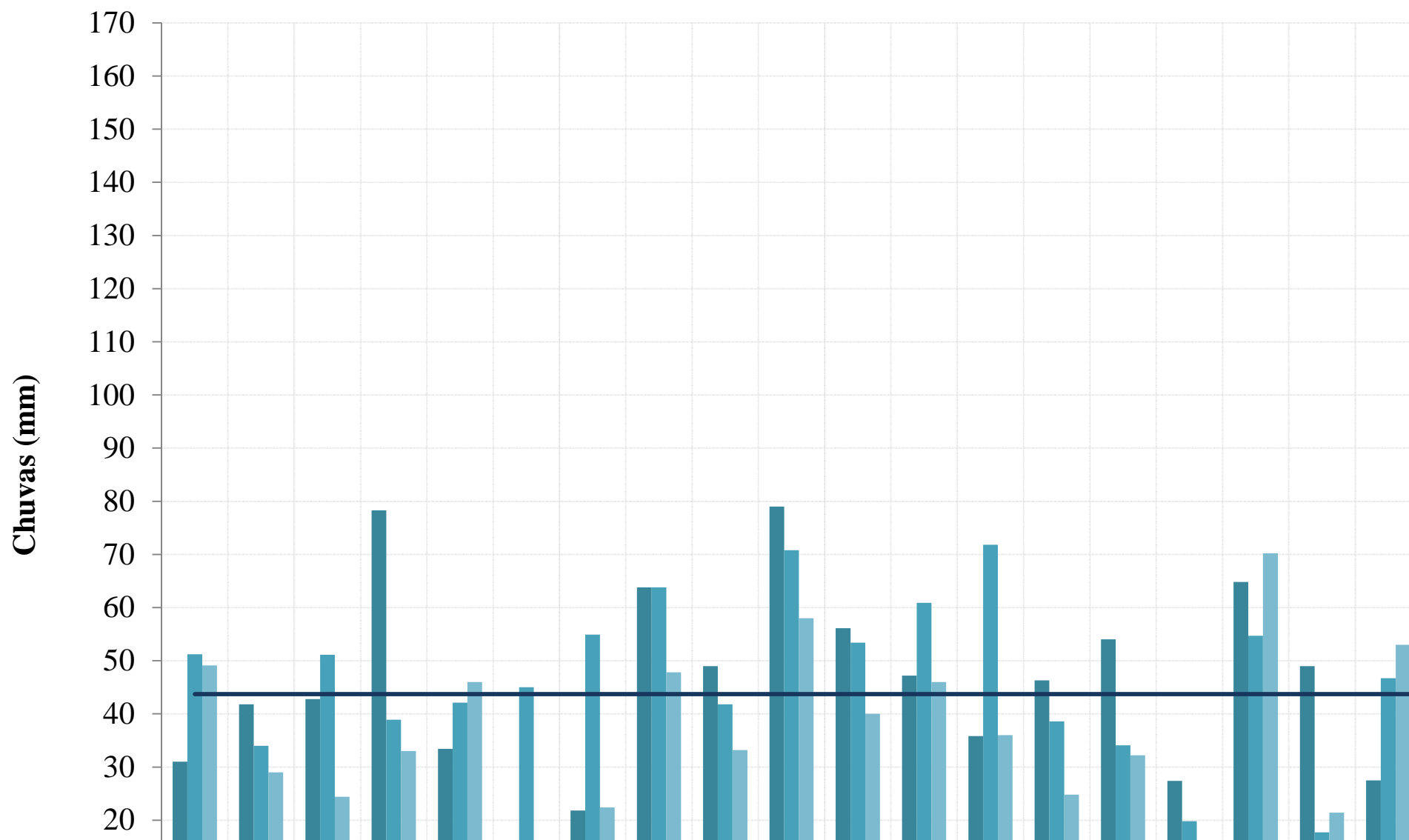


Gráfico 4. RX 1 dia - Valor máximo de chuva acumulada em um único dia no mês de outubro nas estações, 1993-2014. Elaborado pelo autor.

RX 1 dia - Máximo de chuva acumulado em um dia no mês de novembro 1993-2014



para o período, com exceção da estação do CRHEA/USP, que esteve abaixo nesse mesmo período. Com isso, pode-se observar a flutuação nos índices de chuva máxima acumulada em um único dia na série histórica para o mês de outubro.

O mês de dezembro, também se apresenta como um dos mais chuvosos no período de um ano (janeiro a dezembro), sendo que esse, juntamente com o mês de janeiro, é os meses de maiores valores de chuva para o período e na série histórica. O gráfico 6 representa o máximo acumulado em um único dia chuvoso no mês de dezembro na série histórica adotada.

No mês de dezembro, nota-se que o máximo de chuva acumulada em um único dia também apresentou grande flutuação no índice, o que configura, ao longo da série histórica, anos que estiveram acima da média esperada para o período, bem como anos que se encontraram abaixo da média esperada para o período. Tal aspecto reafirma a condição do comportamento que oscila entre anos mais e outros menos chuvosos no mês, para a série histórica.

Com isso, pode-se observar o último ano da série histórica, 2014, como acima da média para as estações do CRHEA/USP e INMET/UFSCar, sendo que a estação pertencente a EMBRAPA apresentou-se abaixo da média esperada para o mês no ano de 2014, representando as flutuações existentes entre as estações por seus valores no índice.

O mês de dezembro apresentou-se como o segundo de maior média de precipitação acumulada em um único dia. Já no mês de janeiro, nota-se o maior valor médio de chuvas acumuladas em um único dia, para a série histórica adotada e em todas as estações climatológicas, como expressa o gráfico 7.

No mês de janeiro encontram-se os maiores valores máximos de chuva acumulada em um único dia na série histórica adotada no presente estudo, sendo que

quase 60% dos anos estiveram acima da média esperada para o período. Além disso, o ano de 2014

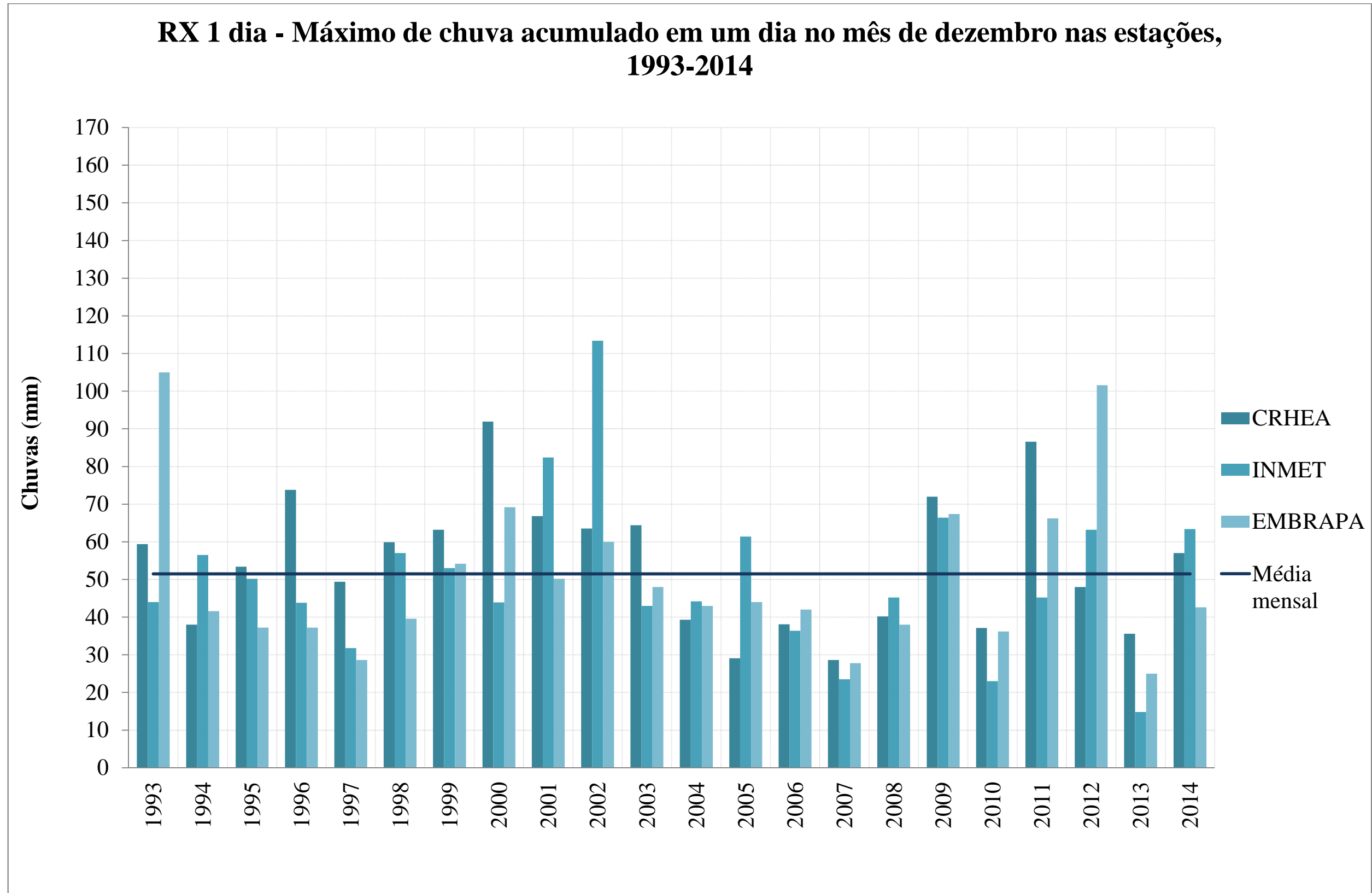
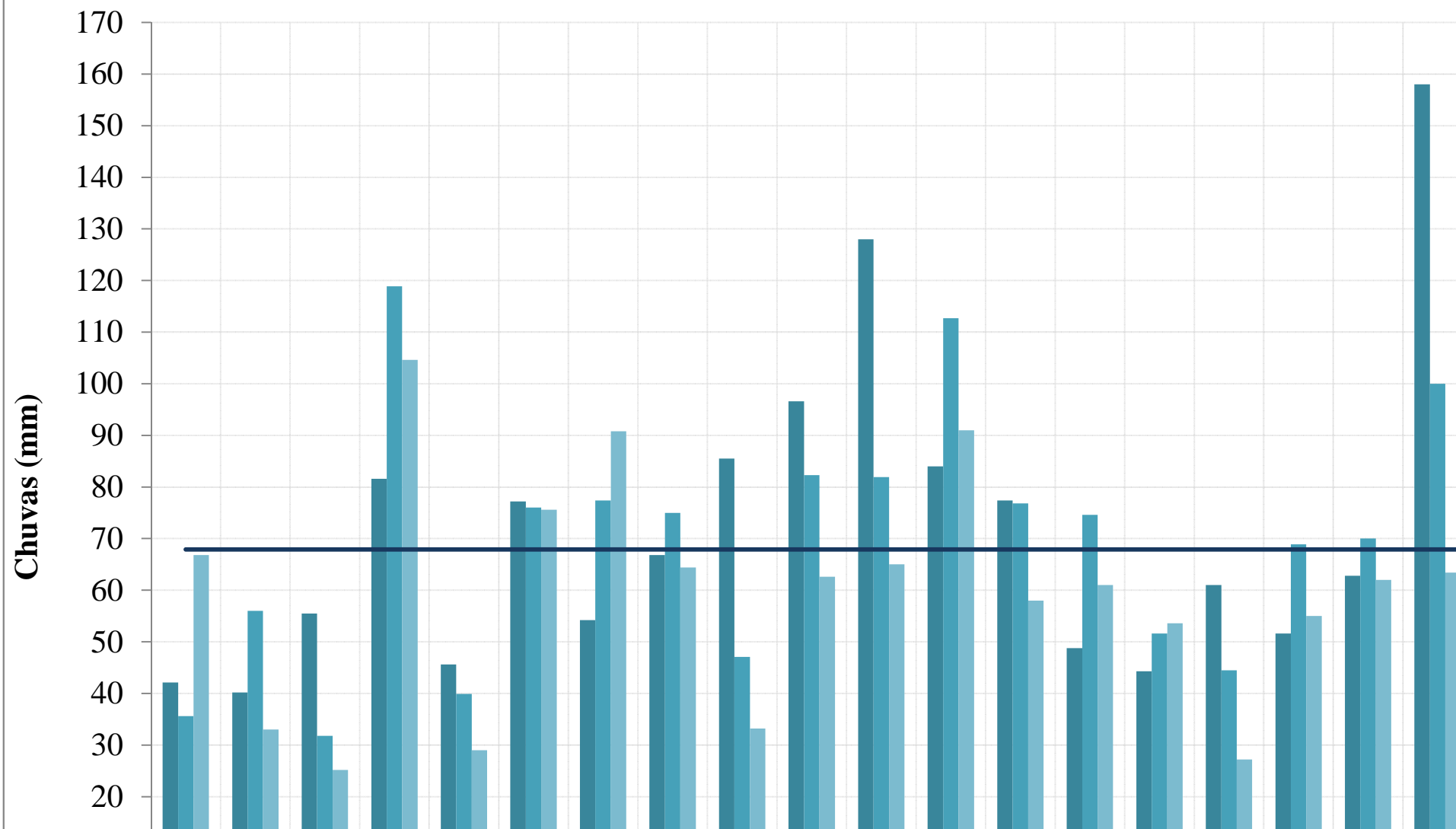


Gráfico 6. RX 1 dia - Valor máximo de chuva acumulada em um único dia no mês de dezembro nas estações, 1993-2014. Elaborado pelo autor.

RX 1 dia - Máximo de chuva acumulado em um dia no mês de janeiro nas 1993-2014



se apresentou abaixo do valor esperado para o mês de janeiro, o que é recorrente em vários outros anos na série histórica.

Para esse mesmo mês notou-se os maiores valores de chuva acumulada em único dia, sendo 158 mm e 151 mm nos anos de 2011 e 2013 respectivamente na estação localizada no CRHEA, valores esses que são os mais elevados em todas as estações analisadas em todos os meses de maiores valores de chuva em um dia chuvoso.

Com isso, o mês de janeiro, mesmo com grandes flutuações interanuais nos dados de chuvas, apresentou índices pluviométricos significativos na série histórica.

Para o mês de fevereiro também se notou uma grande diferença entre os dados das estações, uma vez que os últimos cinco anos os valores de chuvas nessas estações, mesmo agrupadas em um mesmo cenário climático por sua gênese, apresentaram comportamentos pluviométricos distintos quanto ao máximo de chuva acumulada em um único dia, onde a estação localizada no CRHEA registrou índices superiores às outras estações.

Tais aspectos são observados a partir do gráfico 8, que expressa o valor máximo de chuva acumulada em um único dia nas estações climatológicas.

O mês de março representa a transição entre os meses de maior e menor de acúmulo de chuvas em um único dia, uma vez que entre os meses de abril a setembro nenhum desses apresentou valores máximos de chuva acumulada em um único dia, sendo esse, juntamente com o mês de outubro, os meses que representam os maiores valores médios esperados de chuvas acumuladas em um único dia. Tais aspectos observados são justificados a partir da diminuição do valor acumulado de chuva em um único dia, como observado no gráfico 9.

O período hidrológico e sua representação a partir do RX de 1 dia representam o acúmulo de precipitação pluviométrica em um único dia, sendo que as flutuações

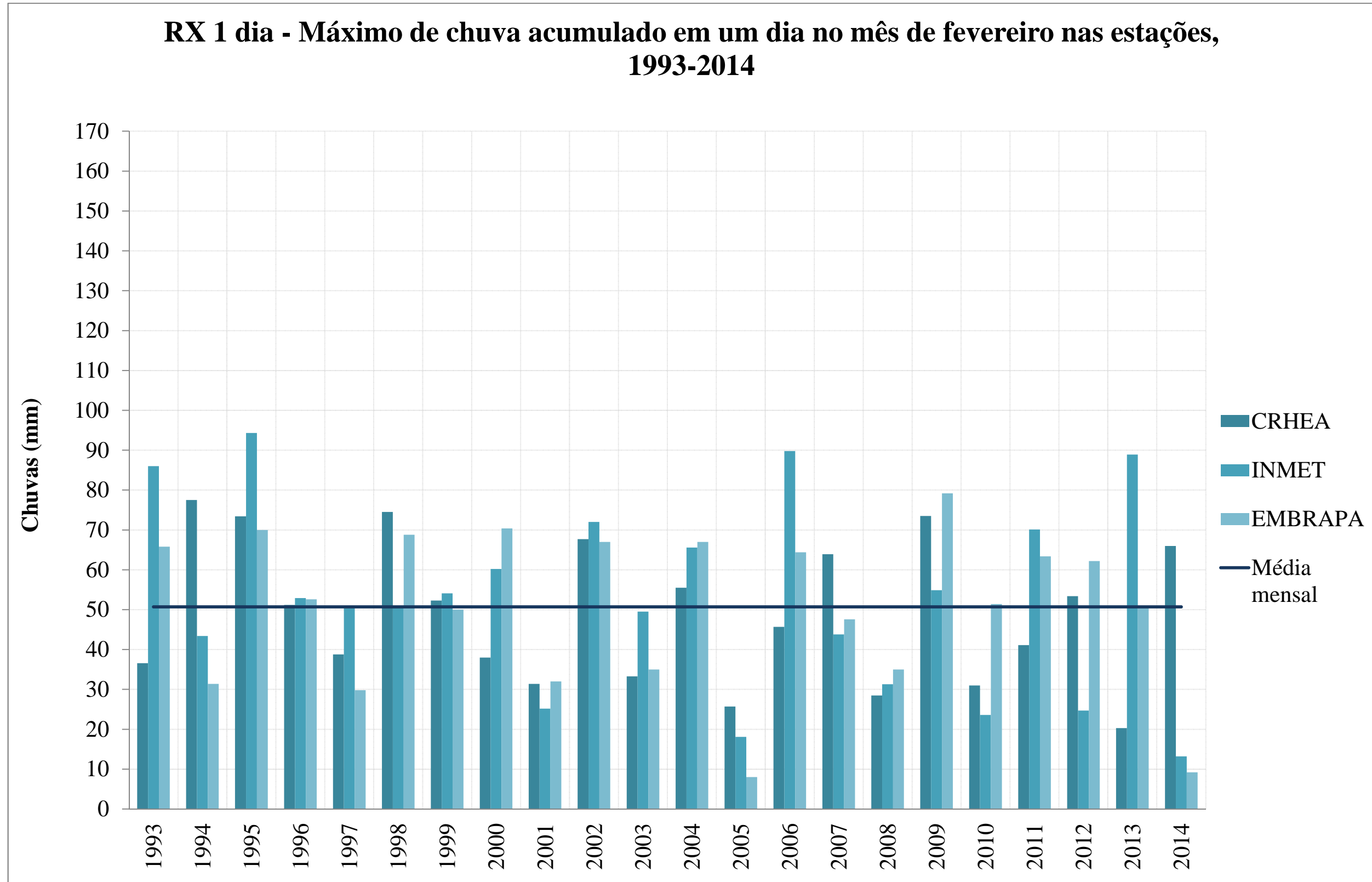
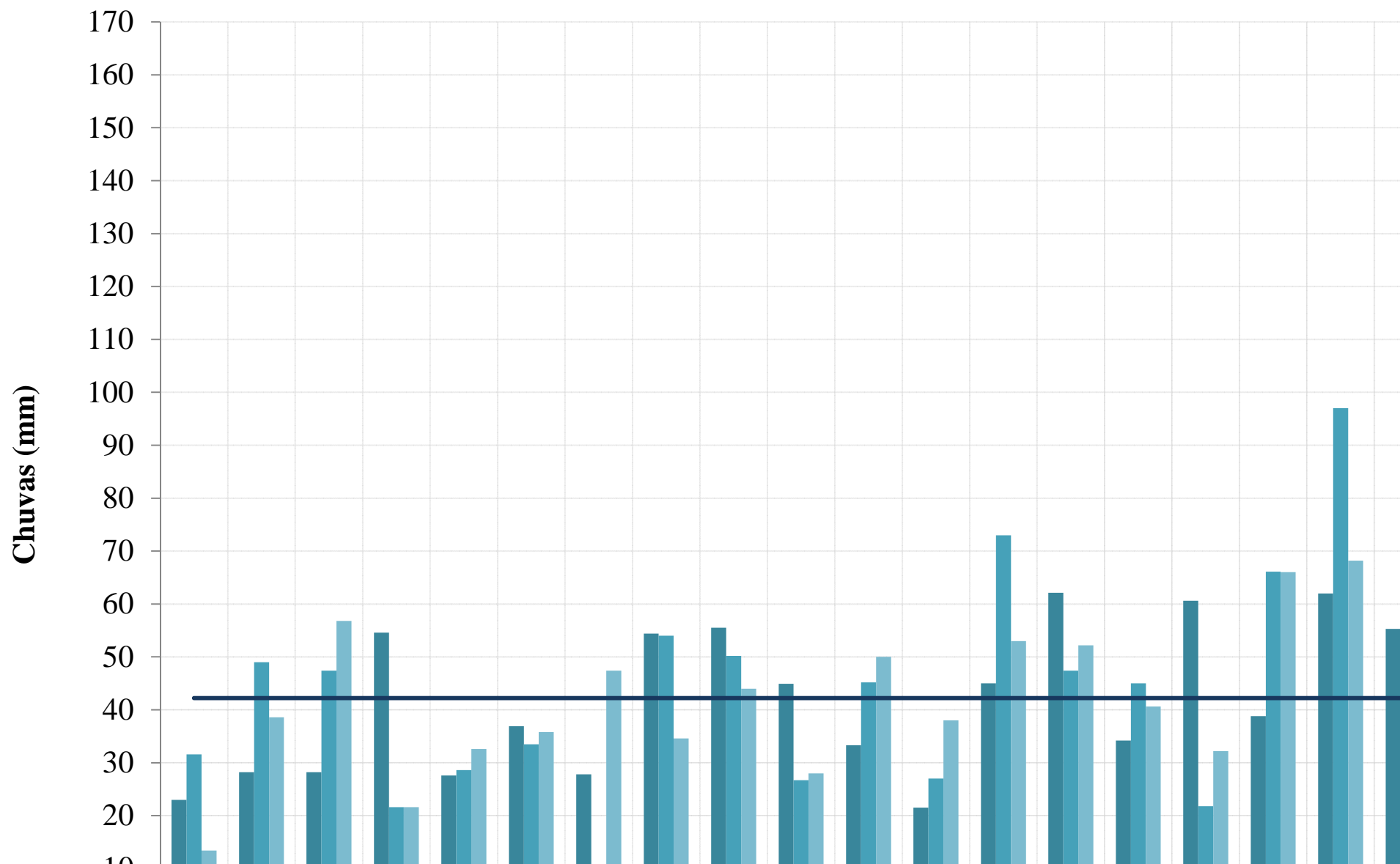


Gráfico 8. RX 1 dia - Valor máximo de chuva acumulada em um único dia no mês de fevereiro nas estações, 1993-2014. Elaborado pelo autor.

RX 1 dia - Máximo de chuva acumulado em um dia no mês de março nas 2014



observadas junto aos dados são significativas e apontam para a concentração dos dias mais chuvosos entre os meses de dezembro e janeiro, sendo que os meses de setembro e fevereiro são aqueles de mais apresentaram flutuações nos dados de chuvas acumuladas e, nos meses de outubro e março é possível observar o aumento e a diminuição das médias acumuladas em um único dia respectivamente na série histórica.

A análise dos dados também permite se observar diferenças entre o comportamento pluviométrico entre as estações do CRHEA/USP, do INMET/UFSCar e da EMBRAPA, sendo que, mesmo essas configurando uma mesma gênese climática têm registros cronológicos e quantitativos que variam entre si.

Além de identificar o máximo de chuva acumulada em um único dia e, a fim de compreender o comportamento pluviométrico a partir de dados de chuvas foram inseridos os índices de CDD (Dias consecutivos secos) e CWD (Dias consecutivos úmidos), que apresentam os dias consecutivos chuvosos, ou seja, a quantidade máxima de dias consecutivos que apresentaram mais de um milímetro de chuva e os dias consecutivos secos, ou seja, a quantidade máxima de dias consecutivos que apresentaram menos de um milímetro de chuva na série histórica de 1993-2014.

6.1.3. RX 5 dias

A partir do índice RX de 5 dias é possível verificar a quantidade máxima de chuvas acumuladas em 5 dias consecutivos, sendo que sua resposta é descrita mensal e anualmente a fim de verificar a intensidade de acumulação das chuvas em um determinado período. Com os valores mensais, pode-se observar o máximo acumulado de chuvas em cinco dias consecutivos num determinado mês, por sua variabilidade interanual. Já pelos dados anuais é possível observar qual o valor máximo acumulado

em cinco dias chuvosos num período de um ano e, dessa forma, descartando os valores mensais inferiores a esse.

Para tanto, foi admitido o cálculo desse índice para as três estações climatológicas e, num primeiro momento, obteve-se o máximo acumulado em cinco dias consecutivos por sua interanuidade, como expressa o gráfico 10.

Diante do cálculo desse índice, pode-se notar que o máximo acumulado em 5 dias consecutivos sempre ocorrem entre os meses de janeiro, fevereiro, março, outubro, novembro e dezembro, o que configura o período de máximo acumulado de chuvas por período enquanto seis meses (semestre hidrológico).

A distribuição anual de tais dados mostra-se com flutuações interanuais e de onde admitiu-se o valor médio do RX de 5 dias como 163 mm de chuva, sendo que, em todos os anos obtidos pelos dados das estações, todos os anos apresentaram, no mínimo, 100 mm de chuvas em 5 dias consecutivos, exceto no ano de 2008, no qual as estações do INMET/UFSCar e EMBRAPA apresentaram aproximadamente 75 mm de chuvas como valor máximo acumulado em 5 dias.

Nota-se também que existem diferenças entre os dados das estações, sendo os valores das estações INMET/UFSCar e EMBRAPA semelhantes por seus comportamentos nos dados e, dessa maneira, distintos dos dados coletados na estação CRHEA/USP, por exemplo, quando os valores da estação CRHEA/USP estão abaixo, os dados das outras estações estão acima e vice-versa.

Com a observação dos dados, notou-se que 18 dos 22 anos observados estiveram próximos e, em alguns desses, acima do valor médio admitido, o que representa 77% dos anos e, no restante dos anos, esses valores estiveram abaixo do valor médio de 163 mm, como no ano de 2014, último observado na série histórica.

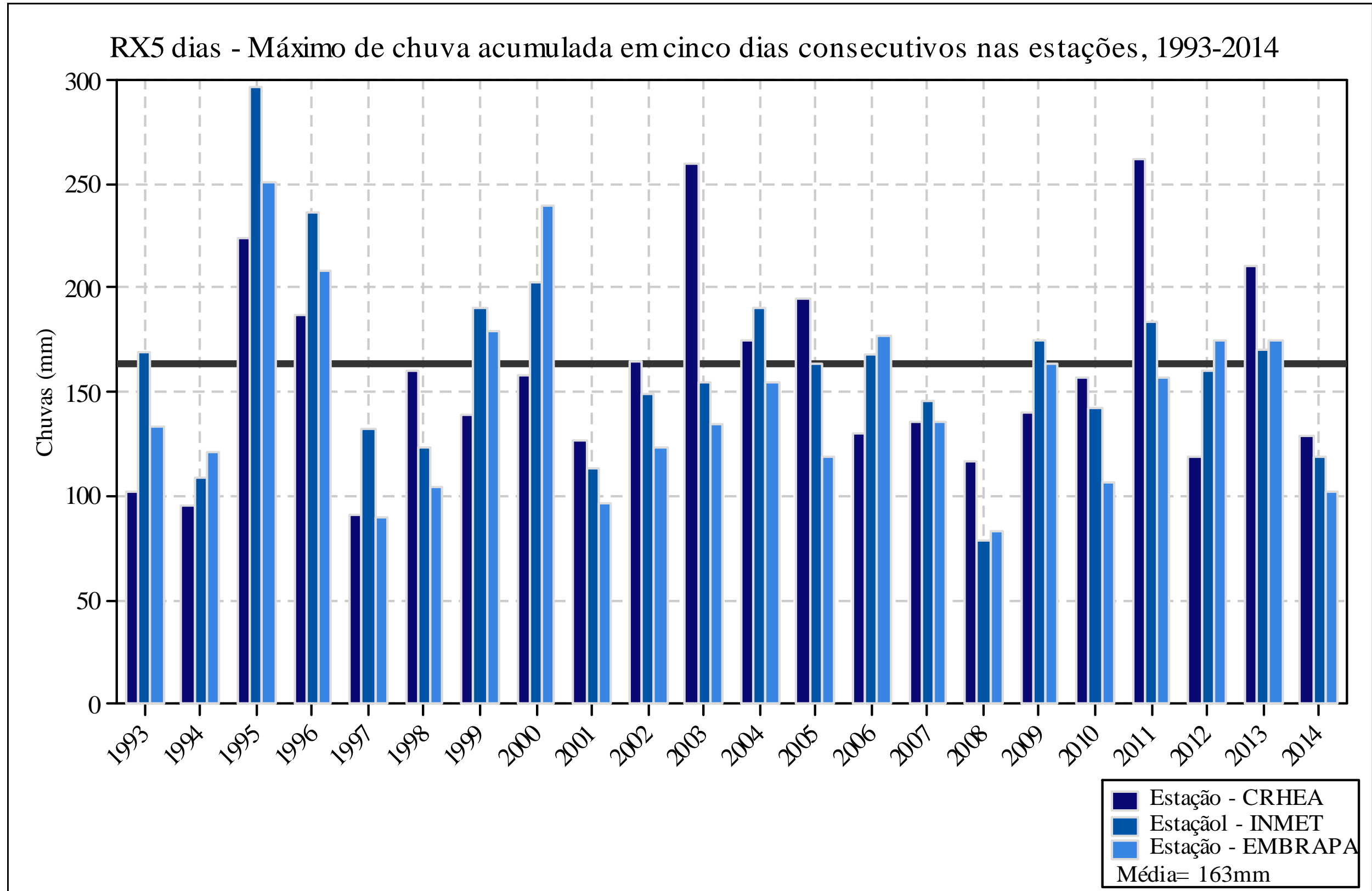


Gráfico 10. RX 5 dias - Valor máximo de chuva acumulada em cinco dias consecutivos nas estações, 1993-2014. Elaborado pelo autor.

As flutuações nos dados observados apresentam-se recorrentes entre os anos observados e entre as estações climatológicas, o que representa a dinâmica climática de anos com maiores valores de precipitação pluviométrica e anos de menores valores em função da série histórica admitida e, a partir dos resultados obtidos junto aos cálculos desse índice entre as estações climatológicas, foi destacado o valor do RX de 5 dias para os meses em que esse valores máximos ocorreram e que correspondem ao semestre hidrológico e representados mensalmente a partir de sua variabilidade.

O cálculo dos valores de RX de 5 dias podem ser associados à ocorrência de chuvas intensas entre os anos admitidos para a série histórica, ou então, para o entendimento de seu comportamento mensal. Para tanto, nota-se também que os valores do RX de 5 dias consecutivos chuvosos estiveram sempre concentrados entre os períodos do semestre hidrológico, o que favorece para o entendimento das chuvas intensas se encontrarem sempre nos períodos de maiores valores pluviométricos anuais e, conseqüentemente, não ocorrendo nos meses de abril a setembro.

O RX de 5 dias nas estações também apresentou significativas flutuações e variações interanuais, sendo que, tanto para esse índice quanto para o RX 1 dia, o ano de 2014 apresentou um dos menores valores entre os anos analisados na série histórica, contudo, pode-se observar a diferença entre períodos de maior ou menor quantidade de chuvas a partir dos meses de dezembro e março do ano de 2014, onde os valores estiveram acima do médio esperado. Com isso, pode-se atribuir que, o uso desse índice, quando associado à presença de chuvas intensas, é de grande relevância em práticas de gestão agrícola e urbana que coincidem com o planejamento em diferentes usos econômicos, políticos e até sociais, uma vez que configuram valores de chuvas acumuladas no período de tempo de cinco dias consecutivos.

Com a descrição do máximo acumulado em um e cinco dias consecutivos, pode-se notar a existência de valores abaixo e acima de um valor médio esperado, o que configura a existência de anos com padrão habitual, seco ou chuvoso (MONTEIRO, 1976; TAVARES, 1976; SANT'ANNA NETO, 1995) ao longo da série histórica a apontam para o dinamismo climatológico e rítmico existente na região estudada. Sendo assim, como é conferido a região uma tipologia climática regulada por meio de sistemas atmosféricos (massas de ar, frentes quentes e frias, etc.), bem como as chuvas se associam, em sua maioria (porcentagem), à dinâmica atmosférica, as chuvas que se concentram em 5 dias consecutivos podem apenas evidenciar a ação dos períodos de frontogênese ou frontólise, o que dificulta a representatividade dos anos se apresentarem com maior acúmulo de chuvas (mm) em um número menor de dias, uma vez que a duração das ações frontogenéticas não se mantém por mais de 7 dias até frontólise.

Como considerou-se o semestre hidrológico, apresentar-se-á a partir do mês de outubro tais dados, como expresso pelo gráfico 11.

O mês de outubro foi o que apresentou o menor valor médio de chuvas acumuladas em cinco dias consecutivos na série histórica, sendo esse de 63,9 mm. Pode-se observar também, que as flutuações nos dados apresentam-se em toda a série histórica e que encontrou-se sempre acima de 35 mm acumulados em cinco dias consecutivos no mínimo para todo o período analisado, enquanto os valores máximos para o mês foram registrados nos anos de 1994, 1995, 1998, 2001, 2011 e 2013, sendo esse último o de maior valor registrado, que foi de 125 mm em cinco dias consecutivos junto à estação do CRHEA/USP.

Nos últimos cinco anos, notou-se a presença de valores próximos a média esperada no período mas, pode-se observar que em 2011 e 2013 esses foram mais acentuados em todas as estações e que no ano de 2014, último observado na série

temporal, esteve abaixo do valor médio esperado junto a cinco dias consecutivos de chuva acumulada, porém, não inferior ao ano de 1999, que apresentou os menores valores registrados em toda a série histórica admitida entre as estações climatológicas.

No mês de novembro, segundo em menor valor médio para o RX de 5 dias, pode-se observar flutuações entre os dados das estações climatológicas e, além disso, grande

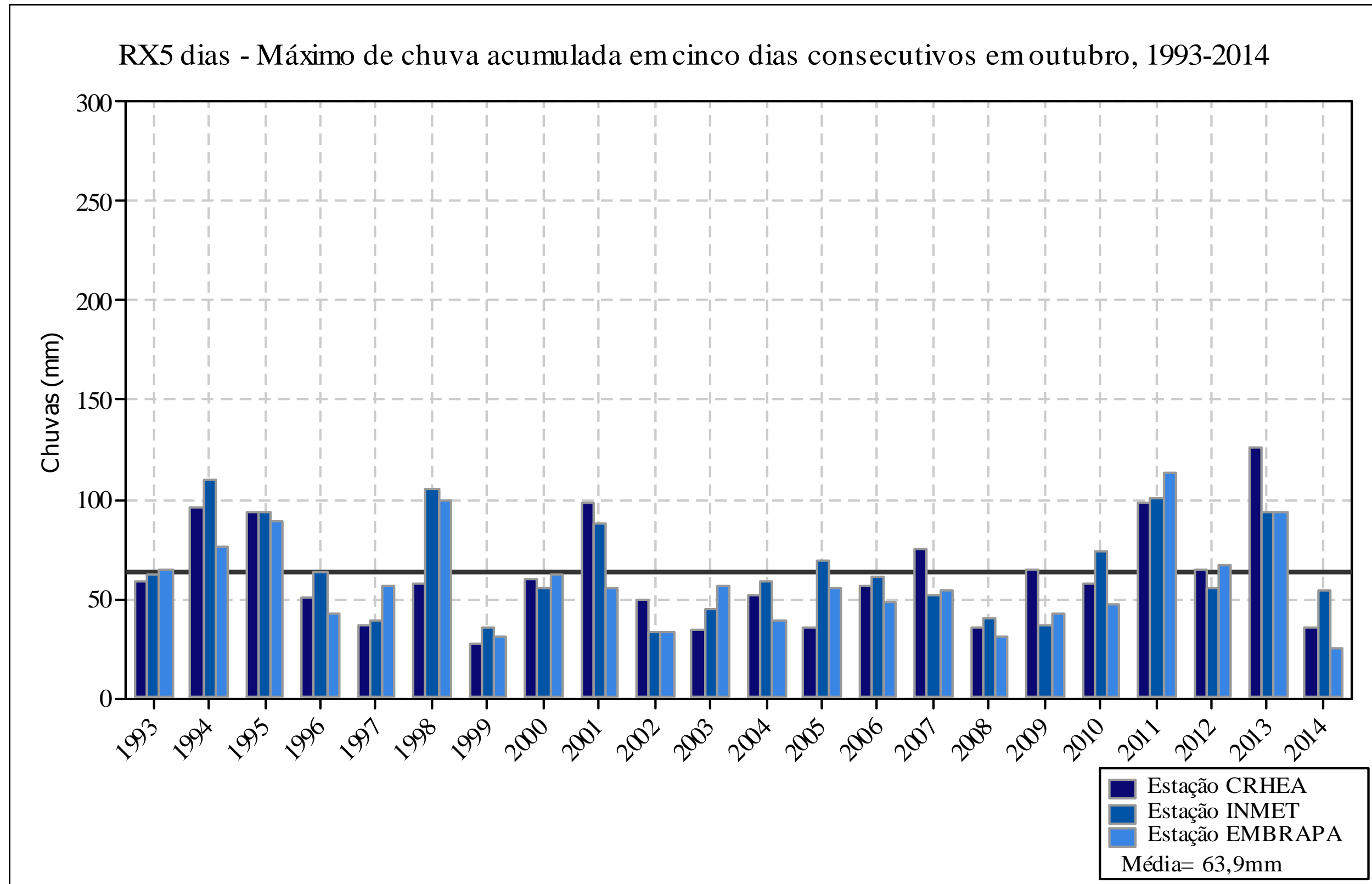


Gráfico 11. RX 5 dias - Valor máximo de chuva acumulada em cinco dias consecutivos, no mês de outubro, nas estações, 1993-2014. Elaborado pelo autor.

parte dos dados encontraram-se próximos ao valor médio obtido para esse índice entre as estações, que foi de 78,3 mm, o que totalizou, aproximadamente, em 61% dos anos admitidos na série histórica analisada. Tais elementos podem ser observados a partir do gráfico 12, que expressa o valor máximo de precipitação pluviométrica acumulada em cinco dias consecutivos entre as estações climatológicas.

Os meses que representam os maiores valores máximos acumulados em cinco dias consecutivos chuvosos são novembro, fevereiro e janeiro, que apresentaram um valor médio para esse índice de 102,9, 116,9 e 138,5 mm respectivamente.

No mês de dezembro, o valor mínimo observado em toda a série histórica foi de, aproximadamente, 50 mm, exceto no ano de 2013 para as estações INMET/UFSCar e EMBRAPA, que registraram aproximadamente 25 mm em cinco dias consecutivos chuvosos. Entre os anos de 1998 e 2006, pode-se observar a constância de valores próximos aos 102,9 mm de chuva em cinco dias, valor médio para o mês na série histórica. Já nos últimos cinco anos, os dados apresentaram flutuações interanuais e entre as estações mais abruptas, o que pode ser representado pelos anos de 2012 e 2013, que apresentaram valores diferentes entre as estações, mas com valores acima do médio e o valor mais baixo entre os anos da série histórica respectivamente, como expressa o gráfico 13 a partir do RX de 5 dias nas estações climatológicas.

No mês de janeiro, pode-se verificar o maior valor médio do RX de 5 dias na série histórica e em todas as estações climatológicas, com aproximadamente 138,5 mm de chuva como esperado para o período.

Esse mês também representa os valores de chuvas, em milímetros, um dos períodos mais acentuados, com mais de 250 mm em alguns anos. As flutuações nos dados existem, também, pelo caráter anual e entre as estações climatológicas, porém, sempre

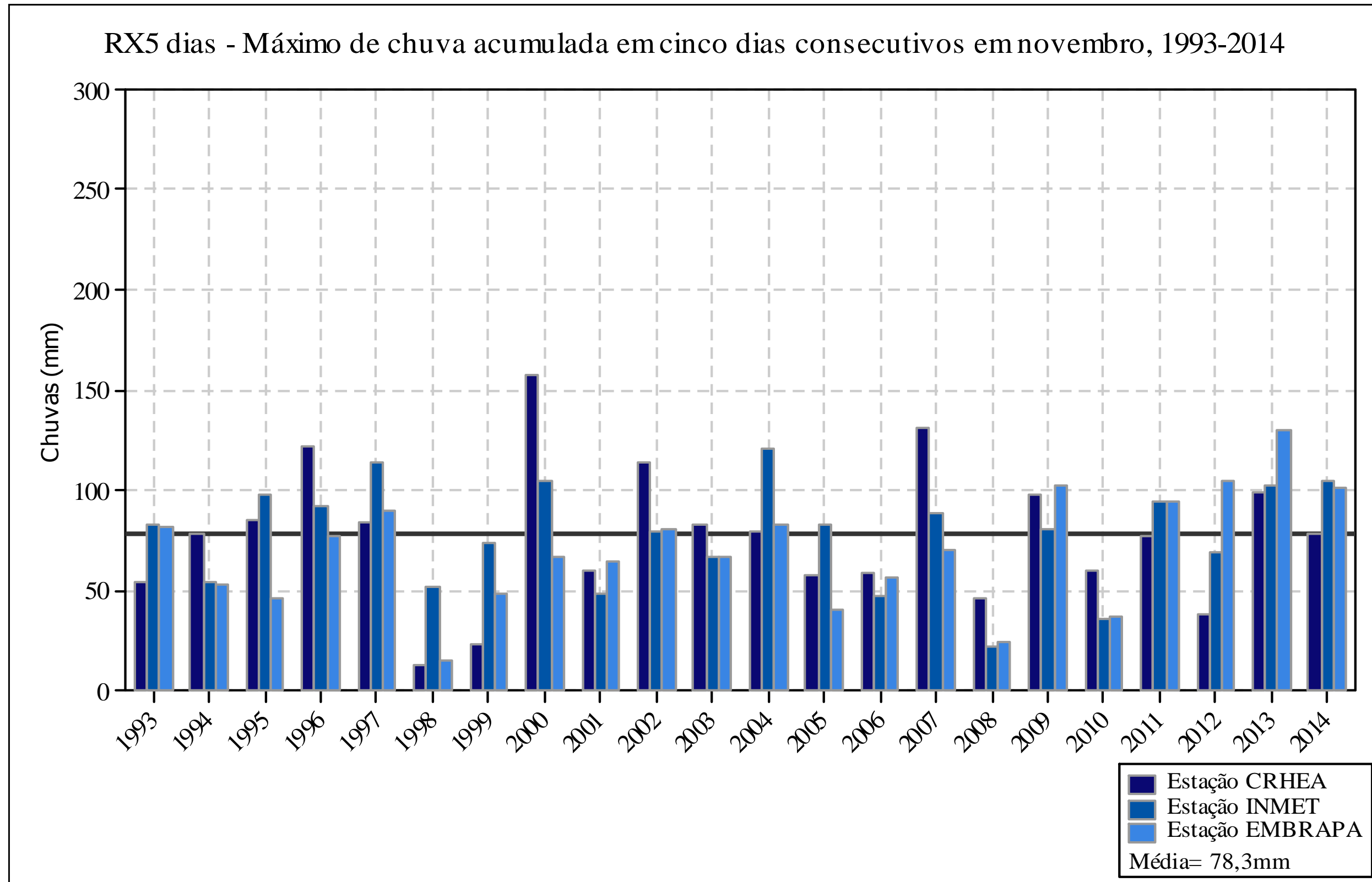
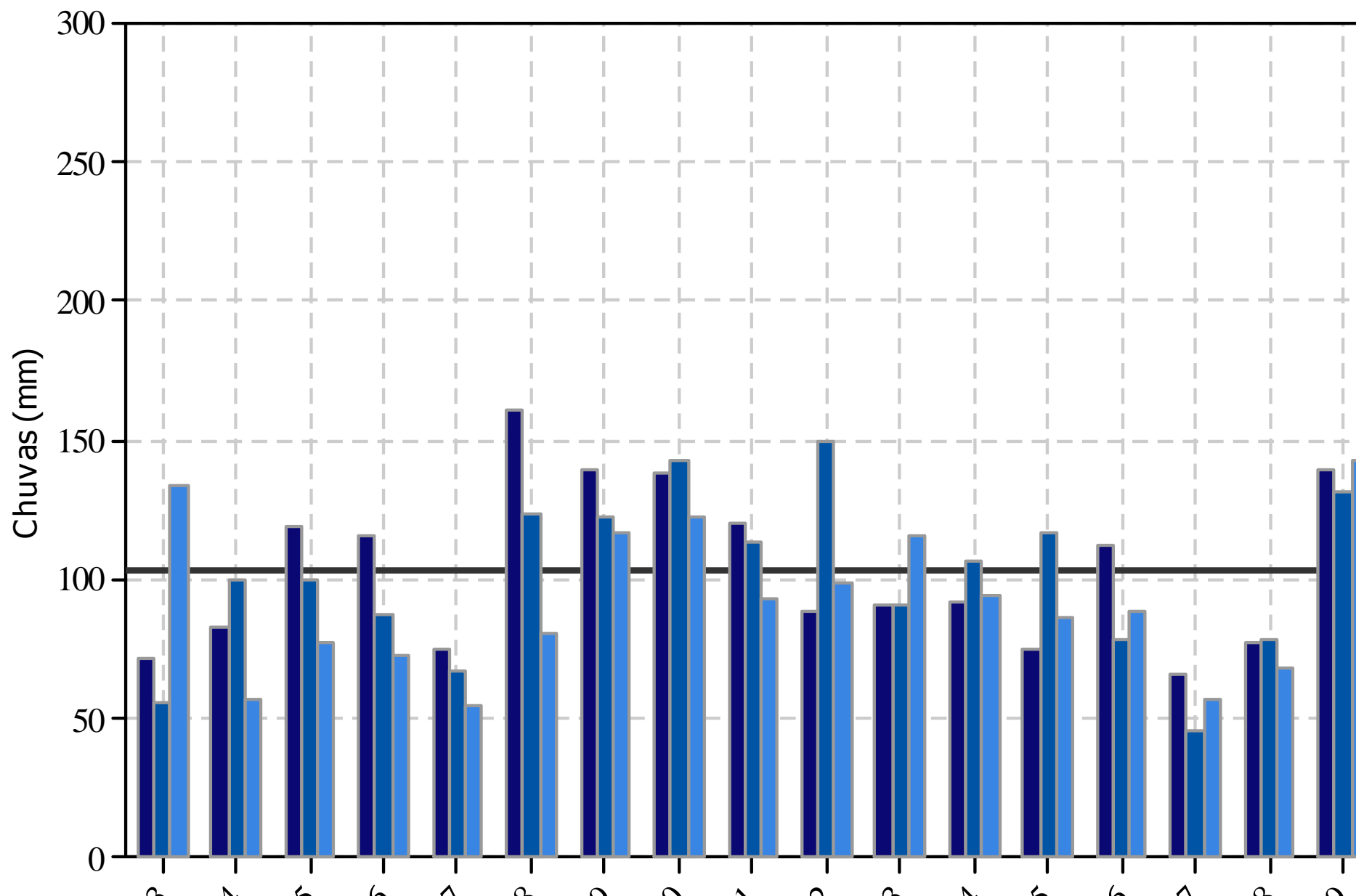


Gráfico 12. RX 5 dias - Valor máximo de chuva acumulada em cinco dias consecutivos, no mês de novembro, nas estações, 1993-2014. Elaborado pelo autor.

RX5 dias - Máximo de chuva acumulada em cinco dias consecutivos em dez



superiores a 50 mm de chuva em cinco dias consecutivos em todos os anos da série histórica observada.

Nos últimos cinco anos, pode-se notar a os valores próximos ao valor médio de 138,5 mm, contudo, observa-se índices acentuados nos anos de 2011 e 2013 na estação CRHEA/USP, além do ano de 2014, que foi o ano de menor valor do RX de 5 dias em todas as estações e em toda a série histórica com, em média, 35% do valor médio esperado, sendo contrário ao mês de dezembro, onde, para o mesmo ano, os valores nas estações estiveram próximo ao valor médio esperado e/ou acima desse. Vale ressaltar ainda, que 15 dos 22 anos observados estiveram próximo ou acima do valor médio, porém, sem valores extremos, exceto nos anos de 1996, 2003 e 2010, que corresponde a, em média, 68% dos anos da série histórica nas estações.

Tais dados podem ser verificados no gráfico 14, que expressa o RX de 5 dias chuvosos para o mês de janeiro nas estações climatológicas.

O mês de fevereiro apresenta-se com inúmeras flutuações nos dados entre as estações e as mais acentuadas, além de representar o período em que houve o maior registro de chuvas em cinco dias consecutivos entre as estações e em todo o semestre hidrológico, que é representado pelo ano de 1995, com quase 300 mm de chuvas em cinco dias consecutivos na estação INMET/UFSCar, enquanto as outras estações registraram, ao menos, 225 mm de chuva no mesmo período.

Nos últimos cinco anos notam-se a existência de valores abaixo do médio admitido para o período entre as estações, que foi de 116,9 mm. No ano de 2014, por exemplo, observa-se que as estações INMET/UFSCar e EMBRAPA não atingiram 25 mm em cinco dias consecutivos e, nos outros anos, nota-se ao menos 60 mm de chuvas entre as estações climatológicas. Entretanto, somente oito anos apresentaram-se abaixo

do valor médio esperado, o que totaliza, em média, 36% dos anos da série histórica observada.

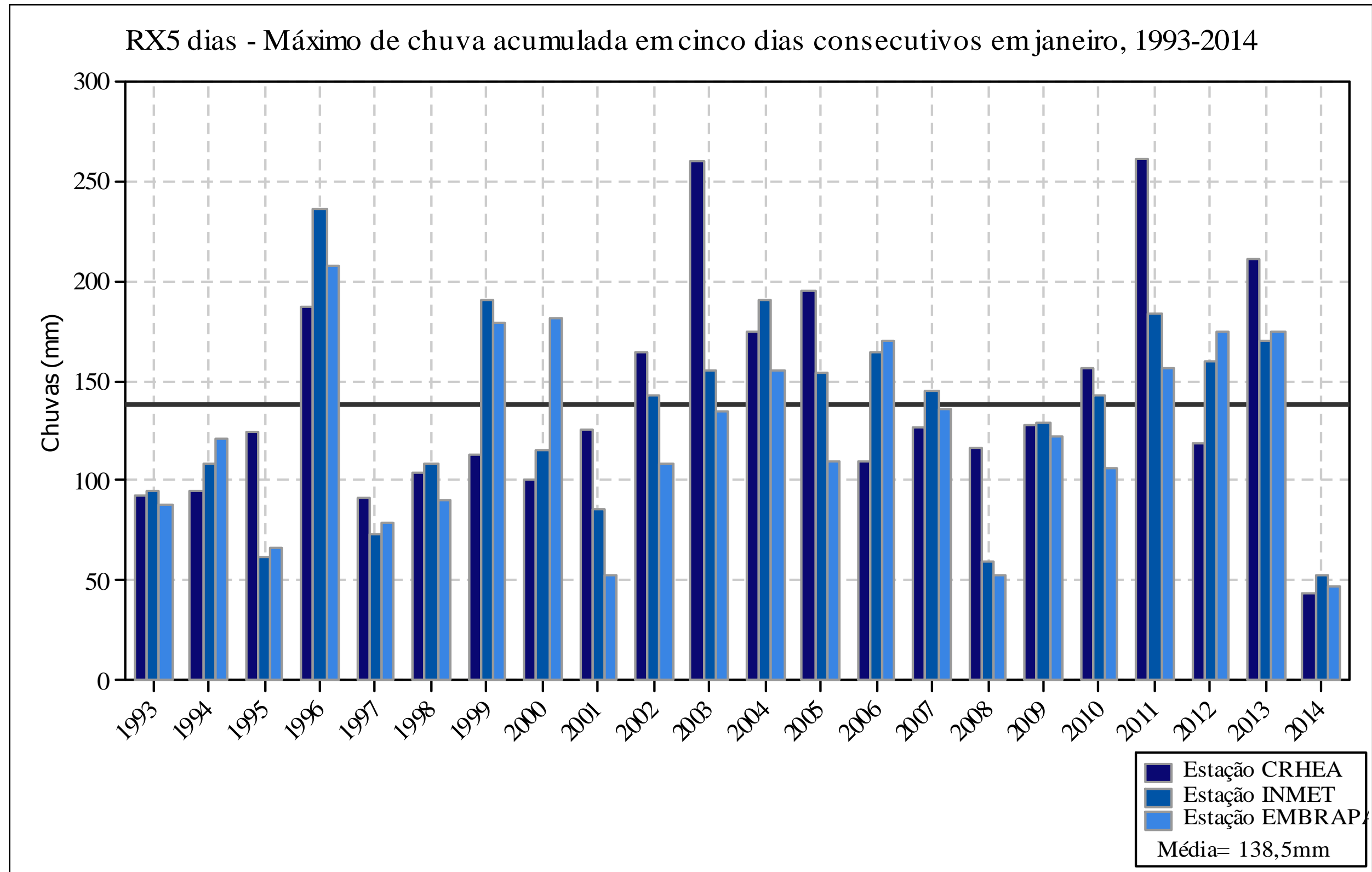


Gráfico 14. RX 5 dias - Valor máximo de chuva acumulada em cinco dias consecutivos, no mês de janeiro, nas estações, 1993-2014. Elaborado pelo autor.

O gráfico 15 expressa o RX de 5 dias para o mês de fevereiro entre as estações climatológicas no período de 1993-2014 conforme descrito anteriormente.

Por fim, o mês de março apresenta-se como o último mês do semestre hidrológico em que o máximo acumulado em cinco dias chuvosos foi observado na série histórica, sendo que grande parte dos dados observados entre as estações climatológicas estiveram próximos ao valor médio admitido para esse período, que foi de 88,8 mm e, em todos os meses de março nessa série histórica, nota-se, ao menos, 25 mm de chuvas em cinco dias consecutivos, sendo os anos de 1997, 2004 e 2012 aqueles em que os valores estiveram mais abaixo.

Nos últimos anos, exceto em 2012, pode-se visualizar todos os valores próximos ao valor médio atribuído e esperado do RX de 5 dias para as estações nesse período, o que representa 72% desses anos ou dezesseis anos dos vinte dois observados. Além disso, pode-se notar a falta nos dados de 1999, uma vez que o *software* descartou esse mês para a estação do INMET/UFSCar por esse apresentar mais de 25% de dados faltosos no período destacado a fim de garantir a validade nos dados calculados.

O gráfico 16 expressa o RX de 5 dias nas estações climatológicas para o mês de março entre os anos de 1993 e 2014.

Outro índice destacado pelo relatório AR-5 do IPCC (2014, p. 1506) é referente ao aumento dos CDDs, contudo, esse índice calculado a partir dos dados das estações mostrou-se com significativas flutuações interanuais, uma vez que houve anos em que o número de dias consecutivos úmidos de fato aumentou e, em anos como o de 2012, 2013 e 2014, esses valores diminuíram. Já os valores de CWDs o relatório não apresenta dados referentes a mudanças em seu regime interanual, como foi descrito pelo presente trabalho anteriormente.

A fim de interpretar a disposição dos outros índices calculados pelo RCLimindex 1.1, serão apresentados o CDD e CWD, que representam os valores máximos de dias consecutivos secos e dias consecutivos úmidos junto às estações climatológicas.

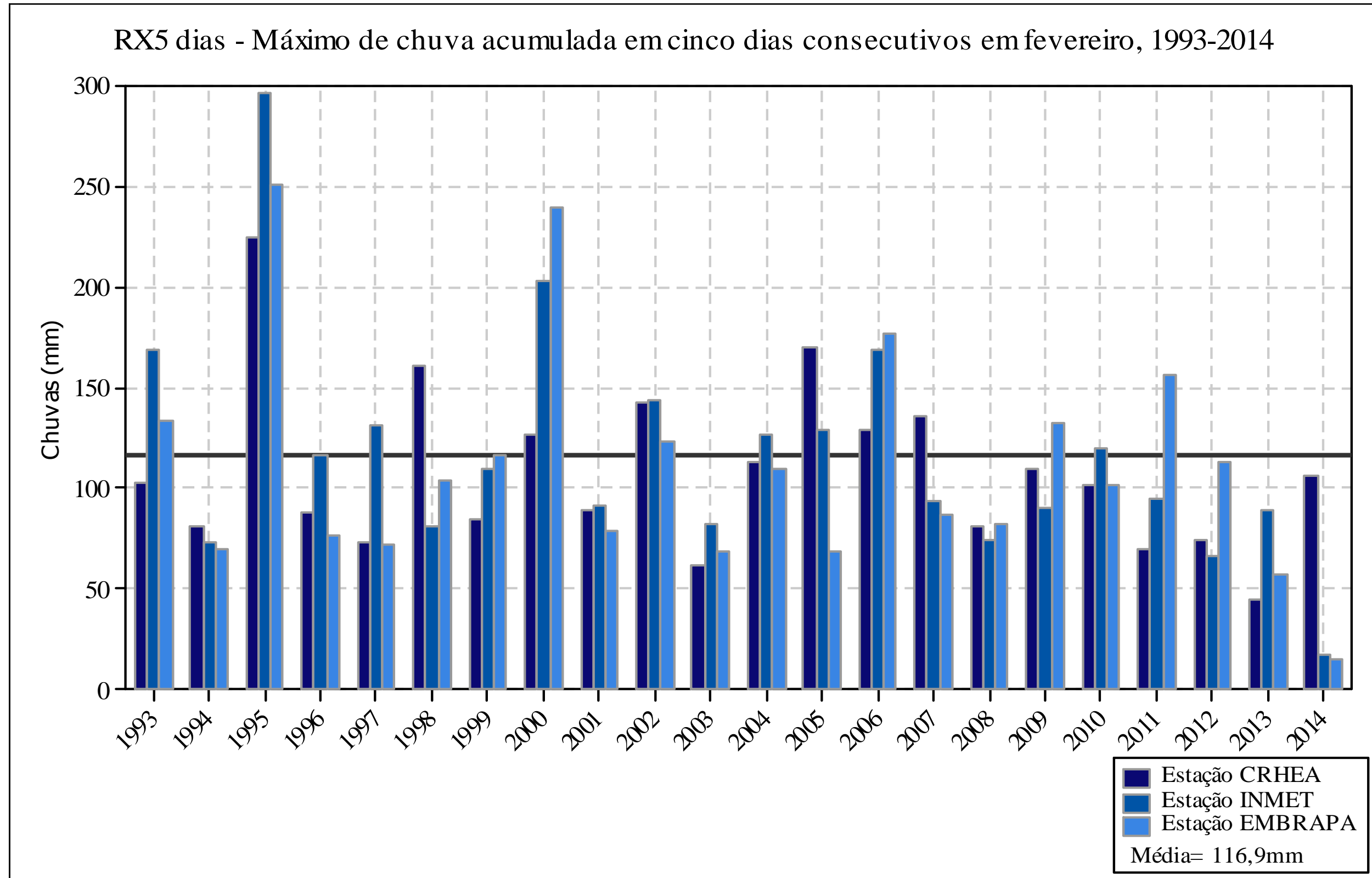
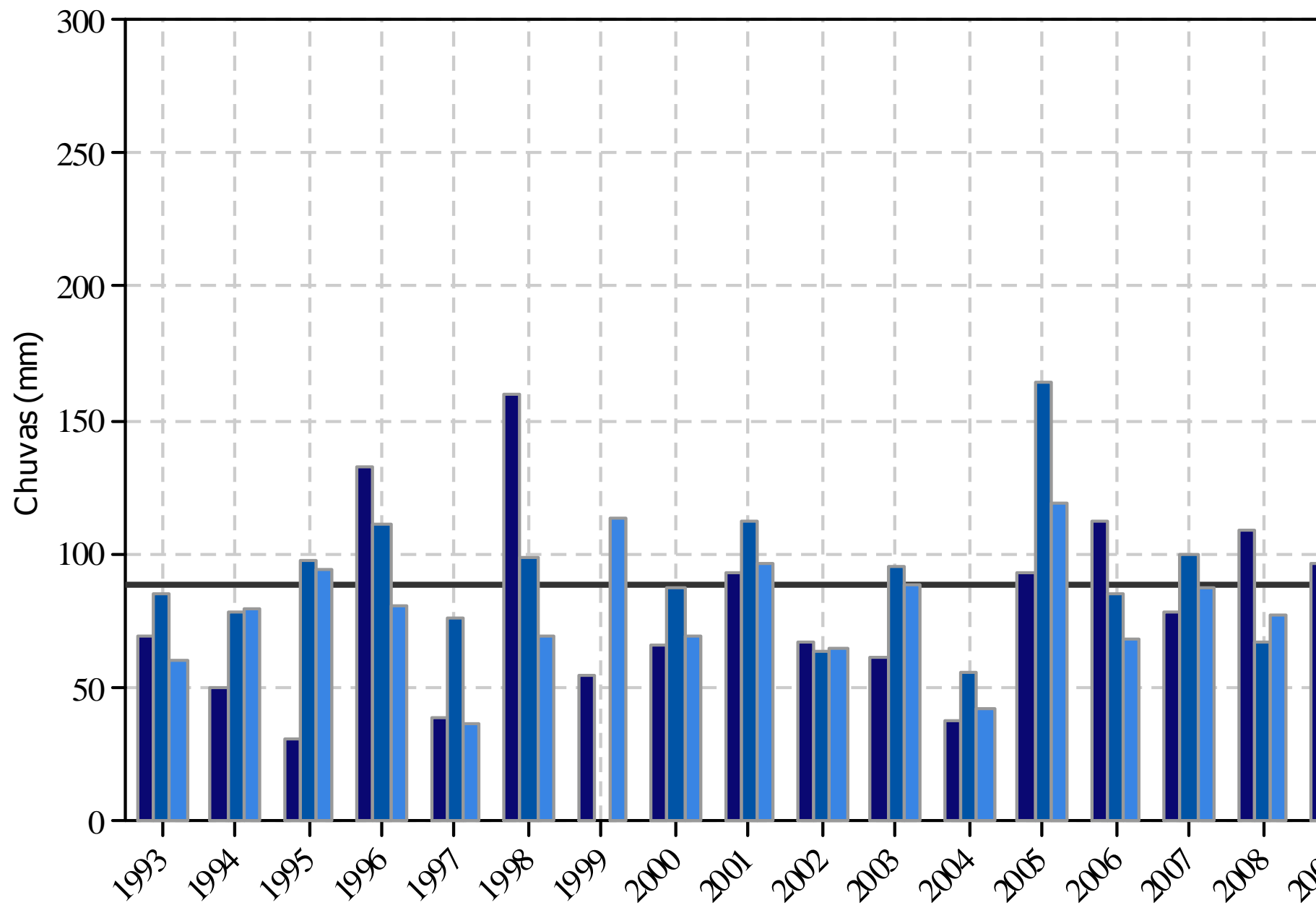


Gráfico 15. RX 5 dias - Valor máximo de chuva acumulada em cinco dias consecutivos, no mês de fevereiro, nas estações, 1993-2014. Elaborado pelo autor.

RX5 dias - Máximo de chuva acumulada em cinco dias consecutivos em



6.1.4. CDD (Dias consecutivos secos)

A partir desse índice é possível identificar o máximo de dias consecutivos que, anualmente, não se registrou chuva. A fim de compreender tal comportamento de dias consecutivos nas estações climatológicas, pode-se observar o número máximo de dias consecutivos que não houve chuva no período de 1993-2014 nas estações do CRHEA/USP, do INMET/UFSCar e da EMBRAPA, que são expressos pelo gráfico 17.

A série histórica apresenta grande flutuação nos máximos de dias consecutivos secos nas estações climatológicas. Além disso, nota-se que nos anos de 1994 e 2007 o máximo de dias consecutivos secos chegou a oitenta dias, o que representa mais de dois meses sem chuvas no período de um ano.

Já nos anos de 2004 e 2009, pode ser observar como os anos onde o máximo de dias sem chuva não ultrapassou os vinte e cinco.

Apesar dos índices excepcionais na série histórica, nota-se também uma grande flutuação nos dias consecutivos secos no período dos últimos quatro anos, sendo que, como existem grandes oscilações interanuais, as observações que se seguem em toda a série histórica não apontam para um padrão junto ao máximo de dias consecutivos secos nas estações, mesmo que haja diferenças nos dados até entre as estações climatológicas.

A média dos dias consecutivos secos para as estações climatológicas é de quarenta e dois, sendo que as estações registraram ao menos dez anos em que os dias consecutivos secos estiveram acima da média e pelo menos sete anos que estiveram abaixo da média esperada para o período. Nos últimos quatro anos, nota-se que esses estiveram na média esperada ou acima para período na série histórica adotada. Os dados referentes ao índice de CDD são expressos pela tabela 3.

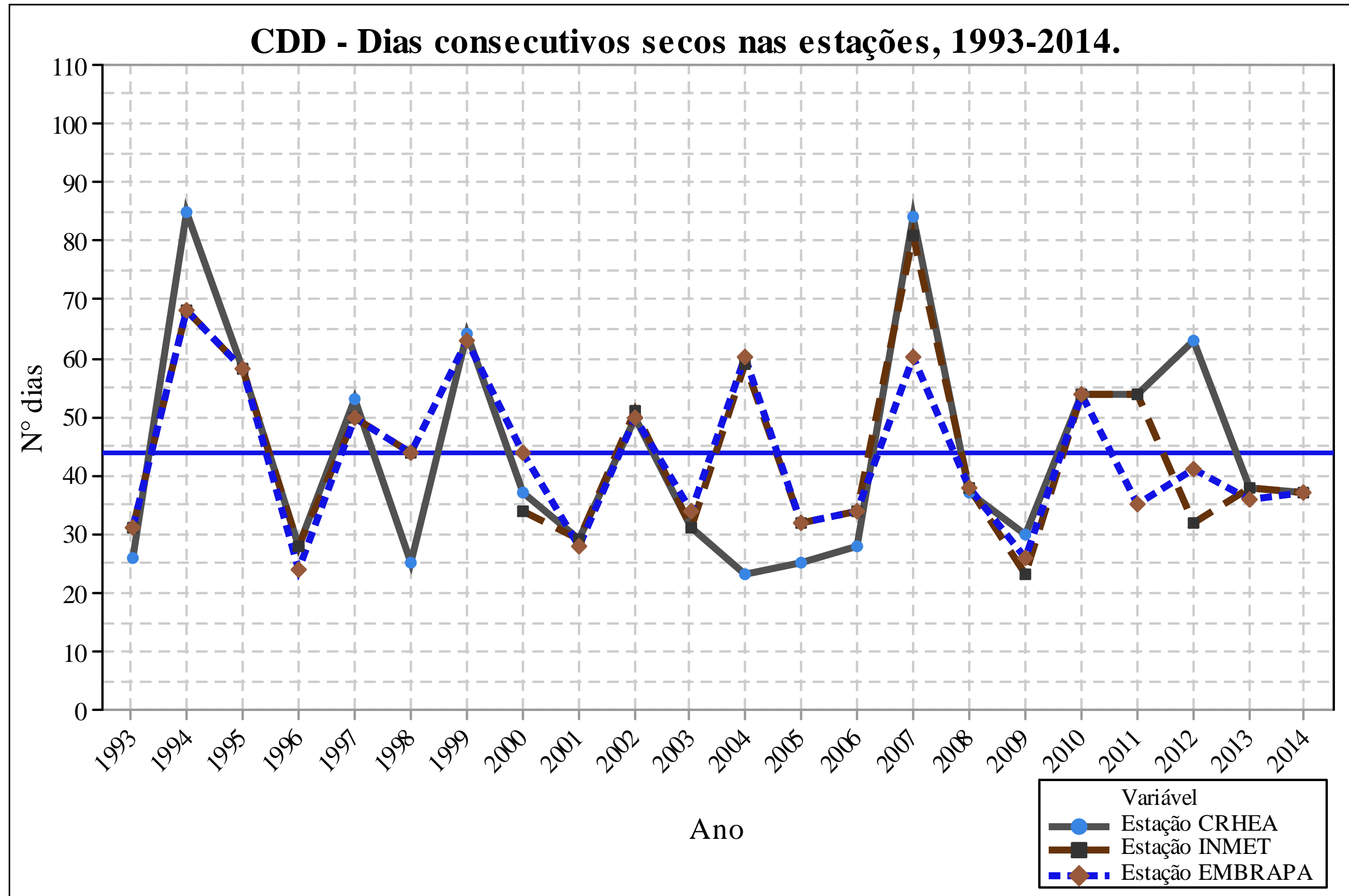


Gráfico 17. CDD – Máximo de dias consecutivos secos nas estações, 1993-2014. Elaborado pelo autor.

6.1.5. CWD (Dias consecutivos úmidos)

Os dados referentes ao índice CWD, correspondem ao máximo de dias consecutivos úmidos, ou seja, o número de dias consecutivos onde a precipitação pluviométrica foi superior a um milímetro em um ano e na série histórica de 1993-2014. O gráfico 18, expressa o máximo de dias consecutivos úmidos nas três estações climatológicas.

Os dias consecutivos úmidos nas estações climatológicas apresenta flutuação nos dados observados, uma vez que existem anos abaixo e acima da média de máximo de dias consecutivos úmidos, que nesse caso apresenta-se como esperado, ao menos nove dias consecutivos úmidos em todos os anos a partir da série histórica. Outro aspecto referente aos dados, diz respeito à existência de anos que se encontram com valores acentuados acima do esperado junto aos dias consecutivos úmidos, sendo os anos de 1995, 1998 e 2011 aqueles que se apresentaram dessa maneira.

Nos últimos três anos da série histórica notam-se um decréscimo no máximo de dias consecutivos úmidos principalmente na estação do CRHEA/USP, enquanto as outras estações apresentam um pequeno aumento, mesmo que esse ainda encontre-se abaixo da média esperada para os anos.

Em média, 42% dos anos apresentaram-se com máximo de dias consecutivos úmidos abaixo do esperado, enquanto 28% dos dados se encontram significativamente acima da média anual esperada. E, a tabela 3, expressa os dados utilizados para gerar o gráfico de máximo de dias consecutivos úmidos.

Tais dados, juntamente com o máximo de dias consecutivos secos (CDD), encontram-se abaixo da média esperada para o período nos últimos três anos, bem como flutuam sazonalmente desde o início do período analisado.

A disposição dos dias consecutivos úmidos e secos é uma das mais significativas preocupações quanto à dinâmica e o ritmo das chuvas na região estudada, uma vez que, nessas áreas, as flutuações nos volumes de chuvas e sua distribuição temporal (diária, mensal, anual, etc.) apresentam-se complexas e, a partir daí, corresponderem à concentração ou dispersão dos dias consecutivos chuvosos.

O cálculo dos índices CWD e CDD correspondem, respectivamente, ao entendimento dos dias úmidos consecutivos e secos consecutivos, contudo, não apresentam visibilidade junto a essa premissa, uma vez que a resposta obtida a partir da realização de tais cálculos se dá com o caráter anual, além de considerar apenas os valores máximos de dias consecutivos úmidos ou secos anuais, o que dificulta a análise diária, na qual se propõe. Com isso, o cálculo desses índices despreza a quantidade de dias consecutivos úmidos e secos que não correspondem ao máximo de dias em um único ano, ou seja, apenas mensura, anualmente, quais os valores máximos dos dias consecutivos secos e úmidos, o que representa uma lacuna junto ao processo interpretativo do índice, mesmo que esse considere os dados climatológicos diários para o cálculo.

Apesar de tais considerações, os índices de CWD e CDD representam a visibilidade da concentração do máximo de dias consecutivos chuvosos e secos, sendo que, em ambos os dados obtidos, pode-se notar flutuações marcantes entre os anos da série histórica, enquanto o comportamento entre as estações climatológicas apresentam-se semelhantes, exceto em alguns anos em que uma das estações apresentou valores

extremos, como no ano de 2011 na estação do CRHEA/USP em relação às outras para os dias consecutivos úmidos.

Esses índices permitem interpretar a presença de inúmeros dias sem chuvas consecutivos, que ocorrem, predominantemente, no inverno (entre os meses de julho e agosto principalmente), enquanto os valores de dias consecutivos úmidos se concentram no período do semestre hidrológico, mesmo que a análise de sua concentração e/ou dispersão seja inviabilizada pelos resultados obtidos a partir do cálculo desses.

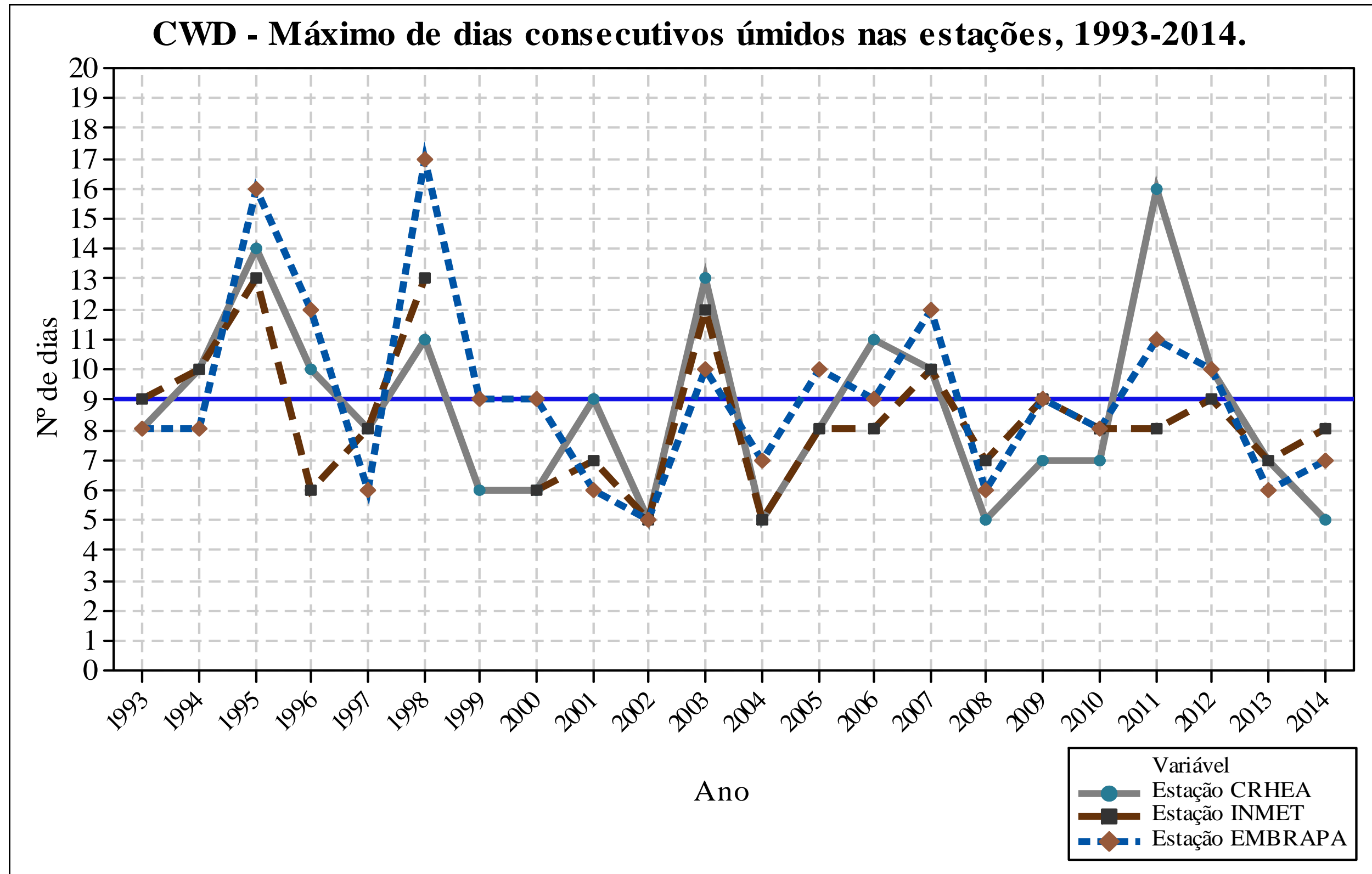


Gráfico 18. CWD – Máximo de dias consecutivos úmidos nas estações, 1993-2014. Elaborado pelo autor.

6.1.6. SDII (Índice simples de intensidade de chuvas)

Esse índice representa a intensidade média de chuvas anuais a partir da série histórica adotada. Com isso, pode-se observar o comportamento do valor acumulado de chuva diária ao longo dos anos. O gráfico 19 apresenta os dados calculados pelo índice.

A série de dados apresentou uma lacuna no ano de 1999 para a estação do INMET/UFSCar, pois os dados diários faltosos representaram mais que 5% em um ano, sendo esse desconsiderado pelo cálculo do índice.

A partir do gráfico, pode-se observar uma média de quinze milímetros de chuva para a série histórica, sendo que 33% desses anos encontram-se acima da referenciada média para todas as estações e, os anos em que a intensidade de chuva abaixo do esperado, representa a maior proporção junto aos dados obtidos, uma vez que 47% dos anos desse período - em todas as estações – apresentaram-se abaixo da média obtida.

Diante da necessidade de se interpretar os valores acumulados de chuvas, foi calculado o SDII, que corresponde à quantidade de chuvas, por sua intensidade, em seu comportamento anual. Dessa forma, não foram observadas mudanças no regime das chuvas a partir desse índice, uma vez que a relação entre a quantidade de chuvas e os dias chuvosos não apresentaram variações de intensidade muito distantes do esperado enquanto valor médio admitido para o período, exceto no ano de 1998 e 2008 em que os valores estiveram abaixo desse valor, contudo, todas as estações climatológicas registraram uma média de 10 a 12 mm de chuvas nos dias chuvosos, o que configura esses dois anos citados, sendo a maior parte dos anos, os dias chuvosos apresentaram valores acima dos 12 mm de chuvas. Com os valores de intensidade simples de chuvas e sua distribuição anual, pode-se compreender uma estimativa básica do volume de

chuvas esperadas em um dia chuvoso, ou seja, quando se registra, no mínimo, 1 mm de chuva em 24 horas e, dessa forma, corrobora no entendimento das chuvas nessa escala espacial.

As intensidades das chuvas interanuais apresentam-se, portanto, abaixo da média da série desses dados na maior parte dos anos da série e em todas as estações e, a tabela 4, expressa os valores calculados e obtidos pelo índice.

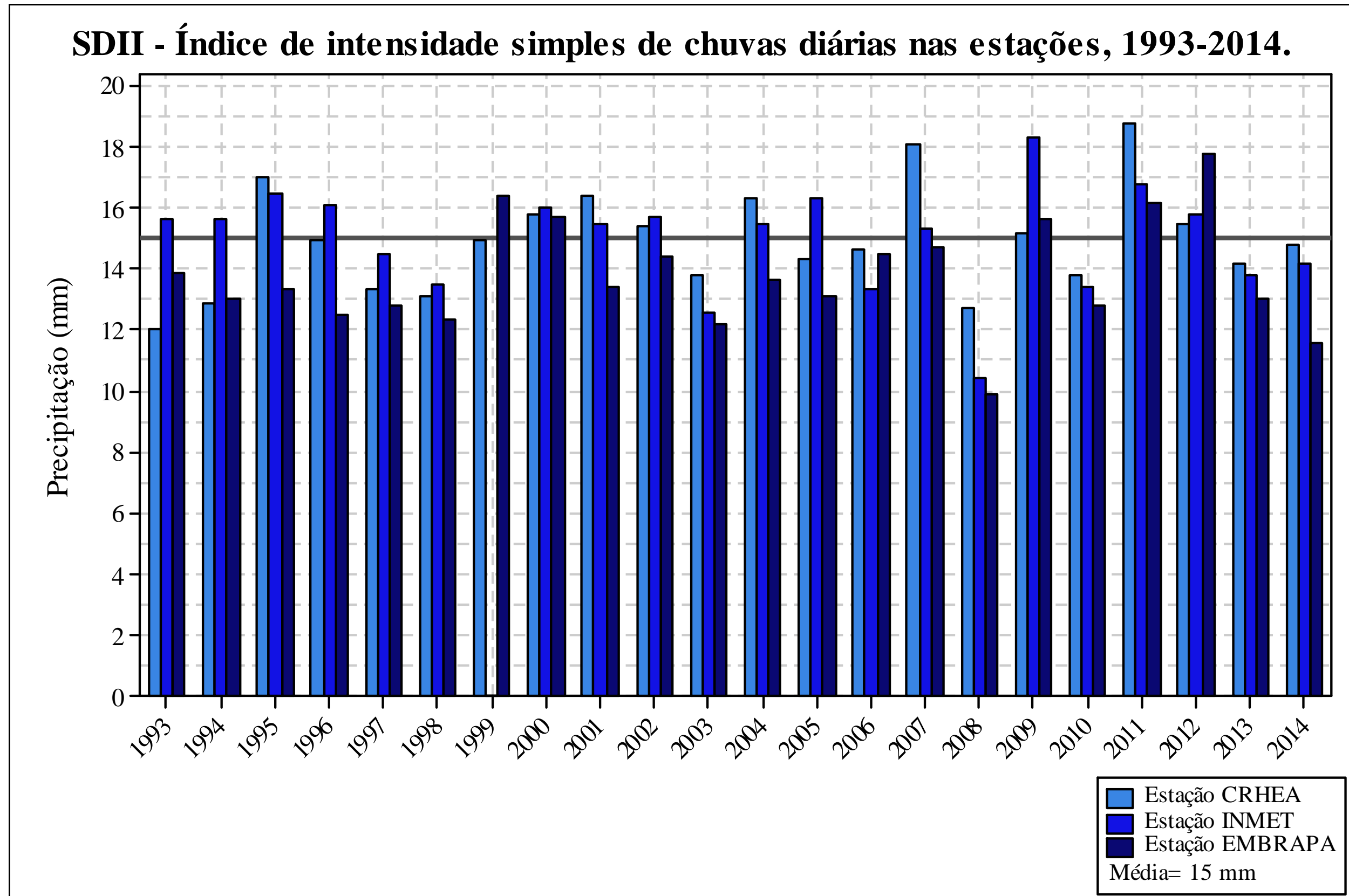


Gráfico 19. SDII – Índice simples de intensidade das chuvas nas estações, 1993-2014. Elaborado pelo autor.

6.1.7. 5Rnmm (Número de dias acima de nn* milímetros de chuva)

Os dados referentes ao índice Rnmm, correspondem às determinações dos valores de chuvas, em milímetros, calculados a partir da escolha do operador e, a partir desses dados, pode-se compreender o comportamento dos dias chuvosos adotando a quantidade de milímetros base para tal cálculo.

Os índices de R10 e R20 foram calculados a partir dos dados das estações climatológicas e comparados com os resultados apontados pelo IPCC (2014, p. 1506), sendo esses discrepantes em relação ao relatório, onde se aponta para o aumento de dois dias acima de 10 e 20 mm de chuvas por década de 1951 a 2010, contudo, nota-se a diminuição nos últimos anos desses valores nas estações climatológicas, principalmente no ano de 2014, quando foram registrados os menores valores de toda a série histórica.

Para as estações climatológicas foram admitidos os índices de R20 mm e R60 mm e, a partir do cálculo de observação anormal (detecção de *outliers*), as chuvas acima de 35 e 46 mm, valores que correspondem às chuvas extremas nas estações climatológicas, CRHEA/USP, INMET/UFSCar e EMBRAPA. As chuvas acima de 20 mm foram escolhidas devido sua ocorrência ser observável em todos os anos da série histórica, as chuvas acima de 35 e 46 mm correspondem às observações anormais nos dados e considerados como valores base para a determinação de chuvas excepcionais ou extremas. Já as chuvas acima de 60 mm foram calculadas a fim de compreender o comportamento dos dias que apresentaram acima desse volume norteados por Lima e Amorim (2014).

Um dos índices que possibilitam a melhor visibilidade quanto ao comportamento das chuvas nas estações climatológicas é o Rnn, que representa o número de dias acima

de um valor determinado pelo usuário, ou seja, pode-se atribuir um valor base ou referencial para o que se considera como extremo junto aos valores de chuvas. Para tanto, um dos aspectos de maior significância para seu entendimento foi a atribuição e detecção dos *outliers* (observações anormais na série histórica), que correspondem aos valores considerados anômalos na série histórica e que, para o presente estudo, corresponde a um método de observação desses valores em séries longas de dados para a determinação de valores extremos de chuvas.

A partir daí, obtiveram-se os valores de 35 mm e 46 mm como *outliers* na série histórica, valores esses que foram considerados como extremos de chuvas para as estações climatológicas e, em ambos os índices, pode-se notar a existência de flutuações interanuais, sendo que, nos últimos cinco anos os valores apresentaram-se com significativas variações anuais, o que pode representar a presença de ocorrência de chuvas extremas e em maior número de dias num determinado ano e, em determinados anos, as chuvas extremas com valores superiores a esses não ocorreram.

Os valores extremos de chuvas representam um dos aspectos de maior destaque nos estudos climatológicos atuais, uma vez que esses estão associados às enchentes, escorregamentos, perda de safras agrícolas, entre outros impactos junto aos espaços rural e urbano e, com isso, a detecção dos valores extremos e de seu comportamento interanual podem contribuir para com o planejamento em deferentes esferas de tomada de decisão, além de ser um método válido para tal observação.

Algumas pesquisas afirmam, por exemplo, que os valores de extremos de chuvas correspondem a 60 mm em único dia, contudo, a presença de dias em que as chuvas estiveram acima desse valor podem não representar a realidade climática local, sendo que, para a presente região estudada, a determinação dos valores extremos de chuvas

mostrou-se distintos do valor médio atribuído na escala regional, como no estado de São Paulo, por exemplo, enquanto valor único.

Nas estações climatológicas, esperam-se ao menos dois dias por ano no qual haja 60 mm de chuvas, sendo que, em alguns anos observou-se mais de quatro dias desses eventos e, em outros, não houve eventos acima desse montante de chuvas, tornando ainda mais complexa a admissão desse valor como referencial para os dias extremos de chuvas.

A partir do número de dias acima de nn^* milímetros e de sua maleabilidade, considera-se esse índice como plausível para análise temporal das chuvas, em seu curso anual, enquanto entendimento de valores maiores, menores ou semelhantes a quantidade de chuvas extremas ocorridas e previamente esperadas para outro determinado ano, além de se adequar a quaisquer realidades climáticas a serem estudadas.

6.1.7.1. R20 mm (Número de dias acima de 20 mm de chuva)

O índice R20 mm representa o número de dias nos quais as chuvas diárias apresentaram-se acima de 20 mm, sendo esses dados representativos quanto ao comportamento das chuvas comumente observadas no período denominado hidrológico (período de maior concentração de chuvas ou semestre hidrológico), conforme apresentado anteriormente. Para as estações foi calculado tal índice a fim de representar, na série histórica, as oscilações sazonais e interanuais das chuvas de, ao menos, 20 mm e expressas pelo gráfico 20.

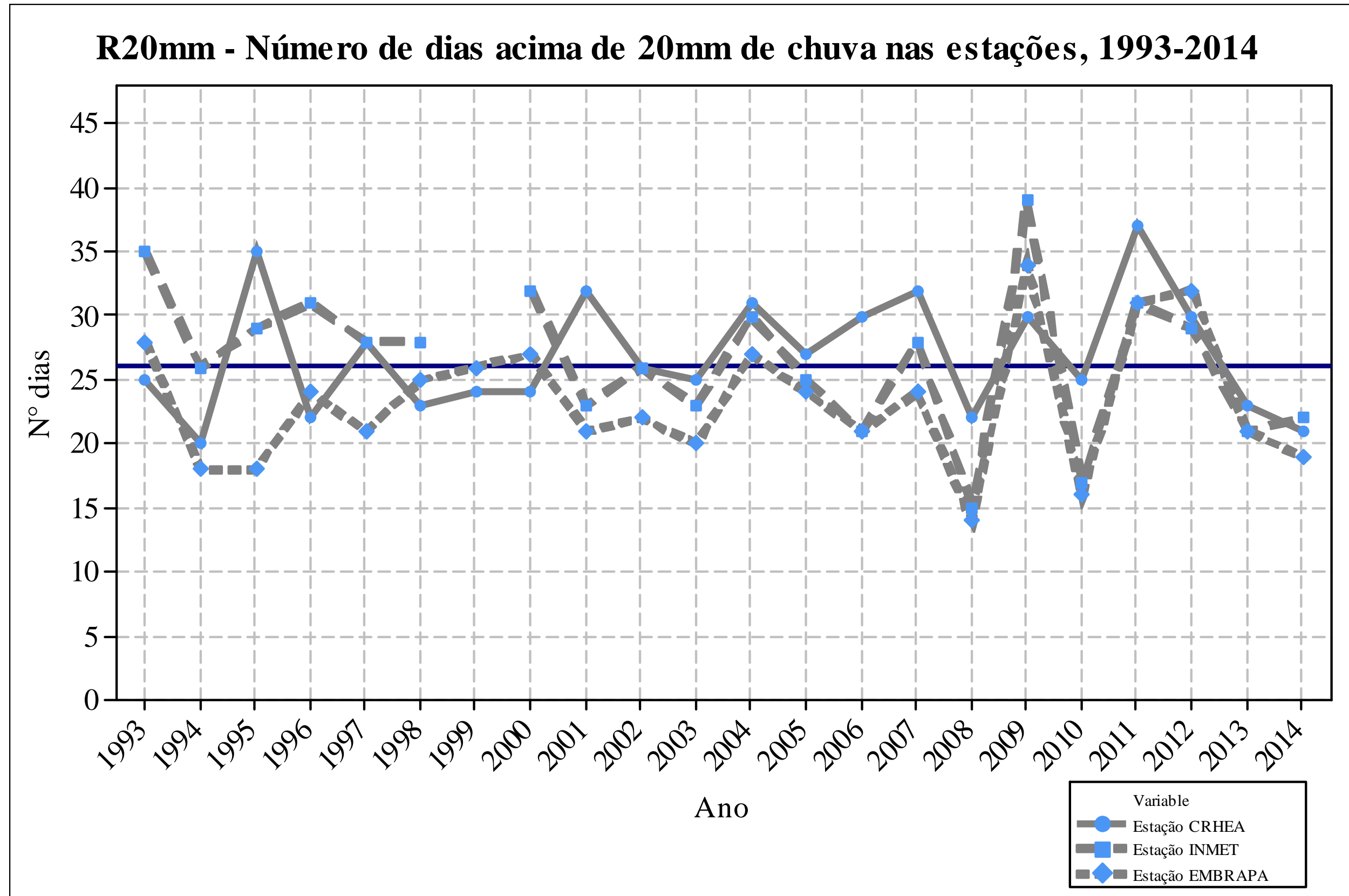


Gráfico 20. R20mm – Número de dias em que as chuvas diárias superaram 20mm nas estações, 1993-2014. Elaborado pelo autor.

A média de dias em que as chuvas superaram os vinte milímetros admitida na série histórica foi de vinte e seis dias e, para o período calculado, observa-se a existência de flutuações nos dados anuais, bem como a concentração dos anos com excepcionais acima e abaixo da média nos últimos seis anos.

A partir dos dados calculados pelo índice, também é possível notar as diferenças nos valores entre as estações climatológicas, reafirmando a existência de comportamentos distintos nesses anualmente e espacialmente de acordo com a localização geográfica das estações, mesmo que essas se encontrem sob a mesma gênese climática e de sistemas atmosféricos atuantes.

A partir do gráfico, observa-se que em aproximadamente dez anos, as estações climatológicas apresentaram comportamento dos dados semelhantes entre si, o que totaliza, em média, 45% dos anos, ou seja, quando todas elas estiveram acima, abaixo ou próximo à média esperada para o período da série, sendo quatro, os anos (2004, 2009, 2011 e 2012) aqueles que se mostram acima e, seis, os anos (2002, 2003, 2008, 2010, 2013 e 2014) aqueles abaixo da média dos dados observados. Outro aspecto relevante, diz respeito a lacuna existente no ano de 1999 junto à estação INMET/UFSCar, pois o índice não calcula mais de 25% de dados faltosos e, nesse ano, a estação registrou acima de 35% de dados faltosos, o que dificulta no processo interpretativo das chuvas acima de 20 mm na estação, no ano de 1999.

Os últimos seis anos foram aqueles em que os dados mais flutuaram entre os excepcionais dos anos, portanto, apresentaram-se distantes da média do período. Tal fato pode ser reafirmado nos anos de 2009 e 2011, quando estiveram acima da média e, em 2008 e 2010, quando estiveram abaixo da média esperada.

6.1.8. R35mm (Número de dias acima de 35 mm de chuva)

O cálculo desse índice corresponde à existência de observações anormais (*outliers*) presentes na série histórica de dados, a fim de representar a existência de chuvas excepcionais, ou seja, encontrar o comportamento de chuvas consideradas atípicas junto à precipitação diária nas estações.

Após a determinação dos valores considerados como observações anormais para a série, os valores superiores a 35 mm de chuva foram calculados pelo índice e expresso pelo gráfico 21.

Diante dos dados calculados, nota-se a existência de nove anos em que as três estações climatológicas apresentaram comportamento semelhante nos registros diários dos dados de chuva. A partir desses, pode-se observar que existem flutuações anuais nos dias em que chuva esteve acima de 35 mm, sendo os últimos seis anos, aqueles em que as oscilações acima e abaixo da média obtida – de dez dias – na série histórica encontram-se mais acentuadas.

Além dos valores excepcionais nesses anos, outro fator de destaque é que no ano de 2014 o número de dias acima de 35 mm, considerado como valor de observação anormal, foi obtido o menor registro em toda a série histórica nas estações, onde a estação da EMBRAPA registrou apenas três dias acima de 35 mm de chuva, enquanto as outras duas estações apresentaram seis dias em que esse valor foi registrado.

De acordo com os dados observados, nota-se que o ano de 2009 foi o ano em que todas as estações apresentaram, ao menos, 15 dias em que as chuvas superaram os 35 mm e, na estação do INMET, foram registrados 22 dias acima desse valor e representa o maior valor entre as estações climatológicas.

A fim de interpretar os valores considerados excepcionais, ou observações anormais na série histórica, também foi calculado o número de dias acima de 46 mm de chuva.

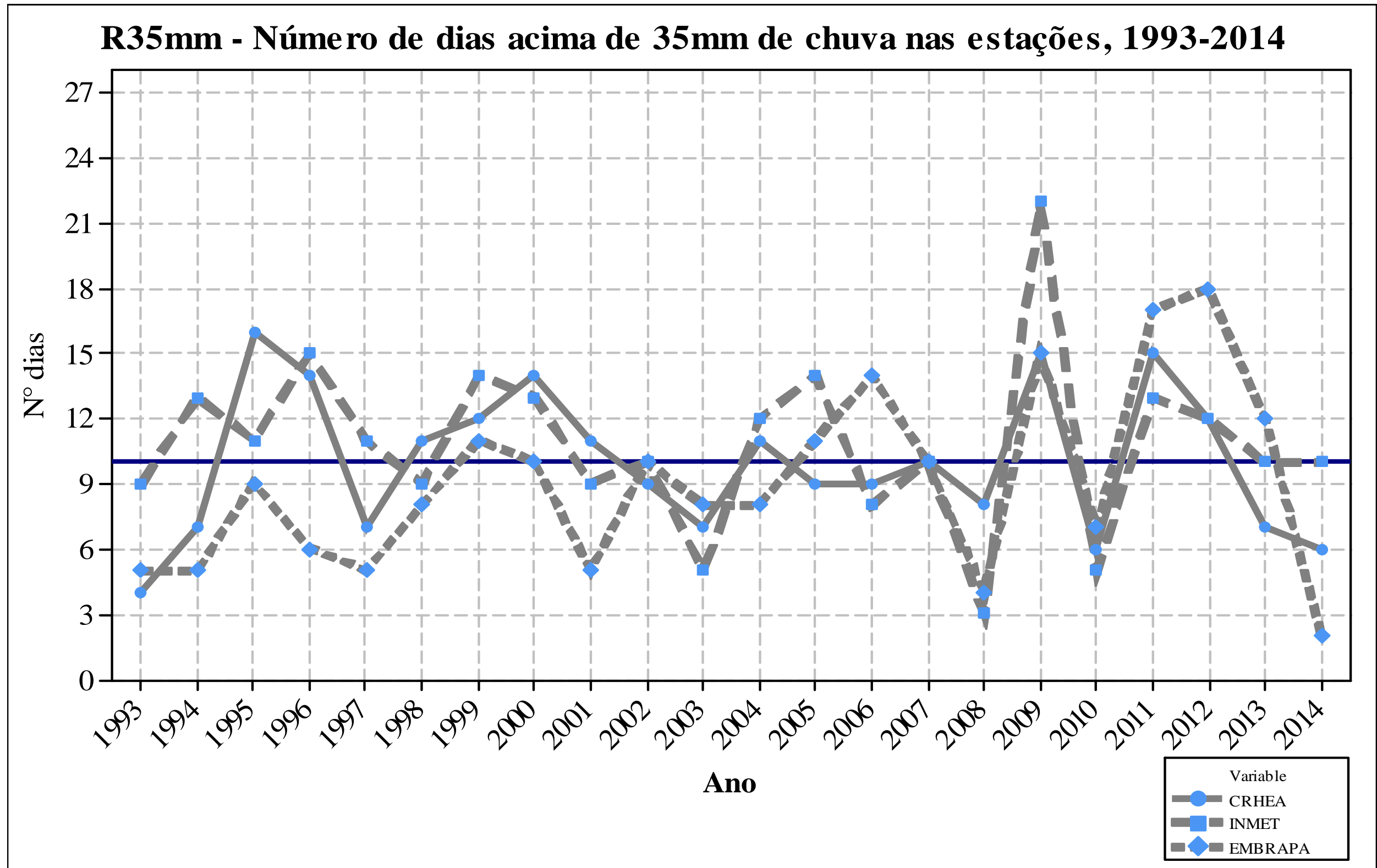


Gráfico 21. R35mm – Número de dias em que as chuvas diárias superaram 35mm nas estações, 1993-2014. Elaborado pelo autor.

6.1.9. R46mm (Número de dias acima de 46 mm de chuva)

Os valores considerados excepcionais de chuva na série histórica também foram calculados admitindo a detecção de *outliers* enquanto observações anormais. Para tanto, foi considerado como valor base 46 mm de chuva, sendo que, os dias que apresentaram valores acima desse, são representados anualmente a partir de dados diários. O gráfico 22, expressa o número de dias acima de 46 mm de chuva na série histórica de 1993-2014.

Os dias chuvosos considerados como excepcionais na série histórica por apresentarem mais de 46 mm apresentam-se com grande flutuação nos dados, sendo que, para o período, foi admitido o número médio de cinco dias anuais acima desse volume de chuva.

A partir dos dados, pode-se observar, também, que nos últimos seis anos encontram-se a maior quantidade de dias acima de 46 mm de chuva, mesmo que haja diferenças nos dados entre as estações climatológicas.

No ano de 1994 e de 2008 não houve registros de nenhum dia acima de 46 mm de chuva em duas das estações, sendo a estação do CRHEA/USP a única que apresentou ao menos um dia chuva onde as chuvas superaram os 46 mm em um único dia.

A partir da análise dos dados, nota-se que as chuvas consideradas excepcionais para a série histórica adotada têm grande variabilidade entre as estações e, na estação do CRHEA/USP, todos os anos apresentaram ao menos um dia com chuvas excepcionais ao longo dessa, bem como se pode observar que todos os anos e, em todas as estações, as chuvas consideradas excepcionais ocorreram, mesmo que essas se encontrem com flutuações ao longo do tempo.

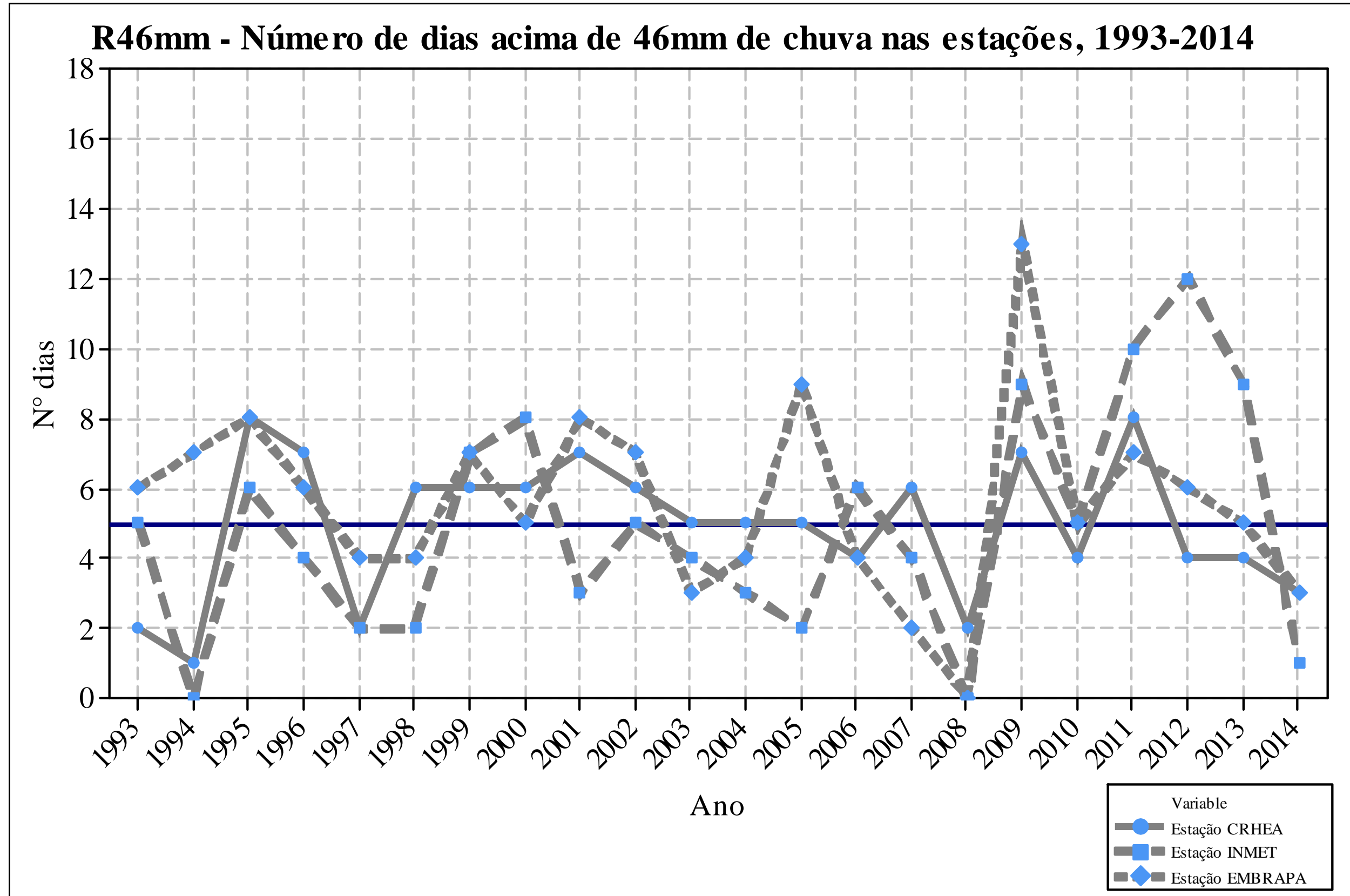


Gráfico 22. R46mm – Número de dias em que as chuvas diárias superaram 46 mm nas estações, 1993-2014. Elaborado pelo autor.

6.1.10. R60mm (Número de dias acima de 60 mm de chuva)

As chuvas acima de 60 mm representam o último índice calculado junto às excepcionalidades (enquanto observações anormais) observadas na série histórica. O gráfico 23, expressa o número de dias em que as chuvas diárias superaram os 60 mm entre os anos de 1993 e 2014.

A partir do cálculo do número de dias acima de 60 mm nas estações, apresentam grande flutuação nos dados para o período, bem como existem disparidades nos dados entre as estações quanto às medições realizadas.

As chuvas que apresentam mais de 60 mm representam, também, observações anormais ou excepcionalidades ao longo do tempo analisado. Dentre os principais aspectos, nota-se a variação sazonal e interanual nos dados, sendo que a estação do CRHEA/USP, apenas nos anos de 1993 e 1997 não apresentou nenhum dia em que as chuvas superaram os 60 mm, além de representar a estação que apresentou a maior quantidade de anos acima de 60 mm entre as estações analisadas comparado com a média de dois dias, que corresponde ao valor médio de dias esperados, anualmente, nas estações climatológicas.

As estações climatológicas da EMBRAPA e do INMET/UFSCar apresentaram flutuações significativas interanuais, o que não caracteriza uma tendência para o aumento ou diminuição do número de dias acima de 60 mm. E, no ano de 2014, último ano calculado pelo índice, todas as estações apresentaram apenas um dia acima de 60 mm de chuva.

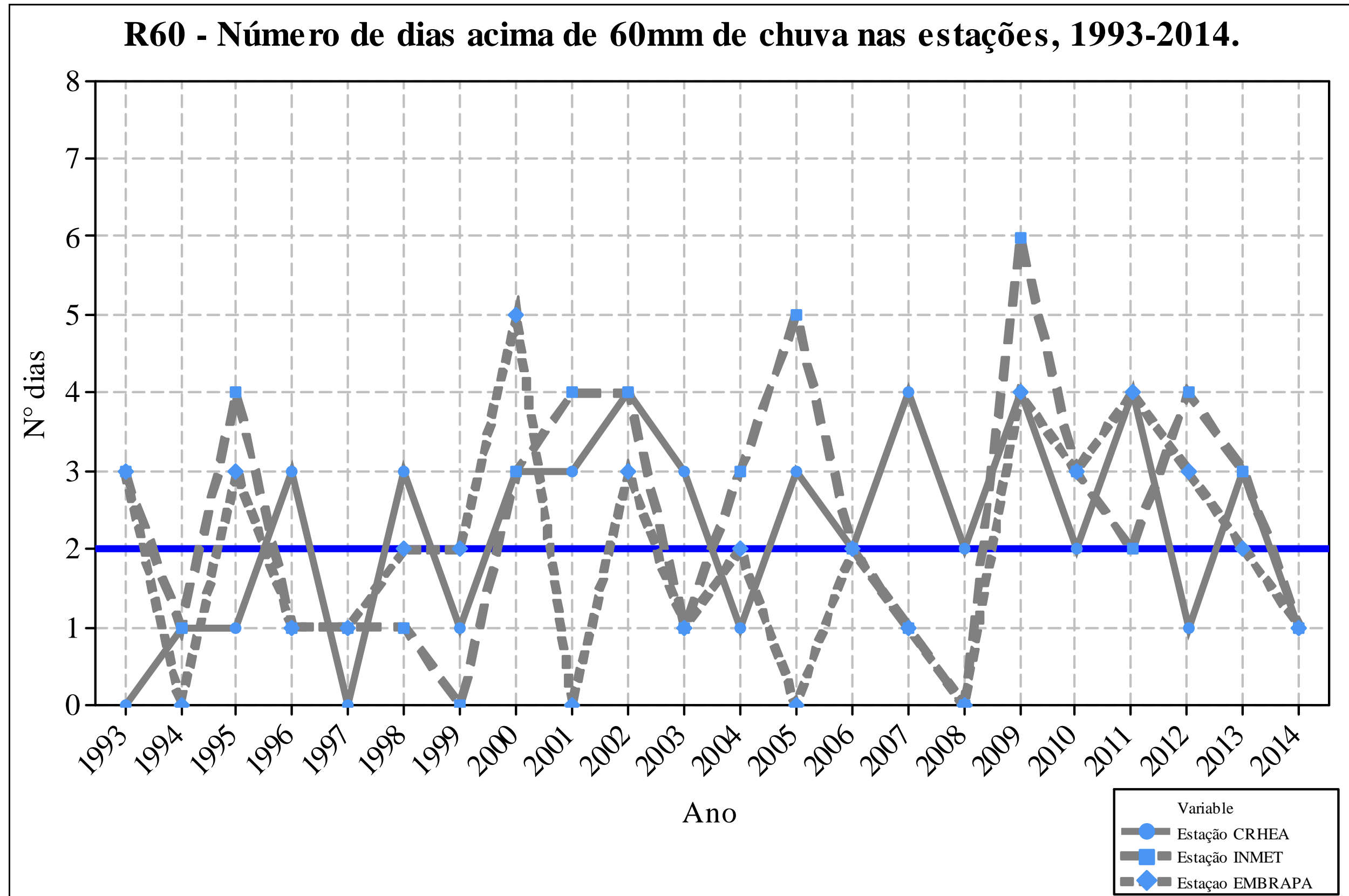


Gráfico 23. R60mm – Número de dias em que as chuvas diárias superaram 60 mm nas estações, 1993-2014. Elaborado pelo autor.

Com isso, os diferentes índices mostram grande dinamismo na interpretação dos dados de chuvas para a região de São Carlos/SP, o que permite identificar períodos recorrentes de chuvas extremas, agora estabelecidas a partir dos dados obtidos da própria região e, portanto, sem suposições acerca de sua ocorrência e alicerçadas pela identificação *in situ* de seu comportamento registrado em estações climatológicas.

O uso do *software* R e do *script* RCLimindex é de grande valia para a interpretação da dinâmica climática, uma vez que apresentam índices distintos a fim de interpretar dados oriundos de estações climatológicas na escala local, o que permite a integração de inúmeras estações climatológicas a fim de estender a escala espacial para os estudos climatológicos e, portanto, não dificultam a análise espaço-temporal para tal finalidade.

Contudo, além dessas potencialidades, as fragilidades existentes no *script* são facilmente detectáveis quando se trata da realidade climática tropical, uma vez que os cálculos dos índices climáticos não atendem a dinâmica dos climas nessa região do planeta, pois não se pode averiguar o comportamento diário pela escala anual sendo, portanto, dificultosa a tarefa de compreender o comportamento de dias chuvosos por uma escala anual em uma região onde os sistemas atmosféricos, como entrada de frentes frias, massas de ar quente, massas de ar frias, entre outros, são os principais atores responsáveis pela gênese das chuvas.

Outro fator limitante na análise dos dados pelo *script* RCLimindex diz respeito a análise de dados climatológicos a partir de dias consecutivos, pois, esse estabelece apenas valores máximos e descarta o restante dos dados. Dessa maneira, a descrição completa dos dados climatológicos inseridos poderiam suprir algumas das análises de tendência em função dos dados calculados.

Sobre tal análise, cabe ainda ressaltar que o presente trabalho propõe uma nova abordagem junto aos dados climatológicos a partir do caráter dinâmico dos regimes climáticos, pois, a partir de tal análise, crê-se que, mesmo com significativas flutuações entre os dados, a variabilidade nos dados existe em diferentes escalas de tempo (diária, mensal, anual, decadal, etc.) e de espaço (local, regional, global, etc.), ou seja, a admissão de um comportamento das chuvas que apontem para o aumento de sua concentração, dispersão, aumento de volume, diminuição de volume, entre outros, não compreenderiam à tal ritmo dinâmico da atmosfera e sua variabilidade.

A partir desse pressuposto, a observação das chuvas, por seu dinamismo de ocorrência na escala temporal, pode contribuir para diferentes áreas do planejamento, como no setor agrícola, no setor industrial, no espaço urbano, no abastecimento de água, etc. Tal contribuição deve-se ao fato de que, com a observação de dados climatológicos confiáveis, ou seja, quando a coleta e o tratamento de dados são realizados de modo controlado e adequado, e o entendimento de seu comportamento por uma ferramenta que apresente melhor visibilidade dos dados climatológicos por uma análise quantitativa, poder-se-iam corroborar em um processo estruturado de planejamento e, por consequência, junto à tomada de decisão por aspectos políticos, econômicos, sociais, ambientais, entre outros aspectos com um arcabouço teórico-metodológico viável.

Por fim, a discussão existente quanto às mudanças nos regimes climáticas existentes na região sudeste do Brasil, região essa onde foi realizado o trabalho, apresentadas pelo IPCC (2014), não apresentam suporte suficientes de trabalhos e dados que comprovem a sua existência, além de não admitir o caráter dinâmico e de flutuação nos climas regionais e locais, elementos que ocorrem nessas áreas e devem agrupar um maior volume de dados e trabalhos para que não existam afirmações infundadas quanto

às alterações no comportamento das temperaturas e das chuvas e que se admite serem os elementos atmosféricos que compreendem tais mudanças nos regimes dos climas.

Como sugestão para trabalhos futuros, o melhor entendimento da dinâmica dos climas na região tropical e a adequação das ferramentas teórico-metodológicas poderiam contribuir para o melhor entendimento do comportamento climático local e regional. Além disso, a insistência em uma abordagem escalar global, atendendo apenas a uma característica estatística e que não respeite as especificidades de cada região climática pode dificultar a observação de variações, oscilações, mudanças, etc., que existem nos climas tropicais para que não haja apenas uma abordagem puramente estocástica ou então de uma afirmação de natureza linear.

7. CONCLUSÕES

As observações dos climas, o entendimento de sua gênese, a compreensão acerca da existência de alterações em seu regime, são apenas algumas das dificuldades envolvidas junto à climatologia. As considerações a respeito da região tropical se tornaram ainda mais complexas no processo de entendimento de alterações no regime de chuvas na região de São Carlos/SP, pois são áreas onde a variabilidade nos dados climatológicos é recorrente e o entendimento de sua natureza dinâmica é dificultoso dado às flutuações observadas junto aos dados climatológicos e os efeitos atmosféricos dinâmicos presentes nessas áreas.

O estudo desenvolvido na região de São Carlos/SP apresentou algumas considerações interessantes quanto ao processo de obtenção e tratamento de dados, sendo esse processo de grande valia para um trabalho de qualidade fiável e mostrou-se complexo pela falta de dados existentes nas estações ou até por lacunas temporais em que a coleta não foi realizada. Em algumas estações notou-se o preenchimento quase que completo da série temporal adotada, enquanto em outra estação apresentou lacunas sem preenchimento que variavam de semanas a meses e até anos, apesar disso, não houve problemas com os cálculos da maior parte dos índices.

Além dos dados, as diferenças entre as estações climatológicas na escala espacial, apesar de não serem muito distantes espacialmente, apresentaram significativas diferenças entre os dados, sendo que as estações localizadas em São Carlos/SP (INMET/UFSCar e EMBRAPA) apresentavam inúmeras vezes dados congruentes entre si, enquanto a estação climatológica do CRHEA/USP apresentou um comportamento de semelhança em apenas alguns índices.

Dentre as principais potencialidades de uma análise quantitativa para dados climatológicos, destaca-se a possibilidade de uma interação gráfica junto aos dados por sua realidade temporal, o que permitiu a confecção de inúmeros gráficos representativos quanto ao comportamento das chuvas na região, além disso, o uso de uma ferramenta estatística computacional pautada na análise climatológica favorece a análise voltada aos climas. Com isso, o uso de dados diários em pesquisas de climatologia por esse uso quantitativo pode facilitar o entendimento da dinâmica atmosférica que não foi observado, apenas, valores médios mensais ou anuais e que ocultam tal dinamismo.

Inúmeros trabalhos apontam para a existência de tendências positivas ou negativas para alterações climáticas, porém, apenas com pressupostos e modelos estatísticos que não incorporam os inúmeros aspectos que contribuem para a ocorrência de chuvas, por exemplo. Essa tipologia de trabalhos são comumente utilizados e referenciados como os de maior relevância no eixo temático de climatologia, mesmo que existam pesquisas que contrapõem essa observação linear dos climas e, para tanto, seria de grande esforço por parte de próximos trabalhos, que se não houvesse uma visão unilateral quanto ao entendimento do clima por sua gênese e alterações temporais, mas que o entendimento do clima se dê a partir de elementos qualitativos e quantitativos, ou seja, para que se utilizem ferramentas de uma abordagem clássica do clima e de seu caráter dinâmico, a fim de melhor compreender o comportamento dos diferentes tipos de clima.

A partir da análise das chuvas na região de São Carlos/SP, notou-se que as chuvas, por seu dinamismo, não se apresentam com aumento de seu volume anual ou diminuição, bem como não foi possível identificar se as chuvas estão se concentrando em poucos dias ou se distribuindo ao longo dos dias chuvosos, pois não foi possível identificar índices que fossem suficientemente claros quanto à identificação de tais

comportamentos. Além disso, a presença de flutuações nas séries de dados e, a partir de uma abordagem dinâmica quanto à distribuição das chuvas, a determinação de tendências poderia influir no julgamento inadequado quanto ao curso das chuvas para os próximos anos. Dessa forma, o estudo prezou pela descrição do comportamento das chuvas na região de São Carlos/SP e não pela análise de tendências na série histórica.

Contudo, a determinação de valores que podem ser considerados efêmeros nas chuvas diárias, contribuiu para a melhor visibilidade da quantidade de chuvas e, dessa maneira, tornando possível a identificação de chuvas extremas com o caráter regional e a partir de dados obtidos.

O apontamento dos diferentes usos do presente estudos são inúmeros, contudo, ressaltam a necessidade de contextualizar sua aplicabilidade, ora para o planejamento agrícola junto à produção de diferentes culturas da agricultura, períodos para o plantio, ou então, para órgãos de planejamento e ordenamento territorial urbano que, a partir desses, podem estabelecer políticas pautadas no entendimento climático, por meio das chuvas, em situações desastrosas, como enchentes ou até a disponibilidade de água para captação e distribuição nos municípios da região, reafirmando o paradigma climatológico como necessário sob a ótica do planejamento em diferentes âmbitos da ciência e na tomada de decisão.

As observações climatológicas influem diretamente, portanto, junto aos aspectos sociais, econômicos e políticos em diferentes escalas espaciais e, nesse sentido, o entendimento de sua dinâmica devem ser considerados sempre insuficientes para a determinação da dinâmica de um clima, ao mesmo tempo em que as pesquisas devem alicerçar e nortear os parâmetros problemáticos de ocupação humana no espaço com base nos estudos até então realizados. Sendo assim, compreender as complexidades impostas como paradigmáticas junto ao entendimento de elementos naturais, como os

climas, se fazem necessários e devem observar seu caráter processual de construção do conhecimento, tal qual como expressa Lacoste (1989), ressaltando que, da mesma forma que foi preciso, apesar da oposição de algumas classes, que saber ler-escrever-contar devia ser difundido para diferentes estratos sociais por causa de lutas políticas e das exigências impostas pela ciência e pela sociedade, será preciso, sem dúvida, que seja construído um saber teórico e prático que permita articular os problemas de envergadura planetária aos da vida local e até na esfera política.

REFERÊNCIAS¹⁷

AYOADE, J. O. **Introdução a climatologia para os trópicos**. 8.ed. Rio de Janeiro:Bertrand Brasil, 2002.

AGHAKOUCHAK, A. et al. Geometrical characterization of precipitation patterns. **Journal of Hydrometeorology**: American Meteorological Society, v.12, p.217-285, Apr. 2011.

BALDO, M. C. **Variabilidade pluviométrica e a dinâmica atmosférica na bacia hidrográfica do Rio Ivaí – PR**. 2012. Tese (Doutorado) – Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho”, Presidente Prudente, 2012.

BIERAS, A. R.; SANTOS, M. J. Z. Variabilidade e tendência da precipitação pluviométrica anual e mensal do município de Bebedouro (SP), no período de 1983 a 2003. **Climatologia e Estudos da Paisagem Rio Claro**, v.1, n.1/2, p.63, jul./dez. 2006.

BOOTH, E. L. J., BYRNE, J. M., JOHNSON, D. L. Climatic changes in western North America, 1950-2005. **International Journal of Climatology**, 32(15), 2283–2300, 2012.

BORSATO, F. P.; ELY, D. F.; BORSATO, V.A. Apontamentos sobre a análise da variabilidade da precipitação pluviométrica e dos principais sistemas atmosféricos atuantes em dois anos de eventos de elniño na mesorregião centro ocidental paranaense. **Revista Geonorte**, v.2, n.5, p.946-966, 2012. Edição Especial 2.

¹⁷ Referências elaboradas de acordo com ABNT 6023/2002

CANADIAN INTERNATIONAL DEVELOPMENT AGENCY. **RClimdex user manual**. [S.l.:s.n.], 2004.

CÁRDENAS, M.J. **México ante el cambio climático: evidencias, impactos, vulnerabilidad y adaptación**. México: Greenpeace, 2010.

CHRUN, D.; CUKIER, M.; SNEERINGER, G. On the Use of security metrics based on intrusion prevention system event data: an empirical analysis. In: IEEE HIGH ASSURANCE SYSTEMS ENGINEERING SYMPOSIUM, 11., 2008. Washington: IEEE Computer Science, 2008. p.49–58.

CONTI, J. B. Considerações sobre mudanças climáticas globais .In:SANT'ANNA NETO, J. L.; ZAVATTINI, J. A. (Org.). **Variabilidade e mudanças climáticas**. Maringá: Eduem, 2000. p.17-28.

CUADRAT, J. M.; PITA, M. F. **Climatología**. Madrid: Cátedra, 1997.

DUFEK, A. S., AMBRIZZI, T. (2007). Precipitation variability in São Paulo State, Brazil. **Theoretical and Applied Climatology**, 93(3-4), 167–178, 2007.

FERRARI, A. L. **Variabilidade e tendência da temperatura e pluviosidade nos municípios de Pirassununga, Rio Claro, São Carlos e São Simão (SP): estudo sobre mudança climática de curto prazo em escala local**. 2012. Tese (Doutorado)- Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2012.

GERARDI, L. H. O.; SILVA, B. C. N. **Quantificação em geografia**. São Paulo: Difel, 1981.

HAESBAERT, R. H.C. **Regional-global: dilemas da região e da regionalização na geografia contemporânea**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2010.

HARVEY, D. **Explanation in geography**. London: Edward Arnold, 1969.

HAWKINS, D. **Identification of outlier**. London: Champman and Hall, 1980.

HAYLOCK, M. R. et al. Trends in Total and Extreme South American Rainfall in 1960–2000 and Links with Sea Surface Temperature. **Journal of Climate**. Vol. 19. 1490-1512, 2006.

HIGGINS, R. W. et al. Relationships between climate variability and fluctuations in daily precipitation over the United States. **Journal of Climate**, v.20, n.14, p.3561-3565, July 2007.

IBGE. **Mapa do Estado de São Paulo**. Diretoria de Geociências: IBGE, 2009.

KARL, T. R.; NICHOLLS, N.; GHAZI, A. CLIVAR/GCOS/WMO workshop on indices and indicators for climate extremes: workshop summary. **Climatic Change**, v.42, p.3-7, 1999.

KIOUSSIUKIS, I., MELAS, D., & ZEREFOS, C. Statistical assessment of changes in climate extremes over Greece (1955-2002). **International Journal of Climatology**, 30(11), 1723–1737, 2010.

KÖEPPEN, W. P. **Climatologia**: com un estudio de los climas de la tierra. México: Fondo de Cultura Economica, 1948.

LACOSTE, Yves. A Geografia: Isso serve, em primeiro lugar, para fazer a guerra. Campinas: Papirus. 2 ed. 263 p, 1989.

MARTINELLI, M. Clima do Estado de São Paulo. **Confins** [Online], v.8, 2010. DOI: 10.4000/confins.6348. Disponível em: <<http://confins.revues.org/6348>>. Acesso em: 02/10/2013.

MONTEIRO, C. A. F. **Sobre um índice de participação das massas de ar e suas possibilidades de aplicação à classificação climática**. Revista Geográfica. Rio de Janeiro, v.34, n.61, p.59-69, 1964.

_____. **A Frente polar atlântica e as chuvas de inverno na fachada Sul-Oriental do Brasil**: contribuição metodológica à análise rítmica dos tipos de tempo no Brasil. São Paulo: IG/USP, 1969. (Série Teses e Monografias, 1).

_____. Análise rítmica em climatologia. **Climatologia**, São Paulo, n.1, p.1-21, 1971.

_____. **A Dinâmica climática e as chuvas do estado de São Paulo**: estudo geográfico em forma de atlas. São Paulo: IG/USP, 1973.

_____. **O Clima e a organização do espaço no estado de São Paulo problemas e perspectivas**. São Paulo: IGEOG/USP, n 28, 1976. (Série “Teses e Monografias”).

_____. O Estudo geográfico do clima. **Cadernos Geográficos**, Florianópolis, ano 1, n.1, maio 1999.

MCGREE, S. et al. An Updated assessment of trends and variability in total and extreme rainfall in the western Pacific. **International Journal of Climatology**, 2013.

DOI: 10.1002/joc.3874.

NEW, M. et al. Precipitation measurements and trends in the twentieth century.

International Journal of Climatology, v.21, p.1899-1922, 2001. DOI:

10.1002/joc.680.

NIMER, E. **Climatologia do Brasil**. Rio de Janeiro: Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 1979. (Série Recursos Naturais e Meio Ambiente, 4).

PEDELABORDE, P. **Introducion à l'étudescientifiqueuduclimat**. Paris: SEDES;

Centre de DocumentationCartographique de l'Institut de Geographie de La Sorbonne, 1959. v.1.

PENTEADO, M. M. **Fundamentos de geomorfología**. 3.ed. Rio de Janeiro: IBGE, 1983.

PETERSON, T. C. et al. **Report on the activities of the working group on climate change detection and related rapporteurs: 1998-2001**. Geneve: International Council

for Science; Intergovernmental Oceanographic Commission; World Meteorological Organization, 2001. (ICPO Publication Series, 48).

RAHIMZADEH, F., ASGARI, A., & FATTAHI, E. Variability of extreme temperature and precipitation in Iran during recent decades, *343*(August 2008), 329–343. 2009.

RUSSEL, A.; HUGHES, M. Is the Changing precipitation regime of Manchester, United Kingdom, driven by the development of urban areas?. **International Journal of Climatology**, n.32, p.967-974, 2012.

SALVI, L. L. Tipologia climática do estado de São Paulo segundo técnicas de quantificação. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo, v.3, p.37-62, 1984.

SANT'ANNA NETO, J. L. **As Chuvas no Estado de São Paulo: contribuição ao estudo da variabilidade e tendência da pluviosidade na perspectiva da análise geográfica**. 1995. Tese (Doutorado) - Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1995.

SANT'ANNA NETO, J. L.; ZAVATTINI, J. A. (Org.). **Variabilidade e mudanças climáticas**. Maringá: Eduem, 2000.

SANTOS, C. A. C. **Recent Changes In Temperature And Precipitation Extremes In An Ecological Reserve In Federal District, Brazil**. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v. 29, n.1, 13-20, 2014.

SANTOS, C. A. C. Trends in indices for extremes in daily air temperature over Utah, Usa. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.26, n.1, p.19-28, 2011.

SANTOS, C. A. C.; BRITO, J. I. B. Relação entre mudanças climáticas e área colhida no Rio Grande do Norte e Paraíba. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 14.,2006, Florianópolis. Disponível em:<<http://www.cbmet.com/cbm-files/14-41735db334cf286ed5bedb05c4ba7c72.pdf>>. Acesso em: 02/10/2013.

SANTOS, E. M. **Estudo da variabilidade e mudanças climáticas na região de Manaus**. 2010. Dissertação (Mestrado) - Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Universidade do Estado do Amazonas, Amazonas, 2010.

SANTOS, C. A., SATYAMURTY, P., GOMES, O. M., DA SILVA, L. E. M. G. Variability Of Extreme Climate Indices At Rio Claro, São Paulo, Brazil. **Revista Brasileira de Meteorologia**. v.27, n.4, 395 - 400, 2012.

SCHRÖDER, R. Distribuição e curso anual das precipitações no estado de São Paulo. **Bragantia**: boletim técnico do instituto agrônômico do estado de São Paulo, v.15, n.18, p.193-249, ago. 1956.

SERRA, A. **Previsão do tempo**. Rio de Janeiro: Instituto de Eletrotécnica da Universidade do Brasil, 1948.

_____. Circulação superior **Revista Brasileira de Geografia**, ano 15, n.4, p.517-596, out./dez. 1953.

SERRA, A.; RATABONNA, L. **Massas de ar na América do Sul**. Rio de Janeiro: Serviço de Meteorologia do Ministério da Agricultura, 1942.

SHARMA, D., & BABEL, M. S. Trends in extreme rainfall and temperature indices in the western Thailand. **International Journal of Climatology**, 2013.

SILVA, E. C. A. M.; SOUZA, C. A. O Estudo do regime pluvial na bacia do rio Ivinhema e a construção de pluviogramas. **Espaço & Geografia**, v.16, p.187–225, 2013.

SILVA, D. F. S.; NERY, J. T. Variabilidade espacial e temporal da chuva na unidade de gerenciamento do Pardo. **Revista Geonorte**, v.2, n.4, p.1079-1089,2012.Edição Especial.

SINOGA, J. D. R. et al. Precipitation dynamics in southern Spain: trends and cycles. **International Journal of Climatology**,v.31, n.15, p.2281–2289, 2011.

SORRE, M. **Les Fondements de la géographie humaine**.3.ed. Paris: Armand Colin, 1951. Tome I, Chap. 1.

STEINKE, E. T. **Climatologia fácil**. São Paulo: Oficina de Textos, 2012.

STEPHENSON, T. S., VINCENT, L. a., ALLEN, T., VAN MEERBEECK, C. J., MCLEAN, N., PETERSON, T. C., ... TROTMAN, A. R. Changes in extreme temperature and precipitation in the Caribbean region, 1961-2010. **International Journal of Climatology**, 2014.

STRAHLER, A. N. **Physicalgeography**. 3thed. New York: John Wiley, 1951.

TARIFA, J. R. **Sucessão de tipos de tempo e variação do balanço hídrico no extremo oeste paulista**. 1973. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, universidade de São Paulo, São Paulo, 1973.

_____. **Fluxos polares e as chuvas de primavera-verão no estado de São Paulo: uma análise quantitativa do processo genético**. 1975. Tese (Doutorado) - Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1975.

TOLENTINO, M. **Estudo crítico sobre o clima da região de São Carlos**. São Carlos: Concurso de Monografias Municipais, 1967.

VAREJÃO-SILVA, M. A. **Metereologia e climatologia**. Brasília: INMET, Stilo, 2000.

VÁSQUEZ, N. **La Variabilidad, una constante en nuestro clima**. 2009. Disponível em: <<http://www.cambioclimatico.org>>. Acesso em: 31 Mar. 2014.

VINCENT, L. A. et al. Observed Trends in Indices of Daily Temperature Extremes in South America 1960 – 2000. **Journal of Climate**. Vol. 18. 5011–5024, 2005.

ZAVATTINI, J. A. **As Chuvas e as massas de ar no estado de Mato Grosso do Sul: estudo geográfico com vista à regionalização climática [online]**. São Paulo: Ed. UNESP; São Paulo: Cultura Acadêmica, 2009. Disponível em: <<http://static.scielo.org/scielobooks/qx8r5/pdf/zavattini-9788579830020.pdf>>. Acesso em: 04/01/2014.

ZAVATTINI, J. A.; BOIN, M. N. **Climatologia geográfica**: teoria e prática de pesquisa. Campinas: Alínea, 2013.

ZHANG, Q.; CHEN, X.; STEFAN, B. Spatio-temporal variations of precipitation extremes in the Yangtze River Basin (1960-2002). **Atmospheric and Climate Sciences**, v.1, n.1, p.1–8, 2011.

ZHANG, X.; YANG, F.; RClimDex (1.0) User Guide. **Climate Research Branch Environment Canada**: Downsview, Ontario, Canada, 2004.

ZWIERS, F. W., VON STORCH, H. (2004). On the role of statistics in climate research. **International Journal of Climatology**, 24(6), 665–680, 2004.

ANEXOS

ANO	Estação CRHEA	Estação INMET	Estação EMBRAPA
1993	1371,9	1860,2	1586,3
1994	1173,3	1451,1	1144,4
1995	1783	1803,5	1329,7
1996	1629,2	1783,2	1462,5
1997	1371,6	1635,5	1390,3
1998	1506,4	1617,5	1456
1999	1295,9	1397,3	1543,3
2000	1497,3	1729,4	1558
2001	1635,3	1470,1	1194,5
2002	1405,4	1503,9	1251
2003	1349,1	1258	1158
2004	1608,8	1561,5	1343
2005	1420,3	1627,9	1312
2006	1460	1290,8	1319,4
2007	1591,6	1442,6	1410
2008	1307,7	1062,5	1073
2009	1792,1	2082	1904,4
2010	1266,7	1219,1	1125,2
2011	1884,3	1693,2	1780,4
2012	1610,3	1612,8	1853
2013	1477,8	1475,5	1459,6
2014	1098,7	1107	1020,6
Média		1538	

Tabela 2. Precipitação total nos dias úmidos (acima de 1 mm) nas estações climatológicas, 1993-2014. Elaborado pelo autor.

ANO	Estação CRHEA	Estação INMET	Estação EMBRAPA
1993	26	31	31
1994	85	68	68
1995	58	58	58
1996	28	28	24
1997	53	50	50
1998	25	44	44
1999	64	s/d	63
2000	37	34	44
2001	29	29	28
2002	50	51	50
2003	31	31	34
2004	23	59	60
2005	25	32	32
2006	28	34	34
2007	84	81	60
2008	37	38	38
2009	30	23	26
2010	54	54	54
2011	54	54	35
2012	63	32	41
2013	38	38	36
2014	37	37	37
Média	43	41	43

Tabela 3. Máximo e média de dias consecutivos secos nas estações climatológicas, 1993-2014. Elaborado pelo autor.

ANO	Estação CRHEA	Estação INMET	Estação EMBRAPA
1993	8	9	8
1994	10	10	8
1995	14	13	16
1996	10	6	12
1997	8	8	6
1998	11	13	17
1999	6	s/d*	9
2000	6	6	9
2001	9	7	6
2002	5	5	5
2003	13	12	10
2004	5	5	7
2005	8	8	10
2006	11	8	9
2007	10	10	12
2008	5	7	6
2009	7	9	9
2010	7	8	8
2011	16	8	11
2012	10	9	10
2013	7	7	6
2014	5	8	7
Média	9	8	9

Tabela 4. Máximo e média de dias consecutivos úmidos nas estações climatológicas, 1993-2014. Elaborado pelo autor. * Sem dados registrados.

ANO	Estação CRHEA	Estação INMET	Estação EMBRAPA
1993	12	15,6	13,9
1994	12,9	15,6	13
1995	17	16,5	13,3
1996	14,9	16,1	12,5
1997	13,3	14,5	12,8
1998	13,1	13,5	12,3
1999	14,9	s/d*	16,4
2000	15,8	16	15,7
2001	16,4	15,5	13,4
2002	15,4	15,7	14,4
2003	13,8	12,6	12,2
2004	16,3	15,5	13,6
2005	14,3	16,3	13,1
2006	14,6	13,3	14,5
2007	18,1	15,3	14,7
2008	12,7	10,4	9,9
2009	15,2	18,3	15,6
2010	13,8	13,4	12,8
2011	18,8	16,8	16,2
2012	15,5	15,8	17,8
2013	14,2	13,8	13
2014	14,8	14,2	11,6
Média	15	15	14

Tabela 5. Intensidade simples diária de chuvas nas estações climatológicas, 1993-2014. Elaborado pelo autor. *Sem dados registrados.

Ano	Estação CRHEA	Estação INMET	Estação EMBRAPA
1993	59,4	102,9	105
1994	77,5	74,3	45,8
1995	73,4	94,3	70
1996	81,6	118,9	104,6
1997	49,4	68,3	62,2
1998	77,2	76	75,6
1999	63,2	77,4	90,8
2000	91,9	75	70,4
2001	85,5	82,4	50,2
2002	96,6	113,4	67
2003	128	81,9	65
2004	84	112,7	91
2005	77,4	76,8	58
2006	99,9	89,8	64,4
2007	99,9	81,4	85,4
2008	61	45,2	38
2009	73,5	68,9	79,2
2010	62,8	97	74,2
2011	158	100	67
2012	63,8	80,8	101,6
2013	151	118	72,8
2014	66	63,4	60
Média	85,5	86,3	72,6

Tabela 6. RX1 dia – Máximo de chuva acumulada em um único dia, 1993-2014. Elaborado pelo autor.

RX1 dia - Período hidrológico – Estação CRHEA						
Ano	Outubro	Novembro	Dezembro	Janeiro	Fevereiro	Março
1993	29,8	31	59,4	42,1	36,6	23
1994	36,1	41,8	38	40,2	77,5	28,2
1995	40	42,8	53,4	55,5	73,4	28,2
1996	40,8	78,3	73,8	81,6	51,2	54,6
1997	27,2	33,4	49,4	45,6	38,8	27,6
1998	29,1	8,4	59,9	77,2	74,5	36,9
1999	16,5	21,8	63,2	54,2	52,3	27,8
2000	53,6	63,8	91,9	66,8	38	54,4
2001	85,5	49	66,8	85,5	31,4	55,5
2002	35,7	79	63,5	96,6	67,7	44,9
2003	22,6	56,1	64,4	128	33,3	33,3
2004	21,3	47,2	39,3	84	55,5	21,5
2005	17,4	35,8	29,1	77,4	25,7	45
2006	34,4	46,3	38,1	48,8	45,7	62,1
2007	66	54	28,6	44,3	63,9	34,2
2008	33,6	27,4	40,2	61	28,5	60,6
2009	53,6	64,8	72	51,6	73,5	38,8
2010	17,2	49	37,1	62,8	31	62
2011	37	27,5	86,6	158	41,1	55,3
2012	45,5	31,3	48	63,8	53,4	22,8
2013	65,3	55,4	35,6	151	20,3	34,2
2014	21,2	34,2	57	34,7	66	45

Tabela 7. RX1 dia – Máximo de chuva acumulada em um único dia no período hidrológico na estação CRHEA, 1993-2014. Elaborado pelo autor.

RX1 dia - Período hidrológico – Estação INMET						
Ano	Outubro	Novembro	Dezembro	Janeiro	Fevereiro	Março
1993	28,6	51,2	44	35,6	86	31,6
1994	54,4	34	56,5	56	43,4	49
1995	32,4	51,1	50,2	31,8	94,3	47,4
1996	44	38,9	43,8	118,9	52,9	21,6
1997	23,6	42,1	31,8	39,9	50,3	28,6
1998	46,6	45	57	76	50,6	33,5
1999	33,4	54,9	53	77,4	54,1	*
2000	28,6	63,8	43,9	75	60,2	54
2001	72,6	41,8	82,4	47,1	25,2	50,2
2002	16,6	70,8	113,4	82,3	72	26,7
2003	27,4	53,4	43	81,9	49,5	45,2
2004	20,2	60,9	44,2	112,7	65,6	27
2005	56,4	71,8	61,4	76,8	18,1	73
2006	34,5	38,6	36,4	74,6	89,8	47,4
2007	38	34,1	23,5	51,6	43,8	45
2008	37,6	19,8	45,2	44,5	31,3	21,8
2009	23,6	54,7	66,4	68,9	54,9	66,1
2010	23,9	17,7	23	70	23,6	97
2011	31	46,7	45,2	100	70,1	55,6
2012	33,5	61,4	63,2	80,8	24,7	22,6
2013	47,8	49,6	14,8	118	88,9	45
2014	52	44,8	63,4	36,8	13,2	57,8

Tabela 8. RX1 dia – Máximo de chuva acumulada em um único dia no período hidrológico na estação INMET, 1993-2014. Elaborado pelo autor. * Sem dados registrados.

RX1 dia - Período hidrológico – Estação EMBRAPA						
Ano	Outubro	Novembro	Dezembro	Janeiro	Fevereiro	Março
1993	25,8	49,1	105	66,8	65,8	13,4
1994	40,4	29	41,6	33	31,4	38,6
1995	37,6	24,4	37,2	25,2	70	56,8
1996	30	33	37,2	104,6	52,6	21,6
1997	41,5	46	28,6	29	29,8	32,6
1998	41,2	11,6	39,6	75,6	68,8	35,8
1999	16,6	22,4	54,2	90,8	50	47,4
2000	48,2	47,8	69,2	64,4	70,4	34,6
2001	48	33,2	50,2	33,2	32	44
2002	21,2	58	60	62,6	67	28
2003	31	40	48	65	35	50
2004	25	46	43	91	67	38
2005	37	36	44	58	8	53
2006	24,2	24,8	42	61	64,4	52,2
2007	40,6	32,2	27,8	53,6	47,6	40,6
2008	28,4	15	38	27,2	35	32,2
2009	42	70,2	67,4	55	79,2	66
2010	12,4	21,4	36,2	62	51,4	68,2
2011	46,4	53	66,2	63,4	63,4	67
2012	52,6	54,8	101,6	93	62,2	11,4
2013	41,2	55,2	25	72,6	50,6	50,6
2014	13,2	60	42,6	30,4	9,2	21,4

Tabela 9. RX1 dia – Máximo de chuva acumulada em um único dia no período hidrológico na estação EMBRAPA, 1993-2014. Elaborado pelo autor.

Ano	Estação CRHEA	Estação INMET	Estação EMBRAPA
1993	102,2	169,2	133,6
1994	94,9	109	120,6
1995	224,4	296,5	250,4
1996	186,9	235,8	208
1997	90,7	131,7	89,3
1998	160,5	123	104
1999	138,8	190,2	179,6
2000	157,4	203	239,8
2001	126	112,9	96,6
2002	164,8	149,3	122,8
2003	259,6	155	134,6
2004	174,6	190,2	155
2005	195,3	163,8	119
2006	129,4	168,4	176,8
2007	135,4	145	135,2
2008	116,8	78,6	82,4
2009	139,8	174,3	163,8
2010	156,2	142,6	106,2
2011	261,7	183,2	156,4
2012	118,8	159,9	174,6
2013	210,9	170,5	175
2014	129,1	118,2	102,4
Média	157,9	162,2	146,6

Tabela 10. RX5 dias – Máximo de chuva acumulada em cinco dias consecutivos, 1993-2014.
Elaborado pelo autor.

RX5 dias - Período hidrológico – Estação CRHEA						
Ano	Outubro	Novembro	Dezembro	Janeiro	Fevereiro	Março
1993	92,1	102,2	69,4	58,6	53,6	71,3
1994	94,6	80,9	49,9	94,9	77,8	83
1995	123,8	224,4	31,1	93,3	85,4	119
1996	186,9	87,3	131,9	50	122,2	115
1997	90,7	72,5	39	36,5	83,6	74,4
1998	103,6	160,4	159,8	56,4	12,9	160,5
1999	113	84,4	54,7	26,3	23,5	138,8
2000	99,9	127	65,9	59,1	157,4	138,1
2001	126	88,7	93,3	97,1	59,4	119,8
2002	164,8	143	66,5	49,1	113,3	88,8
2003	259,6	61,5	61,5	34,1	82,6	90,2
2004	174,6	113,1	37,1	51,1	79,7	91,3
2005	195,3	170,3	92,7	34,8	57	74,4
2006	109,7	129,4	112,1	55,4	59	112,2
2007	126,8	135,4	78,2	74,3	131,1	65,9
2008	116,8	81	108,8	35,3	45,6	76,8
2009	127,4	109,2	96,6	63,6	98,2	139,8
2010	156,2	101,5	63,5	56,9	60,2	116,3
2011	261,7	69,1	144,8	97,4	77,1	162,4
2012	118,8	74,5	61,3	63,8	38,2	115
2013	210,9	44,2	89,1	125,3	98,3	48,9
2014	43,2	105,9	112,1	34,4	78,2	129,1

Tabela 11. RX5 dias – Máximo de chuva acumulada em cinco dias consecutivos, no período hidrológico, na estação CRHEA, 1993-2014. Elaborado pelo autor.

RX5 dias - Período hidrológico – Estação INMET						
Ano	Outubro	Novembro	Dezembro	Janeiro	Fevereiro	Março
1993	94,5	169,2	84,9	61,4	83	56
1994	108,8	73,4	78,2	109	53,6	99,4
1995	61,8	296,5	96,8	92,9	97,4	99,2
1996	235,8	116,5	110,5	62,4	91,9	86,9
1997	73,4	131,7	75,6	38,6	113,9	66,4
1998	107,8	80,6	98,4	104,3	51,9	123
1999	190,2	109,7	*	35,2	73	122,8
2000	115,4	203	87,7	54,4	104,4	142,8
2001	86	91,7	112,1	87,4	48,6	112,9
2002	143,1	144,1	63,8	32,9	79	149,3
2003	155	81,6	95,3	43,8	66,1	90,2
2004	190,2	126,7	55,1	57,8	120,5	106,5
2005	154,2	129,2	163,8	68,2	82,4	116,4
2006	164,1	168,4	84,8	60,4	47,1	78,4
2007	145	93,1	99,7	50,9	88,7	45,8
2008	59,7	74	67,2	39,8	21,5	78,6
2009	128,5	89,9	174,3	36,5	80,2	131,7
2010	142,6	120,3	97,5	73,5	35,3	56
2011	183,2	95	144,1	99,6	94,7	81,5
2012	159,9	65,6	28,7	55	69,2	109,2
2013	170,5	89,4	83,6	92,6	102,5	27,6
2014	52,6	16,6	85,3	54	104,6	118,2

Tabela 12. RX5 dias – Máximo de chuva acumulada em cinco dias consecutivos, no período hidrológico, na estação INMET, 1993-2014. Elaborado pelo autor. *Sem registros.

RX5 dias - Período hidrológico – Estação EMBRAPA						
Ano	Outubro	Novembro	Dezembro	Janeiro	Fevereiro	Março
1993	87,8	133	60	64,4	81,9	133,6
1994	120,6	70	79	75,8	52,7	56,5
1995	66,6	250,4	93,6	88	45,8	77,3
1996	208	76,6	80,5	42,2	77,4	72
1997	78,8	72	35,8	55,4	89,3	54,8
1998	90	104	69,2	98,6	15,2	80,6
1999	179,6	116,2	113,6	30	48,6	116,4
2000	181,4	239,8	69,4	62	67,2	122,4
2001	52	78,8	96,6	55	64,6	92,8
2002	108,8	122,8	64	32,6	80	99
2003	134,6	69	88	55,8	67	115
2004	155	110	42	38	83	94
2005	110	69	119	55	40	86
2006	170	176,8	67,4	47,8	56,2	88,4
2007	135,2	87	87	53,4	70	57
2008	53	82,4	76,6	30,4	23,8	68,2
2009	122,4	132,8	163,8	42	102,6	143,2
2010	106,2	101,6	68,6	46	36,6	95,8
2011	156,2	156,4	144	113	94,8	107,8
2012	174,6	112,6	32	66,4	104,2	157,8
2013	175	57,6	95,4	93	130	35,2
2014	46,2	14,4	45,2	24,2	101,6	102,4

Tabela 13. RX5 dias – Máximo de chuva acumulada em cinco dias consecutivos, no período hidrológico, na estação EMBRAPA, 1993-2014. Elaborado pelo autor.

ANO	Estação CRHEA	Estação INMET	Estação EMBRAPA
1993	25	35	28
1994	20	26	18
1995	35	29	18
1996	22	31	24
1997	28	28	21
1998	23	28	25
1999	24	*	26
2000	24	32	27
2001	32	23	21
2002	26	26	22
2003	25	23	20
2004	31	30	27
2005	27	25	24
2006	30	21	21
2007	32	28	24
2008	22	15	14
2009	30	39	34
2010	25	17	16
2011	37	31	31
2012	30	29	32
2013	23	21	21
2014	21	22	19
Média	28	26	24

Tabela 14. R20 – Número de dias em que as chuvas estiveram acima de 20 mm nas estações, 1993-2014. Elaborado pelo autor. *Sem registros.

Ano	Estação CRHEA	Estação INMET	Estação EMBRAPA
1993	4	9	5
1994	7	13	5
1995	16	11	9
1996	14	15	6
1997	7	11	5
1998	11	9	8
1999	12	14	11
2000	14	13	10
2001	11	9	5
2002	9	10	10
2003	7	5	8
2004	11	12	8
2005	9	14	11
2006	9	8	14
2007	10	10	10
2008	8	3	4
2009	15	22	15
2010	6	5	7
2011	15	13	17
2012	12	12	18
2013	7	10	12
2014	6	10	2
Média	10	10	9

Tabela 15. R35 – Número de dias em que as chuvas estiveram acima de 35 mm nas estações, 1993-2014. Elaborado pelo autor.

Ano	Estação CRHEA	Estação INMET	Estação EMBRAPA
1993	2	5	6
1994	1	0	7
1995	8	6	8
1996	7	4	6
1997	2	2	4
1998	6	2	4
1999	6	7	7
2000	6	8	5
2001	7	3	8
2002	6	5	7
2003	5	4	3
2004	5	3	4
2005	5	2	9
2006	4	6	4
2007	6	4	2
2008	2	0	0
2009	7	9	13
2010	4	5	5
2011	8	10	7
2012	4	12	6
2013	4	9	5
2014	3	1	3
Média	5	5	5

Tabela 16. R46 – Número de dias em que as chuvas estiveram acima de 46 mm nas estações, 1993-2014. Elaborado pelo autor.

Ano	Estação CRHEA	Estação INMET	Estação EMBRAPA
1993	0	3	3
1994	1	1	0
1995	1	4	3
1996	3	1	1
1997	0	1	1
1998	3	1	2
1999	1	0	2
2000	3	3	5
2001	3	4	0
2002	4	4	3
2003	3	1	1
2004	1	3	2
2005	3	5	0
2006	2	2	2
2007	4	1	1
2008	2	0	0
2009	4	6	4
2010	2	3	3
2011	4	2	4
2012	1	4	3
2013	3	3	2
2014	1	1	1
Média	2	2	2

Tabela 16. R60 – Número de dias em que as chuvas estiveram acima de 60 mm nas estações, 1993-2014. Elaborado pelo autor.